



**Universidade do Estado do Rio de Janeiro**  
Centro de Tecnologia e Ciência  
Instituto de Química  
Programa de Pós-graduação em Meio Ambiente

Sandro Eduardo Marschhausen Pereira

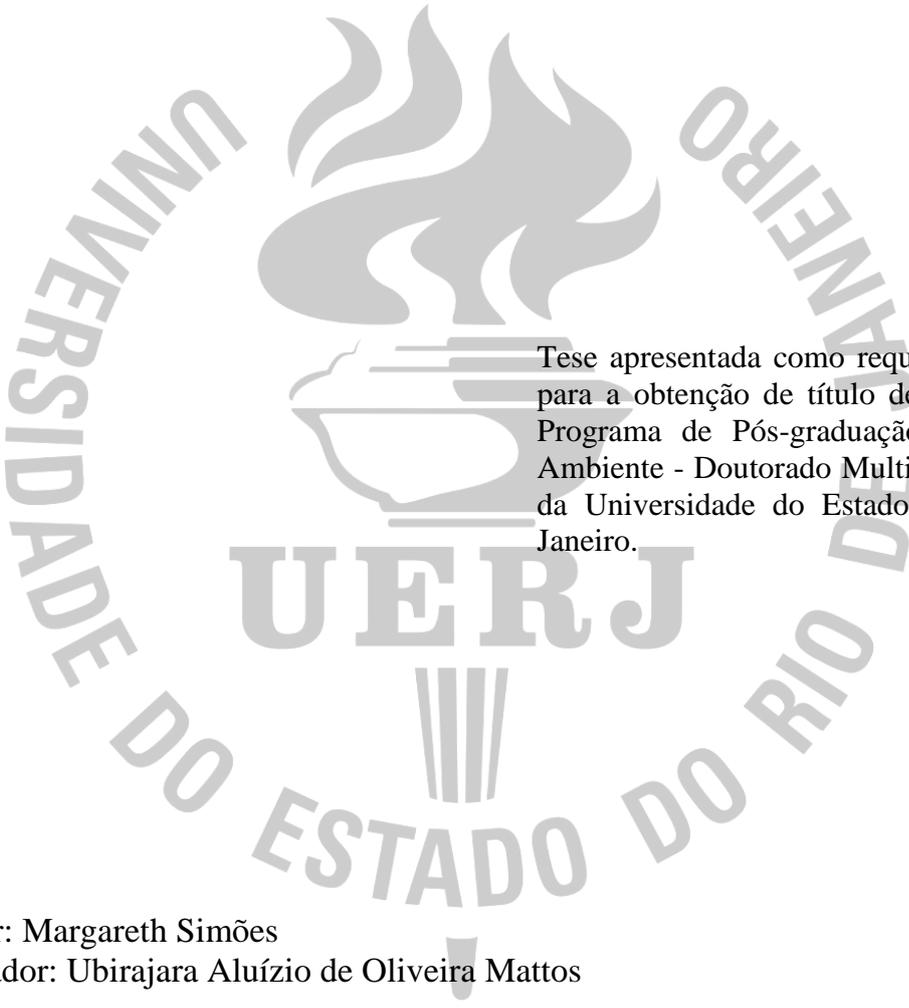
**Análise estratégica do zoneamento agroecológico como instrumento de ordenamento territorial setorial rural e sua aplicação em modelos de mudança de uso e cobertura da terra.**

Rio de Janeiro

2013

Sandro Eduardo Marschhausen Pereira

**Análise estratégica do zoneamento agroecológico como instrumento de ordenamento territorial setorial rural e sua aplicação em modelos de mudança de uso e cobertura da terra.**



Tese apresentada como requisito parcial para a obtenção de título de doutor, ao Programa de Pós-graduação em Meio Ambiente - Doutorado Multidisciplinar - da Universidade do Estado do Rio de Janeiro.

Orientador: Margareth Simões

Co-orientador: Ubirajara Aluizio de Oliveira Mattos

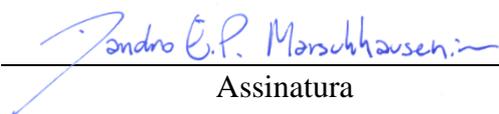
Rio de Janeiro  
Agosto - 2013

CATALOGAÇÃO NA FONTE  
UERJ/REDE SIRIUS/CTC-A

P436 Pereira, Sandro Eduardo Marschhausen  
Análise estratégica do zoneamento agroecológico como instrumento de ordenamento territorial setorial rural e sua aplicação em modelos de mudança de uso e cobertura da terra / Sandro Eduardo Marschhausen Pereira. – 2013.  
161 f.  
Orientador: Margareth Simões  
Co-orientador: Ubirajara Aluizio de Oliveira Mattos  
Tese (Doutorado) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro.  
1. Ecologia agrícola- Teses. 2. Solo – Uso - Teses. 3. Zoneamento econômico - Teses. I. Simões, Margareth. II. Mattos, Ubirajara Aluizio de Oliveira. III. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. IV. Título.

CDU 631.95

Autorizo, apenas para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial desta tese.

  
Assinatura

23/08/2013

Data



**Universidade do Estado do Rio de Janeiro**  
**Programa de Pós-graduação em Meio Ambiente / PPG-MA**  
**Doutorado Multidisciplinar**



**ATA DE DEFESA DE TESE DE DOUTORADO**

Aos vinte e três dias do mês de agosto do ano de dois mil e treze, na sala RAV 122, bloco F, situado à Rua São Francisco Xavier nº 524, 12º andar, Pavilhão João Lyra Filho, realizou-se a 48ª Sessão Pública de Defesa de Tese de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Meio Ambiente da Universidade do Estado do Rio de Janeiro intitulada "Análise estratégica do zoneamento agroecológico como instrumento de ordenamento territorial e sua aplicação em modelos de mudança de uso e cobertura da terra", pelo candidato Sandro Eduardo Marschhausen Pereira, matrícula DO9110000, como um dos requisitos necessários à obtenção do título de DOUTOR EM CIÊNCIAS. A sessão foi aberta pela presidente da banca Profª. **Margareth Simões** que nos termos regimentais instalou a Comissão Examinadora constituída pelos professores doutores: **Margareth Simões** – Orientadora (UERJ), **Ubirajara Aluizio de Oliveira Mattos** – Coorientador (UERJ), **Celso Vainer Manzatto** (EMBRAPA), **Lucieta Guerreiro Martorano** (EMBRAPA), **Liane Maria Azevedo Dornelles** (UERJ) e **Marinilza Bruno de Carvalho** (UERJ). A exposição oral da Tese teve início às 10h00min. Após a exposição, os membros da Comissão procederam à arguição do candidato. Concluída a etapa de arguição, o Presidente da Comissão Examinadora solicitou ao candidato e à assistência que se retirassem do recinto para que a Comissão deliberasse sobre o resultado final. Realizada a deliberação da Comissão, o Presidente da Comissão Examinadora convocou o candidato e anunciou o resultado final, conforme parecer.

**PARECER DA COMISSÃO EXAMINADORA**

1	Profª. Drª. Margareth Simões	<input checked="" type="checkbox"/> Aprovado	<input type="checkbox"/> Reprovado
2	Prof. Dr. Ubirajara Aluizio de Oliveira Mattos	<input checked="" type="checkbox"/> Aprovado	<input type="checkbox"/> Reprovado
3	Prof. Dr. Celso Vainer Manzatto	<input checked="" type="checkbox"/> Aprovado	<input type="checkbox"/> Reprovado
4	Profª. Drª. Lucieta Guerreiro Martorano	<input checked="" type="checkbox"/> Aprovado	<input type="checkbox"/> Reprovado
5	Profª. Drª. Liane Maria Azevedo Dornelles	<input checked="" type="checkbox"/> Aprovado	<input type="checkbox"/> Reprovado
6	Profª. Drª. Marinilza Bruno de Carvalho	<input checked="" type="checkbox"/> Aprovado	<input type="checkbox"/> Reprovado

**Resultado Final**  **Aprovado sem restrições**  **Aprovado após modificações**  
 **Reprovado**

Em seguida, o presidente da Comissão Examinadora deu por encerrada a sessão. A presente Ata, após lida e aprovada, foi assinada pelos Membros da Comissão Examinadora.

Rio de Janeiro, 23 de agosto de 2013.

**BANCA EXAMINADORA**

- Profª. Margareth Simões /UERJ
- Prof. Ubirajara Aluizio de Oliveira Mattos /UERJ
- Prof. Celso Vainer Manzatto/EMBRAPA
- Profª. Lucieta Guerreiro Martorano /EMBRAPA
- Profª. Liane Maria Azevedo Dornelles /UERJ
- Profª. Marinilza Bruno de Carvalho

CONFERIR  
 COM O ORIGINAL  
 23/08/13  
 Danielle S. do R. Raposo  
 Secretária - PPGMA  
 UERJ - 35.799-6

<sup>124</sup> Ó eterna Luz que repousas só em Ti;  
a Ti só entendes e por Ti entendida,  
respondes ao amor que te sorri!  
(ALIGUIREI, p. 233)

## **DEDICATÓRIA**

Dedico esta obra a meus pais, àqueles que amo, à minha orientadora, Marqareth Simões e a todos que durante esta caminhada me deram força e fôlego para prosseguir.

## AGRADECIMENTOS

Desde o início da caminhada não posso esquecer dos que estiveram presentes, possibilitando o curso e a execução de cada fase dessa nova etapa.

Presto aqui meus agradecimentos, e homenagem singela, às pessoas e instituições que contribuíram diretamente para o andamento desse estudo.

A minha mãe, Therezinha de Jesus Egypto Pereira, que nos momentos de isolamento em que abdiquei de todo o resto para estudar no curso de doutorado e para o concurso da Embrapa, para o qual passei, ofereceu-me ambiente físico, financeiro e emocional para que eu pudesse prosseguir e alcançar os objetivos, tanto da tese, quanto da vida profissional.

A meu Pai, Sérgio Eduardo Marschhausen Pereira, que não menos que minha mãe contribuiu para essa empreitada, tornando possível minha dedicação exclusiva tanto para o doutorado quanto para o concurso para a Embrapa.

A Margareth Simões, orientadora e amiga, que por muitas vezes foi quem fez com que eu me mantivesse nesse caminho: como exemplo; com apoio; com a abertura de novos horizontes e diversas oportunidades tanto profissionais quanto acadêmicas.

A Celso Vainer Manzatto, pelas ajudas diversas, conselhos e oportunidades de trabalho com o tema da cana-de-açúcar e pelo crédito em mim depositado nos trabalhos que tivemos em conjunto e por todo apoio sem o qual não seria possível a conclusão desse estudo.

A Ubirajara Mattos de Oliveira pelas orientações e incentivos e por ter me apresentado ao universo da análise estratégica e aos sistemas complexos de tomada de decisão.

A Lucieta Martorano, antes de tudo, por nossas discussões sobre modelagem dinâmica e por sua participação na banca de qualificação desta tese.

A Gilberto Pessanha Ribeiro pelo aceite em compor a banca de qualificação e pelo zelo com o qual analisou o texto.

A Carolina Alves Galharte, de São Carlos, que sem a qual eu não teria feito o curso de Modelagem Dinâmica com o CLUE-S, por ter disponibilizado toda a documentação à sua disposição sobre o tema da cana-de-açúcar relacionado ao tema da tese e por suas instruções de uso do modelo CLUE-S, que me foram essenciais para consolidar os procedimentos do processo de modelagem para consolidar a pesquisa.

A Luciana Soler, do CEMADEN, pela ajuda ao elucidar a forma de trabalho do CLUE-S e por indicar caminhos possíveis que eu poderia seguir para a verificação da

possibilidade de uso das diretrizes e orientações técnicas do ZAE na modelagem de mudança de uso e de cobertura da terra.

A Cid Caldas e equipe, do MAPA, pela disponibilização dos cenários publicados e em estudo para a expansão da área plantada com cana-de-açúcar no território brasileiro e pelas informações sobre as pressões em função do ZAE-Cana e adaptações sugeridas.

A Marcos Estevão Dell Prete, por ter aceitado o meu pedido de realizar o curso de cenários prospectivos no Estado do Maranhão e ter providenciado o custeio de passagens e diárias. Curso no qual fui apresentado à prospectiva estratégica, que é a principal ferramenta utilizada para a elaboração da metodologia de análise estratégica do ZAE-Cana desenvolvida nesta tese.

A Walter José Marques, instrutor desse curso (o de cenários no Maranhão), pela orientações obtidas no curso, nas longas discussões após os dias de aula e nos emails trocados.

A Tiago Garcia de Senna Carneiro, pela disponibilização de artigos da base conceitual de modelagem dinâmica, imprescindíveis a esse trabalho, sem qualquer contato anterior além do email que enviei com a solicitação.

A Eduardo Marques, "prospectivista", professor da Fundação Getúlio Vargas, que me forneceu orientações-chave para a aplicação da prospectiva estratégica e para a elaboração de diagnóstico estratégico e elucidou muitas dúvidas obtidas nas leituras dos textos da equipe de Michel Godet.

A Tadeu Malheiros e equipe pelo apoio, incentivo e disponibilidade nas etapas de conclusão desta tese, que me forneceram um norte essencial para a definição final do estudo, sua continuidade e conclusão.

A Victor Paulo Marques Simão, colega na Embrapa Meio Ambiente e bibliotecário da unidade, pela correção das referências e adequação dessas às normas da UERJ.

A Alfredo José Barreto Luiz e Ricardo Antônio Almeida Pazianotto, colegas na Embrapa Meio Ambiente, pela ajuda com a avaliação estatística da tese, orientação dos melhores testes estatísticos para uso, de como preparar os dados para esses testes e por realizá-los nos programas R e SAS a partir dos dados que os forneci.

Aos professores não só do doutorado como de toda a trajetória acadêmica, sejam das escolas ou de cursos extraclasse, pois, com certeza, uma parcela de cada um deles aqui se encontra presente e tiveram contribuição efetiva na elaboração deste texto.

Aos amigos, dos quais não posso esquecer, pois em horas decisivas foram suas palavras e ações que possibilitaram a manutenção desse objetivo. E desculpo-me pelo

esquecimento a todos que estiveram presentes, contribuíram, incentivaram, cooperaram e não foram citados aqui presto minhas honras.

Ao programa de doutorado em Meio Ambiente da UERJ pela oportunidade e chance a mim oferecidas de desenvolver este estudo.

À Embrapa pela oportunidade em trabalhar em projetos de pesquisa com o tema de mudança de uso e de cobertura da terra enquanto aluno de curso de doutorado e pelo treinamento em modelagem dinâmica, na unidade de São Carlos, em 2010, além de disponibilizar os dados do ZAE-Cana para aplicar no desenvolvimento deste estudo.

Ao INPE pela manutenção do programa CanaSat que disponibiliza o histórico das áreas plantadas com a cultura da cana-de-açúcar a partir de 2003 e distribui gratuitamente as imagens do satélite CBERS, que foram fundamentais, ambos, para o desenvolvimento da tese aqui proposta.

Ao MMA pela oportunidade que me foi oferecida de participar no curso de cenários de 2007, elaborado como treinamento em cenários prospectivos para a Secretaria de Planejamento do Estado do Maranhão, que foi um dos germens desse trabalho.

<sup>124</sup> Ó eterna Luz que repousas só em Ti;  
a Ti só entendes e por Ti entendida,  
respondes ao amor que te sorri!

*Dante Alighieri, p.233*

## RESUMO

PEREIRA, S.E.M.P. Análise estratégica do zoneamento agroecológico como instrumento de ordenamento territorial e sua aplicação em modelos de mudança de uso e cobertura da terra. 2013. 153f. Tese (Doutorado Multidisciplinar). Programa de Pós-graduação em meio ambiente, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, 2011

O zoneamento agroecológico (ZAE) pode ser um instrumento efetivo de ordenamento territorial setorial rural. Suas diretrizes e suas orientações técnicas podem compor os fatores exploratórios de modelos de mudança de uso e cobertura da terra. No Brasil, via de regra, utiliza-se o zoneamento econômico-ecológico (ZEE) como um instrumento de ordenamento territorial e o ZAE é aplicado com o objetivo de fornecer subsídios para o planejamento do uso agrícola das terras, limitando-se, grosso modo, à indicação de sistemas agrícolas e agropecuários potenciais e sustentáveis adaptados ao clima e ao solo. Um ZAE que fomentou políticas de ordenamento territorial setorial rural foi o Zoneamento Agroecológico da Cana-de-açúcar (ZAE-Cana), de 2009, ordenando a expansão da área plantada com cana-de-açúcar para a indústria sucroalcooleira no território brasileiro. Esta tese discute as diferenças de método na elaboração de suas diretrizes e de suas orientações técnicas que permitiram considerar as dimensões social e política e verifica se esse ZAE extrapolou a aplicação de indicativo de áreas potenciais e passou a fomentar políticas públicas de ordenamento da expansão da área plantada com cana-de-açúcar para a indústria sucroalcooleira no território brasileiro. O estudo permitiu concluir que o ZAE-Cana é utilizado como um instrumento efetivo de ordenamento territorial para setor rural por ter incluído as dimensões social e política nas etapas de definição das diretrizes, na validação das análises e na elaboração das orientações técnicas, ou seja, em todas as fases do zoneamento. Em um segundo momento elaborou-se um estudo da aplicação das diretrizes e das orientações técnicas do ZAE como parâmetros para a modelagem de uso e cobertura da terra. Observou-se a correlação das variáveis advindas do ZAE-Cana com os usos e coberturas da terra de 2003 e de 2009 para os estados de Goiás e de São Paulo e aplicou-se o modelo *Conversion of Land Use and its Effects at Small regional extent* (CLUE-S) no estado de Goiás de 2003 a 2009 (validação) e de 2009 a 2025 (simulação) para verificar o uso dessas variáveis no processo de modelagem, o que permitiu concluir que é viável a aplicação das diretrizes, das orientações técnicas e de outras informações conseguidas durante a elaboração dos zoneamentos agroecológicos em modelos de mudança de uso e cobertura da terra.

Palavras-chave: Política de ordenamento territorial rural. Zoneamento Agroecológico. Zoneamento Agroecológico da Cana-de-açúcar. Modelagem dinâmica de mudança de uso e de cobertura da terra. Análise estratégica.

## RESUMÉ

PEREIRA, S.E.M.P. *Analyse stratégique du zonage agro-écologique comme un instrument d'aménagement du territoire et leur application dans modèles de changement des paysages*. 2013. 153f. Tese (Doutorado Multidisciplinar). Programa de Pós-graduação em meio ambiente, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, 2011

Le zonage agro-écologique peut-être un instrument efficace de l'aménagement territorial rural. Leurs directives et leurs orientations techniques peuvent être appliquées à la modélisation du changement des paysages. Dans le Brésil, normalement, il utilise le zonage économique-écologique comme un instrument de l'aménagement territorial, tandis que le zonage agro-écologique est utilisé avec l'objectif de fournir des subventions pour la planification agricole, ce qui limite à l'indication des systèmes agricole et d'exploitation mixtes potentielles et durable quand il est considéré l'adaptation au climat et au sol. Il-y-a un zonage agro-écologique, parmi autres, qui a contribué au développement de politiques d'aménagement du territoire, le Zonage Agro-écologique de la canne à sucre (ZAE-Cana), de l'année 2009, qui a planifié l'expansion de la culture de la canne à sucre au Brésil. Lors cette thèse est fait un approche stratégique, axée sur la prospective stratégique, des différences de méthode dans l'élaboration de leurs directives et de leurs orientations techniques qui ont permis être compte les dimensions social et politique et est vérifié si ce zonage outrepassé leur application indiquant des zones potentielles à favoriser les politiques publiques de l'aménagement de l'expansion de la culture de la canne à sucre dans le Brésil. L'étude sur l'application et l'efficacité du ZAE-Cana a révélé toutefois qu'il est un instrument efficace de l'aménagement du territoire du secteur rural parce que les dimensions social et politique ont été pris en compte lors de phases de planification, d'élaboration et de clôture du Zonage, lors toutes les phases du Zonage. Dans un second moment, il a développé l'utilisation de leurs directives et de leurs orientations techniques du zonage agro-écologique pour la modélisation du changement des paysages. Il a été observée la corrélation entre les variables venues du ZAE-Cana et l'usage et couverture de la terre de l'année 2003 et de l'année 2009 pour les états Goiás et São Paulo, il a été utilisé le modèle *Conversion of Land Use and its Effects at Small regional extent* (CLUE-S) pour la simulation du changement des paysages dans la période 2003-2009 (validation) et dans la période 2009-2025 (simulation) pour la vérification de l'utilisation de ces variables sur la modélisation, ce faisant conclure que les variables, les directives, les orientations techniques et autres informations venues de l'élaboration du zonage agro-écologique sont applicables au processus de la modélisation des paysages.

Mots clés: Politique de l'aménagement du territoire rural. Zonage Agro-écologique. Zonage Agro-écologique de la canne à sucre. Modélisation dynamique des paysages. Analyse stratégique.

## ABSTRACT

PEREIRA, S.E.M.P. *Strategic analysis of the agroecological zoning as a tool for spatial planning and its application in models of land use change and land cover*. 2013. 153f. Tese (Doutorado Multidisciplinar). Programa de Pós-graduação em meio ambiente, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, 2011

The agroecological zoning can be an effective instrument of territorial rural sector. Its guidelines and its technical guidelines can compose the factors exploratory modeling of land use change and land coverage. In Brazil, as a rule, it uses the economic ecological zoning as a tool for land use, while the agro ecological zoning is applied with the purpose of providing information for planning of agricultural use of the land, limited roughly to indication of agricultural systems and sustainable agricultural potential and in relation to climate and soil. An agro ecological zoning policy that promoted spatial rural sector was the Agroecological Zoning of Sugarcane (ZAE-Cana), 2009, ordering the expansion of the area planted with cane sugar to the sugarcane industry in Brazil. This thesis discusses the differences in the preparation method on its guidelines and its technical guidelines that entered the social and political dimensions in studies and who made this zoning extrapolate its application as an indication of potential areas for planning the expansion of the area planted with cane sugar for the sugar industry in the Brazilian territory. The study concluded that the ZAE-Cana is being used as an effective tool for spatial planning for the rural sector to include the social and political dimensions in steps of defining guidelines, validation of the analysis and development of technical guidance, in other words, at all stages of zoning. In a second step we elaborated a study of the application of the guidelines and technical guidance as zoning parameters for modeling use and land coverage. We observed the correlation of the variables coming from the ZAE-Cana with the uses and land cover 2003 and 2009 for the states of Goiás and São Paulo and applied the model Conversion of Land Use and its Effects at Small regional extent (CLUE-S) in the state of Goiás 2003-2009 (model validation) and 2009-2025 (model application) to check the use of these variables in the modeling process, which proved to be feasible implementation guideline of agro ecological zoning in models of land use change and land coverage. It concluded that the guidelines, technical guidelines and other information obtained during the preparation of zoning are potential application in models of land use change and land coverage.

Keywords: Rural spatial planning policies. Agroecological Zoning. Agroecological Zoning of Sugarcane. Land use and cover change modeling

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Metodologia integrada do planejamento estratégico com base em cenários.....	38
Figura 2 - Esquema simplificado das funções básicas do SIG.....	44
Figura 3 - Generalizações comuns do autômato celular (AC) para abordagem das dimensões: Espaço, Vizinhança; Transição; Tempo e Sistema.....	47
Figura 4 - O mapa do espaço próximo .....	48
Figura 5 - Diferença entre vetor e raster.....	51
Figura 6 - Mapa mental da abordagem conceitual da tese .....	54
Figura 7 - Mapa mental da tese - demonstração gráfica da introdução.....	58
Figura 8 - Localização da área de estudo da tese .....	62
Figura 9 - Total de áreas aptas á expansão da cana-de-açúcar por município .....	64
Figura 10 - Mapa mental da primeira parte da metodologia – Diagnóstico de um ZAE utilizado com sucesso como instrumento para ordenamento territorial .....	69
Figura 11 - Mapa mental da elaboração da modelagem dinâmica .....	74
Figura 12 - Síntese da metodologia.....	90
Figura 13 - Mapa conceitual da integração temática do Zoneamento Agroecológico da Cana-de-açúcar para o território brasileiro .....	99
Figura 14 - Base de conhecimento que representa o processo de integração temática do Zoneamento Agroecológico da Cana-de-açúcar do Brasil.....	100
Figura 15 - Fluxo de procedimentos da integração temática do ZAE-Cana .....	101
Figura 16 - Mapa mental da metodologia do ZAE-Cana .....	102
Figura 17 - Distribuição das áreas aptas á expansão da cana-de-açúcar no Brasil .....	107
Figura 18 - Etapas de modelagem no CLUE-S com destaque para etapa do processo que fundamenta a discussão de aplicação das diretrizes do ZAE na modelagem....	113
Figura 19 - Organização da pasta de arquivos adotada no estudo.....	127
Figura 20 - Mapas da etapa de calibração do modelo .....	129
Figura 21 - Gráficos de correlação dos modelos na fase de calibração .....	130
Figura 22 - Mapa da simulação para 2012 .....	134
Figura 23 - Mapa da simulação para 2014 e 2025 .....	138

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Percentual de área plantada com Cana-de-açúcar para cada estado da região Centro-oeste em relação à região Centro-oeste .....	63
Gráfico 2 - Área colhida e produção de cereais no Brasil de 1990 a 2010.....	95
Gráfico 3 - Cana-de-açúcar e área colhida total produção de cana de 1990 a 2010 .....	96
Gráfico 4 - Produção, produtividade e acréscimo de área de cana de 1990 a 2010.....	96
Gráfico 5 - Percentual de área plantada com cana-de-açúcar das regiões brasileiras e dos estados do Centro-sul na quantidade nacional de área plantada com cana-de-açúcar.....	106
Gráfico 6 - Área plantada com cana no Centro-sul do Brasil segundo o uso da terra e sua aptidão da safra de 2003/04 à de 2012/13 .....	110
Gráfico 7 - Áreas plantadas com cana por usina nos estados de Goiás e de São Paulo .....	124
Gráfico 8 - Participação dos estados de Goiás e de São Paulo em área de cana, número de usinas e área média de cana em relação ao total dos dois estados.....	124
Gráfico 9 - Correlações para o uso com Cana, anos de 2003 e 2009, Goiás .....	125
Gráfico 10 - Correlações para o uso com Cana, anos de 2003 e 2009, São Paulo.....	126
Gráfico 11 - Acerto do modelo 17 - 2009 .....	132
Gráfico 12 - Correlação entre a área de cana por município simulada e a observada pelo CanaSat para 2012 .....	135
Gráfico 13 - Acerto do modelo 02 - 2012 .....	136
Gráfico 14 - Correlações para AcApRef, anos de 2003 e 2009, Goiás.....	158
Gráfico 15 - Correlações para AcApRef, anos de 2003 e 2009, São Paulo.....	158
Gráfico 16 - Correlações para Outros, anos de 2003 e 2009, Goiás .....	159
Gráfico 17 - Correlações para Outros, anos de 2003 e 2009, São Paulo .....	159
Gráfico 18 - Acerto do modelo 19 – ano 2009.....	160
Gráfico 19 - Acerto do modelo 20 – ano 2009.....	161
Gráfico 20 - Acerto do modelo 22 – ano 2009.....	161

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Outros tipos de zoneamento com destaque para ordenamento territorial.....	26
Quadro 2 - Zoneamentos agroecológicos e pedoclimáticos: métodos e objetivos .....	30
Quadro 3 - Laboratórios dos seminários de prospectiva estratégica.....	39
Quadro 4 - Tipos de modelos.....	45
Quadro 5 - Trabalhos com aplicação do CLUE-S no Brasil.....	60
Quadro 6 - Trabalhos com aplicação de versões adaptadas do CLUE-S no Brasil .....	60
Quadro 7 - A visão estratégica do contexto – questões-chave.....	65
Quadro 8 - A visão estratégica das diretrizes – questões-chave .....	66
Quadro 9 - A visão estratégica das diretrizes – questões-chave .....	68
Quadro 10 - Origem do uso e cobertura da terra nos mapas da modelagem .....	80
Quadro 11 - Orientações para a seleção dos fatores exploratórios no CLUE-S .....	81
Quadro 12 - Apresentação dos fatores exploratórios.....	82
Quadro 13 - Apresentação das origens dos dados – metadados .....	82
Quadro 14 - Confronto dos critérios do zoneamento agroecológico da cana-de-açúcar com as condicionantes internacionais para uma produção sustentável e outras..	97
Quadro 15 - Arquivos de uso da terra para o estado para uso no CLUE-S .....	114
Quadro 16 - Usos da Terra para 2002, 2003 e 2009 para o estado de Goiás, com a áreas em hectares .....	114
Quadro 17 - Usos da Terra para 2002, 2003 e 2009 para o estado de São Paulo, com a áreas em hectares .....	114
Quadro 18 - Dados para o estado de Goiás para rodar o CLUE-S (continua).....	115
Quadro 19 - Origem dos dados para o estudo (Continua) .....	116
Quadro 20 - Lista de fatores exploratórios para o estado de Goiás .....	119
Quadro 21 - Relação dos mapas gerados de distância a usinas de cana, com diferente número de usinas por ano .....	120
Quadro 22 - Dados para o estado de São Paulo para rodar o CLUE-S (continua) .....	153
Quadro 23 - Lista de fatores exploratórios para o estado de São Paulo .....	155

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Tabulação de áreas calculada e observada por município .....	73
Tabela 2 -	Tabela de contingência proposta por Suchower e Copenhaver (1996) .....	73
Tabela 3 -	Tabela de contingência adaptada para a tese .....	73
Tabela 4 -	Área de cana-de-açúcar no Centro-Sul de 2003/04 a 2012/13 .....	105
Tabela 5 -	Área plantada com cana no Centro-sul do Brasil da safra de 2003/04 à 2012/13 em relação ao ZAE-Cana 2007 .....	108
Tabela 6 -	Porcentagem de área plantada com cana no Centro-sul do Brasil da safra de 2003/04 à 2012/13 em relação ao ZAE-Cana 2007 .....	108
Tabela 7 -	Área plantada com cana no Centro-sul do Brasil até 12% de declividade da safra de 2003/04 à 2012/13 em relação ao ZAE-Cana 2007 .....	109
Tabela 8 -	Porcentagem de área plantada com cana no Centro-sul do Brasil até 12% de declividade da safra de 2003/04 à 2012/13 em relação ao ZAE-Cana 2007 .....	109
Tabela 9 -	Área plantada com cana-de-açúcar no Centro-sul por municípios aptos, da safra de 2003/04 à 2012/13 .....	111
Tabela 10.-	Expansão da área plantada de cana-de-açúcar em áreas aptas pelo ZAE, por ano Safra .....	111
Tabela 11 -	Demanda, por uso, de 2003 a 2009 para o estado de Goiás, considerando 7 classes de uso e de cobertura da terra, com as áreas em hectares e valores múltiplos de 100ha (pixel de 1km) .....	117
Tabela 12 -	Tabela de demanda, por uso, de 2003 a 2009 para o estado de Goiás, considerando 3 classes de uso e de cobertura da terra, com as áreas em hectares e valores múltiplos de 100ha (pixel de 1km) .....	118
Tabela 13 -	Demanda, por uso, de 2009 a 2025 para o estado de Goiás, considerando 3 classes de uso e cobertura da terra, com as áreas em hectares e valores múltiplos de 100ha (pixel de 1km) .....	118
Tabela 14 -	Matriz de conversão adotada para a calibração do modelo de 2003 para 2009 no estado de Goiás .....	121
Tabela 15 -	Matriz de conversão adotada para o uso do modelo de 2009 para 2025 no estado de Goiás .....	121
Tabela 16 -	Resultados da regressão logística modelo 17 - calibração (continua) .....	122

Tabela 17 - Usinas de cana & área de cana em Goiás e São Paulo de 2003 a 2012.....	123
Tabela 18 - Parâmetros principais do modelo 17 (tab. 16, p. 122.).....	127
Tabela 19 - Frequência de acerto na calibração: teste 17 x Cana Sat 2009.....	131
Tabela 20 - Comparação erros de estimativa dos modelos.....	131
Tabela 21 - Estatística de McNemar's para a calibração.....	132
Tabela 22 - Coeficientes Kappa simples para a calibração .....	133
Tabela 23. Coeficiente Kappa zero para a calibração .....	133
Tabela 24 - Frequência de acerto a simulação, teste 02, em relação ao Cana Sat 2012 .....	135
Tabela 25 - Estatística de McNemar's para a simulação no ano de 2012 .....	136
Tabela 26 - Coeficiente Kappa simples para a simulação no ano 2012 .....	137
Tabela 27 - Coeficiente Kappa zero para a simulação no ano de 2012.....	137
Tabela 28 - Tabela de demanda, por uso, de 2009 a 2025 para o estado de Goiás, considerando 7 classes de uso e cobertura da terra, com as áreas em hectares e valores múltiplos de 100ha (pixel de 1km) .....	155
Tabela 29 - Resultados da regressão logística para o teste 22 (Goiás).....	156
Tabela 30 - Resultados da regressão logística para o teste 19 (Goiás).....	156
Tabela 31 - Resultados da regressão logística para o teste 20 (Goiás).....	157
Tabela 32 - Frequência de acerto na calibração: teste 19 x Cana Sat 2009.....	160
Tabela 33 - Frequência de acerto na calibração: teste 20 x Cana Sat 2009.....	160
Tabela 34 - Frequência de acerto na calibração: teste 22 x Cana Sat 2009.....	161

## LISTA DE SIGLAS

Ac	Áreas com uso em Agricultura
Ag	Áreas com uso em Agropecuária
AHP	Analytical Hierarchy Process (Processo de análise hierárquica)
ANTAQ	Agência Nacional de Transportes Aquaviários
Ap	Áreas com uso em Pastagem
BC	Banco Central do Brasil
BID	Banco Internacional para Reconstrução e Desenvolvimento / Banco Mundial
CANASAT	Projeto de acompanhamento do plantio da cana-de-açúcar por imagens de satélite
CEPEA	Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada da Universidade de São Paulo
CMN	Conselho Monetário Nacional
CLUE-S	Conversion of Land Use and its Effects at Small regional extent
CTBE	Laboratório Nacional de Ciência e tecnologia do Bioetanol
CTC	Centro de Tecnologia Canavieira
CNT	Confederação Nacional do Transporte
CONAB	Companhia Brasileira de Abastecimento
DSR	Departamento de Sensoriamento Remoto do Instituto Nacional de Pesquisa Espacial
DEASP	Departamento de Administração do governo do estado de São Paulo, Brasil
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
EUA	Estados Unidos da América
ES	Estado do Espírito Santo, Brasil
FIESP	Federação das Indústrias do Estado de São Paulo
GO	Estado de Goiás, Brasil
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INDE	Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais
INPE	Instituto Nacional de Pesquisa Espacial
LUCC	Land use and land cover change (mudança de uso e de cobertura da terra)
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Brasil
MG	Estado de Minas Gerais, Brasil
MI	Ministério da Integração Nacional
MMA	Ministério de Meio Ambiente, Brasil
MS	Estado do MS, Brasil
MT	Estado do MT, Brasil
PPG-MA	Programa de Pós-graduação em Meio Ambiente da UERJ.

PR	Estado do Paraná, Brasil
RA	Região Administrativa do Estado de São Paulo, Brasil
RJ	Estado do Rio de Janeiro, Brasil
SEPLAN	Secretaria Estadual de Planejamento
SIG	Sistema de Informação Geográfica
SIG	Sistema de Informações Geográficas
SIIS	Sugarcane Integrated Information System - CTBE
SP	Estado de São Paulo, Brasil
UERJ	Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Brasil
UNICA	União da Indústria de Cana-de-açúcar
USP	Universidade de São Paulo, Brasil
ZAE	Zoneamento Agroecológico
ZAE-Cana	Zoneamento Agroecológico da cana-de-açúcar
ZEE	Zoneamento econômico-ecológico
ZSEE	Zoneamento sócio-econômico-ecológico

## SUMÁRIO

	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	21
1	<b>ABORDAGEM CONCEITUAL</b> .....	25
1.1	<b>Zoneamentos para ordenamento territorial</b> .....	25
1.1.1	<b>Zoneamento agroecológico no Brasil</b> .....	29
1.2	<b>Prospectiva Estratégica</b> .....	32
1.2.1	<u>As etapas da prospectiva Estratégica</u> .....	34
1.2.2	<u>A importância dos atores e das diversas políticas para um setor – o exemplo do avanço da cana nas regiões de Araçatuba, Campinas e Ribeirão Preto</u> .....	39
1.3	<b>Adendo ambiental – o conceito internacional de sustentabilidade para biocombustíveis</b> .....	41
1.4	<b>Modelagem dinâmica</b> .....	42
1.5	<b>Representação espacial nos SIG: raster e vetor</b> .....	49
1.6	<b>Base de conhecimento e Lógica fuzzy</b> .....	51
1.7	<b>Mapa mental do campo conceitual da tese</b> .....	52
2	<b>MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	56
2.1	<b>Diagnóstico do Zoneamento Agroecológico</b> .....	64
2.2	<b>A modelagem dinâmica</b> .....	69
2.2.1	<b>Verificação dos resultados da calibração do modelo para escolha do melhor resultado – comparação com a realidade de campo</b> .....	71
2.3	<b>Análise estratégica do zoneamento agroecológico da cana-de-açúcar - estudo de caso</b> .....	75
2.4	<b>Modelagem dinâmica com o CLUE-S - estudo de caso</b> .....	78
2.5	<b>Síntese da metodologia da tese</b> .....	89
3	<b>O ZONEAMENTO AGROECOLÓGICO DA CANA-DE-AÇÚCAR – ZAE-CANA</b> .....	91
3.1	<b>O contexto de criação do zoneamento agroecológico da cana-de-açúcar – uma visão estratégica</b> .....	91
3.2	<b>Análise das diretrizes do zoneamento agroecológico</b> .....	96

3.3	<b>Análise das orientações técnicas do zoneamento agroecológico da cana-de-açúcar</b> .....	98
3.4	<b>Análise da metodologia de integração temática do zoneamento agroecológico da cana-de-açúcar</b> .....	99
3.5	<b>Efetividade do zoneamento agroecológico da cana-de-açúcar</b> .....	103
3.6	<b>Comparação do zoneamento agroecológico da cana-de-açúcar com a realidade de campo</b> .....	105
3.6.1	<u>Área manejada com cana-de-açúcar na região Centro-Sul</u> .....	105
3.6.2	<u>Comparação da distribuição espacial proposta pelo ZAE com a realidade observada</u> .....	107
4	<b>MODELAGEM DINÂMICA COM O CLUE-S - RESULTADOS</b> .....	113
4.1	<b>Definição do modelo</b> .....	113
4.2	<b>Identificação do uso e cobertura da terra da área de estudo</b> .....	114
4.3	<b>Identificação dos fatores exploratórios</b> .....	114
4.4	<b>Aquisição de arquivos digitais</b> .....	116
4.5	<b>Identificação da demanda para cada uso – Cenários de demanda</b> .....	117
4.5.1	<u>Cenário de demanda para a calibração do modelo: 2003 a 2009</u> .....	117
4.5.2	<u>Cenário de projeção de demanda: 2009 a 2025</u> .....	118
4.6	<b>Definição das escalas de trabalho a serem adotadas e Preparo dos arquivos para uso no modelo</b> .....	118
4.7	<b>Análise dos fatores exploratórios do estudo de caso</b> .....	122
4.7.1	<u>Análises no programa de estatística</u> .....	122
4.7.2	<u>Análise em planilha eletrônica</u> .....	123
4.8	<b>Carga no modelo</b> .....	126
4.9	<b>Ajustes no modelo e validação – 2003 - 2009</b> .....	128
4.10	<b>Aplicação do modelo – simulação 2009 - 2025</b> .....	133
	<b>CONCLUSÃO</b> .....	139
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	142
	<b>APÊNDICE A – Informação extra para o CLUE-S</b> .....	153
	<b>APÊNDICE B – Gráficos de correlação para AcApRef e Outros</b> .....	158
	<b>APÊNDICE C – Teste de consistência modificado para a calibração no ano de 2009 dos modelos dos testes 19, 20 e 22</b> .....	160

## INTRODUÇÃO

- <sup>13</sup> Ó grande Apolo, pra o labor vindouro,  
de tua virtude faz de mim tal vaso  
como exiges pra dar o amado louro.

*Dante Alighieri, p. 13*

Esta tese é uma discussão que considera as políticas de zoneamento com o fim de instrumento de planejamento para estabelecer políticas públicas efetivas de ordenamento territorial setorial rural em um contexto de necessidades de terras para expansão agrícola onde as decisões tomadas estão sujeitas a críticas internacionais que podem fomentar barreiras não alfandegárias e com demanda interna de compatibilizar as políticas de segurança alimentar com a de geração de biocombustíveis.

O zoneamento indicado para ordenamento territorial, no Brasil, é o zoneamento econômico-ecológico (ZEE<sup>1</sup>) (BRASIL. MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO, 1996). O zoneamento agroecológico (ZAE) tem sido usado para a indicação de sistemas sustentáveis de produção, sem entrar no mérito de ordenamento territorial. Outro zoneamento que tem sido utilizado para ordenamento territorial é o zoneamento de risco climático (ZARC). O ZARC foi criado para regular o crédito rural (BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA PECUÁRIA E ABASTECIMENTO, 2013), contudo, ao regular o crédito rural, regula o uso e a cobertura da terra, que, segundo Brasil, Ministério da Integração (1996) é ordenamento territorial, no caso, do setor agrícola.

O ZARC é de aplicação setorial, técnico, de rápida elaboração e analisa somente a dimensão de risco climático para a cultura (BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA PECUÁRIA E ABASTECIMENTO, 2013) e o ZEE é complexo, voltado a políticas mais gerais de ordenamento e busca abordar o máximo de dimensões para viabilizar o desenvolvimento sustentável e a melhoria da qualidade de vida da população (BRASIL, MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2001; FAO, 1997). Estão em dois extremos enquanto ferramentas.

---

<sup>1</sup> O emprego das siglas deste trabalho será no singular, a leitura no plural ou singular será definida pelo contexto.

O ZAE engloba questões pedoclimáticas e ambientais sem considerar questões sócio-política (FAO, 1997), é uma ferramenta intermediária, considera mais parâmetros que o zoneamento de risco climático, é menos complexo que o ZEE. Acredita-se, nesta tese, que pode ser adaptado para oferecer respostas sócio-político-técnico-científicas, sem perder suas características, com a incorporação de discussão com a sociedade e tornar-se um instrumento para a elaboração de políticas públicas efetivas de ordenamento territorial para o setor rural.

Para que uma política pública territorial seja construída para ser efetiva é necessário que ela considere os atores envolvidos, as forças, as fraquezas, as ameaças, as oportunidades e os paradigmas envolvidos nas questões por ela abordadas (MARCIAL E GRUMBACH, 2006, Godet, 2007, GODET E DURANCE, 2011). Essas questões são abordadas pela perspectiva estratégica (GODET, 2001, 2007; MARCIAL E GRUMBACH, 2006; MARQUES 2007), há outras escolas que permitem elaborar tal estudo como a estadunidense e a espanhola (GRUMBACH, 2009). Contudo, nessa tese, o estudo será à luz da perspectiva estratégica – escola francesa (Godet, 2007), pois apresenta a maior disponibilidade de publicações, livros e exemplos de aplicação.

Neste estudo elaborou-se uma análise estratégica de um zoneamento agroecológico que culminou como um instrumento de planejamento para o estabelecimento de políticas públicas efetivas de ordenamento territorial: o zoneamento agroecológico da cana-de-açúcar no território brasileiro (ZAE-Cana). Comparou-se o ZAE-Cana aos demais ZAE elaborados no Brasil para identificar o diferencial em suas diretrizes em suas metodologias e nos objetivos dos ZAE com a ótica em seu uso enquanto instrumento de ordenamento territorial setorial rural. Identificou-se, também, quais foram os ZAE que foram efetivos para isso.

Além das diretrizes, da metodologia e dos objetivos do ZAE-Cana, também foram analisados os seus resultados e como se comporta a distribuição do plantio de cana-de-açúcar para a indústria sucro-alcooleira, no território brasileiro, em relação às indicações do ZAE-Cana.

Quanto à modelagem dinâmica, foram consideradas as diretrizes, as orientações técnicas e demais informações do ZAE-Cana e foram analisadas as questões de logística para o escoamento da produção sucro-alcooleira, os parâmetros de uso e de ocupação do território e os principais vetores que condicionam o plantio da cultura da cana-de-açúcar para a indústria sucro-alcooleira para preparar os dados e parâmetros do modelo utilizado, no caso, o Conversion of Land Use and its Effects at Small regional extent - CLUE-S (VERBURG et al, 2006). Nessa etapa foi analisada a correlação dos fatores exploratórios obtidos dos estudos do

ZAE-Cana com os usos da terra. Nos resultados do modelo fez um teste quantitativo com diagramas de dispersão, análise de correlação e análise de regressão linear simples para comparar a quantidade de área de cana por município em relação à quantidade real e um teste qualitativo com análise do coeficiente de contingência modificado para comparar o nível de acerto de presença ou não de cana por município (REIS e LINO, 2013) A área de cana observada pelo Instituto Nacional de Pesquisa Espacial (INPE) com o projeto Cana-Sat.

### **Hipótese**

O zoneamento agroecológico pode ser um instrumento efetivo de ordenamento territorial setorial rural.

### **Objetivo Geral**

Elaborar um instrumento de análise estratégica da política de zoneamento agroecológico baseado em prospectiva estratégica e aplicar as diretrizes desse ZAE em modelos de mudança de uso e cobertura da terra.

### **Objetivos Específicos**

Realizar uma análise comparativa dos diversos ZAE realizados no Brasil

Elaborar um instrumento de análise estratégica da política de zoneamento agroecológico

Aplicar os procedimentos de modelagem dinâmica do uso da terra considerando as diretrizes e orientações técnicas do ZAE e questões de logística

Aplicar o instrumento de análise estratégica elaborado e a modelagem dinâmica de mudança de uso da terra para a cana-de-açúcar considerando as diretrizes e as orientações técnicas ZAE-Cana

Avaliar se as diretrizes de um ZAE associadas a questões de logísticas e de uso da terra são satisfatórias para modelar a mudança de uso e cobertura da terra.

### **Motivação**

A relevância desse estudo é ressaltada com o contexto de necessidade de terras para a expansão agrícola de culturas para biocombustíveis e também para a expansão de terras para a produção de alimentos, ambas em terras agricultáveis, com o envolvimento de grupos

empresariais e para atender às demandas de uma sociedade globalizada. O que pode ocasionar a competição de terras entre culturas alimentares e culturas para biocombustíveis.

Com isso, é criada uma demanda interna de compatibilizar as políticas de meio-ambiente, de segurança alimentar e de biocombustíveis, cada vez em tempos menores, para promover segurança aos investidores (sejam nacionais ou estrangeiros), com as decisões nacionais sujeitas a críticas internacionais focadas em água, alimentos, meio ambiente, mudanças climáticas, podendo focar, ainda, as condições de trabalho. Críticas que afetam o comércio internacional, interferindo nas possibilidades de entrada de produtos brasileiros nos mercados externos.

### **Organização do estudo**

Após a introdução, onde são apresentados o problema, os objetivos, as hipótese e a relevância do estudo, segue o capítulo 2 – Abordagem Conceitual, onde são descritos os fundamentos e conceitos essenciais ao desenvolvimento da pesquisa. Nesse capítulo são apresentadas a abordagem do tema dos zoneamentos e a abordagem do tema da modelagem dinâmica que se configuram com essenciais à fundamentação teórica do estudo.

No capítulo 3 – Materiais e Métodos – apresenta-se a tese como um todo, a metodologia para sua elaboração, o método de investigação do ZAE em estudo para verificar quais foram seus diferenciais para que ele fosse utilizado como instrumento efetivo de planejamento para estabelecer políticas públicas e os procedimentos para aplicar o modelo dinâmico de mudança de uso e cobertura da terra utilizado nesta tese.

O capítulo 4 trata do estudo de caso para a aplicação da metodologia abordada no capítulo 3. Com foco na aplicação da metodologia de análise estratégica do ZAE para o ZAE-Cana e na utilização das diretrizes e das orientações técnicas do ZAE (o ZAE-Cana) como parâmetros de entrada no modelo de uso cobertura da terra, neste caso, o CLUE-S.

No capítulo 5 são apresentados e discutidos os resultados do estudo de caso da avaliação estratégica do ZAE-Cana e da aplicação das diretrizes e orientações técnicas do ZAE-Cana no modelo CLUE-S à luz das hipóteses desta tese e dos critérios adotados para a elaboração da pesquisa.

Na Conclusão são apresentadas as conclusões do trabalho [INSERIR NOTAS BIRA] e as sugestões para futuros trabalhos. Nos apêndices são apresentados gráficos e tabelas gerados no estudo para complementar a informação da tese.

## 1 ABORDAGEM CONCEITUAL

<sup>10</sup> Porém, tudo do que, do reino santo,  
pôde o intelecto seu fazer tesouro,  
ora será mantido do meu canto  
(ALIGHIERI, p. 13)

Apresentar-se-ão, neste capítulo, as características dos zoneamentos que são instrumentos de políticas de ordenamento territorial, as diretrizes e métodos do ZAE e do ZAE-Cana, a definição de desenvolvimento sustentável adotada nesta tese, uma abordagem sintética do ambiente de modelagem em SIG e sobre modelagem dinâmica de mudança de uso da terra, com uma rápida contextualização desses modelos na atualidade.

Tratar-se-á, ainda da diferença das formas de representação espacial raster e vetor nos SIG, do conceito de base de conhecimento e de lógica fuzzy para compreender a base de conhecimento que foi desenhada para elucidar como foram feitas as integrações temáticas do ZAE-Cana e do que é um mapa mental com a apresentação do mapa mental da apresentação do mapa mental da abordagem conceitual da tese.

### 1.1 Zoneamentos para ordenamento territorial

*Ordenamento territorial é a regulação das tendências de distribuição das atividades produtivas e equipamentos no território nacional ou supranacional decorrente das ações de múltiplos atores, segundo uma visão estratégica e mediante articulação institucional e negociação, de modo a alcançar os objetivos desejados. (BRASIL-MI, 2006, pp.17-18)*

O zoneamento indicado como instrumento de ordenamento territorial é o ZEE (BRASIL. Ministério da Integração Nacional, 2006). Entretanto, de acordo com Brasil, MMA (2013) há mais sete tipos de zoneamento que são direcionados ao ordenamento territorial, apresentados no Quadro 1.

**Quadro 1 - Outros tipos de zoneamento com destaque para ordenamento territorial**

<b>Tipo</b>	<b>Descrição do zoneamento</b>
Zoneamento ambiental	Um dos instrumentos da Política Nacional do Meio Ambiente (lei federal nº 6.938/1981), posteriormente, evoluiu para zoneamento ecológico-econômico (ZEE) com a edição do decreto federal nº 4.297/2002.
Zoneamento socioeconômico-ecológico (ZSEE)	Trata-se do próprio ZEE, cuja nomenclatura, no entanto, empregada nos estados de Mato Grosso e Rondônia, busca evidenciar, para além dos aspectos ambientais e econômicos, a dimensão social.
Zoneamento agroecológico (ZAE)	A Política Nacional do Meio Ambiente (lei federal nº 6.931/1981) possui, dentre seus instrumentos, o ZEE. A Política Agrícola, regida pela lei federal nº 8.171/1991, prevê, em seu artigo 19, inciso III, a realização de ZAE, que permitem estabelecer critérios para o disciplinamento e o ordenamento da ocupação espacial pelas diversas atividades produtivas, estando a aprovação do crédito rural, inclusive, condicionada às disposições dos zoneamentos agroecológicos elaborados, dentre os quais destaca-se o ZAE da cana-de-açúcar, instituído por meio do decreto federal nº 6.961/2009.
Zoneamento agrícola de risco climático (ZARC)	Instrumento da Política Agrícola elaborado com o objetivo de minimizar os riscos relacionados aos fenômenos climáticos, permitindo a identificação da melhor época de plantio das culturas, nos diferentes tipos de solo e ciclos de cultivares. Resulta na relação de municípios indicados ao plantio de determinadas culturas, com seus respectivos calendários de plantio, orientando o crédito e o seguro à produção. Desenvolvido pela Embrapa e aplicado pelo MAPA, foi usado pela primeira vez na safra de 1996 para a cultura do trigo, recebe revisão anual e é publicado na forma de portarias, no Diário Oficial da União e no site do MAPA. Atualmente, contempla 40 culturas, alcançando 24 unidades da federação.
Etnozoneamento	Instrumento da Política Nacional de Gestão Territorial e Ambiental de Terras Indígenas (PNGATI), instituído pelo decreto federal nº 7.747/201, destinado ao planejamento participativo e à categorização de áreas de relevância ambiental, sociocultural e produtiva para os povos indígenas, desenvolvido a partir do etnomapeamento. O etnomapeamento, por sua vez, consiste no mapeamento participativo das áreas de relevância ambiental, sociocultural e produtiva para os povos indígenas, com base nos conhecimentos e saberes indígenas.
Zoneamento industrial	Disciplinado pela lei federal nº 6.803/1980, trata-se de tipologia de zoneamento realizado nas áreas críticas de poluição a que se refere o artigo 4º do decreto-lei nº 1.413/1975, com a identificação das zonas destinadas à instalação de indústrias, em esquema de zoneamento urbano, aprovado por lei, compatibilizando as atividades industriais com a proteção ambiental.
Zoneamento urbano	Instrumento utilizado nos planos diretores, através do qual a cidade é dividida em áreas sobre as quais incidem diretrizes diferenciadas para o uso e a ocupação do solo, especialmente os índices urbanísticos.

Fonte: BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (MMA), 2013

O foco dessa tese é o ordenamento de territorial rural, nesse âmbito, os tipos de zoneamento além do ZEE, apresentados no Quadro 1 e que são aplicáveis no estudo são o zoneamento agrícola de risco climático (ZARC) e o zoneamento agroecológico (ZAE). Um terceiro, que não foi citado no Quadro 1, é o zoneamento pedoclimático.

A seguir, para cada um dos quatro zoneamentos supracitados são apresentadas as características que fundamentam a discussão dessa tese, serão elucidadas as características que permitem observar que há uma lacuna para a proposta do ZAE como um instrumento de ordenamento setorial (agricultura) do território:

1. o ZEE é um “instrumento político e técnico do planejamento, cuja finalidade é otimizar o uso do espaço e as políticas públicas” (MMA e SAE, 1997, p.12 apud BRASIL-MMA, 2001a, p.25), apresenta como alguns de seus processos *i.* identificar as políticas públicas da região, *ii.* definir unidades dos sistemas ambientais ou zonas de planejamento, *iii.* propor as diretrizes legais e programáticas de caráter preservacionista, de desenvolvimento econômico e de desenvolvimento social para cada sistema ambiental identificado/unidade de planejamento. Para sua validação legal é exigido a comprovação de ampla discussão com a sociedade (com audiências públicas, seminários e grupos de trabalho) que incorpore a dimensão social nos resultados das pesquisas (BRASIL-MMA, 2001a);

O ZEE não trata de simples aptidão ou capacidade de uso das terras, mas da junção de um complexo interativo em que a sociedade e a natureza devem ser tratadas de acordo com os princípios de desenvolvimento com conservação e preservação dos bens naturais. (ibid, p. 92)

2. o ZARC é um instrumento da política agrícola brasileira, que com uma abordagem técnico-científica classifica a terra de acordo com a capacidade retenção de água do solo e o risco climático para diversos cultivares e indica o município e o período do ano de menor risco para o plantio desses cultivares (BRASIL-MAPA, 2013b), ele não foi criado com o intuito de ordenamento territorial, contudo, como regula tendências de distribuição de atividades produtivas tem por consequência ordenar o território no setor agrícola segundo a definição do MI;

3. o zoneamento pedoclimático é uma abordagem técnico-científica que classifica a terra quanto à aptidão para os cultivares que mais se adequam e o nível tecnológico a ser empregado (AGUIAR *et al.* 2000 e 2003) e

4. o ZAE é uma abordagem técnico-científica que classifica a terra de acordo com a aptidão agrícola das terras (considera clima, solo, morfologia), com a produção potencial e com o impacto ambiental para um ou mais cultivares e pode propor áreas de conservação ambiental além das obrigadas pela legislação, quando cabível (FAO, 1997).

O ZARC fornece as regiões em que uma cultura agrícola pode ser cultivada e o período do ano para o seu plantio que tenha o menor risco de perda da produção por questões climáticas, considerando dados de clima, de solo e da cultura e trata de um ou mais temas, é

estritamente técnico, sem discussão com a sociedade. O zoneamento econômico-ecológico analisa o território nas questões sociais, econômicas e ambientais, envolve ampla discussão com a sociedade, por concepção, trata de diversos temas e não aborda a aptidão das terras para culturas agrícolas específicas. O zoneamento agroecológico aborda a aptidão das terras para culturas agrícolas específicas, considerando questões ambientais e sociais, por concepção analisa uma ou mais culturas agrícolas, contudo, não apresenta discussão com a sociedade para a elaboração de suas diretrizes, bem como sua adoção.

O ZEE avalia a interação do homem com o território nas dimensões política, social, econômica e ambiental, e ordena a ocupação do território nos âmbitos urbano, industrial e rural. O ZARC usa funções probabilísticas para ocorrência de eventos climáticos relacionados com a perda de safra e desconsidera as dimensões ambiental e social nos seus critérios, sendo, usado para a concessão de crédito rural (BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2013), entretanto ele também promove o ordenamento territorial no âmbito rural. O zoneamento pedoclimático usa padrões climáticos médios e de solo, tem um nível de detalhes maior que o ZARC, mas também não considera as dimensões ambiental e social e o ZAE incorpora as dimensões do ZARC e do zoneamento pedoclimático, com a vantagem de incorporar a dimensão ambiental. Contudo, o ZAE não considera as dimensões social e política (somente o ZEE que considera essas dimensões, além da social e da econômica) e seu uso também é restrito ao âmbito rural.

Após análise do apresentado pelo BRASIL-MMA (2001a), pode-se concluir que ZEE permite responder à demanda de qual tipo de desenvolvimento (que será sustentável) é indicado para cada parcela do território e aborda um rol complexo de análises que, se esse fosse utilizado para responder somente a demandas do âmbito rural seria descaracterizado enquanto ZEE. Seria ainda mais descaracterizado se fosse utilizado para ordenar a expansão de uma única cadeia produtiva. Cabe notar que a avaliação da aptidão agrícola das terras é realizada na fase de diagnóstico do ZEE.

O ZARC avalia o risco do plantio por questões climáticas, é realizado todo ano para diversos cultivares com critérios técnico-científicos (BRASIL-MAPA, 2013), é um instrumento de rápida elaboração, mas desconsidera a aptidão agrícola das terras e a dimensão ambiental. Surge a lacuna de um instrumento que considere as dimensões social, política, climática, ambiental e de aptidão agrícola das terras para o ordenamento territorial setorial rural e que seja de rápida elaboração.

Após análise do apresentado pela FAO (1997), se o ZAE for utilizado para ordenar a expansão de uma única cadeia produtiva, uma única cultura, não será descaracterizado enquanto um ZAE. E, o autor dessa tese propõe que o ZAE tenha incorporado em sua metodologia a discussão com a sociedade para que apresente uma abordagem sócio-político-técnico-científica e seja utilizado como instrumento de ordenamento territorial de atividades rurais. Através do vetor agrícola, orientando políticas de uso e conservação dos recursos naturais.

### 1.1.1 Zoneamento agroecológico no Brasil

No Brasil, a instituição com maior reconhecimento na elaboração de zoneamentos agroecológicos é a Embrapa. As instituições que realizaram ZAE no Brasil foram a Embrapa, o IBGE e o estado do Mato Grosso, o Quadro 2 a seguir apresenta as publicações referentes a ZAE que foram consultadas, essa relação está agrupada por Instituição e Método.

Em relação ao Quadro 2, observa-se que algumas fazem parte de um mesmo projeto ZAE, a instituição indica o órgão responsável pela gerência do projeto, o princípio é uma visão geral, ampla, do viés direcionador da pesquisa, com uma ótica que atende aos objetivos desta pesquisa, diferenças na metodologia que não descaracterizem essa visão global foram desconsideradas e o objetivo / diretriz representa uma síntese dos objetivos / diretrizes do projeto sob a ótica da pesquisa.

Os princípios identificados que orientam as pesquisas e os estudos do ZAE foram 3:

**Princípio 1.** Divisão do território em zonas agroecológicas, com a indicação do uso potencial de cada zona, podendo ser lavoura, pecuária, conservação ou recuperação, com diversos níveis de manejo, quando é o caso. As zonas são indicadas através de estudos técnicos com base, principalmente, na aptidão pedoclimática local;

**Princípio 2.** Classificação da aptidão pedoclimática para um sistema de produção em áreas com uma característica de uso pré-determinada. O território é analisado por um todo e são excluídas áreas com restrições ambientais, técnicas ou legais e

**Princípio 3.** Classificação da aptidão pedoclimática para um sistema de produção / cultura . O território é analisado por um todo e são excluídas áreas com restrições ambientais, técnicas, legais ou sociais (políticas, comerciais etc), envolvendo

negociação entre o setor agroindustrial e o governo para a elaboração das diretrizes e contando com a participação da sociedade em todas as etapas do ZAE.

**Quadro 2 - Zoneamentos agroecológicos e pedoclimáticos: métodos e objetivos**

Instituição	Autoria	UF	Princípio	Objetivo Diretriz
1982 cpts <sup>1</sup>	Miranda e Olimpo (proposta)	PI	1	A
1985 cpac <sup>2</sup>	Feitosa et al (pedoclimático - ignorar)	MG	-	-
1991 cnps <sup>3</sup>	Embrapa Solos	BR	1	A
1992 Estado MT	Sánchez, R. O.	MT	1	B
1995 IBGE	IBGE	GO	1	A
1999 cpatu <sup>4</sup>	Oliverira Júnior et al (a),( b)	PA	1	A
1999 cnpm <sup>5</sup>	Miranda, E. E. de; Bognola, I. A.	TO	1	A
2000 cpatu	Rodrigues et al.	PA	1	A
2000 cnps uep <sup>6</sup>	Silva F.B.R et al	NE	1	A
2001 cnps uep <sup>6</sup>	Silva F.B.R et al	PE	1	A
2001 cpatu	Rodrigues, T.E. et al (a), (b), Valente, M.A. et al e Silva, J.M.L. et al	PA	1	A
2001 cnps	Chagas et al	BA	1	A
2002 cpatu	Silva, J.M.L. da et al (a), (b)	PA	1	A
2003 cpatu	Rodrigues, T.E. et al (a), (b); Santos, P.L do et al; Silva, Valente e Rodrigues; Silva e Rodrigues	PA	1	A
2003 cnps	Embrapa Solos	RJ	1	A
2003 ceplac/cepc	Santana, S.O. et al	BA	1	A
2003 cnps	Assis, D.S. et al	MS	1	A
2004 cpatu	Silva, J.M.L. da et al	PA	1	A
2007 cnps	Chagas, C. da S. et al	MS	1	A
2008 cnpms <sup>7</sup>	Ladau e Guimarães (proposta metodológica)	MG	2	A
2009 cnps	Bhering, S.B. et al (a), (b); Carvalho Júnior, W. de et al (a), (b); Amaral, F.C.S. et al, Zaroni, M.J. et al	MS	1	A
2009 cnps	Manzatto, C.V. et al	BR	3	C
2010 cnps	Ramalho Filho et al	BR	3	C
2011 cnps	Bhering, S.B. et al (a), (b); Carvalho Júnior, W. de et al (a), (b); Chagas, C. da S. et al (a), (b), (c); Pereira, N.R. et al; Zaroni, M.J. et al (a), (b)	MS	1	A
2011 cnpma <sup>8</sup>	MANZATTO, C. V. (proposta)	BR	1	C
2012 cnps	Amaral, F.C.S. do et al (a), (b)	MS	1	A

Notas: <sup>1</sup> Embrapa Semiárido <sup>2</sup> Embrapa Cerrados <sup>3</sup> Embrapa Solos <sup>4</sup> Embrapa Amazônia Oriental <sup>5</sup> Embrapa Monitoramento por Satélite <sup>6</sup> Embrapa Solo UEP Recife <sup>7</sup> Embrapa Milho e Sorgo <sup>8</sup> Embrapa Meio Ambiente.

Quanto ao objetivo dos ZAE e de propostas de ZAE, foram identificados três objetivos gerais:

**Objetivo A.** Subsidiar o planejamento territorial para o desenvolvimento sustentável. Os ZAE são apresentados como ferramentas de suporte à decisão espacial aos gestores públicos, com apresentação de mapas e indicações de uso para que, a partir da interpretação do ZAE, os gestores públicos possam elaborar as políticas de desenvolvimento rural;

**Objetivo B.** Servir de instrumento para o ordenamento territorial no setor agrícola. Esse foi o caso do ZAE do estado de Mato Grosso, desenvolvido sob demanda do estado de ordenar o desenvolvimento agrícola do Estado. Esse ZAE serviu de base para a elaboração da Política de Ordenamento Territorial do Mato Grosso (MATO GROSSO, 1992) e

**Objetivo C.** Ordenar a expansão da cultura e propiciar seu ordenamento territorial. Nesses ZAE são elencadas as áreas aptas para determinada classe de manejo / produtividade e, suas diretrizes são utilizadas para orientar a concessão de crédito rural/industrial para atividade analisada. Dessa forma foram elaborados o ZAE da cana-de-açúcar (BRASIL, 2009) e da Palma de Óleo (BRASIL, 2010).

O primeiro ZAE elaborado no Brasil foi o de todo território Brasileiro, em seguida, os estados do Mato Grosso, de Tocantins, do Rio de Janeiro e da Região Nordeste tiveram um ZAE para todo o seu território e os estados do Pará, da Bahia e do Mato Grosso do Sul tiveram parte e seu território avaliado. Esses ZAE (exceto o do Rio de Janeiro e o do Mato Grosso) consistem de uma abordagem pedoclimática com a indicação de preservação somente de áreas institucionais (terras indígenas, unidades de conservação) e preservadas por lei. Por último, o Brasil teve dois zoneamentos regionais, o ZAE da cana-de-açúcar (MANZATTO et al, 2009) e o ZAE da Palma de óleo (RAMALHO FILHO et al, 2010), que, assim como o ZAE do Rio de Janeiro e o do Mato Grosso, indicaram a preservação de áreas de remanescentes e outras áreas que não eram, necessariamente, institucionais ou preservadas por lei.

A proposta de Zoneamento do Piauí, de 1982, não foi levada adiante, o ZAE de 1985 (Feitosa et al, 1985) foi para a cultura do abacaxi, no estado de Minas Gerais e o conceito de agroecológico que adotou foi diferente do conceito da FAO (1997), foi um estudo pedoclimático para a cultura em que considerou a ecologia do abacaxi ao invés da ecologia do meio-ambiente, o estudo elaborado por Landau e Guimarães (2008) é um estudo que demonstra que o ZAE pode ser utilizado para avaliar o potencial de expansão de um sistema de produção, no caso, de Integração Lavoura Pecuária e a proposta de Manzatto (2011) é de aplicar para o sorgo sacarino o mesmo estudo que foi aplicado no caso do ZAE da cana-de-açúcar.

O ZAE do Mato Grosso fundamentou a Política Estadual de Ordenamento Territorial (MATO GROSSO, 1992), foi uma primeira aproximação de uma sequência de estudos para

elaborar o ZEE do Estado (SÁNCHEZ, 1992). O ZEE do Mato Grosso também foi aprovado por lei estadual (MATO GROSSO, 2011), contudo, o instrumento não foi efetivo para o ordenamento territorial, não impedindo, por exemplo, a expansão da soja no norte do estado, quando, pela Lei de Ordenamento (ibid, 1992), não seria permitido.

O ZAE da cana-de-açúcar e o ZAE da Palma de óleo também geraram legislação para regular a expansão das culturas. Foram dois decretos federais, um instituiu o ZAE da cana-de-açúcar (BRASIL, 2009) e outro instituiu o ZAE da palma de óleo (BRASIL, 2010), a concessão de crédito rural/industrial para ambas as culturas é concedido segundo as diretrizes e orientações técnicas dos ZAE (BRASIL-BC, 2009, 2009a), ambos foram efetivos e estão promovendo o ordenamento territorial da expansão dessas culturas (BRASIL, SENADO, 2012).

## **1.2 Prospectiva Estratégica**

A prospectiva estratégica é um conjunto de ferramentas para a elaboração compartilhada de cenários; de estratégias de ação e de planos e programas que permitem orientar a construção de futuros mais desejados. (GODET, 2007; MARCIAL E GRUMBACH, 2006; MARQUES 2007). Para a qual, cenários podem ser entendidos como visões claras de futuros possíveis, com a descrição de como passar do estado atual para o estado futuro (GODET, 2007).

É aplicada através de painéis com especialistas, nos quais é feito um diagnóstico estratégico do setor; de seminários com os representantes da sociedade relacionados com o tema para a construção de visões compartilhadas de futuro e consulta peritos para o tratamento estatístico dos cenários (MARCIAL & GRUMBACH, 2006, MARQUES, 2007 e GODET, 2007).

Quando aplicada a temas territoriais, recebe a designação de prospectiva territorial, que é a prospectiva estratégica aplicada ao território e segue as leis e os procedimentos da prospectiva estratégica para a elaboração de um projeto territorial. (Durance et al, 2008 e Godet, 2001, 2007, 2011)

A prospectiva territorial pode ser classificada quanto ao nível de participação dos atores locais (forte ou fraco) e quanto à visão estratégica (sim ou não). As com fraca

participação dos atores são as “prospectivas confidenciais”: 1. de ajuda à decisão, quando não estratégica – alimenta a reflexão estratégica e 2. de orientação estratégica, quando estratégica – compartilha ou coloca em causa a visão estratégica. As de forte participação dos atores são as “prospectivas participativas”: 3. de mobilização, quando não estratégica – prepara os espíritos para a mudança e 4. de condução de mudanças, quando estratégica – elabora ações estratégicas. (DURANCE et al, 2008, p. 21-23).

A marcha da prospectiva territorial apresenta três etapas: 1. A prospectiva exploratória – apresenta uma visão compartilhada do futuro, mobiliza o conhecimento para identificar os cenários possíveis, ou seja, realizar um diagnóstico prospectivo (não estratégica); 2. A Visão – nessa etapa, identifica-se as decisões possíveis e as ações possíveis e mobiliza-se os meios disponíveis para elaborar as margens de manobra em função de um cenário desejado, é concluída com a definição da prioridades estratégicas (estratégica) e 3. O projeto estratégico – mobiliza os atores-chave para conceber um novo modo de governança e desenvolver um “sistema de pilotagem” do território, ou seja, projetos de território (DURANCE et al, 2008, p. 56-81).

A definição das ferramentas e dos métodos da prospectiva territorial a serem aplicados ao estudo de um território é feita em função do problema, das adversidades, e do tempo disponível para elaborar a investigação e apresentar os resultados (GODET, 2001).

A elaboração dos estudos de prospectiva baliza-se em cinco questões centrais e cinco ideias-chave. As cinco questões são: Cinco questões: **Q0** – Quem sou eu? **Q1** – O que pode acontecer? **Q2** – O que posso fazer? **Q3** – O que farei? **Q4** – Como farei? o que faz retornar à **Q0** – Quem sou eu? Pois, depois de trabalhar as cinco questões já não se é o mesmo do início. E as cinco ideias-chave são: **1.** O mundo muda, os problemas continuam; **2.** Futuro, fruto do acaso, da necessidade e da vontade; **3.** Simplificar o complexo; **4.** Boas questões e desconfiança das ideias feitas (estigmas) e **5.** Da antecipação à ação pela apropriação (GODET, 2000, 2001, 2006, 2007; DURANCE et al, 2008 e GODET & DURANCE, 2011).

De acordo com Marques (2007), Durance et al (2008) e Godet e Durance (2011) para uma política territorial ser efetiva, sua elaboração deve considerar aspectos estratégicos como atores, variáveis, forças, fraquezas, oportunidades, ameaças e planos de ação. Nesta tese um ZAE que foi uma política de ordenamento territorial efetiva foi analisado para ver se contemplou elementos de planejamento estratégico em sua elaboração. Essa análise estratégica do ZAE foi realizada sob a ótica da prospectiva estratégica e o trabalho desta tese situa-se na Q0 da prospectiva: Quem sou eu? De acordo com Durance et al (2008) essa

questão é respondida na primeira marcha da prospectiva: o diagnóstico estratégico. no qual se identifica o contexto de ação, os atores envolvidos e as forças, fraquezas, oportunidades e ameaças do passado, vislumbrando algo do futuro próximo.

Sua elaboração apresenta uma lista inicial de: 1. Principais marcos; 2. Principais tendências; 3. Demandas futuras; 4;. Fatores de mudança; 5. Idéias feitas (clichês, estigmas, estereótipos); 6. Atores do setor; 7. Variáveis-chave; e 8. Forças, fraquezas, ameaças e oportunidades em relação à política para fundamentar os estudos de prospectiva estratégica e ser complementada no desenvolvimento desses estudos (GODET & DURANCE, 2011).

A partir da proposta de Godet (2007) e do apresentado por Marques (2007), Durance et al (2008), por Grumbach (2009) e por Godet (2011), pode-se assumir que para a elaborar uma análise estratégica de um ZAE, esse deve ser percebido como um ente que atua no território, como um organismo que tem forças, que tem fraquezas, que busca por oportunidades e que sofre ameaças.

Com a concepção do ZAE como um ente, analisá-lo com as premissas do diagnóstico estratégico territorial, que consiste em i. identificar os atores envolvidos, ii. identificar as variáveis do sistema (parâmetros); iii. fazer uma “caça às idéias-feitas” (estigmas, estereótipos) e iv. delinear/hierarquizar os principais desafios do futuro.

### 1.2.1 As etapas da prospectiva Estratégica

Segundo demonstrado por Godet (2000, 2006 e 2007), a metodologia da prospectiva estratégica, ou planejamento estratégico com base em cenários, desdobra-se em 9 etapas, descritas a seguir. Para efeito dos objetivos desta tese, o cumprimento dessas etapas será desnecessário, haja vista que elas são aplicadas para complementar a questão **Q0** – Quem sou eu? e responder as questões **Q1** – O que pode acontecer? **Q2** – O que posso fazer? **Q3** – O que farei? **Q4** – Como farei? e para atender aos objetivos da tese os estudos situam-se no âmbito de diagnóstico inicial da questão **Q0** – Quem sou eu?

**Etapa 1 - análise do problema e delimitação do sistema** – início do processo. Etapa investigativa em é uma análise compartilhada global do objeto de análise é realizada. Consiste em i. identificar os atores envolvidos, ii. identificar as variáveis do sistema (parâmetros); iii.

fazer uma caça às idéias feitas (paradigmas, clichês, estereótipos) e iv. delinear/hierarquizar os principais desafios do futuro

Esse é o primeiro dos quatro passos do processo de cenário e dos nove da metodologia integrada. Busca analisar o objeto de análise e fixar as variáveis do sistema (parâmetros) que serão estudados. Nesta etapa o método de cenário é apresentado, os pensamentos sobre o futuro do tema são tratados e postos em evidência. Seminários servem para dar início ao processo. É uma primeira aproximação dos saberes e das competências (no passado, presente e futuro) perante os desafios;

**Etapa 2 - identificação das competências** – identifica o que cada ator (pessoa, organização, grupos) tem capacidade e poder de realizar. É um raio-X completo do setor / companhia, em todos os níveis de informação, onde são ilustradas as competências de cada ente componente. Esta etapa não se aplica à elaboração do cenário, mas ao planejamento estratégico;

**Etapa 3 - identificação das variáveis-chave** – os principais desafios do futuro são identificados e as ações e formas para agir perante esses desafios são delineadas. Consiste em identificar as variáveis-chave, ou seja, as variáveis essenciais ao sistema e sua contextualização.

Apresenta três passos: i. recenseamento das variáveis internas (do sistema) e externas (envolventes), por uma análise o mais exaustiva possível podendo buscar ajuda de consultores externos; ii. descrição das relações que as variáveis mantêm entre si, através de uma matriz que qualifica a dependência de uma variável em relação a todas as variáveis e iii. identificação das variáveis-chave, as variáveis de maior impacto nos cenários;

**Etapa 4 - identificação das forças e das fraquezas** - terceira etapa do método de cenários. Busca apreender a dinâmica do sistema e de sua contextualização (do passado ao presente), identificar a forças e fraquezas e a natureza do relacionamento entre os atores e a vislumbrar as questões-chave para o futuro.

Nesta etapa: i. são analisadas a influência de cada ator do sistema sobre as variáveis-chave identificadas na etapa 3, através de uma matriz que confronta cada ator com todas as variáveis identificadas; ii. identifica-se os objetivos estratégicos; iii. analisa-se a posição de cada ator frente a cada objetivo; iv. hierarquiza-se, para cada ator, as sua prioridade de

objetivos; v. analisa-se a influência/dependência entre os atores (poder dos atores) vi. integra-se a matriz de forças com a de objetivos por ator, consolidando a força do ator (se seus objetivos associados são mais fortes ele será mais forte) e vii. formula-se as recomendações estratégicas e as questões-chave para futuro, no âmbito do jogo de atores;

Com a conclusão das etapas 1, 3 e 4 o problema é devidamente formulado, as questões-chave para elaborar os cenários são elaboradas e os peritos para respondê-las são indicados pelo grupo, o que permite realizar a etapa 5.

**Etapa 5 - redução das incertezas** – quarta etapa do método de cenários. As etapas 1, 2, 3 e 4 são elaboradas em seminários dedicados a cada uma delas. Nesses seminários e em pesquisas diversas são identificados os peritos em relação ao tema tratado realiza-se a consulta a peritos em relação ao tema tratado.

Nesta etapa: i. são colocados em evidência acontecimentos (tecnologias, fatos, processos, economia), analisando-se a compatibilidade das configurações assumidas. São componentes dessa matriz as incertezas críticas, a hipóteses para essas incertezas e a combinação de hipóteses (cenários); ii. evidencia-se as convergências de opinião e destaca-se os consensos através da consulta a peritos, inicia-se com a formulação do problema, para então, selecionar-se os peritos e, assim, fazer-se-lhes as consultas; iii. recolhimento das respostas dos peritos e organização dos dados e iv. é realizado o cálculo das probabilidades dos cenários, a partir das análises dos peritos e identificado o cenário mais provável (com maior probabilidade de ocorrer), que não necessariamente é o cenário que segue a tendência do passado e também não será o mais desejado.

A partir da redução de incertezas são construídos os cenários, com base nos cenários são delineadas as ações estratégicas e os projetos gerenciais para aplicar as ações previstas.

**Etapa 6 - estabelecimento de opções estratégicas** - “põe em evidência os projetos coerentes, ou seja, as opções estratégicas compatíveis com a identidade da empresa ou com os cenários mais prováveis da sua envolvente.” (GODET, 2000);

**Etapa 7 - avaliação das opções estratégicas** - é consagrada à avaliação das opções estratégicas; uma abordagem racional incitaria a que nos apoiássemos num método de escolha multicritérios, mas é raramente o caso. Com esta etapa conclui-se a fase de reflexão prévia à decisão e ação;

**Etapa 8 - hierarquização dos objetivos** – nesta etapa planeja-se a aplicação toda a reflexão realizada até então;

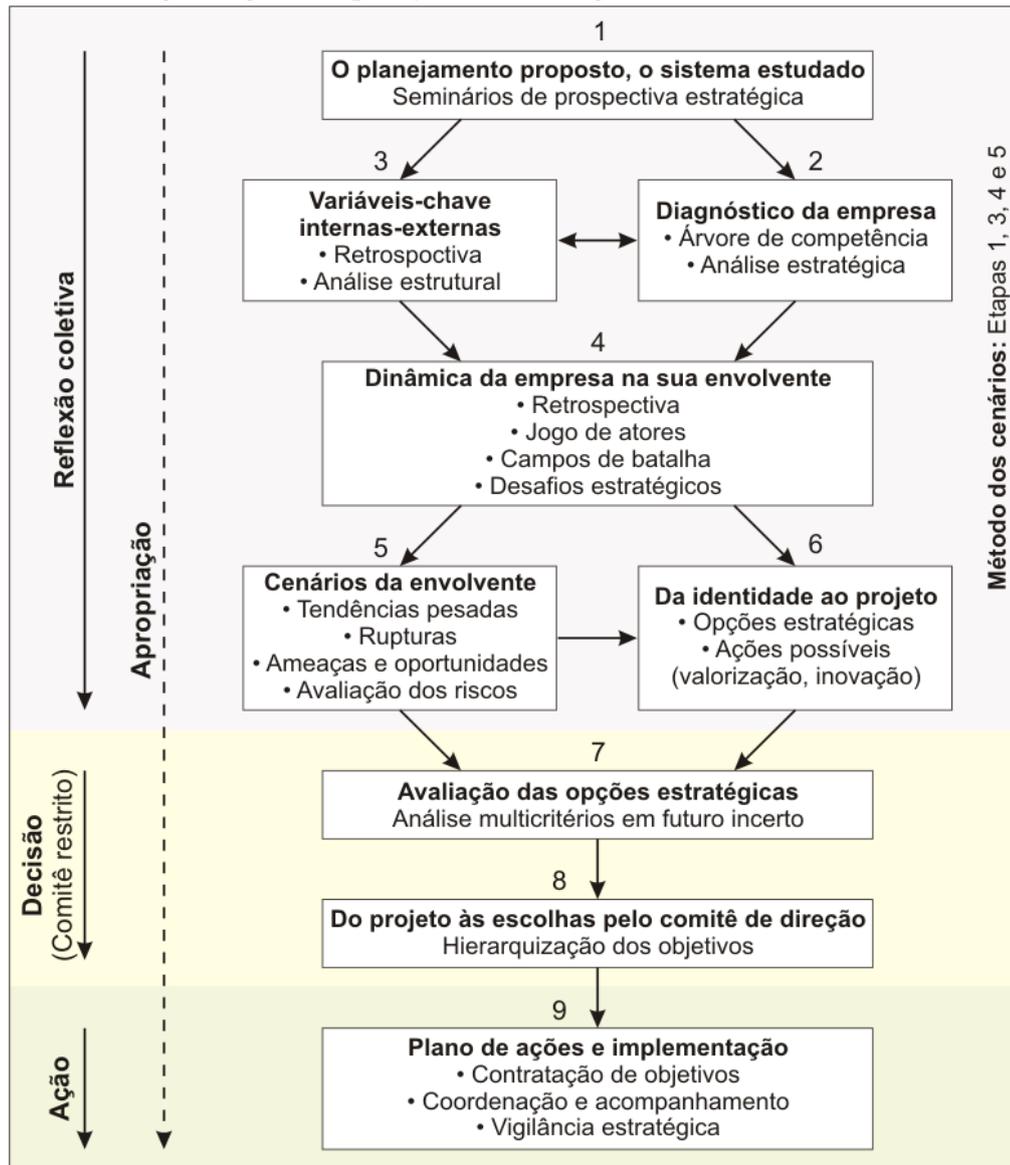
**Etapa 9 - execução do plano de ação** - “destinada à execução do plano de ação; implica a realização de contratos por objetivos (negociados ou suscitados), a implementação de um sistema de coordenação e acompanhamento e o desenvolvimento de uma vigilância estratégica (externa)”. (GODET, 2000).

A Figura 1 ilustra essas nove etapas supracitadas e esclarece fluxo entre as etapas. As etapas 1, 3, 4 e 5 são as destinadas à elaboração de cenários, as demais etapas são para outros usos da prospectiva, pois a prospectiva estratégica utiliza cenários para a tomada de decisões estratégicas, sejam institucionais ou territoriais, os cenários fazem parte da técnica e são incorporados em um conjunto maior de ferramentas e de abordagens.

As etapas de 1 a 5 são elaboradas em seminários de reflexão coletiva, onde não são discutidas questões estratégicas, mas visões compartilhadas do objeto em análise. As etapas 7 e 8 são realizadas em âmbito exclusivo, nelas são discutidas questões estratégicas a partir da visão coletiva obtida da etapa 1 à 5 e na etapa 9 são definidos os programas, projetos e planos estratégicos, pode ser realizada por consultoria externa, mas será elaborada segundo as diretrizes estabelecidas nas etapas 7 e 8 (GODET, 2000, 2006, 2007 e GODET & DURANCE, 2011).

Ainda de acordo com Godet (2000, 2007) e Godet e Durance (2011) a prospectiva estratégica é uma caixa de ferramentas que pode ser aplicada por completo, cumprindo todas as suas etapas, pode ser aplicada em partes, em módulos, com as etapas (uma ou mais) que são adequadas às necessidades do estudo desenvolvido ou mesmo, pode-se utilizar isoladamente os recursos adotados em uma ou mais etapas, de modo a não cumprir com uma etapa por completo. Tudo depende da necessidade, cabendo ao "prospectivista" aplicar a prospectiva estratégica da forma que melhor couber em cada situação / estudo.

Figura 1 - Metodologia integrada do planejamento estratégico com base em cenários



Fonte: GODET, 2000, 2006, 2007

No início dos trabalhos de prospectiva é instituído um grupo técnico, que será o grupo de pilotagem dos estudos e definirá os participantes potenciais dos seminários a serem convidados. Os participantes dos seminários definem quais são os peritos que participarão da etapa de redução de incertezas. A aplicação dos seminários atenderá às etapas 1, 3, 4 da prospectiva e permitirá desenvolver a etapa 5, ou seja, a consulta a experts para a redução de incertezas.

O seminário é normalmente organizado para ocorrer em dois dias com cinco laboratórios. O seminário inicia com a apresentação do tema em estudo e do que consiste a prospectiva estratégica. Após essa apresentação os participantes são divididos em cinco

grupos, com 5 a 10 pessoas cada grupo (GODET, 2011), para darem andamento aos cinco laboratórios do seminário, idealizados como demonstrado no Quadro 3 (GODET, 2007).

**Quadro 3 - Laboratórios dos seminários de prospectiva estratégica**

	1º dia	2º dia
Laboratório 1 Ideias feitas (clichês)	Caça às ideias feitas	Das ideias feitas às ações
Laboratório 2 Mudanças x ações	Antecipar os fatores de mudança e as inércias	Das mudanças críticas às ações
Laboratório 3 Mudanças x cenários	Antecipar os fatores de mudança e as inércias	Das mudanças críticas aos cenários exploratórios pela análise morfológica
Laboratório 4 Mudanças x ações	Antecipar os fatores de mudança e as inércias	Das mudanças críticas ao jogo de atores

Fonte: Godet, 2007. Tomo 2. p.35.

Após o seminário será iniciada a etapa 5, com sua conclusão é elaborado o relatório prospectivo exploratório do impacto da política pública em análise na mudança de uso da terra em função das atividades que regula. Esse relatório deve identificar os principais atores envolvidos na aplicação da política, as ameaças e as oportunidades que essa política possa responder e os cenários futuros mais prováveis considerando-se a aplicação, ou não, da política.

### 1.2.2 A importância dos atores e das diversas políticas para um setor – o exemplo do avanço da cana nas regiões de Araçatuba, Campinas e Ribeirão Preto

Bini (2008) estudou o fenômeno da expansão do setor sucro-alcooleiro em São Paulo, com foco nas regiões administrativas de Araçatuba. A partir de sua demonstração pode-se concluir que o conjunto de ações e de medidas do governo, que afetem a economia e a estabilidade da produção é que são efetivas para ordenar a expansão de um setor, onde ações isoladas em um contexto maior têm o seu alcance reduzido e que a política necessita do apoio dos atores locais.

Essa conclusão foi tirada do estudo que Bini (2008) fez sobre o Pró-Oeste, em 1980, quando apresentou que essa política incentivou a expansão da cana sobre pastagem nas regiões administrativas de Campinas, Ribeirão Preto e de Araçatuba, mas, que o governo fez um trabalho de conquista dos pecuaristas antes de a política ser aplicada realçando todas as

vantagens da cana sobre a pastagem, pois eram os únicos com quantidade de terra disponível para a expansão.

Ao analisar a diferença de expansão entre a região de Araçatuba e as regiões de Ribeirão Preto e de Campinas, observou a menor expansão na região de Araçatuba ocorreu por os pecuaristas preferirem investir tanto em gado como em cana (meio-a-meio) e que a maior expansão nas regiões de Ribeirão Preto e de Campinas ocorreu por os pecuaristas preferirem investir em cana. Donde se pode concluir que se o estado aplica uma política de expansão do setor, mas continua a "arcar com os custos de financiamento da produção, de estabilização da produção, de orientação tecnológica, de provisão de informação etc." (ibid p. 116) dos setores concorrentes, a política terá seu potencial de alcance reduzido, dependendo do interesse dos atores locais, mas, a medida que retira o suporte ao setores concorrentes, mesmo sem a política de incentivo, os atores migram para o setor de maior rentabilidade e segurança.

Segundo Bini (2008) o estado parou de arcar com tais custos na década de 1990 que aumentou o avanço da cana na região de Araçatuba. Na década de 2000 houve a liberação dos preços, que ele considerou com um marco para a expansão da cana na região de Araçatuba, que culminou com o deslocamento dos frigoríficos para o Centro-Oeste do Brasil e a desestruturação da cadeia produtiva da pecuária na região de Araçatuba.

Condensando o apresentado por Bini (2008), infere-se que a efetividade das políticas públicas depende do modo como as diretrizes estabelecidas relacionam-se com as relações de poder/influência dos atores envolvidos: *i.* sobre as estruturas estabelecidas/incentivadas (variáveis), *ii.* sobre os processos de ocupação (condicionantes) e *iii.* de uma ator em relação a outro ator.

Os atores são todos aqueles que interferem nas decisões, são os agentes do sistema, são indivíduos, grupos, lideranças, organizações ou associações de classe que influenciam ou recebem influência significativa; as variáveis são as estruturas identificadas, as ações existentes no processo, são o que existe e as condicionantes são os processos (fluxos, drivers), o arcabouço que dá suporte às ações (MARCIAL e GRUMBACH, 2007).

Essas questões são abordadas pela prospectiva estratégica, um método para elaboração de cenários apresentado por Godet (2001, 2007 e 2011) em que para cada caso analisado, para cada cenário a ser gerado i) identifica as variáveis; ii) identifica os atores; iii) avalia as relações de poder e dependência 'ator x ator', 'variável x variável'; iv) avalia as relações de poder dos atores sobre as variáveis (são as condicionantes citadas acima); v) elenca as

variáveis mais representativas e vi) gera os cenários prospectivos estratégicos. Na abordagem de Godet (2007), as variáveis são os acontecimentos críticos que impulsionam mudanças, ou não, para as quais os atores podem ter estratégias de ação para aproveitar as oportunidades, estarem preparados para as ameaças, aproveitando melhor suas fortalezas e remediando suas fraquezas. As ferramentas de cenários prospectivos podem ser aplicadas exclusivamente para análise bastando, para isso, utilizar a parte da metodologia voltada para a análise (GODET, 2007) e essas ferramentas podem ser aplicadas no âmbito territorial, com as devidas adaptações (DURANCE, 2008).

Analisando a exposição de Bini (2008) sob a ótica do apresentado por Marcial e Grumbach (2007), Godet (2007) e Durance (2008) pode-se elaborar uma pequena análise da política do Pró-oeste e identificar que a cana avançou mais nas regiões de Campinas e de Ribeirão Preto que na região de Araçatuba porque no início tanto os atores de pecuária e quanto de cana possuíam condições (condicionantes) que tornavam indiferente manter-se em um sistema ou outro e essa mudança dependia unicamente da vontade do dono da terra. Essas condicionantes que “igualavam” os setores foram suprimidas e a região de Araçatuba aumentou a expansão de cana-de-açúcar, pois as condicionantes passaram a ser favoráveis para o setor da cana e desfavoráveis para a pecuária de corte.

### **1.3 Adendo ambiental – o conceito internacional de sustentabilidade para biocombustíveis**

O zoneamento agroecológico para o teste da metodologia desta tese foi o zoneamento agroecológico da cana-de-açúcar. A cana-de-açúcar é insumo tanto para a produção de alimento – o açúcar – quanto para a produção de biocombustível – o álcool. No contexto internacional, o biocombustível que não atenda aos critérios de sustentabilidade pode ter sua comercialização impedida nos países da Comunidade Européia, nos Estados Unidos da América, no Japão e outros.

O conceito de sustentabilidade adotado no ZAE-Cana é que a produção de uma cultura seja com técnicas de cultivos economicamente viáveis e sem riscos à degradação ambiental e alinhada com os objetivos e preceitos do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo previstos no Protocolo de Quioto (EMBRAPA SOLOS, 2009. p. 2).

A sustentabilidade é definida no contexto internacional segundo os princípios:

1. **legalidade** – respeito ao arcabouço legal dos países e em consonância com os acordos internacionais;
2. **mudanças climáticas e combustível verde** – os biocombustíveis contribuem para a mitigação dos efeitos das mudanças climáticas pela redução de gases de aquecimento;
3. **direitos humanos e trabalhistas**; não violação dos direitos humanos e dos direitos trabalhistas do país;
4. **desenvolvimento rural e social** – contribuir para o desenvolvimento econômico e social das localidades e das populações rural, indígena, tradicional e demais comunidades locais;
5. **segurança alimentar** – não prejudicar a produção de alimentos;
6. **conservação e biodiversidade** – contribuir para a redução de impactos na biodiversidade, nos ecossistemas e nas áreas protegidas;
7. **solo** – adoção de práticas que melhorem a qualidade do solo e minimizem sua degradação;
8. **água** – otimização de uso do recurso água, incluindo a minimização da contaminação, sua redução com o dever de não violar os direitos de uso da água e
9. **ar** – minimização da poluição do ar ao longo do ciclo de produção e uso do biocombustível. (MALHEIROS et al. 2008, pp. 5-6;)

#### 1.4 Modelagem dinâmica

*“Um modelo de mudança de uso e de cobertura da terra é um modelo espacial dinâmico que descreve mudanças de uso e de cobertura da terra em uma área geográfica, que é resultado de interações humanas com ambientais”* (CARNEIRO, 2006, p. 24).

A modelagem dinâmica trata o espaço representado como uma combinação de estruturas fixas e mutáveis, sujeitas a regras de transição que envolvem questões como tempo, vetores de mudança naturais e antrópicos. Na modelagem dinâmica o ambiente é tratado

como um conjunto de células individuais que se relacionam entre si. (PEDROSA, 2003; LISBOA, 2008; VALENCIA, 2008; VERBURG, 2010).

O processo de modelagem de dados geográficos apresenta quatro fases distintas:

1. **organização** - fase de organização e planejamento do projeto. Consiste em: a) análise do ambiente - coleta de dados, b) reconhecimento de variáveis e c) determinação de objetivos;
2. **concepção do modelo** – consiste no desenho do modelo segundo as variáveis identificadas e objetivos estabelecidos, na organização dos dados para as análises futuras;
3. **teste, validação, simulações** - teste do modelo para determinação da solução: simulação – composta dos processos: a) “what-if” – procura responder o que aconteceria ao se alterar determinadas variáveis; b) “goal seeking” – procura determinar quais são as variáveis que contribuem para um determinado objetivo, solução e
4. **aplicação da solução e entrega dos produtos** - aplicação da solução encontrada ao ambiente analisado e distribuição da informação gerada. (PEREIRA, 2006)

O processo de modelagem dinâmica para modelos de mudança de uso e cobertura da terra apresenta as etapas:

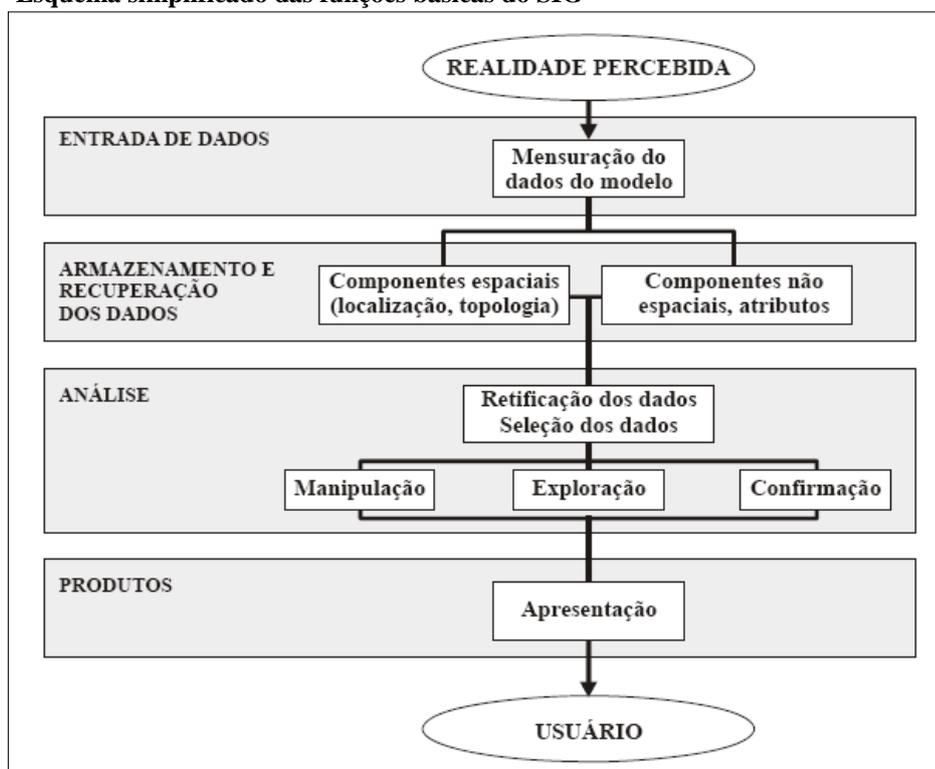
1. **desenvolvimento de dados** – aquisição e organização dos dados;
2. **desenvolvimento do modelo** – desenho do modelo com a definição da resolução temporal (tempo total para as projeções e os intervalos de tempos intermediários);
3. **calibração, verificação e validação do modelo** – ajustes do modelo, verificações de consistência e validação para aplicação;
4. **execução, visualização e relatórios de análise** – execução do modelo e geração de visualizações e de relatórios para a resolução temporal estabelecida na etapa 2 e
5. **Cenários projetados** – teste das hipóteses sobre o fenômeno modelado e a tentativa de responder ao que pode ocorrer se determinadas decisões forem tomadas pelos *stake-holders* (*What if*) nos intervalos de tempo definidos na etapa 2. (CARNEIRO, 2006. pp. 26-27)

Entre a modelagem de dados geográficos e a modelagem dinâmica de dados geográficos observa-se que a diferença entre ela é que na modelagem dinâmica a resolução

temporal é incrementada no processo, resultando em produtos que respondem à pergunta “o que acontece para determinada decisão em tal intervalo de tempo?”

Christofoletti (1999), indica o uso de Sistemas de Informações Geográficas (SIG) para a modelagem de dados espaciais, pois as suas funções básicas: 1. entrada de dados; 2. armazenamento e recuperação dos dados; 3. análise e 4. produtos atendem às demandas da modelagem de dados ambientais. A Figura 2 apresenta essas e as etapas de trabalho para a para modelagem e análise com a utilização de ferramentas SIG.

**Figura 2 - Esquema simplificado das funções básicas do SIG**



Fonte: Christofoletti, 1999

Nesse caso, os SIG são um ambiente computacional adequado para a modelagem de dados geográficos. (MEIRELLES, 1997; CHRITOFOLETTI, 1999; MEIRELLES et al, 2005; PEREIRA, 2006 e MANZATTO et al, 2009). Contudo, o SIG foi desenvolvido para a modelagem de sistemas essencialmente estáticos, sendo um desafio para a tecnologia SIG a modelagem de sistemas dinâmicos, sejam físicos ou sócio-econômicos (PEDROSA, 2003; PEDROSA e CÂMARA, 2007).

Para tratar desses modelos, Couclelis (1997) propôs a integração do “largamente popular autômato celular chamado de ‘jogo da vida’” (Ibid. p.165) com as ferramentas SIG para simular cenários futuros e dinâmicos de mudança de uso e de cobertura da terra por o

autômato celular (AC) permitir a modelagem de regras de integração de processos complexos e subjetivos.

Ainda de acordo com Couclelis (1997), os requisitos conceituais e práticos para a modelagem regional com o uso de AC são: 1. Interatividade e realismo nos modelos baseados em AC e 2. Espaço próximo e 3. Geoálgebra.

Quanto aos tipos de modelo, Pedrosa (2003) apresenta um resumo com uma breve descrição e onde aplicar, apresentado no Quadro 4, a seguir:

**Quadro 4 - Tipos de modelos**

<b>Modelo</b>	<b>Porquê</b>	<b>Quando</b>	<b>Onde</b>
Cadeias de Markov	não pode explicar a razão de um fenômeno por ser processo estocástico e não suportar a inclusão de variáveis exógenas	pode prever a evolução de processos estacionários	pode prever distribuições espaciais de elementos do modelo se for combinado com SIG
Logístico de Difusão	permite a inclusão de poucas variáveis exógenas, entretanto é um modelo descritivo, não suportando investigações exploratórias	suporta a dimensão temporal, podendo prever a evolução de processos não estacionários	pode prever distribuições espaciais de elementos do modelo se for combinado com SIG
Regressão Linear	contribui para identificar fatores exploratórios, entretanto são modelos descritivos, não sendo capaz de estabelecer relações causais entre as variáveis	pode prever a evolução de processos estacionários	não são modelos espaciais, entretanto podem ser combinados com SIG
Simulação de Ecosistemas	modelo exploratório que requer descrições funcionais dos sistemas ecológicos	pode formular cenários de mudanças futuras no uso do solo, baseado nos parâmetros do modelo	apresenta dificuldades na representação espacial
Simulação Espacial Dinâmica	requer modelos funcionais espacialmente definidos	pode prever mudanças temporais no uso do solo, baseado nos parâmetros do modelo	pode prever evolução de padrões espaciais em processos determinísticos

Fonte: Pedrosa, 2007, p. 254.

O tipo de modelo que dá suporte ao proposto nessa tese é o modelo de Simulação Espacial Dinâmica que utiliza processos determinísticos (estocásticos) para prever a evolução dos padrões de mudança de uso e cobertura da terra. E sua interatividade é baseada na teoria de autômatos celulares (VERBURG, 2010; CARNEIRO, 2006), como proposto por Couclelis (1997).

#### **A *Interatividade e realismo nos modelos baseados em Autômato Celular***

Os modelos baseados em AC destacam-se pelo alto poder de interatividade, inicialmente, por disponibilizar a visualização dos resultados e agregar resultados, tendências

estatísticas, avaliações comparativas, além de uma gama de possibilidade desde gráficos até a de formatos animados.

A modelagem com AC disponibiliza ferramentas exploratórias desenvolvidas para a análise do mundo real. Apresenta duas dimensões para expressar a realidade: 1. o realismo com respeito aos dados e 2. o realismo com respeito à estrutura do modelo.

Os modelos baseados em AC são uma metáfora da realidade, com generalizações que permitam modelar as características espaciais, as regras de vizinhança e o tipo de sistema em estudo. Apresentam, para isso, formas de representar e de tratar o espaço, formas de representar as características de como se comporta vizinhança e as regras de transição entre estados para os entes representados no espaço em estudo regras espaciais e, por fim, podem considerar as trocas de energia desse espaço com outros.

Assim, nos modelos em AC, um espaço pode variar de uma estrutura regular à não regular, podendo ser homogêneo ou heterogêneo, os vizinhos podem ter uma distribuição uniforme ao longo do espaço, ou não, com regras de transição que não precisam ser universais, os intervalos de tempo podem variar entre si e o espaço pode não ser fechado a influências externas (COUCLELIS, 1997).

Um espaço de estrutura regular é dividido em células de mesmo tamanho e mesmo formato, cada célula possui um valor atribuído, em uma estrutura não regular o espaço é representado por feições (formas) com índices de forma que variam de um ente espacial para o outro. A forma de representação em pixel ou o desenho da configuração de colmeias de abelha são bons exemplos de estrutura regular do espaço e a representação das bacias hidrográficas de uma região é um exemplo de estrutura não regular do espaço. Quando o espaço tem a propriedade de ser homogêneo ele não apresenta variação de valor/estado ao longo de sua superfície.

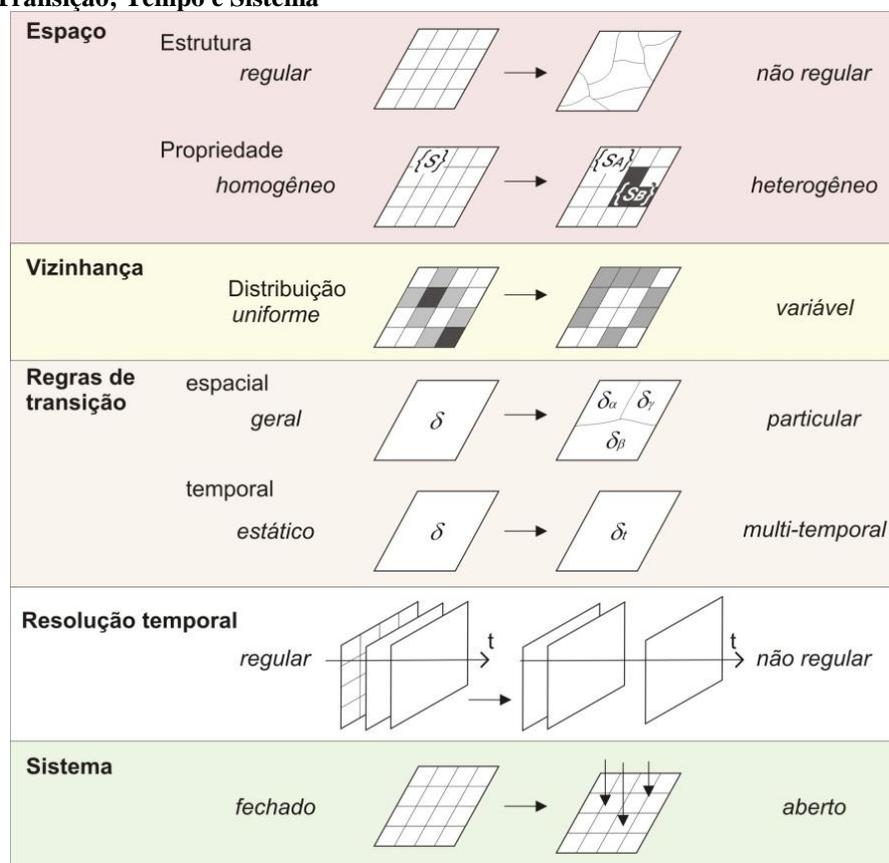
Em relação à vizinhança, essa não precisa ter uma distribuição uniforme ao longo do espaço (como um tabuleiro de xadrez, por exemplo) e suas regras de transição, não precisam ser universais, não precisam ser as mesmas regras de transição espacial para toda a superfície desse espaço elas podem ser gerais ou particulares para cada parcela e a variação de estado de cada ente do espaço pode ser em função de seu estado atual, aceitando de uma a várias regras de transição temporal.

A resolução temporal do modelo AC pode considerar que as observações de mudança de estados serão realizadas em intervalos regulares, por exemplo, de ano em ano, ou em

intervalos não regulares, por exemplo, para três observações de mudanças de estado: a primeira observação com 1 ano; a segunda com 4 e a terceira com 10 anos.

E, por fim o sistema modelado pode variar de fechado a aberto. Quando um sistema é fechado, influências exógenas não interferem no sistema e quando o sistema é aberto influências exógenas afetam o sistema. Em síntese, as generalizações supracitadas são apresentadas na Figura 3, a seguir, que sintetiza as propriedades espaciais, de vizinhança, as regras de transição, a resolução temporal e do tipo de sistema.

**Figura 3 - Generalizações comuns do autômato celular (AC) para abordagem das dimensões: Espaço, Vizinhança; Transição; Tempo e Sistema**



Fonte: Couclelis, 1997 (adaptado pelo autor).

## **B Espaço próximo**

Ou espaço de vizinhança é a concepção intermediária entre espaço cartesiano (absoluto) e espaço leibniziano (relativo).

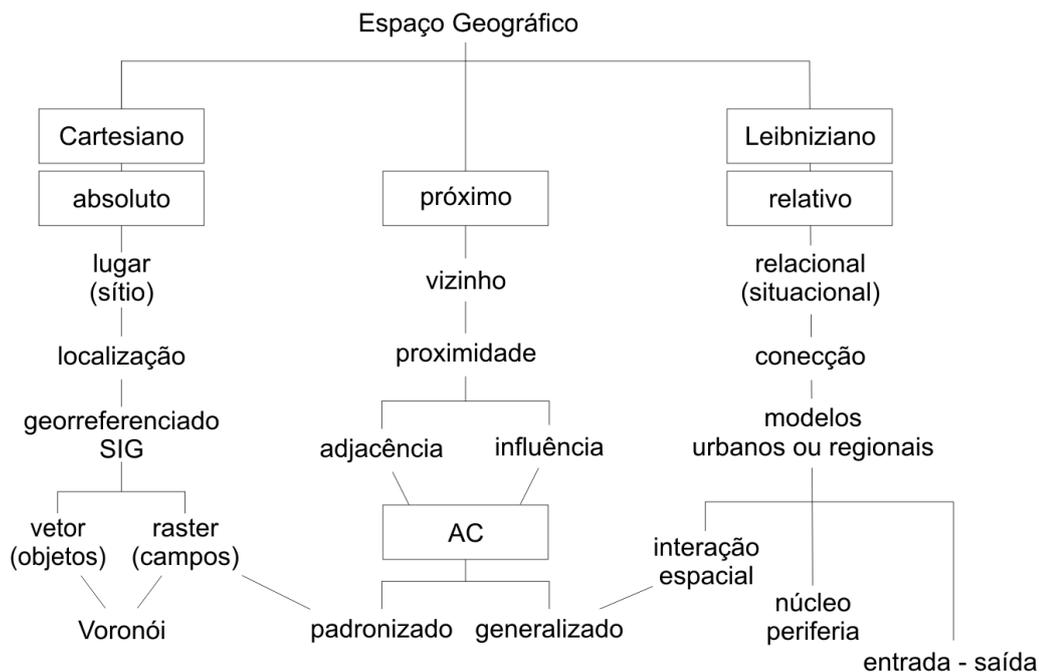
No espaço absoluto as relações espaciais são definidas por coordenadas, são georreferenciadas, nesse espaço as propriedades do espaço são associadas à localização do ente geográfico, sem considerações dos relacionamentos entre esses.

No espaço relativo são consideradas as relações espaciais e os fluxos entre os entes geográficos ao longo do território observado, nesse espaço é considerada a posição do local em relação a outros locais de relevância.

No espaço próximo (ou de vizinhança) incrementa-se o conceito de relações de vizinhança na consideração dos entes geográficos, sendo norteado por dois princípios básicos: o primeiro é que o estado do ente vizinho influencia o estado do ente em estudo e o segundo, assim como se sabe da física clássica, o efeito de um local sobre o outro depende da distância entre eles.

O foco central dos modelos em AC é o conceito de vizinhança. A Figura 4, a seguir apresenta a síntese da noção entre os três espaços apresentados e demonstra a posição intermediária do espaço próximo.

**Figura 4 - O mapa do espaço próximo**



Notas: 1. SIG – sistemas de informações geográficas; 2. AC – autômatos celulares.  
Fonte: Couclelis, 1997 (adaptado pelo autor).

### **C Geo-álgebra**

A geo-álgebra é uma extensão e generalização da álgebra de mapas. A álgebra de mapas foi concebida para explorações no espaço absoluto, permitindo a análise com ênfase nas informações presentes na forma de representação cartográfica. A geo-álgebra insere nesse contexto a noção de vizinhança, passando a computar a influência dos locais vizinhos. Baseia-se em três passos:

1. para um determinado local do mapa todas as suas áreas de influência são definidas;
2. os valores dos locais de influência são computados e
3. o novo valor desse local é definido em função dos valores dos locais de influência.

#### ***D Programa de modelagem dinâmica – CLUE-S***

O programa escolhido para elaborar a modelagem dinâmica de mudança de uso da terra é o CLUE-S (CLUE, 2010), uma ferramenta baseada em Autômatos Celulares, desenvolvida para estudos regionais com resolução menor que 1km, que pode atender a trabalhos com resolução de 125m (SOLER, 2010) e também, resoluções ainda maiores, com demonstrou Galharte (2013) em sua tese. Esse programa possui uso simples, não requer conhecimentos de programação, e pode ser utilizado por pessoas com conhecimentos básicos de SIG e de estatística. Essa facilidade permite que um número maior de pessoas possa adotar a metodologia proposta na tese.

A simulação da modelagem dinâmica no Dyna-CLUE representa o espaço como uma matriz de células. Funções matemáticas, baseadas na capacidade de mudança de cada uso e em modelos de regressão e demandas projetadas, são aplicadas em diversas células, simultaneamente para representar e simular as mudanças de uso (Pedrosa; Câmara, 2007; Lisboa, 2008; Valencia, 2008; SOLER, 2010).

Soler (2010) não recomenda o Dyna-CLUE para o estudo de novas culturas, pois é baseado em modelos estocásticos que dependem da presença dos usos para modelar sua variação. Destaca, ainda, a necessidade de identificar e discretizar as forças sociais, ou seja, a interação entre os atores envolvidos no processo que se está modelando para aplicar o modelo e gerar as simulações de mudança de uso da terra.

### **1.5 Representação espacial nos SIG: raster e vetor**

A explanação desse tópico é baseada em Burrough e McDonnel (1998). De acordo com o apresentado nessa publicação, os sistemas de informação geográficas (SIG) são poderosos pacotes de ferramentas que nos permitem manipular, armazenar e acessar dados geográficos. A manipulação dos dados pode ser a simples edição de um dado geográfico, a realização de cruzamentos entre diferentes dados ou a elaboração de a realização de cálculos

diversos utilizando um ou mais dados geográficos. Os dados podem ser armazenados em duas estruturas básicas: 1. raster e 2. vetor.

Os dados em raster representam o espaço como uma trama com células quadradas. Essas células são chamadas de pixel, a resolução de um raster é apresentada em função do tamanho do pixel e cada pixel apresenta uma informação homogênea, que não varia na superfície do raster.

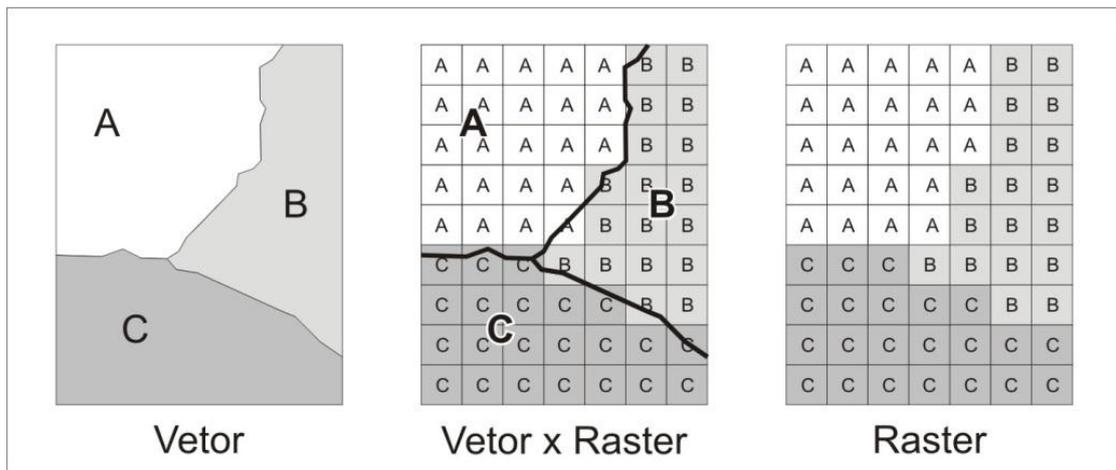
Uma informação que tem uma expressão pontual (uma árvore, por exemplo) é armazenada como um pixel, uma que tenha uma expressão linear (rios com distância entre margens menor que a dimensão do pixel e maior que a metade da dimensão do pixel, por exemplo) é armazenado com um sucessão de pixels, sem a associação de um pixel com outro. Uma informação que tenha uma representação poligonal (municípios e estados, por exemplo) é representada como um grupo de pixels homogêneos com a informação de qual entidade representam.

Os dados vetoriais representam o espaço como uma série de entidades discretas, que podem ser pontos, linhas ou polígonos. Os fenômenos são representados em termos de coordenadas XY e sua resolução espacial é definida em função da precisão de medição dessas coordenadas XY no campo.

Uma informação que tem representação pontual é armazenada como coordenadas XY, Uma informação que tem representação linear é armazenada como as coordenadas XY de seus vértices, com a informação de que os vértices são interligados e de que forma uma poligonal aberta. Uma informação que tem representação de poligonal é armazenada como as coordenadas XY de seus vértices, com a informação de que os vértices são interligados e de que forma uma poligonal fechada.

Para a integração das informações espaciais, o SIG trabalha ou com um grupo de rasters ou com um grupo de vetores, ou seja, o SIG não integra duas informações se uma estiver em formato raster e outra estiver em formato vetorial, é necessário que ambas estejam em raster ou em vetor. Contudo, é possível converter uma informação vetorial em raster e também é possível converter uma informação em raster para o formato vetorial. A Figura 5 ilustra a diferença de representação entre vetor e raster.

**Figura 5 - Diferença entre vetor e raster**



Fonte: Adaptado de Câmara e Monteiro, 2002.

## 1.6 Base de conhecimento e Lógica fuzzy

A apresentação da integração temática elaborada no ZAE-Cana será explicada com o recurso de base de conhecimento, que, como expresso por Reynolds (1999), é um conjunto de conhecimentos organizado dentro de uma estrutura formal, sintática e semântica que permite inferências sobre um problema qualquer, desenhada para dar suporte à tomada de decisão, baseada no conhecimento dos especialistas, parceiros e tomadores de decisão.

A base de conhecimento pode ter operadores booleanos e fuzzy que serão utilizados para representar a operação com os argumentos a serem tratados. Na análise espacial, esses argumentos são os mapas temáticos utilizados no processo de avaliação (REYNOLDS, 1999 e PEREIRA, 2006).

Pelo modelo booleano os indicadores assumem valor binário de sim (1) ou não (0) havendo consideração pelos valores intermediários. O resultado, por extensão, é expresso na forma binária, onde ocorre perda da informação dos dados “mais-ou-menos”. Apresenta pouca flexibilidade e segue a teoria dos conjuntos.

Segundo abordado por Meirelles (1997), a principal característica do modelo booleano é sua simplicidade onde cada mapa é uma condição contendo evidências. De fácil aplicação, na prática, é normalmente inapropriado pela isonomia dos critérios, concluindo que “o simples conceito de unidades discretas, básicas e homogêneas é inadequado para o

*progresso nos estudos de levantamento de solos, avaliação quantitativa da terra e nas análises da paisagem”* (WEBSTER, 1985 *appud* MEIRELLES, 1997. p. xlv).

O modelo fuzzy (ou difuso) apresenta a habilidade de codificação do conhecimento do especialista através de ferramentas semânticas. Seu uso é indicado quando se lida com ambigüidade, abstração e ambivalência em modelos matemáticos ou conceituais de fenômenos empíricos (BURROUGH, 1989 *appud* MEIRELLES, 2005; BURROUGH e MCDONNELL, 1998 *appud* MOREIRA, 2001).

O método fuzzy não é probabilístico, pois, como explica Meirelles (1997), “*permite a determinação de possibilidades nas quais indivíduos uni ou multivariados se encaixam nas especificações externas definidas*”. Fornece uma escala contínua de variação de valores dos resultados entre o 0 e o 1, ou seja, permite avaliar o “mais ou menos” citado acima.

Para o entendimento da base de conhecimento desenhada para exprimir o processo de integração temática do ZAE-Cana é necessário conhecer os operadores:

- 1) **Fuzzy mínimo** (E) - operador que se assemelha à operação Booleana “E” (interseção), e é expresso por:  $\mu = \text{Min} (\mu_a, \mu_b, \mu_c, \dots)$ . A informação resultante terá como valor de saída o menor valor dos membros fuzzy de entrada.
- 2) **Fuzzy máximo** (OU)- O operador fuzzy Máximo assemelha-se à operação Booleana “OU” sendo  $\mu = \text{Max} (\mu_a, \mu_b, \mu_c, \dots)$ . O valor de saída para um dado ponto será o maior valor de entrada.
- 3) **Fuzzy média** (União – U)- O peso de importância é distribuído uniformemente para todas as evidências. Expresso pela equação:

$$\mu = \text{média} = \sum_{i=1}^n \frac{\mu_i}{n} \quad (1.1)$$

## 1.7 Mapa mental do campo conceitual da tese

*O mapa conceitual (ou mental) é uma estrutura esquemática para representar um conjunto de conceitos imersos numa rede de proposições. Ele é considerado como um estruturador do conhecimento, na medida em que permite mostrar como o*

*conhecimento sobre determinado assunto está organizado na estrutura cognitiva de seu autor, que assim pode visualizar e analisar a sua profundidade e a extensão.* (TAVARES, 2007, grifo do autor)

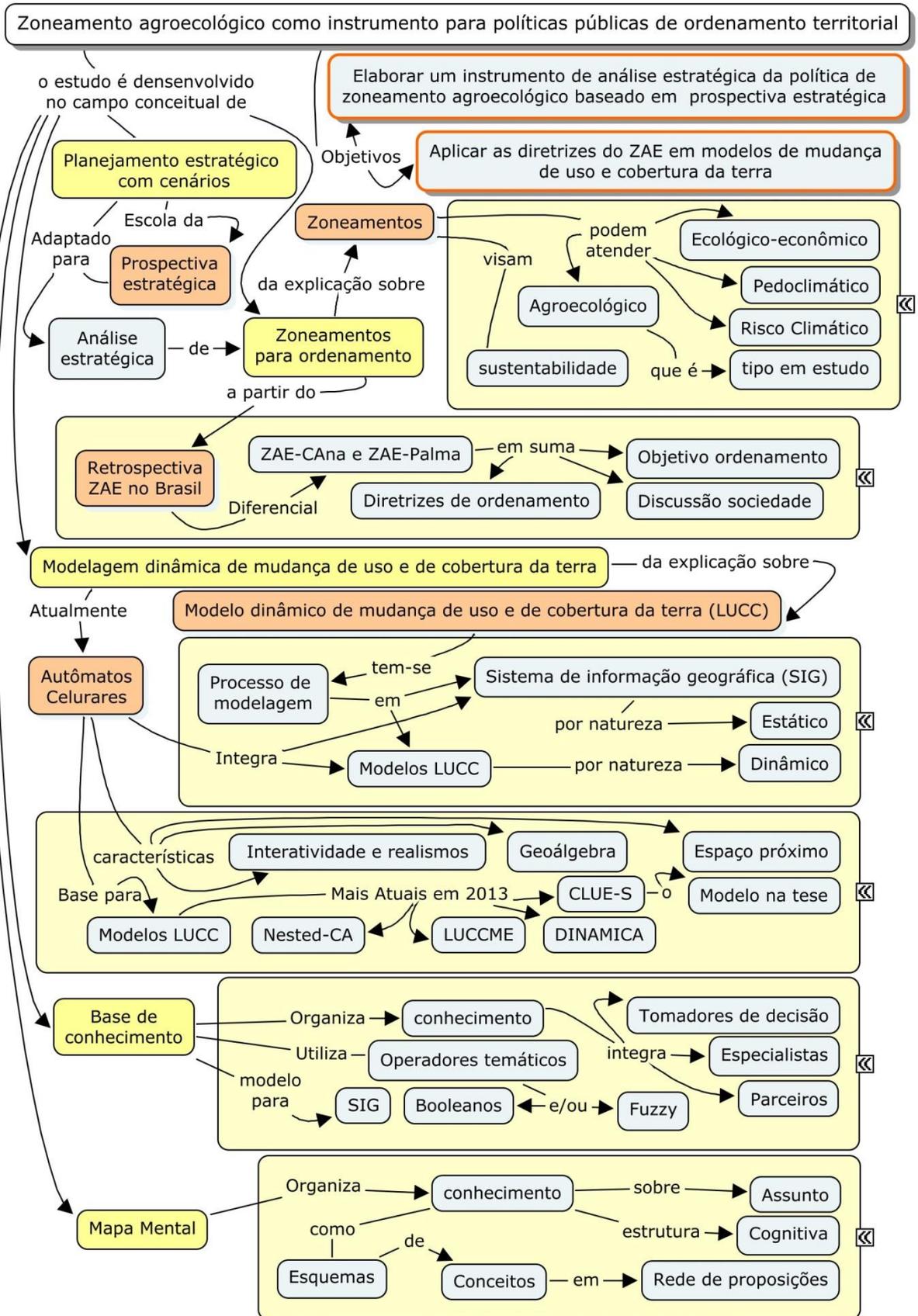
A elaboração dos mapas mentais desta tese foram realizadas com o auxílio da versão 5.03, de 2013, do programa de computador IHMC CmapTools, de uso gratuito para instituições educacionais, desenvolvido pelo Institute for Human and Machine Cognition, disponível para Windows, Mac, Linux e Solaris e que pode ser adquirido no sítio <<<http://cmap.ihmc.us>>>.

Na Figura 6 é apresentado o mapa mental da abordagem conceitual desta tese. Demonstra que a tese foi elaborada a partir do campo conceitual do planejamento estratégico com cenários, com a escola da prospectiva estratégica, para desenvolver um instrumento de análise estratégica do ZAE, a partir do campo conceitual da modelagem dinâmica de mudança de uso e cobertura da terra para avaliar a aplicação do uso das diretrizes do ZAE em modelos LUCC, a partir do campo conceitual de base de conhecimento para sintetizar a álgebra de mapas utilizada no ZAE-Cana para gerar seus resultados e a partir do campo conceitual de mapas mentais para a elaboração de esquemas que permitam visualizar como o conhecimento foi estruturado para execução do ZAE-Cana.

A partir dos conceitos de planejamento da escola da prospectiva estratégica foi elaborado um procedimento para análise estratégica de zoneamentos para ordenamento, para isso, necessitou-se explicar os tipos de zoneamentos que podem atender à demanda de ordenamento territorial, no caso, ZEE, pedoclimático, ZARC e ZAE (tipo em estudo) e também se elaborou uma retrospectiva dos ZAE existentes no Brasil para identificar quais foram efetivos ou não, nisso, destacaram-se os ZAE da Cana e o ZAE da Palma de óleo, que foram efetivos e que apresentam o diferencial de terem o objetivo de ordenamento, diretrizes voltadas para o ordenamento territorial e discussão com a sociedade.

A modelagem dinâmica de mudança de uso e cobertura da terra é realizada por modelos dinâmicos de mudança de uso e cobertura da terra que têm um processo de modelagem específico e são implementados em sistemas de informação geográfica. Contudo, os sistemas de informação geográfica têm a natureza de serem estáticos e, atualmente, os modelos LUCC incorporam a natureza dinâmica com o recurso de autômatos celulares.

Figura 6 - Mapa mental da abordagem conceitual da tese



Os autômatos celulares, por sua vez, apresentam as características de considerar a interatividade e realismo, trabalhar com geoálgebra e de analisar o espaço próximo para cada célula do espaço modelado. Os modelos LUCC baseados em autômatos celulares mais atuais em 2013 são o Nested-CA (CARNEIRO, 2006); LuccME (TERRA ME, 2013); Dinâmica (SOARES-FILHO et al. 2002) e o CLUE-S (VERBURG et al., 2002), o modelo adotado na tese.

As bases de conhecimento permitem a organização do conhecimento em relação a um tema e sua reprodução em ambiente SIG (PEREIRA, 2006), no ZAE-Cana, foram utilizadas para sistematizar parte da etapa de integração temática e promover mais agilidade ao processo (MANZATO et al, 2010).

O recurso do mapa mental foi utilizado nesta tese para sintetizar e organizar os temas abordados na tese em uma estrutura gráfica que facilite o entendimento da tese. Também foi utilizado para representar o fluxo de trabalho da integração temática do ZAE-Cana.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

<sup>97</sup> Dois espelhos porás de ti diante,  
a igual distância, e um terceiro contido  
entre os dois, mas que os outros mais distante.  
(ALIGHIERI, p. 22)

A pergunta central da tese é: - O zoneamento agroecológico pode ser, de fato, um instrumento de ordenamento territorial e ter suas diretrizes aplicadas em modelos de mudança de uso da terra? A hipótese adotada é que sim. Para testar essa hipótese tem-se por objetivo elaborar um instrumento de análise estratégica do ZAE, para perceber as estratégias que o fazem ter efetividade e aplicar suas diretrizes em modelos de mudança de uso e cobertura da terra para demonstrar a viabilidade de aplicar as diretrizes do ZAE nesse tipo de modelos.

A discussão da tese considera os zoneamentos usados para o fim de ordenamento territorial, o contexto do setor agroindustrial e a modelagem de mudança de uso e cobertura da terra para atender os objetivos da pesquisa.

O zoneamento indicado pelo Ministério da Integração Nacional (MI) é o ZEE, que por trata de diversos temas e setores da sociedade, analisa questões econômicas, sociais, ambientais e outras pertinentes à interação homem-território, divide o território em unidades de planejamento homogêneas e generalizadas, envolve ampla discussão com a sociedade para validar as orientações e decisões do ZEE (BRASIL. MMA, 2001).

Observa-se, na prática, que o zoneamento agrícola de risco climático (ZARC) tem sido utilizado com a função de ordenar o território no setor rural. Em suma, o ZARC analisa questões climáticas e das culturas para definir em que épocas do ano e em que regiões o governo apoiará com seguro rural e financiamento o cultivo de diversas culturas agrícolas (BRASIL. MAPA, 2013a), essa prática tem ação efetiva sobre a distribuição espacial das culturas financiadas e seguradas, que, de acordo com a definição de ordenamento territorial de Brasil, MI (2006), é uma prática de ordenamento territorial, nesse caso, do setor rural.

O ZAE considera questões ambientais, de solo, do clima, das culturas agrícolas, da sociedade e avalia, em síntese, o uso sustentável do território do setor rural, podendo abordar um ou mais tipos de cultivos, ou temas (FAO, 1997), ou seja, pode ser específico e estudar

somente uma cultura e, de acordo com a proposta desta tese, pode ter incorporado discussões com a sociedade que permitem originar políticas públicas aceitas pela sociedade e pode ser uma boa alternativa para o ordenamento territorial do setor rural.

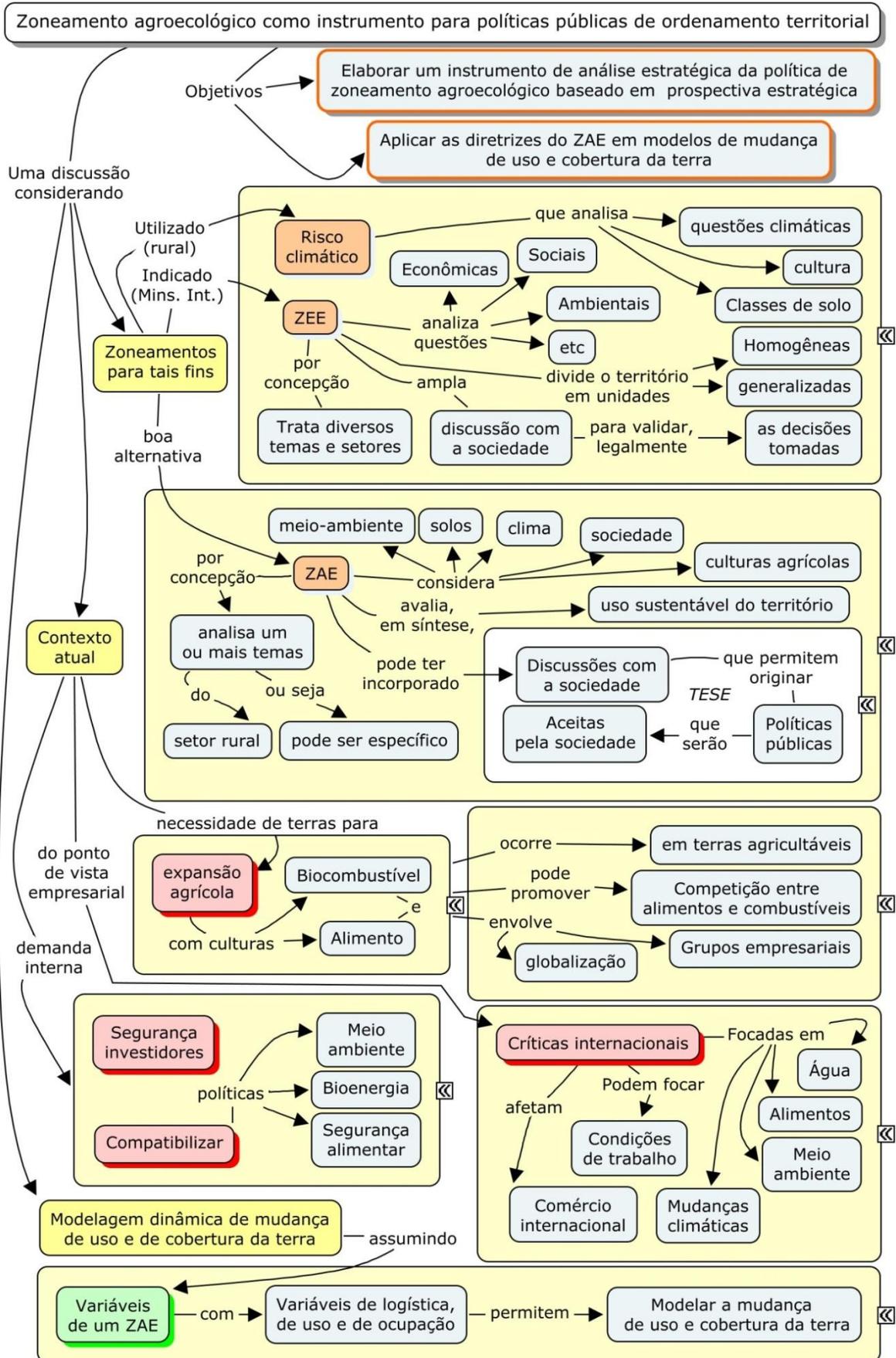
No contexto atual existe a necessidade de terras para a expansão agrícola das terras com culturas destinadas ao biocombustível e à produção de alimentos que ocorre em terras agricultáveis e pode promover a competição de terras entre culturas destinadas à produção de alimentos e à produção de biocombustíveis, envolvendo grupos empresariais e a globalização dos biocombustíveis.

Do ponto de vista empresarial, setor está sujeito a críticas internacionais quanto ao consumo de água para a produção, competição com alimentos, impacto no meio ambiente, contribuição para as mudanças climáticas, que podem focar também questões trabalhistas e que afetam o comércio internacional. Havendo uma demanda interna de promover segurança para os investidores e de compatibilizar as políticas de meio ambiente, de bioenergia e de segurança alimentar com regras claras para a expansão do setor.

Quanto à modelagem dinâmica, assumiu-se nesta tese que as diretrizes para a elaboração de um ZAE, as orientações técnicas propostas pelos estudos desse ZAE e a informações conseguidas sobre o setor junto a variáveis de logística e de uso e ocupação da terra permitem modelar a mudança de uso e cobertura da terra. Se isso for possível, pode-se vislumbrar que os estudos e resultados dos ZAE poderão extrapolar a proposição de fomentar políticas públicas e integrarem os dados de entrada para equipes de modelagem de mudança de uso e cobertura da terra devido ao conhecimento acumulado sobre o setor, sobre o território, sobre tendências e por evidenciarem a distribuição espacial das terras que melhor favorecem o desenvolvimento das culturas em estudo e, por extensão, dos setores que as desenvolvem.

A Figura 7, apresenta o modelo conceitual da tese, na forma de mapa mental, com o conteúdo discutido acima. Esse mapa permite visualizar o âmbito de discussão da tese, como foi pensada a organização do conhecimento sobre os zoneamentos usados para o fim de ordenamento territorial, sobre o contexto do setor agroindustrial e de como o ZAE pode contribuir com estudos de modelagem de mudança de uso e cobertura da terra. Sua apresentação é para sintetizar as considerações que motivaram a elaboração desse estudo, facilitar o entendimento da tese e deixar mais claro para o leitor a problemática abordada nesta pesquisa.

Figura 7 - Mapa mental da tese - demonstração gráfica da introdução



Para a elaboração desta tese teve-se que, em linhas gerais: 1. estudar sobre planejamento estratégico; 2. estudar sobre modelagem dinâmica de mudança de uso e cobertura da terra; 3. desenvolver um método para analisar o ZAE com ótica estratégica; 4. estudar os ZAE publicados no Brasil; 5. identificar um ZAE que foi um instrumento efetivo de ordenamento territorial; 6. aplicar o instrumento de análise estratégica do ZAE em um ZAE que foi instrumento efetivo de ordenamento territorial e 7. elaborar a modelagem dinâmica com as considerações desse ZAE

O estudo sobre planejamento estratégico foi realizado com pesquisa bibliográfica (dissertações, teses, artigos, livros), com a participação nos cursos de ZEE, da Secretaria Estadual de Planejamento do Maranhão (MARQUES, 2007) e de Planejamento estratégico com cenários – Brainstorming (GRUMBACH, 2008) e com a participação em um seminário de prospectiva estratégica na Fiocruz do Rio de Janeiro, proferido por Michel Godet e sua equipe, e, a consolidação dos conhecimentos sobre a prospectiva foi realizada em discussão com o senhor Eduardo Marques, professor da Fundação Getúlio Vargas, que foi orientando do Sr. Michel Godet em planejamento estratégico. Haja vista a farta disponibilidade de material e a ampla divulgação do método definiu-se a escola francesa – Prospectiva Estratégica – para aplicar na tese. A base filosófica da prospectiva estratégica (GODET, 2007, tomo 1), que ensina como aplicar as ferramentas de investigação (GODET, 1993, 2000, 2001, 2006, 2007, tomo 2; GODET e DURANCE, 2011) existe somente em francês e exige um nível culto de compreensão da língua, o que obrigou cursar dois anos e meio de francês para compreensão do método da prospectiva estratégica.

Após ampla pesquisa por teses e dissertações no Brasil e nos documentos disponibilizados pelo sítio *La prospective: pour penser et agir autrement* - Prospectiva: para pensar e agir de outra maneira - ([www.lapropective.fr](http://www.lapropective.fr)) e pelo sítio *Millénaire 3: le Centre Ressources Prospectives du Grand Lyon* (<http://www.millenaire3.com/>) não foram encontrados estudos sobre análise estratégica de políticas públicas. Contudo, teve-se acesso a estudos que indicam que o pensar coletivo e estratégico de políticas públicas territoriais promovem sua efetividade (GODET, 2001, 2007, 2008 e GODET & DURANCE, 2011) e a exemplos de aplicação da prospectiva territorial para a região de Midi Pyrenees (CONSEIL ECONOMIQUE, SOCIAL ET ENVIRONNEMENTAL REGIONAL DE MIDI-PYRENEES, 2012), da Grande Lyon (MILLÉNAIRE3, 2008) e de Yonne (CHAMBRE DE COMMERCE ET D'INDUSTRIE DE L'YONNE, 2006) que permitiram entender como a prospectiva estratégica foi aplicada para gerar políticas públicas territoriais efetivas e, a partir disso,

identificar e elaborar as questões que orientaram o diagnóstico do ZAE-Cana sob a ótica estratégica. Ou seja, este estudo é uma nova aplicação da prospectiva estratégica.

O estudo de modelagem dinâmica de mudança de uso e cobertura da terra foi realizado com pesquisa bibliográfica (dissertações, teses, artigos, livros, projetos da Embrapa), com a participação no curso sobre CLUE-S no CNPDIA (SOLER, 2010), a consolidação dos conhecimentos para trabalhar com o CLUE-S foi realizada em discussão com a Sr<sup>a</sup> Carolina Alves Galharte que defendeu tese com o uso do CLUE-S (GALHARTE, 2011), com o Sr. Ivan Valencia, que defendeu dissertação com o enfoque estatístico para o CLUE-S (VALENCIA, 2008) e com a Sr<sup>a</sup> Luciana Soler, que ministrou o treinamento em São Carlos (SOLER, 2010). A modelagem com o CLUE-S foi possível pela existência de projeto que envolve tanto a Embrapa como o instituto que desenvolve o programa CLUE-S e permitiu acesso à versão completa do programa. Os quadros 5 e 6 apresentam os trabalhos com o CLUE-S no Brasil até o ano de 2013.

**Quadro 5 - Trabalhos com aplicação do CLUE-S no Brasil**

Referência	Local de Estudo	Objetivo do trabalho
KUHN (2005)	Parque Nacional do Superagui - Paraná	Desenvolver e aplicar uma metodologia para analisar as transformações de uso do solo em regiões com unidade de conservação ambiental e comunidades tradicionais.
Valência (2008)	Bacia do Coxim – Mato Grosso do Sul	Aplicar o modelo CLUE-S na bacia do Coxim, Mato Grosso do Sul, com o intuito de desenvolver uma metodologia para aprimorar sua aplicação em outras regiões.
FREITAS (2011)	Lages – Santa Catarina	Traçar um panorama de modelagem dinâmica baseado em autômatos celulares determinísticos no município de Lages – Santa Catarina, entre os anos de 2002 e 2008.
Galharte (2013)	Microbacia ribeirão das Guabiobas e Microbacia córrego da Onça, ambas no Estado de São Paulo	Estimar o escoamento superficial e a produção de sedimentos nos cenários de microbacias hidrográficas, localizadas em áreas aptas à expansão da cana-de-açúcar para a produção de etanol e açúcar, em função da mudança de uso e cobertura do solo.

Fonte: Galharte, 2011, p. 55.

**Quadro 6 - Trabalhos com aplicação de versões adaptadas do CLUE-S no Brasil**

Referência	Local de Estudo	Objetivo do trabalho
Moreira et al. (2005)	Amazônia	Este trabalho oferece uma organização de software para a construção computacional que suportam os modelos dinâmicos de múltiplas escalas.
Coelho (2009)	Santarém – Pará	Estudar o processo de transformação da paisagem ocorrido após a introdução da agricultura capitalizada na região de Santarém, com foco nas relações entre essas transformações e a estrutura fundiária da região.

Fonte: Galharte, 2011, p. 55.

O estudo dos ZAE publicados no Brasil foi realizado com pesquisa bibliográfica às publicações dos ZAE disponíveis na internet ou nas bibliotecas da Embrapa. A Embrapa

disponibiliza o acesso ao registro do conteúdo de seu acervo no sítio da Base de Dados da Pesquisa Agropecuária <<<http://www.bdpa.cnptia.embrapa.br/>>>. Essa análise comparativa foi realizada a partir dessa base de dados, utilizando como filtro de pesquisa os termos "agroecológico" e "zoneamento agroecológico", e complementada com pesquisas na base do Google para ter acesso a outros zoneamentos que não estejam cadastrados e/ou disponibilizados pela Embrapa. O resultado desse estudo encontra-se na abordagem conceitual desta tese.

O ZAE que foi aplicado como um instrumento efetivo de ordenamento territorial e objeto de estudo dessa tese foi o ZAE-Cana (MANZATTO et al, 2009). Suas diretrizes foram analisadas com a ótica estratégica desenvolvida nesta tese, sua metodologia foi estudada e apresentada de forma sintética com os recursos de mapas mentais e de base de conhecimento e a comparação entre a área plantada com cana e a área indicada como apta pelo ZAE foi realizada para o Centro-Sul do Brasil (Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Paraná e São Paulo) que é a região mapeada pelo projeto Cana-Sat, do INPE.

O Centro Sul do Brasil, Figura 8, apresenta uma área de 2.640.474,77 km<sup>2</sup> (31% do território brasileiro) dos quais o estado de Goiás (GO) ocupa 340.114,22 km<sup>2</sup> (4% do território brasileiro), o estado do Mato Grosso (MT) 903.372,29 km<sup>2</sup> (11% do território brasileiro), o estado do Mato Grosso do Sul (MS) 357.147,98 km<sup>2</sup> (4% do território brasileiro), o estado de Minas Gerais (MG) 586.526,24 km<sup>2</sup> (7% do território brasileiro), o estado do Paraná (PR) 199.309,34 km<sup>2</sup> (2% do território brasileiro) e o estado de São Paulo (SP) 248.224,66 km<sup>2</sup> (3% do território brasileiro), o Distrito Federal (DF), que ocupa uma área de 5.780,04 km<sup>2</sup> (0,1% do território brasileiro), não apresenta área com cana-de-açúcar de acordo com o Cana-Sat, por isso, não é considerado nos estudos desta tese. Os biomas dessa região são Pantanal; Amazônia; Cerrado e Mata Atlântica, sendo que a cana expande predominantemente no Bioma Cerrado.

O estudo de modelagem dinâmica foi elaborado para o estado de São Paulo (cana consolidada) e para o estado de Goiás (cana em expansão). Para o estado de São Paulo elaborou-se um estudo de correlação dos fatores exploratórios advindos do ZAE-Cana e de logística com o uso e cobertura da terra para a modelagem dinâmica e para o estado de Goiás elaborou-se esse estudo de correlação e a simulação de expansão da área plantada com cana-de-açúcar até o ano de 2025.

Figura 8 - Localização da área de estudo da tese

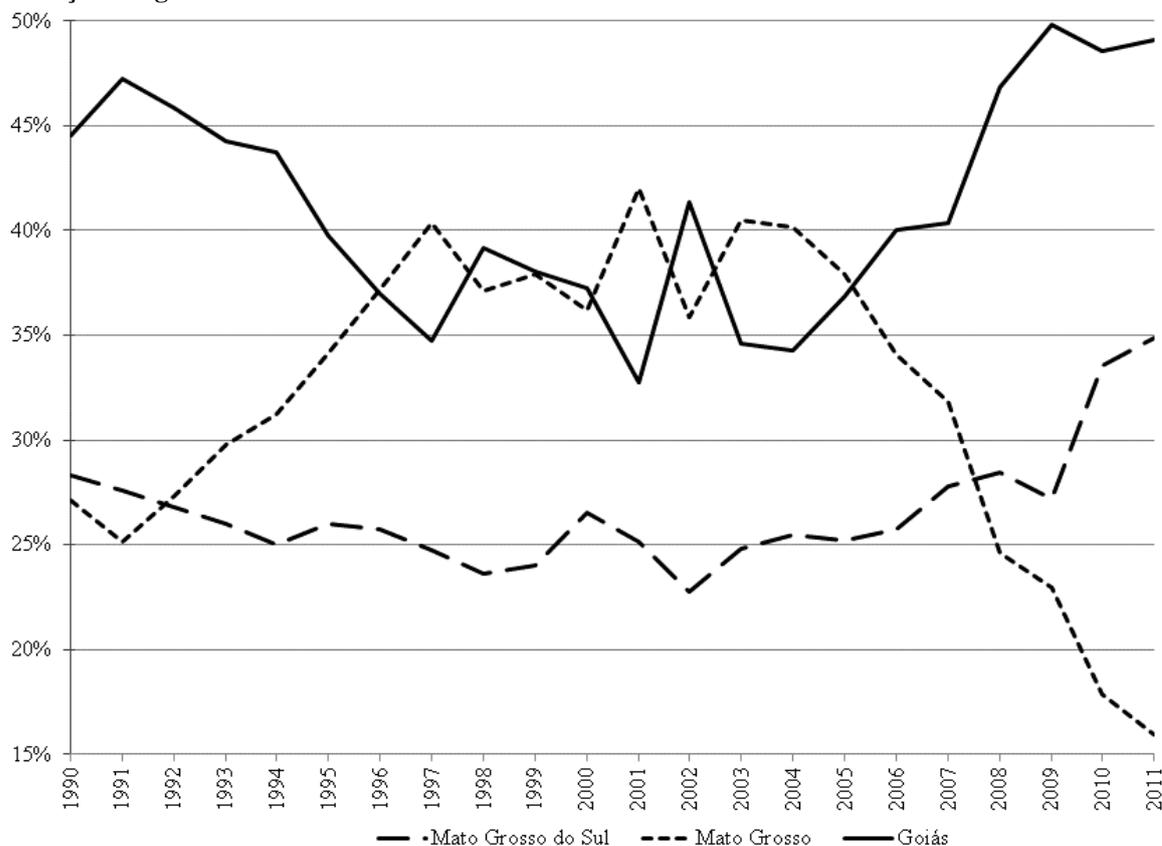


São Paulo é responsável por mais de 50% da produção nacional do setor, (ver Gráfico 5 p. 106), embora a expansão em São Paulo apresente redução de sua representação nacional, em função do aumento de representação de outros estados, teve uma taxa média de expansão de 1,08 ao ano, Minas Gerais de 1,14, o Sudeste de 1,08, o Centro-oeste de 1,15, a região Sul de 1,05 e a média nacional foi de 1,08 ao ano, enquanto, segundo apresentado por Brasil, Ministério da Fazenda (2013) a média de crescimento do PIB, de 2003 a 2007, foi de 1,04. As taxas de expansão da cana-de-açúcar foram calculadas a partir dos dados da quantidade de área plantada com cana-de-açúcar disponibilizados pelo IBGE na plataforma SIDRA (IBGE, SIDRA, 2013).

O estado de Goiás foi escolhido como estudo de caso da área de expansão. Essa escolha foi baseada em sua participação em quantidade de área plantada, em sua taxa de crescimento anual de área plantada (observados no Gráfico 1) e por representar a região Centro-Oeste, que é a região com maior quantidade de áreas aptas à expansão por município (figura 9) e a região com maior taxa de expansão (gráfico 5 p. 106). De 2004 a 2012 o estado de Goiás apresentou uma taxa de expansão de 1,20 e a maior área plantada de cana-de-açúcar na região, o estado do Mato Grosso do Sul teve uma taxa de expansão 1,20 e a segunda maior área plantada de cana da região e o estado do Mato Grosso teve uma taxa de expansão média de 1,02 com declínio de sua participação em área plantada na região. Outro dado relevante é que nas projeções do MAPA (BRASIL, MAPA, 2012) só existem projeções para os estados do Mato-Grosso e de Goiás na região Centro-Oeste.

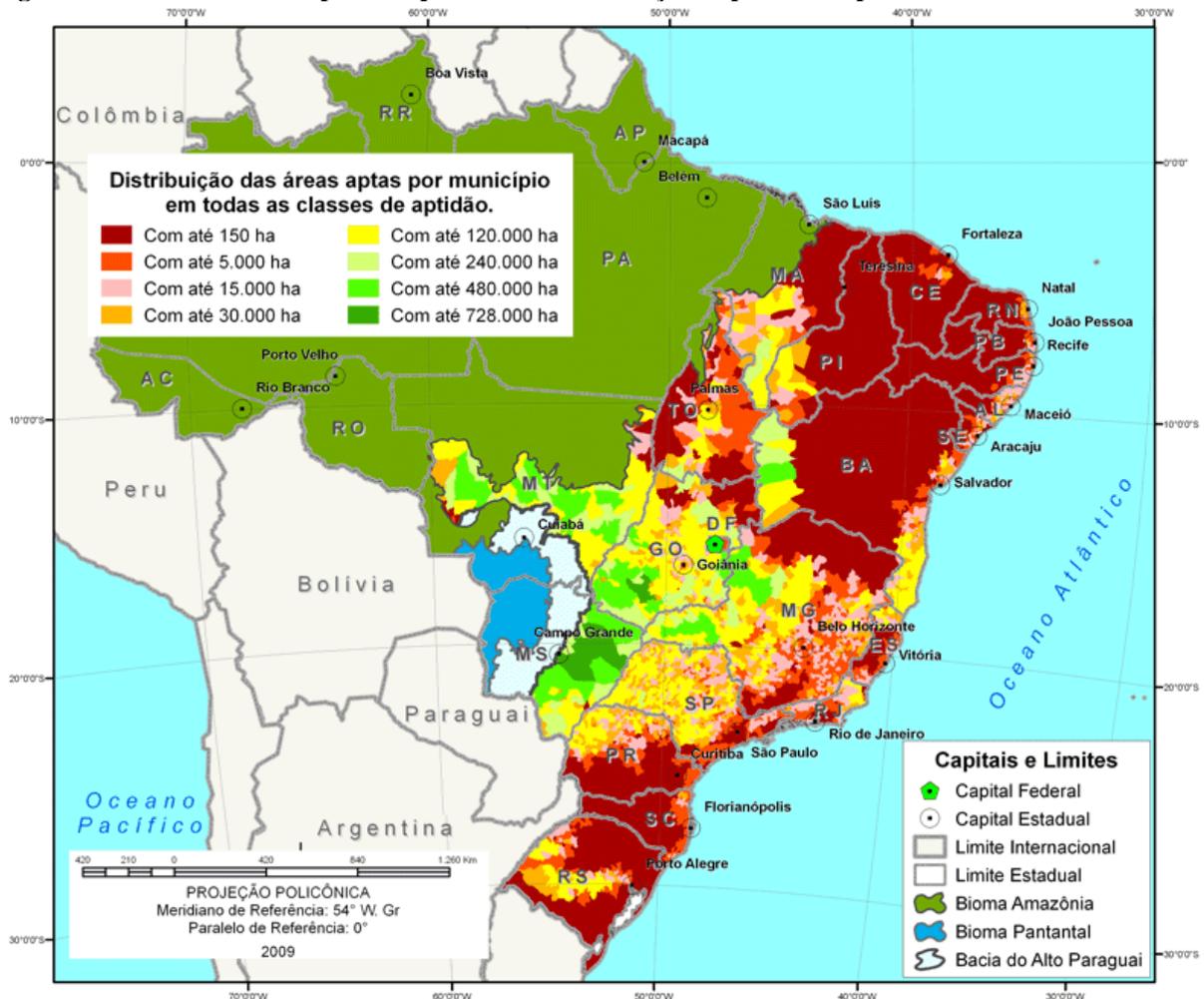
O método proposto apresenta duas etapas: 1. procedimentos para o diagnóstico de um ZAE e 2. procedimentos para elaborar modelagem dinâmica no ambiente do CLUE-S.

**Gráfico 1 - Percentual de área plantada com Cana-de-açúcar para cada estado da região Centro-oeste em relação à região Centro-oeste**



Fonte: Base de dados IBGE. SIDRA 2013.

Figura 9 - Total de áreas aptas á expansão da cana-de-açúcar por município



Fonte: MANZATTO et al, 2009; BRASIL, PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA, 2009.

## 2.1 Diagnóstico do Zoneamento Agroecológico

O ZAE a ser diagnosticado deve ser um ZAE que tenha sido utilizado como um instrumento de ordenamento territorial e que tenha sido efetivo para o ordenamento territorial, que o uso da terra após a sua elaboração tenha sido orientado, também, pelas diretrizes desse ZAE. Escolhido o ZAE, realiza-se uma análise de sua elaboração e um estudo da efetividade de sua aplicação.

### A Análise Estratégica do zoneamento agroecológico

A análise estratégica do ZAE consiste de um diagnóstico que abrange o contexto de criação, dos critérios, dos seus diferenciais – objetivos, forma de abordagem, tempo de

execução, diretrizes – e da metodologia que adotou de integração da informação temática para identificar o que levou esse ZAE a ser um instrumento efetivo de ordenamento territorial.

Em seguida, realiza-se um estudo sobre a efetividade de sua aplicação, propondo-se comparar os resultados do ZAE com a realidade de campo, observando a diferença entre as áreas recomendadas nesse ZAE para as atividades nele analisadas e as áreas efetivas de expansão das atividades analisadas no ZAE.

#### **i A visão estratégica do contexto**

A elaboração desse contexto foi com viés de análise estratégica, para isso, elaborou-se o conjunto de perguntas do Quadro 7, que ao serem respondidas, permitirem compor um texto conciso que melhor situe o alcance do zoneamento em estudo. Essa sequência de perguntas baseou-se nas recomendações de Godet (2001 e 2007) e Durance (2008) para a elaboração de diagnósticos estratégicos de prospectiva territorial, no diagnóstico prospectivo estratégico de Yonne (França), realizado pela Chambre de Commerce et d'Industrie de l'Yonne (2006), nos cenários para 2040 dos Pirineus, na França (CONSEIL ECONOMIQUE, SOCIAL ET ENVIRONNEMENTAL REGIONAL DE MIDI-PYRENEES, 2012) e nas orientações de MILLENAIRE3 (2008).

#### **Quadro 7 - A visão estratégica do contexto – questões-chave**

	<b>Questões</b>
1	Qual é o zoneamento agroecológico? (importante observar se que contratou tem presença política para conseguir implementar)
2	Qual o contexto de criação do zoneamento agroecológico?
3	Qual o objetivo do zoneamento agroecológico?
4	Onde se aplica?
5	Quais são suas diretrizes principais? Quais os pontos fortes (fortalezas), os pontos fracos (fraquezas) do setor a que o ZAE é aplicado, as oportunidades (ações externas que permitem fortalecimento) e as ameaças (ações externas que visam enfraquecer)?
6	Para essa análise ter em mente o tema do zoneamento agroecológico e fazer uma análise sob a ótica desse tema
7	Quais as ideias feitas (clichês, estereótipos, estigmas, 'senso comum') a respeito do tema do zoneamento agroecológico?
8	Quais as expectativas em função da aplicação desse ZAE?
9	Quais os temores em função de não aplicação desse ZAE?
10	Quais as perguntas-chave que o ZAE deveria responder? <sup>2</sup>

Fonte: Godet, 2001 e 2007; Chambre de Commerce et d'Industrie de l'Yonne, 2006; Conseil Economique, Social et Environnemental Regional de Midi-Pyrenees, 2012 e Durance, 2008.

<sup>2</sup> Em conversa telefônica, das 11h às 12h de 28 fev 2013, Eduardo Marques, professor da FGV-Rio, esclareceu as dúvidas que surgiram com a leitura de Godet (2001, 2007) e Durance (2008) que possibilitou consolidar essa sequência de perguntas, elaborada sob a ótica da prospectiva estratégica territorial.

## ii A visão estratégica das diretrizes do ZAE

As diretrizes do ZAE são analisados pela leitura do relatório final do projeto e pela discussão com o coordenador do projeto para identificar os princípios norteadores da pesquisa relacionados exclusivamente com a participação da sociedade na elaboração do ZAE e abordou as questões estratégicas para que esse ZAE fosse um instrumento efetivo de ordenamento territorial. Esses princípios podem estar dispersos nos objetivos, na metodologia (observados na documentação do ZAE) e nas negociações (obtido em entrevista com o coordenador do projeto e com leitura da documentação do ZAE) para a elaboração do ZAE. Para isso, a análise do ZAE busca responder às perguntas apresentadas no Quadro 8.

**Quadro 8 - A visão estratégica das diretrizes – questões-chave**

	Questões
1	Quando os atores foram envolvidos no ZAE? 1.1. eles representam vários setores da sociedade? 1.2. os atores representam toda a cadeia?
2	Qual foi a participação deles? 2.1. definição das diretrizes? 2.2. elaboração das orientações técnicas? 2.3. permitiu a participação dos setores da sociedade relacionados com o tema?
3	Os atores tiveram uma participação ativa ou receptiva? As diretrizes e as orientações técnica foram elaboradas nas dimensões social? e política? e técnica? e científica? e buscaram conciliar as demandas do setor público com as do setor privado? (Nota explicativa: Participação Ativa quando interfere na definição dos critérios/orientações técnicas. Participação Receptiva quando somente recebe os trabalhos técnico-científicos para cumprir com o contrato).
4	Qual foi a estratégia para envolvimento dos diversos atores?
5	Houve compatibilização com outras políticas públicas referentes à área de sua investigação?
6	Há critérios para as atividades instaladas e legalizadas que se encontrarem em desacordo com as orientações técnicas do ZAE?
7	Observa-se a consideração forças, fraquezas, oportunidades e ameaças do setor analisado na elaboração dos critérios do projeto? (sim ou não).
8	Se a pergunta 7 for positiva, os objetivos/impactos esperados tem a ver com as forças, fraquezas, ameaças e oportunidades? (fazer um quadro demonstrando)

## iii Análise das indicações do ZAE

Da documentação do ZAE, de publicações institucionais do ZAE e, se necessário, em entrevista com o responsável pela gerência do projeto fazer o mesmo questionamento acima buscando identificar se a elaboração das indicações de uso foi com a participação/negociação dos atores envolvidos ou se foram exclusivamente técnico-científicas.

## iv Análise da metodologia de integração temática do ZAE

A análise da metodologia de integração temática busca identificar como foi a integração das informações espaciais e não espaciais para gerar o ZAE. Ela consiste da leitura da documentação do projeto do ZAE, dos relatórios de pesquisa, do relatório final do projeto e

de outros documentos que possam elucidar a metodologia. As informações são complementadas com entrevista aos membros da equipe que idealizaram e que realizaram a integração temática. Resulta na elaboração de um mapa mental que resume a metodologia do ZAE.

## **B. Efetividade do zoneamento agroecológico**

O estudo da efetividade do ZAE busca identificar se ele foi eficaz para o ordenamento territorial do setor rural ou não. Consiste em analisar se houve a elaboração de arcabouço legal a partir do ZAE, qual foi esse arcabouço, os efeitos da aplicação das orientações do ZAE no ordenamento territorial, críticas, possíveis evoluções do instrumento após sua aplicação e se ele chegou a ser um marco legal ou não.

### **i Comparação dos resultados do zoneamento agroecológico com a realidade de campo**

O método para comparar os resultados do ZAE com a realidade de campo varia de ZAE para ZAE. Grosso modo, se for um ZAE que divide o território em zonas agroecológicas a comparação com a realidade é uma avaliação de congruência de uso, em que seria comparado o estado de uso e de cobertura do território com as indicações de uso e cobertura dessas zonas para o ano de elaboração do ZAE e depois seria comparada a evolução do uso e cobertura da terra com as zonas propostas, para avaliar se as mudanças de uso e cobertura da terra tendem a fazer com que os usos tornem-se congruentes com o ZAE ou não.

Se for um ZAE que avalia o potencial de expansão de uma cultura a análise consiste em: 1. contabilizar o total da área manejada com a cultura na região de estudo, em relação ao ano-safra base do zoneamento e 2. Comparar a distribuição espacial proposta pelo ZAE com a realidade observada, contabilizando: 2.1. a quantidade de área com presença da cultura está nas áreas ditas como aptas pelo ZAE; 2.2. o quanto está em áreas inaptas; 2.3. o quanto está em áreas não indicadas por questões ambientais; 2.4. o total de área de expansão; 2.5. o total de área com manutenção de uso; 2.6. o total de área com mudança para outro uso, de acordo, também com as diretrizes do ZAE e 2.7. o quanto da expansão desde lançamento do ZAE foi sobre áreas aptas.

## ii Efeitos, críticas e repercussão do zoneamento agroecológico em estudo

Como método para avaliar os efeitos, críticas e a repercussão de um zoneamento agroecológico propõem-se elencar questões norteadoras, tais como as expressas a seguir e procurar respondê-las com consultas aos meios disponíveis:

### Quadro 9 - A visão estratégica das diretrizes – questões-chave

	Questões
1	a expansão da cultura / agroindústria do tema abordado pelo ZAE é influenciada, de fato, pelas orientações técnicas do zoneamento?
2	há manifestação oficial do colegiado legislativo questionando as consequências da aplicação do ZAE?
3	o órgão responsável por gerenciar o ZAE elaborou documentos para modificação e/ou flexibilização das orientações técnicas do zoneamento?
4	o ZAE é utilizado com exemplo de sucesso e há o interesse de outras instituições nacionais ou internacionais de entender como foi sua elaboração para que esse entendimento possa orientar seus trabalhos?
5	quais são as críticas (positivas ou negativas) que grandes representantes dos setores do tema do ZAE manifestam?
6	o ZAE fornece argumentos para responder a suposições não comprovadas que poderiam prejudicar o desempenho econômico e comercial das atividades que integram o tema do ZAE?
7	o ZAE pode ser considerado um marco histórico para o setor a que se aplica?

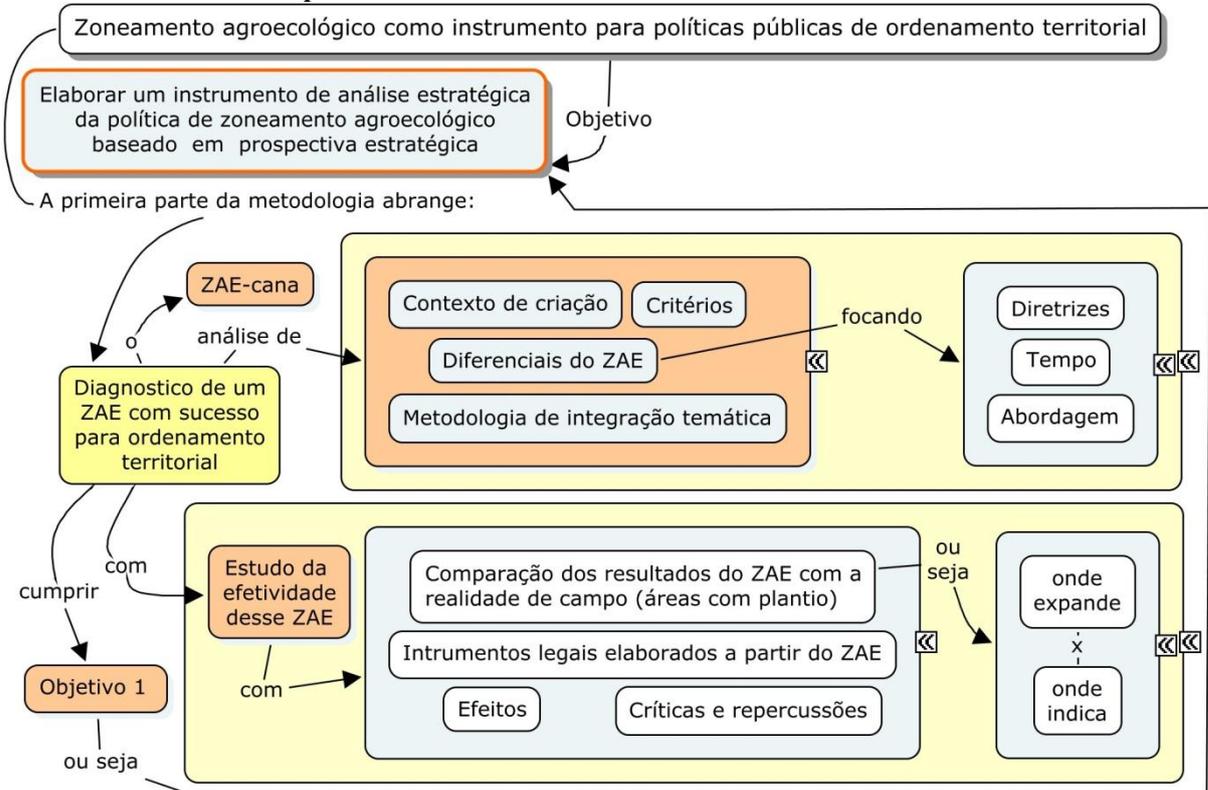
A Figura 10 é um mapa mental que sintetiza a proposta metodológica de diagnóstico do ZAE que foi objeto de estudo. Essa parte da metodologia atende ao objetivo de elaborar um instrumento de análise estratégica da política de zoneamento agroecológico baseado em perspectiva estratégica que permita perceber se o ZAE considerou questões estratégicas em sua elaboração e como essas questões foram tratadas no ZAE.

Para isso foi realizado um diagnóstico de um ZAE que foi um instrumento efetivo de ordenamento territorial: o ZAE-Cana. Realizou-se uma análise do contexto de criação do ZAE-Cana, de seus critérios, de sua metodologia de integração temática buscando identificar os diferenciais do ZAE-Cana, com foco nas diretrizes, no tempo de elaboração e na forma de abordagem, que contribuíram para o seu sucesso.

Após essa análise realizou-se um estudo da efetividade do ZAE-Cana com: 1. comparação dos resultados do ZAE-Cana com a realidade de campo, ou seja, do confronto dos locais que apresentam plantio de cana-de-açúcar que foram identificados pelo Cana-Sat com as regiões que o ZAE-Cana considerou aptas à expansão e ao cultivo com cana-de-açúcar; 2. que tipo de instrumentos legais foram elaborados a partir do ZAE – leis, decretos, resoluções – e como foram aplicados; 3. quais foram os efeitos do ZAE-Cana em função dos instrumentos elaborados, se houve influência no comportamento do setor ou não e 4. quais as

críticas e repercussões, positiva ou negativas, sobre o ZAE-Cana por parte do setor, do colegiado político envolvido, da sociedade científica etc.

**Figura 10 - Mapa mental da primeira parte da metodologia – Diagnóstico de um ZAE utilizado com sucesso como instrumento para ordenamento territorial**



## 2.2 A modelagem dinâmica

O roteiro a seguir é um roteiro geral para trabalhos com modelos de mudança de uso e cobertura da terra, trata dos procedimentos referentes ao trabalho com modelos espaciais de mudança de uso da terra, tendo sido elaborado a partir da consulta à documentação dos modelos CLUE-S (VERBURG, 2010), Nested-CA (CARNEIRO, 2006), OSCELET (DEGENE, 2012) e aos resultados da modelagem de mudança de uso da terra apresentados pela FIESP (2012):

1. definir o modelo;
2. definir a área de estudo;
3. identificar o uso e cobertura da terra da área de estudo;

4. identificar os fatores exploratórios de mudança de uso e de cobertura da terra para o caso em estudo, considerando, também, as diretrizes do ZAE. Esta resposta vem de consulta bibliográfica e dos resultados do ZAE analisado;
5. adquirir os arquivos digitais, da área de estudo para uso na modelagem, esses arquivos variam de caso a caso e sua seleção depende do problema em análise;
6. identificar as áreas demandadas para cada tipo de uso da terra no horizonte de tempo a ser adotado no modelo – a partir da leitura dos cenários macroeconômicos de mudança de uso e de cobertura da terra;
7. definir das escalas de trabalho a serem adotadas;
8. preparar os arquivos para uso no modelo – de acordo com a documentação do modelo
9. analisar os fatores exploratórios do modelo – consiste em analisar as relações entre os fatores exploratórios de mudança de uso e de cobertura da terra e os usos e coberturas considerados no estudo de caso, nessa etapa são identificadas as regras espaciais, as regras de vizinhança e as regras para alocação de usos no território;
10. dar carga no modelo - preparar os dados de entrada para atender o modelo e inserir os dados no modelo de simulação mudança de uso e de cobertura da terra;
11. ajustar o modelo e validar - testes de simulação para verificar como o modelo se comporta de acordo com os fatores exploratórios e realização dos ajustes para que o resultado se aproxime da realidade de campo, com verificação visual e com testes estatísticos;
12. aplicar o modelo – após a validação modela-se para o uso futuro;
13. discutir os resultados – na tese há um capítulo somente para isso, esse tópico da metodologia foi considerado para a elaboração da modelagem como um trabalho isolado e
14. apresentar os resultados – na tese há um capítulo somente para isso, esse tópico da metodologia foi considerado para a elaboração da modelagem como um trabalho isolado.

Esse é um roteiro geral para a elaboração de estudos de mudança de uso e cobertura da terra com a utilização de modelos associados a SIG. O estudo de caso deverá atender às premissas do modelo, o usuário do modelo deverá estar atento se o modelo utiliza o formato raster ou vetor e quais são as dimensões máximas que o modelo aceita de entrada. Os testes de validação deverão ser pensados caso-a-caso, para cumprir com os objetivos do estudo.

### 2.2.1 Verificação dos resultados da calibração do modelo para escolha do melhor resultado – comparação com a realidade de campo

O modelo estima a distribuição espacial da área plantada com cana-de-açúcar. Para a sua calibração foi necessário avaliar o quanto essa distribuição coincide com o observado pelo CanaSat. Para realizar essa verificação agrupou-se a informação por município, ou seja, o quanto o modelo estimou de área por município em relação ao observado pelo CanaSat e em quais municípios o modelo estimou a ocorrência de cana-de-açúcar em relação aos municípios com ocorrência de cana-de-açúcar pelas observações do Cana-Sat. A escala adotada foi o município porque a definição da ocorrência de cana em uma propriedade depende de mais fatores que os considerados na tese, como o interesse do proprietário, por exemplo.

A relação entre a quantidade de área simulada por município e a quantidade de área observada é uma análise com dados quantitativos para verificar o acerto do modelo, para isso, adota-se, entre outros, o recurso de diagramas de dispersão, análise de correlação (REIS E LINO, 2013). Testes de correlação são utilizados para verificar se os valores baixos de um grupo correspondem aos baixos de outro, o mesmo para os médios e para os altos (ANDRIOTTI, 2003), permite identificar o quanto a variação dentro um grupo está associada à variação de outro grupo (VOLPATO e BARRETO, 2011). Essa análise testa a hipótese de que o modelo acerta a quantidade de área de cana-de-açúcar por município.

Nesta tese, a análise com dados quantitativos foi realizada com a avaliação da correlação entre a quantidade de área estimada por município (modelo) e a quantidade de área observada pelo Cana-Sat (realidade de campo). O cálculo do coeficiente de correlação linear clássico é apresentado na Equação 2.1, contudo, o cálculo utilizado nos programas de estatística segue o apresentado na Equação 2.2 (REIS E LINO, 2013) e é apresentando o gráfico de dispersão que apresenta no eixo horizontal (abscissa) a variação de área observada de cana no estado, no eixo vertical (ordenada) a variação de área calculada de cana no estado e plota no plano cartesiano o ponto que representa a área de cana observada em relação à área de cana calculada para cada município, a reta de 45° que permite identificar o quanto as estimativas do modelo aproximam-se da realidade de campo e o valor-p (*p.value*) ou nível descritivo da correlação, que é recomendável que tenha valor menor ou igual a 0,05 (5%). Como não existe relação de causa e efeito entre a quantidade de área estimada pelo modelo e

a quantidade de área real, ou seja, a partir de um não é possível estimar o outro, a regressão linear foi descartada.

$$r = \frac{Cov(X, Y)}{S_X \times S_Y} = \frac{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - x_m) \times (y_i - y_m)}{n - 1}}{S_X \times S_Y} \quad (2.1)$$

$$r = \frac{n \times \sum_{i=1}^n (x_i \times y_i) - \sum_{i=1}^n x_i \times \sum_{i=1}^n y_i}{\sqrt{[n \times \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2] \times [n \times \sum_{i=1}^n y_i^2 - (\sum_{i=1}^n y_i)^2]}} \quad (2.2)$$

$x_i$	- área de cana-de-açúcar observada no município
$x_m$	- área média de cana-de-açúcar observada por município
$y_i$	- área de cana-de-açúcar calculada para o município
$y_m$	- área média de cana-de-açúcar calculada por município
$S_x$	- desvio padrão para a área de cana-de-açúcar observada
$S_y$	- desvio padrão para a área de cana-de-açúcar calculada
$Cov(X, Y)$	- covariância observada

A partir do apresentado por Reis e Lino (2013), a verificação do acerto de ocorrência ou não cana no município é uma análise com dados qualitativos, para esse tipo de estudo adota-se, entre outros, o recurso de tabelas de contingência e a estatística Qui-quadrado. "A Tabela de Contingências relaciona os possíveis valores de uma variável qualitativa com os possíveis valores da outra, registrando quantas ocorrências foram verificadas de cada cruzamento". (REIS e LINO, 2013), e o teste Qui-quadrado, realizado a partir da tabela de contingência, testa o grau de dependência entre as duas variáveis (REIS e LINO, 2013; SPIEGEL, 1977).

Para análises de modelos como o elaborado nesta tese, Suchower e Copenhaver (1996) propõem aplicar: 1. o teste Qui-quadrado de McNemar, que indica se os erros de estimativa são iguais entre si, ou seja, se o modelo apresenta ou não alguma tendência; 2. o teste kappa para avaliar o percentual de acerto do modelo e 3. o teste kappa0 para verificar se o valor da kappa é significativamente diferente de zero.

A partir da tabulação da área calculada e da área observada de cana-de-açúcar por município da forma como demonstrado na Tabela 1 elaborou-se a tabela de contingência apresentada na Tabela 2 e explicada na Tabela 3, e aplicaram-se a estatística de McNemar (Equação 2.3) e os testes kappa (Equação 2.4) e Kappa0 (Equação 2.5) com o uso do módulo "Proc Freq" do programa estatístico SAS.

Tabela 1 - Tabulação de áreas calculada e observada por município

Geocodigo	Município	UF	Modelo x Área estimada (ha)	CanaSat Área observada (ha)

Tabela 2 - Tabela de contingência proposta por Suchower e Copenhaver (1996)

	Modelo x Frequência Porcentagem	Cana-Sat		TOTAL
		COM	SEM	
Modelo	COM	a % a	b %b	a + b %a + %b
	SEM	c %c	d % b	c + d %c + %d
	TOTAL	a + c %a + %c	b + d %b + %d	a + b + c + d 100%

Fonte: baseado em Suchower e Copenhaver (1996).

Tabela 3 - Tabela de contingência adaptada para a tese

	Modelo x Frequência Porcentagem	CanaSat		TOTAL
		COM	SEM	
Modelo	COM	Frequência total COM cana no modelo e COM cana no Cana-Sat Porcentagem COMxCOM	Frequência total COM cana no modelo e SEM cana no Cana-Sat Porcentagem COMxSEM	Total municípios COM cana pelo modelo Somatório % linha
	SEM	Frequência total SEM cana no modelo e COM cana no Cana-Sat Porcentagem SEMxCOM	Frequência total SEM cana no modelo e SEM cana no Cana-Sat Porcentagem SEMxSEM	Total municípios SEM cana pelo modelo Somatório % linha
	TOTAL	Total municípios COM cana pelo CanaSat Somatório % coluna	Total municípios SEM cana pelo CanaSat Somatório % coluna	Total municípios estado 100%

$$\chi^2 = \sum_{j=1}^k \frac{(b - c)^2}{(b + c)} \quad (2.3)$$

$\chi^2$  - Estatística Qui-quadrado McNemar

$b$  - Frequência total COM cana no modelo e SEM cana no Cana-Sat

$c$  - Frequência total SEM cana no modelo e COM cana no Cana-Sat

$$K = \frac{p_0 - p_e}{1 - p_e} \quad (2.4)$$

$K$  - teste kappa

$P_0$  - Probabilidade observada a partir dos resultados do modelo

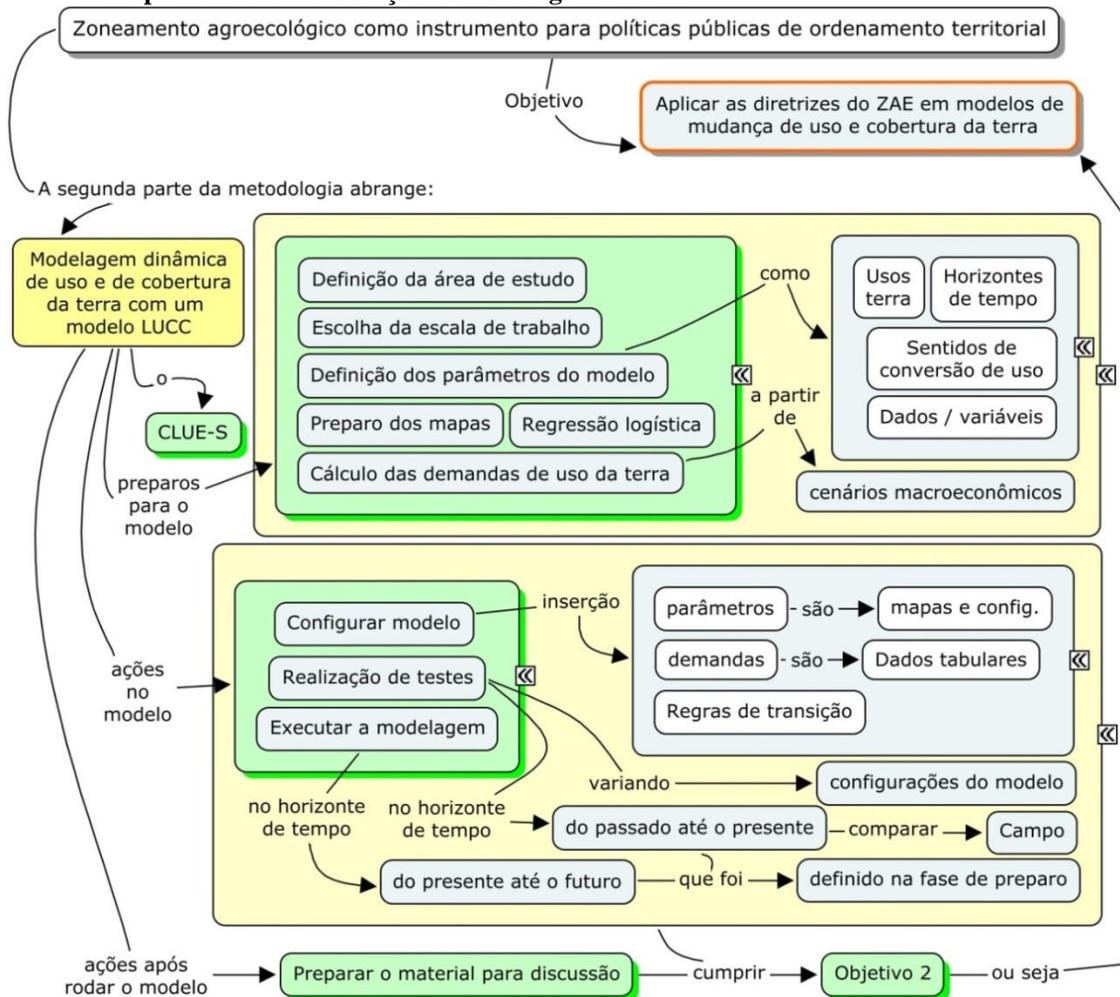
$P_e$  - Probabilidade esperada de acordo com observado em campo

$$se_0(K) = \frac{1}{(1 - p_e)^2 \sqrt{n}} \times \sqrt{p_e + p_e^2 - \sum_{i=1}^2 p_i \times p_{.i} (p_i + p_{.i})} \quad (2.5)$$

- $Se_0(K)$  - teste kappa0  
 $P_e$  - Probabilidade esperada de acordo com observado em campo  
 $P_i$  - Probabilidade da linha (ver Tabela 2)  
 $P_{.i}$  - Probabilidade da coluna (ver Tabela 2)  
 $n$  - numero total de municípios do estado

A Figura 11 apresenta o roteiro geral para trabalhos com modelo de mudança de uso e cobertura da terra para cumprir com o objetivo de aplicar as diretrizes do ZAE em modelos de uso e cobertura da terra. Para cumprir com o objetivo de aplicar as diretrizes do ZAE em modelos de mudança de uso e cobertura da terra o trabalho foi dividido em três etapas: 1. preparo para rodar o modelo; 2. execução do modelo e 3. apresentação e discussão dos resultados.

**Figura 11 - Mapa mental da elaboração da modelagem dinâmica**



A etapa de preparo dos dados é realizada fora da interface do modelo e têm aplicação para mais de um modelo. Nessa etapa o problema é dimensionado e suas soluções são delineadas. O resultado é um conjunto de arquivos que contém as orientações para o trabalho de modelagem, que podem atender a diversos modelos, e os dados de entrada (preparados/configurados) para o modelo utilizado, que no caso desta tese é o CLUE-S.

Para executar o modelo, esse é configurado para o estudo de caso, os dados são carregados, faz-se a calibração do modelo (testes) e elabora-se a simulação proposta (executar a modelagem). Após isso, prepara-se o material para discussão, que será fundamentada pelo contexto da demanda que motivou a modelagem, pelos dados para rodar o modelo e pelos resultados do modelo.

### **2.3 Análise estratégica do zoneamento agroecológico da cana-de-açúcar - estudo de caso**

A política pública territorial em estudo é o Zoneamento Agroecológico da Cana-de-açúcar (ZAE-Cana), aprovado pelo Decreto N 6.961, 26 de julho de 2009, que aprova o zoneamento agroecológico da cana-de-açúcar e determina ao Conselho Monetário Nacional o estabelecimento de normas para as operações de financiamento ao setor sucroalcooleiro, nos termos do zoneamento. Para o qual foram aplicadas as metodologias desenvolvidas para a análise estratégica do ZAE-Cana e para avaliar se as diretrizes do ZAE e seus resultados podem orientar um processo de modelagem dinâmica.

Na análise estratégica há o objetivo de perceber os mecanismos que fizeram do ZAE-Cana um instrumento efetivo de ordenamento territorial e em seguida é feita a análise de sua aplicação para mostrar e verificar sua efetividade enquanto instrumento de ordenamento territorial.

#### **A O contexto de criação do zoneamento agroecológico da cana-de-açúcar – uma visão estratégica**

A análise do contexto de criação do ZAE-Cana fundamentou-se nas publicações do ZAE cana, a saber: Relatório técnico do projeto (EMBRAPA SOLOS, 2009), Boletim de pesquisa do ZAE-Cana (MANZATTO et al, 2009); Relatório de impacto do ZAE-Cana

elaborado para avaliar o impacto da tecnologia (EMBRAPA MEIO AMBIENTE, 2012) e em capítulo de livro com a metodologia utilizada no ZAE-Cana (Manzatto et al, 2010).

A identificação das forças, fraquezas, oportunidades e ameaças do setor sucroalcooleiro foram levantadas no Relatório técnico do projeto; em cenários macroeconômicos realizados para o biocombustível (EPE, 2008) e em artigos publicados que destaquem essas características, normalmente, artigos de economia.

### **B Análise das diretrizes do zoneamento agroecológico da cana-de-açúcar**

Para o caso do ZAE-Cana, o relatório técnico do projeto (EMBRAPA SOLOS, 2009) responde a todos os questionamentos propostos na metodologia e o coordenador do projeto, o Sr. Celso Vainer Manzatto, foi consultado para apreciação e complementação das informações.

### **C Análise das indicações de uso**

As indicações de uso foram identificadas no relatório técnico do projeto.

### **D Análise da metodologia de integração temática**

A análise da metodologia de integração temática foi fundamentada no relatório técnico do projeto (EMBRAPA SOLOS, 2009), no Boletim de pesquisa do ZAE-Cana (MANZATTO et al, 2009); nas apresentações do coordenador do projeto em eventos técnico-científicos (MANZATTO 2012, 2013), na abordagem de Manzatto et al (2010) sobre a metodologia do ZAE e de consulta a membros da equipe que elaboraram a integração temática do ZAE-Cana.

Elaborou-se 1. um mapa mental da integração temática do Zoneamento Agroecológico da Cana-de-açúcar para o território brasileiro; 2. uma base de conhecimento que represente o processo de integração temática do Zoneamento Agroecológico da Cana-de-açúcar do Brasil e 3. um mapa mental do fluxo de procedimentos da integração temática à apresentação de resultados do ZAE-Cana. Ferramentas que permitirão apresentar toda a metodologia de integração temática em duas páginas

### **E Efetividade do zoneamento agroecológico da cana-de-açúcar**

Na análise da efetividade do ZAE Cana buscou-se identificar as estratégias de implementação do ZAE junto ao coordenador do projeto. Após, consultar-se-á todo o arcabouço legal gerado a partir do ZAE (decretos, resoluções do Banco Central, projetos lei,

leis, iniciativas de alteração do decreto); a mídia, para identificar indicativos de ordenamento territorial advindo do ZAE-Cana e, por fim, o relatório de impacto do ZAE Cana.

## **F Comparação do zoneamento agroecológico da cana-de-açúcar com a realidade de campo**

A comparação do ZAE-Cana com a realidade foi com análises espaciais em ambiente de sistema de informação geográfica (SIG). Nesta tese, o programa utilizado para realizar as análises espaciais foi o ArcEditor 10.0, da ESRI.

Essa comparação depende do mapeamento das áreas com produção de cana-de-açúcar e o Projeto CanaSat<sup>3</sup> disponibiliza esses dados para a região Centro-Sul do Brasil. Dos estados da região Centro-sul mapeados, a comparação foi realizada para os estados de Goiás (GO); Minas Gerais (MG); Mato Grosso do Sul (MS); Mato Grosso (MT); Paraná (PR) e São Paulo (SP). Esses estados são os que apresentam a maior quantidade de área apta à expansão da cana-de-açúcar (MANZATTO, et al, 2009), são os estados que concentram a produção de cana-de-açúcar e onde há expansão representativa da área plantada de cana-de-açúcar (INPE. CanaSat, 2012). O Cana-Sat também mapeou os estados do ES e do RJ, mas o RJ apresenta declínio de área plantada com a cana-de-açúcar e o ES teve em 2011 em torno de 75 mil ha de área plantada (IBGE. SIDRA, 2013).

Para atender à análise foram contabilizados i. o total da área manejada com a cultura da cana-de-açúcar na região Centro-Sul, em relação ao ano-safra base do zoneamento; ii. a quantidade de área com presença da cultura nas áreas ditas como aptas pelo ZAE; iii. o quanto está em áreas inaptas; iv. o quanto está em áreas não indicadas por questões ambientais; v. o total de área de expansão e vi. o total de área com manutenção de uso e o total de área com mudança para outro uso.

### *O total da área manejada com a cultura da cana-de-açúcar na região Centro-Sul*

O total da área manejada com cana de açúcar foi obtido pelo cálculo da área total plantada com cana-de-açúcar nos arquivos vetoriais do Cana-Sat da safra 2003/04 à 2012/13 na projeção de Albers com equivalência de áreas. Informações complementares de áreas que não forem possíveis de conseguir no mapeamento do Cana-Sat foram obtidas na base de

---

<sup>3</sup> Projeto de mapeamento e de acompanhamento da área plantada com a cultura da cana-de-açúcar nas regiões produtora do Brasil. Página na internet do projeto <<http://www.dsr.inpe.br/canasat/>>

dados da produção agrícola nacional (IBGE. SIDRA, 2013). Serão apresentados tabelas, gráficos e figuras para permitir melhor entendimento do conteúdo.

#### *Comparação da distribuição espacial proposta pelo ZAE com a realidade observada*

A verificação do comportamento da área plantada com cana-de-açúcar da safra 2003-2004 à safra 2012-1013 em comparação ao ZAE-Cana foi elaborada com a integração dos dados espaciais de 1. expansão ano a ano com a cultura da cana-de-açúcar; 2. uso da terra de 2002; 3. declividade; 4. aptidão edafoclimática, 5. restrições ambientais e 6. limites estaduais

Os dados vetoriais originaram-se: 1. Cana Sat – base vetorial da área de expansão com cana-de-açúcar no centro sul do Brasil; 2. Probio I, 2006 - base vetorial da classe de uso da terra em 2002; 3. Embrapa Milho e Sorgo - base vetorial da declividade; 4 e 5. ZAE-Cana – base vetorial da aptidão à expansão da cana e de restrição ambiental e. 6. IBGE – base vetorial da malha estadual. Os cálculos das áreas foram na projeção de Albers com equivalência de áreas.

O processo de integração temática consistiu de: 1. reclassificar os campos dos arquivos vetoriais para atenderem aos critérios da análise; 2 realizar a união, dois a dois, do Probio I, da declividade e do ZAE-Cana; 3. realizar a interseção entre os dados gerados na etapa 2 e o vetor do Cana-Sat e 4, realizar o recorte dos arquivos da etapa 3 com os limites estaduais para certificar que os mapas contém informações somente do estado. Os critérios da análise foram extraídos do estudo sobre o ZAE-Cana.

Para o cálculo da área de expansão ano a ano em função de ser apta à expansão pelo ZAE-Cana, selecionar-se-á nos arquivos gerados, por estado, a ocorrência de plantio de cana-de-açúcar nas áreas consideradas como aptas pelo ZAE-Cana e as áreas foram calculadas na projeção de Albers com equivalência de áreas.

## **2.4 Modelagem dinâmica com o CLUE-S - estudo de caso**

### **A Definição do modelo**

O modelo utilizado na modelagem dinâmica é o CLUE-S. O CLUE-S é um modelo dinâmico de mudança de uso e de cobertura da terra, empírico e baseado em regressão para o

cálculo da mudança de uso e de cobertura da terra. Permite tratar as dimensões espacial, de vizinhança, de transição, de tempo e de tipo de sistema.

No CLUE-S o espaço é representado em estrutura regular, em formato matricial (raster) com os usos e coberturas da terra representados por pixels, permite inserir a dimensão da vizinhança, com as devidas regras de transição, de modo que todo o espaço modelado pode ter as mesmas regras de vizinhança ou pode ter a indicação de regras diferentes para cada parcela do espaço, bem como cada tipo de uso pode ter funções temporais diferentes, tem um intervalo de anual de representação de mudança de uso e cobertura e o espaço de modelagem é considerado um sistema fechado.

Para tratar da dimensão de transição, o CLUE-S utiliza o recurso de matriz de conversão, que indica os sentidos de mudança de uso (se um tipo de uso A pode mudar para outro tipo de uso C sem ter que passar por um tipo de uso B) e do tempo mínimo que cada classe de uso pode deve permanecer estável. Para alocar o tipo de uso em cada célula usa constantes de regressão, obtidas em programas de estatística.

Com a definição do modelo gera-se as avaliações de acordo com as etapas de trabalho do modelo.

## **B Definição da área de estudo**

A definição da área de estudo para teste da hipótese de uso das diretrizes e das orientações técnicas do ZAE-Cana como subsídio para a modelagem dinâmica de mudança de uso de cobertura da terra teve por base escolher uma unidade da federação com o setor sucroalcooleiro em expansão e uma unidade da federação com o setor sucroalcooleiro consolidado.

A região escolhida como consolidada no estudo é o estado de São Paulo. São Paulo é a unidade da federação com maior representatividade nos 10 milhões de hectares de área planta com cana-de-açúcar do setor sucroalcooleiro (IBGE. SIDRA, 2013). Com a análise espacial a partir dos dados do Cana-Sat observa-se que São Paulo apresenta 5.514.665ha dos 8.887.622ha do Centro Sul na safra de 2012-2013.

A unidade escolhida como de expansão no estudo é o estado de Goiás, na região Centro-Oeste do Brasil. A região Centro-Oeste é a região com a maior quantidade de áreas aptas à expansão por município (MANZATO, et al 2009) e o estado de Goiás o que apresenta a maior representatividade em área plantada com cana-de-açúcar na região e a maior taxa de expansão de área plantada com cana (IBGE. SIDRA, 2013).

A verificação expedita da utilização dos parâmetros do ZAE-Cana para modelar a mudança de uso e cobertura da terra, com o estudo das projeções futuras da expansão da área plantada de cana, ou seja: de 2009 a 2025, foi aplicado ao estado de Goiás.

### C Identificação do uso e cobertura da terra da área de estudo

Para a identificação do uso e da cobertura da terra foram utilizados dados de uso da terra com cana-de-açúcar (Cana Sat, 2013) e dados de cobertura da terra com agricultura, pastagem e remanescentes (PROBIO, 2008) e de cobertura com áreas de água e uso como área urbana (PROBIO 2008 e ZAE-Cana). O Probio (2008) agrega as informações dos anos de 2002 e de 2008.

Foram feitos dois mapas de uso e cobertura da terra: 1. um para 2003 - sobrepôs-se sobre a cobertura de 2002 o uso com Cana da safra de 2003/04, a Cana avançou sobre diversas coberturas, assumiu-se que as demais coberturas não tiveram mudança de 2002 para 2003 e 2. outro para 2009 - com cobertura de 2008 e Cana da safra de 2009/10 e os mesmos procedimentos adotados para a elaboração do mapa de 2003, porém, com os dados de 2008 e de 2009/10. O Quadro 10 apresenta as origens de cada informação de uso e cobertura para os mapas de 2003 e de 2009.

Os arquivos vetoriais (shapes) do Probio utilizados para coletar as informações foram os shapes "Carb\_Solo\_Veg\_USO\_%Bioma%\_pol", onde %Bioma% assume os valores: Amazônia, Cerrado, Caatinga, Mata Atlântica, Pantanal e Pampas. As informações de 2002 estão no campo cagr\_1994 e as de 2008 no campo cagr\_2002 (IBAMA, 2013). Esses foram utilizados para a obtenção dos shapes de usos (Ac e Ap), de reflorestamento (Ref) e de áreas naturais (reclassificação das ocorrências O, FM, FNM, GM, GNM, GSec para a classe 'Nat'), as classes urbano (S, no Probio 2) e água foram agregados à classe nat, contudo, isso não afetou modelo porque há uma máscara que deixa a região ocupada por essas duas classes fora do espaço de modelagem.

**Quadro 10 - Origem do uso e cobertura da terra nos mapas da modelagem**

Usos	Dado de origem
Agricultura, pastagem, reflorestamento e remanescente de 2002.	Probio 2008
Agricultura, pastagem, reflorestamento e remanescente de 2008.	Probio 2008
Cana-de-açúcar para a safra 2003/04	Cana-Sat safra 2003/04
Cana-de-açúcar para a safra 2009/10	Cana-Sat safra 2009/10
Áreas água e área urbana 2003 e 2009	União dos dados do ZAE-Cana 2007 e do Probio 2008

Cabe observar que o mapa do projeto Probio II utilizado para a classificação dos usos considera a área urbana e sua área de influência imediata como área urbana, aumentando as manchas de áreas urbanas para o ano de 2008.

As áreas calculadas são apresentadas em função da escala de trabalho adotada no projeto, que foi de 1km de resolução. Nessa resolução cada pixel tem 100ha e as áreas foram calculadas para serem múltiplo de 100ha.

#### **D Identificação dos fatores exploratórios de mudança de uso e de cobertura da terra**

No modelo CLUE-S os fatores exploratórios são os parâmetros, os determinantes do modelo e comporão o banco de dados da análise. Verburg (2010) recomenda o preenchimento de um quadro com os parâmetros utilizados na análise, de acordo com a indicação do Quadro 11, em virtude desse quadro foram escolhidas as variáveis essenciais para a análise.

Observa-se que os dados do ZAE-Cana, de aptidão, fazem parte dos dados biofísicos. Das variáveis escolhidas é importante destacar quais foram consideradas dinâmicas ao longo do tempo. Os dados de uso e de cobertura foram discutidos no tópico anterior (C. Identificação do uso e cobertura da terra da área de estudo), os demais parâmetros do modelo foram elencados a partir de consulta à bibliografia existente.

**Quadro 11 - Orientações para a seleção dos fatores exploratórios no CLUE-S**

<b>Parâmetro</b>	<b>Aplicação do parâmetro</b>
Uso e cobertura da terra em geral	Todas as simulações de uso e de cobertura da terra
Cultivos específicos (áreas de semeio e produção por área)	Dados de áreas semeadas para simulação da distribuição de cultura. Dados de produção por área para simulação de cultivos por área
Dados de pecuária	Para simulações de distribuição de pecuária
Demografia	Essencial para todas as simulações
Dados socioeconômicos	Opcional quando considerados alternativas importantes para compreensão de cultivos por área
Manejo da terra	Essenciais para simulação de cultivos por área
Dados geográficos	Importante para todas as simulações
Dados biofísicos	Essencial para todas as simulações, porém as variáveis escolhidas dependem da área de estudo.

Fonte: Verburg, 2010

Na tese, os fatores exploratórios foram organizados e apresentados conforme a orientação do Quadro 12. Esse quadro foi desenhado com o objetivo de fornecer para cada fator exploratório sua classe (uso e cobertura, demografia, sócio-economia etc), uma

descrição sucinta e a referência que indica sua utilização para os objetivos do modelo que está em elaboração. Permite, assim, maior clareza para o tratamento dos dados no decorrer do projeto e discussão na equipe e para o entendimento de pessoas exógenas à equipe.

**Quadro 12 - Apresentação dos fatores exploratórios**

Parâmetro	Descrição	Referência
<b>Dados Uso e cobertura da terra</b>		
<b>FATORES EXPLORATÓRIOS</b>	Descreve o dado que compõe o parâmetro	Referência que orientou a seleção da variável para o estudo de caso
	<b>Dados Demografia</b>	
	<b>Dados Sócio-economia</b>	
	<b>Dados Manejo das terras</b>	
	<b>Dados Geográficos</b>	
	<b>Dados Biofísicos</b>	
	<b>Dados Biofísicos</b>	

Fonte: Verburg, 2010.

### **E Aquisição de arquivos digitais, da área de estudo para uso na modelagem**

Os dados necessários para preparar os parâmetros do modelo encontram-se disponíveis em diversas instituições, um único dado disponibilizado por cada fonte pode compor a elaboração de um ou mais fatores exploratórios do modelo, ou, um único parâmetro do modelo pode ser preparado com mais de um dado disponibilizado (de uma mesma instituição ou de várias instituições). Para informar a origem de cada fator exploratório adotado no modelo desenhou-se o quadro de metadados desses fatores como apresentado no Quadro 13. É recomendável seu preenchimento durante a aquisição dos dados para diminuir esforços.

**Quadro 13 - Apresentação das origens dos dados – metadados**

Parâmetro	Origem	Escala / Tipo
<b>Dados Uso e cobertura da terra</b>		
<b>FATORES EXPLORATÓRIOS</b>	Indica a origem do dado	Tipo: Vetor, raster, tabular
	<b>Dados Demografia</b>	
	<b>Dados Sócio-economia</b>	
	<b>Dados Manejo das terras</b>	
	<b>Dados Geográficos</b>	
	<b>Dados Biofísicos</b>	
	<b>Dados Biofísicos</b>	

Fonte: Elaboração própria, adaptado para ficar semelhante ao formato de apresentação do Quadro 12, acima, e facilitar a compreensão.

Com o preenchimento desse quadro é possível registrar tanto a origem de cada informação quanto a que fator exploratório, ou fatores exploratórios, cada dado está associado.

## **F Identificação das áreas demandadas para cada uso – Cenários de demanda**

O trabalho necessita de dois cenários de demanda: 1. cenário de demanda para a calibração do modelo; 2. cenário de demanda atual para a demanda no horizonte de tempo modelado. O cenário de calibração foi do ano de 2003 ao ano de 2009 e o cenário projetado até 2025. O ano de 2009 foi considerado como atual para a modelagem por ser o ano mais recente com dados de uso e cobertura e o ano de 2025 por estar no limite dos cenários disponibilizados. Ratifica-se que as áreas calculadas foram apresentadas em função da escala de trabalho adotada no projeto, que foi de 1km de resolução. Nessa resolução cada pixel tem 100ha e as áreas foram calculadas para serem múltiplo de 100ha.

### *Cenário de demanda de calibração do modelo: 2003 a 2009*

Para a elaboração do cenário de demanda foram utilizados os mapas de uso e de cobertura da terra elaborados para os anos de 2003 e de 2009 e os dados do Cana-Sat das safras de 2003/04 a 2009/10. A variação de demanda para a cana foi contabilizada a partir do Cana-Sat, a variação de demanda para as coberturas agricultura, pecuária, reflorestamento e remanescentes foi com variação linear, com ajustes para que o somatório de áreas seja o mesmo para todos os anos, haja vista que a variação da cana não é linear e a demanda de área urbana e de área de água foram consideradas sem variação, haja vista o valor considerado ser para o ano de 2008 do projeto Probio II que considera como área urbana os núcleos urbanos e a área de influência urbana.

O ajuste da área foi em 3 etapas, na primeira, o procedimento do ajuste foi o acréscimo de 1/6 da diferença de pixels entre 2009 e 2003 para os usos Ac, Ap, Ref e Rem. Esse 1/6 foi arredondado para cima, com zero casas decimais, pois, ao dividir o número de pixels por 6 o valor pode ter parcelas menores que 1 pixel, o que não é admissível.

Na segunda etapa, o procedimento do ajuste consistiu de um acréscimo ponderado, em cada uso, da diferença de pixels em relação a 2003. A equação da ponderação arredonda para cima, com zero casas decimais, o resultado de  $\{\text{Num pixels de cada uso no passo 1} + [\text{Diferença entre o total de pixels do passo 1 e o total de pixels dos mapas de uso e cobertura} * (\text{Num pixels uso no passo 1} / \text{soma dos pixels de todos os usos ajustados na primeira$

etapas)]]}. Na terceira etapa, o procedimento do ajuste: Remanescente calculado na planilha do segundo passo foi acrescido ou subtraído da diferença entre o total de pixels do mapa de 2003/2009 e o total de pixels que se obteve no segundo ajuste.

#### *Cenários de projeção de demanda: 2009 a 2025*

As previsões de área para os diversos usos da terra estão disponibilizadas em vários documentos que foram compatibilizados para que haja um cenário de demanda de uso da terra que considere as classes de uso e de cobertura do estudo.

Foram identificadas as obras da FIESP (2012), do Ministério da Agricultura e Pecuária (BRASIL, MAPA, 2012), do Banco Mundial (GOUVELLO, SOARES FILHO E NASSAR, 2010) e do Ministério do Meio Ambiente (BRASIL, MMA, 2012). Um dos textos, isolado, não contém informação para preencher a tabela de demandas do estudo (cenários de demanda), por isso, necessitou-se compatibilizar os textos. Nessa compatibilização, para expansão da cana-de-açúcar considerou-se o indicado por Brasil – MAPA (2013) e em relação às outras culturas foi dada preferência para o cenário do Ministério da Agricultura, buscando em outros cenários as respostas que não puderam ser obtidas exclusivamente nesse cenário.

O cenário de demanda utilizado na modelagem contabilizou as áreas utilizadas para o uso com cana-de-açúcar e para as coberturas com agricultura, pecuária, remanescente, área urbana e água.

Para a previsão de área plantada com cana-de-açúcar utilizou-se dois critérios: 1. o quanto Brasil, MAPA (2012) considera que o estado representa no país em área plantada de cana e 2. o quanto a FIESP estima que o Brasil tenha de área plantada de cana em 2022. Da representatividade do estado em função desse total foi calculada a área de cana para 2021 e projetada para 2025. Isso foi feito porque o Brasil, MAPA trabalha com a área colhida de cana e a demanda do estudo dessa tese é com a área plantada total do Cana-sat, necessitando de ajustes.

Para as áreas com cobertura em Ac, Ap e Ref, esse estudo seguiu a indicação do percentual de aumento indicado por Brasil – MAPA (2012), que é em relação a 2011 e para o ano-safra 2021/22. A previsão de área de reflorestamento foi o indicado por Brasil – MMA (2012), que é em hectares. A previsão de área para pecuária foi ou indicado pela FIESP (2012) que sugere uma redução de área de 3% em relação a 2011. A área de remanescente foi o que sobrou, sendo que em Goiás 20% da demanda de área de agricultura e cana foram sobre remanescente (FIESP, 2102)

As indicações dos cenários foram seguidas para a elaboração do cálculo da área, contudo, esses cálculos de áreas terão ajustes para que os somatórios de áreas de todos os anos sejam os mesmos, ou seja, para que a soma das áreas de Cana, Ac, Ap, Ref, Rem, água e urbano seja a mesma de 2003 a 2025.

#### **G Definição das escalas de trabalho a serem adotadas**

A resolução deste trabalho foi para atender aos objetivos de verificar a utilização das diretrizes do ZAE-Cana para a elaboração de modelagem dinâmica e também, que permita modelar a distribuição espacial da área plantada de cana-de-açúcar no território do estado.

A exata distribuição espacial das áreas plantadas com cana-de-açúcar depende de fatores econômicos, sociais, logísticos, políticos que envolvem desde a gerência das usinas de cana, a gerência das propriedades, ao nível estratégico pela oferta de crédito que é municipal, entre outros. Indicando que uma resolução regional atende aos requisitos da pesquisa.

#### **H Preparo dos arquivos para uso no modelo**

O CLUE-S trabalha com arquivos raster tipo ASCII. Para gerar os arquivos ASCII foram elaborados os arquivos no formato raster e convertidos para ASCII. Gerou-se arquivos para cada tipo de uso da terra no ano de início da simulação (um para validação e outro para a projeção); arquivos para cada uma das variáveis do modelo (os mesmo tanto para a validação quanto para a projeção); arquivos de demanda (um para validação e outro para a projeção); arquivos de restrições de área, conforme orientação da documentação do CLUE-S.

Cada um dos diversos arquivos temáticos da área de estudo deve possuir a mesma resolução espacial, o mesmo número de pixels, o mesmo número de colunas, o mesmo número de linhas, estar na mesma projeção e as coordenadas do canto inferior esquerdo deve ser a mesma para todos os arquivos de uma mesma região.

O preparo dos arquivos consiste em:

1. configurar o idioma do computador para inglês – o CLUE-S trabalha com o ponto como separador decimal assim, antes de começar os trabalhos É IMPRESCINDÍVEL que as configurações de idioma sejam em inglês;
2. converter o arquivo raster de uso e ocupação para ASCII, com o nome 'covall.0', com os usos da terra enumerados assim: 0, 1, 2, 3 ... n (tem que começar com 0);
3. preparar um arquivo ASCII para cada uso e ocupação, de modo que o uso que foi o nome do arquivo teve valor 1 e os demais usos terão o valor 0. Preparar um

grupo desses arquivos para o ano inicial da validação e um outro grupo desses arquivos do ano final da validação para subsidiar a análise estatística;

4. passar para ASCII cada um dos fatores explanatórios (variáveis, drivers) denominando-os: Sc1gr\*.fil (o \* varia de 0 até o número da última variável) – para os arquivos que representam distâncias, o separador decimal tem que ser o ponto – certificar que o idioma do computador está configurado para inglês antes de converter o arquivo raster para ASCII;
5. usar o CONVERT.EXE para preparar o pacote de tabelas para dar carga no programa de estatística que foi utilizado para fazer as regressões. Para cada uso da terra dos grupos preparado no tópico 2 rodar o CONVERTER.EXE com todos os fatores explanatórios e gerar o arquivo 'stat.txt' para cada uso. Nesses arquivos de cada uso da terra 0 representa onde não é o uso e 1 onde é o uso. O software que foi utilizado nesse estudo é o SPSS trial versão 21;
6. executar o trabalho com o programa de estatística, consiste de:
  - a. preparar a tabela de correlação bivariável – para subsidiar a escolha de variáveis, a linha de corte desse estudo foi 0,6, ou seja, as variáveis que tiverem correlação maiores que 0,6 ou menores que -0,6 foram consideradas como iguais e somente uma delas permanece no estudo;
  - b. elaborar a regressão logística binária – da regressão logística virão as constantes para preparar o arquivo 'alloc.reg' do CLUE-S;
  - c. calcular a área sobre a curva ROC – a curva roc é para avaliar o conjunto de variáveis escolhidas, de acordo com o manual do CLUE-S, é aceitável se estiver entre 0,7 e 0,8 e recomendável que seja superior a 0,8;
7. configurar o arquivo 'alloc.reg' com os valores da regressão logística, ele tem essa estrutura.
  - 0 → uso zero (neste estudo foi 0 para cana, 1 para AcApRef e 2 para outros)
  - xxxxxxx → constante do uso na regressão
  - $n$  → indica que há  $n$  fatores explanatórios,  $n$  varia de caso a caso
  - bbbbbb f →  $\beta$  da regressão e número do fator explanatório
  - bbbbbb f →  $\beta$  da regressão e número do fator explanatório
8. preparar a matriz de conversão, o arquivo 'allow.txt' – matriz que indica se um uso pode mudar para outro ou não, e o tempo mínimo que um uso permanece fixo para poder mudar para outro uso;

9. preparar o arquivo de restrição de área, o 'region\*.fil' (\* é alfanumérico e serve para identificar o tipo de restrição, mas não pode ser muito extenso, recomendo não passar de 13 caracteres). Nesse arquivo, as células sem dados têm o valor (-9999) e as células que indicam restrição de área têm o valor (-9998), as demais células têm o valor 0;
10. preparar o arquivo 'demand.in\*' de cenários de demanda (\* é numérico e usado para indicar diferentes demandas). Esse é uma tabela em txt, onde a primeira linha da tabela representa o número de anos simulados, contando a partir do primeiro ano (se a simulação for do ano 10 ao ano 15 o número de anos é 6) e a partir da segunda linha começa a tabela com o mesmo número de colunas que o número de usos em que cada linha representa um ano e as colunas são a área demanda para aquele ano. Importante, o somatório de área de todas as linhas deve ser o mesmo, deve estar incluído até a área de restrição e a última linha da tabela tem que ser a última linha com dados (certificar que não tenha linha vazia depois da linha do último ano);
11. gerar arquivos de áreas de probabilidade de ocorrência para cada uso em função da demanda e da equação de regressão – se for o caso do estudo;
12. rodar a simulação e converter os arquivos 'cov\_all.\*' para raster. (\* varia de 0 a n, onde 0 é o 'covall.0' gerado no início do trabalho é o primeiro ano, 1 foi o segundo ano, 2 o terceiro e assim prossegue até o último ano de cada simulação.<sup>4</sup>

## **I Análise dos fatores exploratórios do estudo de caso**

No CLUE-S essa análise é baseada em análise estatística e neste trabalho foi realizada em dois ambientes: 1. análises no programa de estatística e 2. análises em planilha eletrônica.

### *Análises no programa de estatística*

A análise estatística foi elaborada no SPSS trial, versão 21, da IBM. Os dados dos arquivos gerados no CONVERTER.EXE (Stat.txt) de cada uso da terra foram importados para o programa, elaborar-se-á: 1. a tabela de correlação bivariável para permitir selecionar variáveis com correlação no intervalo aberto ]-0,6; +0,6[; 2. as regressões logísticas para cada uso/cobertura, tendo como variável dependente o uso/cobertura e como variáveis

---

<sup>4</sup> A elaboração desse passo-a-passo foi conseguida a partir das notas da Sr<sup>a</sup>. Carolina Alves Galharte, elaboradas para a reunião com o objetivo de me explicar a lógica de funcionamento do CLUE-S, em 28 mar 2013.

independentes os fatores exploratórios (forças direcionadoras) identificados para o estudo e 3. o cálculo da área sob a curva ROC.

Os *Betas* para cada fator exploratório (variáveis, drivers) e a constante para cada uso da terra do arquivo 'alloc.reg' foram obtidos a partir dos resultados da regressão logística no programa de estatística. A rotina de trabalho consistem em 1. calcular as constantes e *Betas* para um conjunto de variáveis para cada uso da terra; 2. aplicar no modelo; 3. verificar; se necessário, retornar para o cálculo das constantes e *Betas* e fazer esse trabalho repetitivamente até encontrar resultados satisfatórios.

#### *Análise em planilha eletrônica*

A análise em planilha eletrônica mostrou a relação entre a área plantada com cana-de-açúcar e o número de usinas, do ano de 2003 a 2009 para os estados de Goiás e de São Paulo para encontrar uma relação entre a área plantada e o número de usinas de cana e um indicativo de que são as biorrefinarias de cana-de-açúcar que condicionam a expansão da área plantada de cana-de-açúcar.

Nessa análise também se analisou a correlação dos fatores exploratórios advindos das diretrizes e das orientações técnicas do ZAE-Cana para mostrar que há correlação com o uso com cana-de-açúcar e para investigar as correlações com outros usos e coberturas. Essas correlações são as obtidas na correlação bivariável do programa de estatística.

## **J Carga no modelo**

Para atender aos objetivos da tese necessitou-se rodar a modelagem para uma região de estudo, optou-se por elaborar a modelagem da expansão da cana-de-açúcar para o estado de Goiás. O estudo que envolve o estado de São Paulo restringiu-se à verificação da correlação entre os fatores exploratórios (drivers) e os usos/coberturas da terra.

A carga no modelo consiste em preparar os arquivos:

1. 'alloc1.reg' – com as constantes e *Betas* da regressão logística;
2. 'allow.txt' – tabela de conversão de uso;
3. 'demand.in1' – tabela de demanda preparada a partir dos cenários de demanda e
4. 'main.1' – arquivo de parâmetros principais do CLUE-S

Preparou-se uma pasta de trabalho para rodar a validação do modelo de 2003 a 2009 e outra pasta de trabalho para rodar a simulação de 2009 a 2025. E, este estudo de caso realizou-se com um, e somente um, cenário de demanda.

## **K Ajustes no modelo e validação**

Nessa etapa executou-se a simulação da expansão da área plantada com cana-de-açúcar do período de 2003 a 2009 para o estado de Goiás, considerando os fatores exploratórios (drivers) advindos da interpretação das diretrizes e das orientações técnicas do ZAE-Cana e os fatores exploratórios de logística, até que o resultado da simulação aproximasse ao máximo do uso da terra com cana-de-açúcar no ano de 2009.

## **L Aplicação do modelo**

O melhor resultado do tópico anterior foi projetado até o ano de 2025.

A escolha do melhor resultado foi definida com a análise estatística. Nesta tese utilizou-se o teste de correlação, com diagramas de dispersão, para uma análise com dados quantitativos e o teste qui quadrado de McNemar para a análise qualitativa dos dados.

## **2.5 Síntese da metodologia da tese**

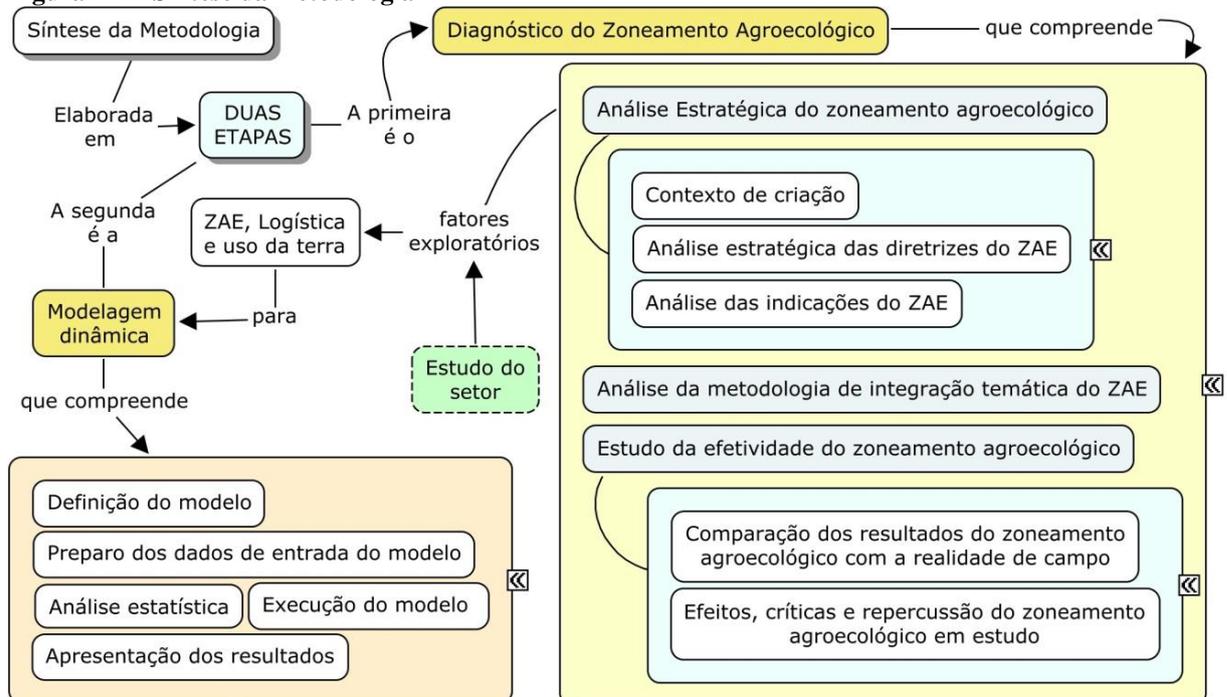
Esta metodologia propõe como analisar um ZAE que foi um instrumento efetivo de ordenamento territorial para identificar quais foram os diferenciais de sua metodologia e de seu desenvolvimento que propiciaram sua aplicação efetiva como instrumento de ordenamento territorial e apresentou os procedimentos necessários para preparar os dados e rodar um modelo de mudança de uso e de cobertura da terra, a Figura 12 apresenta a síntese do que foi abordado neste capítulo.

A metodologia proposta é dividida em duas etapas. Na primeira etapa elabora-se o diagnóstico do ZAE e na segunda etapa a modelagem dinâmica. O diagnóstico do ZAE foi organizado em três módulos: 1. análise estratégica, onde busca-se identificar se o ZAE foi elaborado considerando questões estratégicas e se teve participação efetiva da sociedade; 2. análise da metodologia de integração temática, na qual busca-se elucidar como o ZAE implementou em SIG suas diretrizes e 3. o estudo da efetividade do ZAE, com a comparação de suas orientações técnicas com a realidade de campo e análise de seus efeitos, críticas e repercussões.

A elaboração dos fatores exploratórios para a modelagem dinâmica é independente dos estudos do ZAE para sua elaboração. Necessita de estudos que identifiquem as variáveis e as condicionantes aplicáveis ao processo de modelagem para os objetivos do projeto. A interface proposta nesta tese, de identificar fatores exploratórios a partir do diagnóstico do ZAE e de estudos do setor, nesse caso, para incorporar fatores de logística e de uso da terra é uma das contribuições dessa tese tanto para ZAE, pois propõe que estudos expeditos de modelagem de mudança de uso e de cobertura da terra podem ser incorporados nos ZAE, bem como, que estudos de mudança de uso e cobertura da terra possam apropriar-se das informações geradas em ZAE, ou, que seja pensado como prosseguimento a projetos ZAE, um ou mais projetos de modelagem dinâmica de uso e cobertura da terra.

Assim, os estudos da primeira etapa são complementados com estudo do setor produtivo e os fatores exploratórios do ZAE, logística e de uso da terra são identificados para a elaboração da segunda etapa, a modelagem dinâmica, que consta de definição do modelo, do preparo dos dados de entrada, das análises estatísticas para alimentar as simulações, de sua execução (validação e simulação) e da apresentação dos resultados obtidos.

**Figura 12 - Síntese da metodologia**



No Capítulo 3 é apresentada a aplicação da metodologia para análise de um ZAE para o zoneamento agroecológico da cana-de-açúcar e no capítulo 4 o desenvolvimento da modelagem dinâmica como proposta nesta tese.

### 3 O ZONEAMENTO AGROECOLÓGICO DA CANA-DE-AÇÚCAR – ZAE-CANA

<sup>67</sup> Ó Suma Luz que tanto, dos errantes  
mortais, te elevas, ora à minha mente  
um pouco reapareças com dantes.  
(ALIGHIERI, p. 231)

#### 3.1 O contexto de criação do zoneamento agroecológico da cana-de-açúcar – uma visão estratégica

O ZAE-Cana foi elaborado no auge do debate mundial do binômico biocombustível x alimentos, com o biocombustível sujeito a críticas internacionais que poderiam acarretar em barreiras não tarifárias para o biocombustível (JOB, 2013). Quando foi desenvolvido previa-se que a área plantada de cana-de-açúcar no Brasil expandiria dos 7 milhões de hectares em 2007 para 14,5 milhões de hectares em 2017, com destaque para a demanda de álcool combustível tanto no mercado interno quanto no mercado externo, em meio a discussões de que essa expansão prejudicaria a segurança alimentar, que seria vetor de novos desmatamentos e de que a legislação ambiental brasileira era um limitador para a indústria sucro-alcooleira. O cenário internacional sinalizava que a expansão dos biocombustíveis reduziria a oferta de alimentos e se tornaria um vetor de desmatamento no Brasil, com a tendência de considerar as condições não sustentáveis barreiras comerciais para a comercialização dos produtos derivados da cana-de-açúcar, principalmente do álcool, que poderia ter sua comercialização internacional prejudicada (EMBRAPA SOLOS, 2009).

O ZAE-Cana foi um projeto de identificação de áreas aptas à expansão do plantio da cana-de-açúcar segundo critérios tecnológicos, ambientais, legais e edafoclimáticos (MANZATTO et al, 2009), com o objetivo de regular a expansão da área plantada de cana-de-açúcar no território nacional. Em seus trabalhos utilizou-se parte da metodologia do ZEE, especialmente em relação à discussão com a sociedade, com o setor produtivo e com o governo para a concepção e para sua adoção. Foi aprovado enquanto diretriz para orientar a concessão de crédito para o mercado sucroalcooleiro (Brasil, 2009a), a partir dessa orientação o Conselho Monetário Nacional – CMN elaborou as normas para concessão de crédito rural

(Brasil, 2009b) e para a concessão de crédito agroindustrial (Brasil, 2009c) para esse mercado.

As diretrizes do ZAE-Cana para a identificação das áreas aptas à expansão da cana-de-açúcar são: 1. estarem distribuída em regiões que foram convertidas em agricultura, pastagem ou agropecuária até 2002, de acordo com o Probio I (2006); 2. estarem na declividade de até 12%; 3. estarem fora de unidades de conservação ambiental (as registradas no Cadastro Nacional de Unidades de Conservação Ambiental até 2008); 4. estarem fora de terras indígenas (instituídas até 2008); 5. estarem fora da Bacia do Alto Paraguai (o Bioma Pantanal está nessa bacia); 6. estarem fora do Bioma Amazônia; 7. estarem fora de áreas protegidas como restingas e mangues; 8. dispensarem a irrigação plena e 9. terem aptidão edafoclimática Alta, Média ou Baixa para o sistema de manejo com maior investimento tecnológico (classe de manejo C<sup>5</sup>).

As considerações sobre forças, fraquezas, oportunidades e ameaças não é explícita no texto, ou seja, não estão listadas com esse nome. Elas foram retiradas da leitura do relatório técnico do projeto (EMBRAPA, 2008) e complementadas com informação complementar, nesse caso, foram seguidas da citação. Os estigmas foram retirados de fonte externa ao relatório. As expectativas são os impactos esperados do projeto, os temores foram resultado de interpretação do relatório e as perguntas-chave foram retiradas a partir das respostas dadas na conclusão do relatório.

**Forças do setor sucro-alcooleiro:** 1. experiência na produção de álcool de cana-de-açúcar; 2. posição privilegiada na detenção de conhecimento da produção de cana-de-açúcar; 3. posição privilegiada em tecnologia no uso do etanol como alternativa energética; 4. a extensão territorial do país permite a expansão da cana-de-açúcar; 5. disponibilidade de áreas já antropizadas para expansão da área plantada com cana-de-açúcar. 6. promove a estabilidade econômica uma vez que diminuiu a necessidade de importação de combustíveis e gera renda no país (EPE, 2009); 7. geração de empregos (EPE, 2009); 8. alavanca a pesquisa em tecnologias agrícola e industrial para o aumento da competitividade do setor (EPE, 2009)

**Fraquezas do setor sucro-alcooleiro:** 1. falta de diretriz para o setor que garanta uma expansão sem pressionar remanescentes vegetais; 2. falta de diretriz para o setor que garanta

---

<sup>5</sup> A classe de manejo C é a que emprega práticas agrícolas que refletem um alto nível tecnológico; caracterizando-se pela aplicação intensiva de capital e de resultados de pesquisas para manejo, melhoramento e conservação das condições das terras e das lavouras. A motomecanização está presente nas diversas fases da operação agrícola.” (RAMALHO FILHO & BEEK, 1995)

uma expansão sem competição com as áreas para produção de alimentos. 3. a legislação ambiental brasileira permite que a expansão do setor promova desmatamentos; 4. a legislação brasileira não garante que a expansão do setor seja sem competição com a produção de alimentos.

**Oportunidades do setor sucro-alcooleiro:** 1. mudanças climáticas devido ao aquecimento global; 2. potencial para agricultura de energia (agroenergia); 3. o álcool é um novo combustível de padrão internacional; 4. abastecimento da frota de carros-flex; 5. crescimento da indústria alcoolquímica (EPE, 2008); 6. alta do preço do petróleo (EPE, 2008); 7. baixa disponibilidade de áreas agricultáveis nos Estados Unidos da América e nos continentes europeu e asiático (EPE, 2008); 9. adição de etanol à gasolina em substituição ao chumbo (EPE, 2009); 10. demanda internacional de álcool (EPE, 2008; BRANDÃO, 2008);

**Ameaças do setor sucro-alcooleiro:** 1. as estratégias de expansão do setor, superior a 10% ao ano, para atender a demanda de álcool carburante e a álcoolquímica ocasionarem competição com a produção de alimentos e danos ao meio ambiente; 2. imagem negativa para o setor ao expandir a área plantada com cana-de-açúcar para produzir álcool para abastecer a frota de carros flex fuel; 3. a comunidade internacional não adquirir biocombustível de países que tenham desmatado áreas para sua produção (EPE, 2008); 4. a comunidade internacional não adquirir biocombustível de países nos quais sua produção compete com a produção de alimentos (EPE, 2008); 5. baixa do preço do petróleo (EPE, 2008); 6. o álcool brasileiro não ser aceito para adição à gasolina em outros países além do Brasil (EPE, 2008) devido à uma imagem ambiental negativa; 7. subsídio dado aos produtores dos Estados Unidos e da Europa (EPE, 2008); 8. ausência de um padrão internacional de especificação para o etanol combustível (EPE, 2008); 9. infra-estrutura brasileira para escoamento da produção (EPE, 2008)

**Idéias feitas - estigmas:** 1. A expansão do biocombustível ocorre em regime de competição direta com a produção de biocombustíveis; 2. A legislação ambiental brasileira é um entrave para a expansão do setor sucro-alcooleiro. 3. O setor da cana-de-açúcar não apresenta estabilidade de emprego para o trabalhador do setor; 4. O setor subsiste à base de mão-de-obra desqualificada; 5. Setor oligárquico e atrasado.

**Expectativas:** 1. estimular a expansão da cana-de-açúcar em áreas estratégicas; 2. Ordenar a expansão sustentável da cana-de-açúcar; 3. Nortear os investimentos públicos e privados; 4. Subsidiar políticas públicas federais e estaduais; 5. Promover a conservação do solo e da água; 6. Promover a atração de investimentos no setor sucroalcooleiro; 7. Promover

a estabilidade de emprego para o trabalhador do setor; 8. Promover a organização dos fornecedores de cana em cooperativas; 9. Promover a indução tecnológica no setor; 10. Contribuir à qualificação do trabalhador do setor;

**Temores não aplicação:** 1. Expansão do setor com pressão sobre vegetação remanescente; 2. Expansão do setor competindo com a produção de alimentos; 3. Impossibilidade de comercialização internacional por causa de uma produção que não atende aos princípios de sustentabilidade.

**Perguntas-chave para responder:** 1. Quanto de área apta o Brasil possui para a expansão do setor? 2. O quanto de área apta há em agricultura e em pecuária? 3. Será necessário desmatar novas áreas para atender à demanda projetada sem afetar a produção de alimentos?

A partir da análise estratégica do ZAE-Cana observa-se que os atores foram envolvidos no ZAE-Cana desde a concepção e que representam vários setores da sociedade, permitindo a participação de todos os setores da sociedade relacionados com o tema. Merece destaque que houve a participação de diversas instâncias do governo federal (Casa Civil; MAPA; MMA; MPOG; MME; MCT), de Institutos estaduais de pesquisa, dos governos estaduais, de representantes das indústrias e do setor agrário.

A participação dos atores foi desde a definição das diretrizes até a elaboração das orientações técnicas, com negociação entre as partes. Os atores tiveram uma participação ativa. As diretrizes e as orientações técnicas foram elaboradas nas dimensões social, política, técnica e científica e buscaram conciliar as demandas do setor público com as do setor privado. A estratégia de envolvimento dos diversos atores foi envolver as esferas do governo que representam setores antagônicos de uso e ocupação do território (MAPA e MMA) para a elaboração das diretrizes a partir desses representantes do governo e dos representantes da sociedade a eles vinculados.

Houve compatibilização com outras políticas públicas referentes à área de sua investigação. Há critérios para as atividades instaladas e legalizadas que se encontrem em desacordo com as orientações técnicas do ZAE-Cana, sendo uma das diretrizes do ZAE-Cana que as unidades industriais já instaladas tenham garantia de manter suas atividades já licenciadas e os planos de expansão já aprovados se em áreas não indicadas pelo ZAE-Cana.

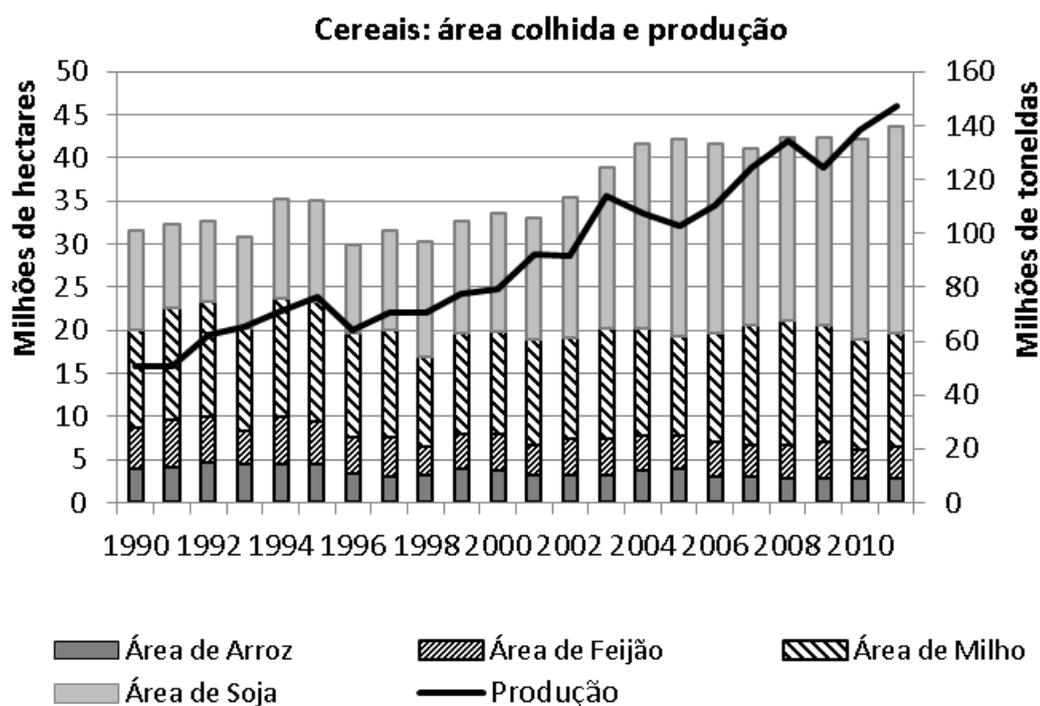
As forças e fraquezas, oportunidades e as ameaças do setor foram consideradas na elaboração das diretrizes do ZAE-Cana, de modo que as orientações técnicas do ZAE-Cana o

tornam um instrumento de fortalecimento para responder às oportunidades e às ameaças que estavam em consolidação na época de sua elaboração e já haviam sido estudadas nos cenários macroeconômico até então elaborados.

Essa consideração fica clara uma vez que os estudos do ZAE contabilizaram o quanto de área apta o Brasil possui para a expansão do setor em áreas de agricultura, de agropecuária e de pecuária, mostrando que o Brasil possui quantidade suficiente de áreas já antropizadas que permitem a expansão do setor além das expectativas de crescimento de forma que não compromete a produção de alimentos e com a preservação do meio ambiente, e sem considerar os ganhos de produtividade do setor agropecuário que estão permitindo que o Brasil tenha mais incremento de produção e de produtividade que de expansão na área antropizada.

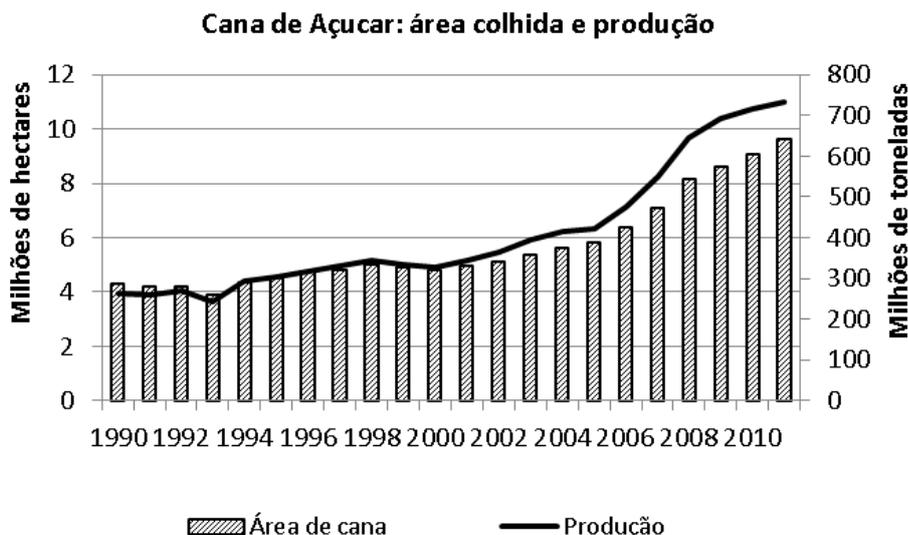
Devido à importância do tema competição com alimentos à época de elaboração do ZAE-Cana, ilustra-se nos gráficos 2, 3 e 4 que as produtividades dos setores aumentam com o passar dos anos de modo que cada vez há a necessidade de um acréscimo menor de área para um acréscimo maior de produção.

Gráfico 2 - Área colhida e produção de cereais no Brasil de 1990 a 2010



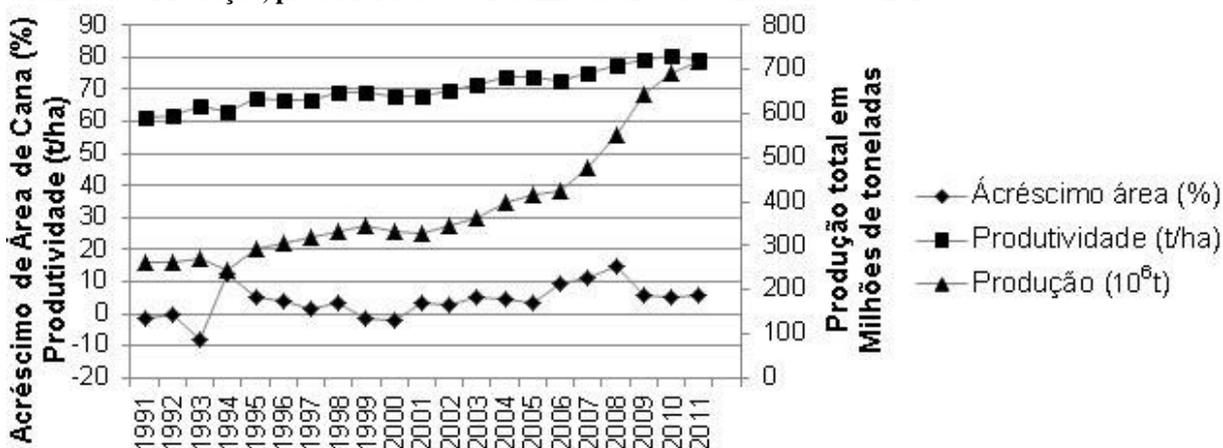
Fonte: IBGE – SIDRA, 2013

Gráfico 3 - Cana-de-açúcar e área colhida total produção de cana de 1990 a 2010



Fonte: IBGE – SIDRA, 2013

Gráfico 4 - Produção, produtividade e acréscimo de área de cana de 1990 a 2010



Fonte: IBGE – SIDRA, 2013

### 3.2 Análise das diretrizes do zoneamento agroecológico

A definição e os ajustes das diretrizes do ZAE-Cana envolveram os atores do início do ZAE-Cana à entrega dos resultados. Vários setores da sociedade e foram representados pela Casa Civil, pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, pelo Ministério do Meio Ambiente (ambos responsáveis por um amplo processo de articulação institucional que envolveu a participação dos setores produtivo e ambiental), pelas secretarias estaduais de agricultura e de meio ambiente e pelas instituições estaduais de pesquisa agropecuária.

Os atores tiveram uma participação ativa na definição das diretrizes do ZAE-Cana, que foram definidas a partir da negociação entre os atores, como expresso na primeira página do relatório, que a Casa Civil determinou que o MAPA e o MMA elaborassem o ZAE-Cana em parceria e, em parceria, foram elaboradas as diretrizes do projeto ZAE-Cana (EMBRAPA SOLOS 2009). Os governos de todas as unidades da federação, os ministérios do MMA, do MAPA, do MME, a Casa Civil, as companhias de extensão rural do país e representantes do setor sucroalcooleiro foram envolvidos nas negociações para a definição das diretrizes do ZAE com interatividade entre os interlocutores (ações e atividades) desde a escolha dos critérios de avaliação até a validação (EMBRAPA MEIO AMBIENTE, 2012);

As diretrizes do ZAE-Cana foram elaboradas segundo aspectos políticos e técnicos que buscaram conciliar as demandas do setor público com as demandas do setor privado. Nos quais se teve o cuidado de compatibilizar o ZAE com as políticas públicas do setor energético (um dos objetivos específicos do projeto) e, também, do sucro-alcooleiro. Para as atividades que se encontrem em desacordo com as diretrizes do ZAE e que já estejam instaladas e licenciadas o ZAE possui a diretriz de não as incluir no zoneamento.

As diretrizes do ZAE-Cana respondem às ameaças que o setor possa sofrer que estejam relacionadas com o respeito à legislação ambiental, com a conservação da biodiversidade, com a segurança alimentar, com as condições de trabalho no campo e com a credibilidade do Brasil perante os investidores, resguardando o setor de barreiras comerciais não alfandegárias (ver Quadro 14). São questões-chave para garantir a inserção dos produtos do setor sucroalcooleiro do Brasil no mercado internacional e atrair os investidores.

**Quadro 14 - Confronto dos critérios do zoneamento agroecológico da cana-de-açúcar com as condicionantes internacionais para uma produção sustentável e outras**

<b>Diretrizes do ZAE</b>	<b>Condicionantes</b>
Indicação de áreas com potencial agrícola para o cultivo da cana-de-açúcar sem restrições ambientais.	Respeito a legislação ambiental
Exclusão de áreas com vegetação original e indicação de áreas atualmente sob o uso antrópico.	Respeito à biodiversidade
Exclusão de áreas para cultivo nos biomas Amazônia, Pantanal e na Bacia do Alto Paraguai.	Respeito à biodiversidade na visão internacional (comitiva de imprensa lançamento do projeto)
Diminuição da competição direta com áreas de produção de alimentos	Segurança-alimentar
Indicação de áreas com potencial agrícola (solo e clima) para o cultivo da cana-de-açúcar em terras com declividade inferior a 12%, propiciando produção ambientalmente adequada com colheita mecânica.	Sustentabilidade - produção mecanizada em áreas com suporte para a mecanização, sem degradar o solo Melhor qualidade de trabalho e emprego. Estimula a competitividade internacional
Unidades industriais já instaladas, a produção de cana para seu suprimento e a expansão programada não são objeto deste zoneamento.	Compromisso do governo com o investidor. Aumenta a credibilidade o Brasil perante os investidores.

### **3.3 Análise das orientações técnicas do zoneamento agroecológico da cana-de-açúcar**

As orientações técnicas, ou indicações de uso do ZAE-Cana podem ser sintetizadas como expresso: a expansão da produção da cultura da cana-de-açúcar deverá se em terras com potencial alto, médio ou baixo para produção em regime de sequeiro (sem irrigação plena) e com colheita mecanizada em área de agricultura, pastagem ou agropecuária que tenha sido consolidada até o ano de 2002 e que atenda a todas as diretrizes do estudo.

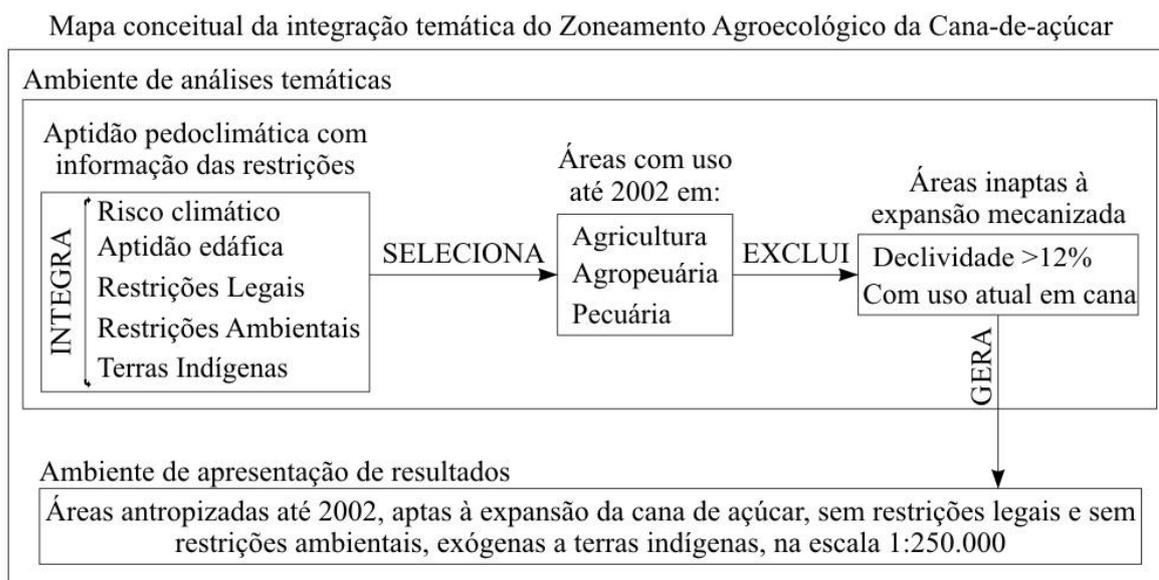
Nas indicações de uso, o ZAE-Cana difere do utilizado nos outros zoneamentos. Enquanto nos demais zoneamentos o território é analisado a partir de diretrizes técnicas, são identificadas zonas recomendadas para cada tipo de cobertura (agricultura, pastagem, conservação e recuperação) e para as áreas tecnicamente identificadas como aptas ao aproveitamento econômico são indicadas as classes de manejo possíveis em cada zona, e sugeridos vários tipos uso por classe de manejo. Os resultados dos demais zoneamentos são obtidos a partir de uma análise técnica do território e depois de elaborados são apresentados aos decisores públicos como subsídio às decisões.

O ZAE-Cana configurou-se como uma ferramenta sócio-político-técnico-científico. Antes foram definidos os usos, no caso somente um: Cana. Na continuidade, as diretrizes do estudo foram definidas a partir da negociação entre os atores com apoio de estudo técnico para verificação do efeito das diretrizes, continuamente, até o ajuste sócio-político-técnico-científico das diretrizes e possibilitar a indicação das áreas aptas à expansão da cana-de-açúcar no Brasil. Inclusive, os fatores da integração temática que mais demandaram energia foram os provenientes da necessidade de gerar subsídio às decisões políticas que definiam as diretrizes do ZAE-Cana e para gerar uma base de dados flexível para atender à variação de diretrizes no processo de negociação com o setor produtivo e governo (MANZATTO et al, 2010).

### 3.4 Análise da metodologia de integração temática do zoneamento agroecológico da cana-de-açúcar

O processo de avaliação temática para identificação das áreas aptas para a expansão da cana-de-açúcar obedeceu ao fluxo de trabalhos expresso na Figura **Erro! Fonte de referência não encontrada.**, que apresenta o mapa conceitual do ZAE-cana, onde o primeiro bloco (INTEGRA) foi automatizado. As demais etapas, de seleção das áreas com uso em Agricultura, Agropecuária ou Pecuária e de exclusão das áreas com declividade maior que 12% e das áreas com uso em cana foram realizadas a partir do resultado do primeiro bloco com os dados temáticos de uso da terra, declividade e Cana-Sat.

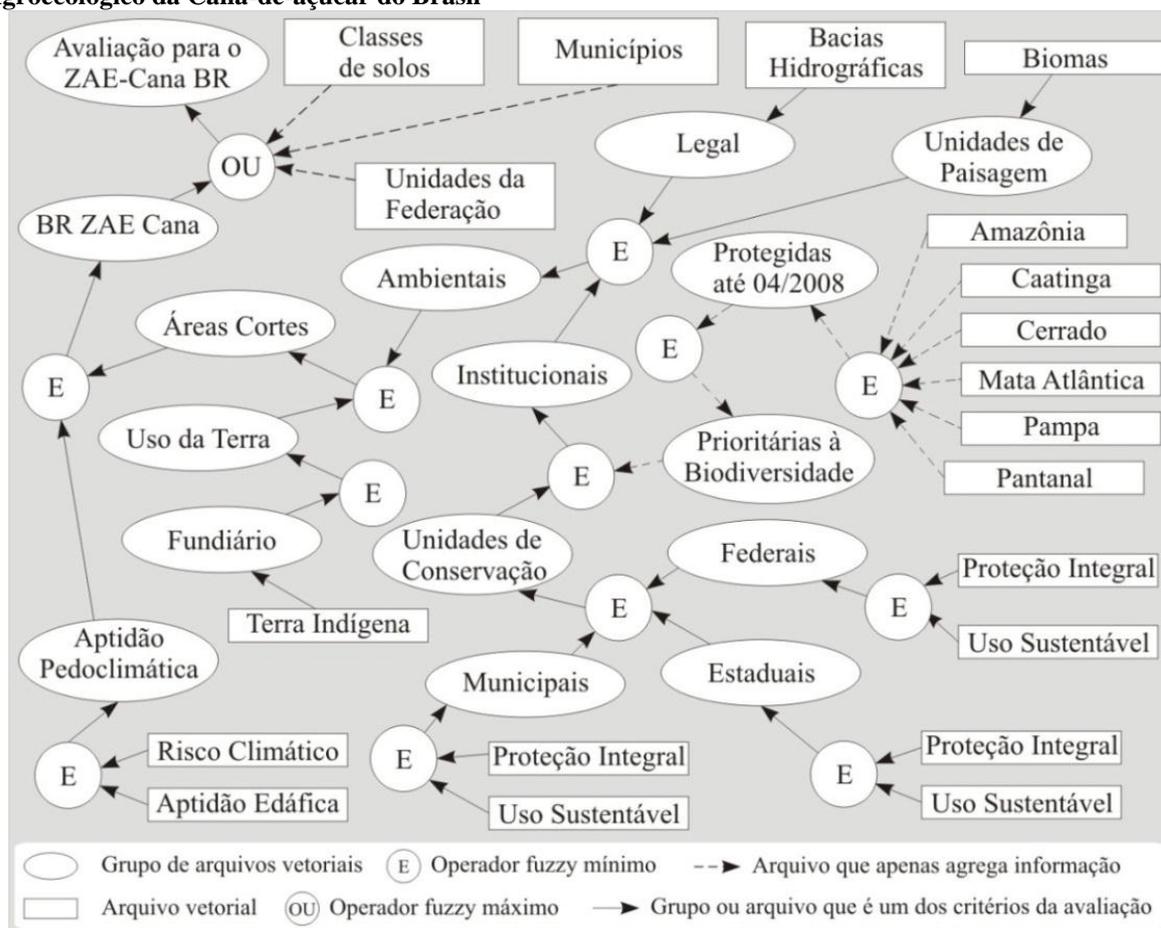
**Figura 13 - Mapa conceitual da integração temática do Zoneamento Agroecológico da Cana-de-açúcar para o território brasileiro**



Nota: as áreas com uso atual em cana-de-açúcar são as dedicadas a esse plantio na safra 2007/2008. Elaboração própria.

A automatização da primeira etapa, para integrar os temas Risco climático, Aptidão edáfica, Unidades de Conservação (federais, estaduais e municipais), classificadas em Proteção Integral e Uso Sustentável, Terras indígenas, Áreas prioritárias para a conservação da biodiversidade, Biomas e Restrições Legais, foi realizada com o uso de uma base de conhecimento que integrou os temas conforme indicado na Figura 14, a base de conhecimento adotada na integração temática do ZAE-Cana.

**Figura 14 - Base de conhecimento que representa o processo de integração temática do Zoneamento Agroecológico da Cana-de-açúcar do Brasil**

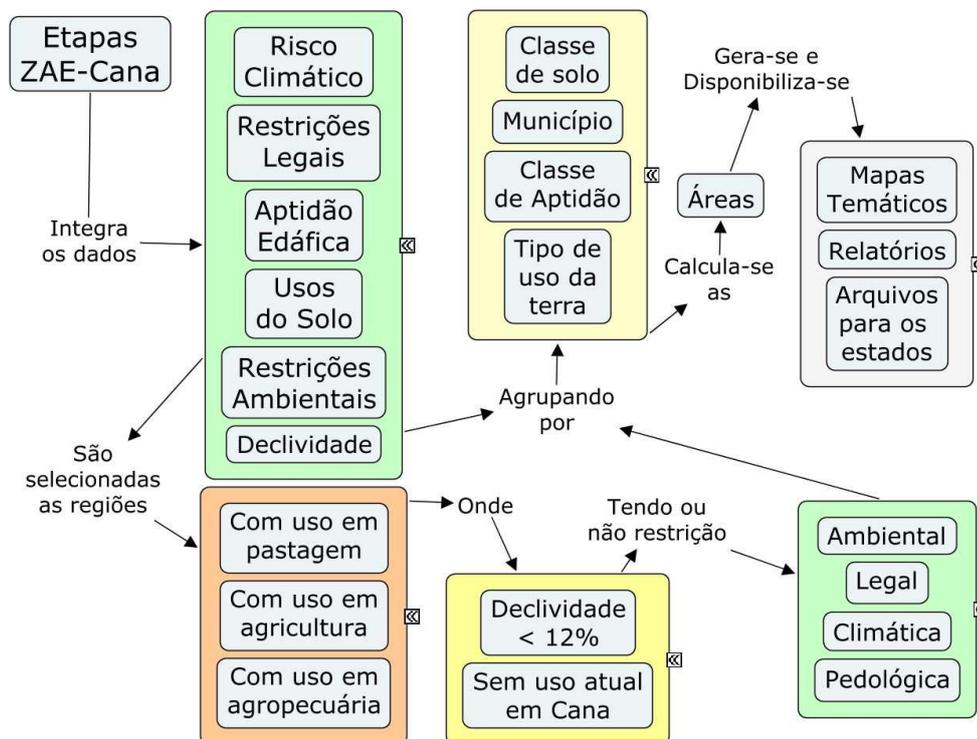


Elaboração própria.

Devido à quantidade de dados envolvida foi necessário dividir a avaliação em partes menores, como uma das demandas era fornecer a informação em nível estadual, a equipe do projeto optou por utilizar o recorte estadual para elaborar as avaliações.

Para finalizar a explanação, o trabalho de integração temática e de apresentação dos resultados do ZAE-Cana segue o fluxo apresentado no mapa mental da Figura 15, ou seja, houve a interação dos temas necessários para atender às diretrizes do estudo e foram selecionadas as áreas que apresentavam características que as tornavam aptas, que foram contabilizadas e disponibilizadas em formas de textos, tabelas e mapas. Na mesma linha do que foi apresentado por Landau e Guimarães (2008) para avaliação de potencial de expansão.

Figura 15 - Fluxo de procedimentos da integração temática do ZAE-Cana



Elaboração própria.

A metodologia de integração temática difere dos outros por ter desenhado uma base de conhecimento que permitiu haver temas que realmente consolidam a avaliação e temas que informam sua presença ou não, sem necessariamente, consolidar a informação, outro diferencial da integração é que nos arquivos vetoriais finais das áreas aptas é possível resgatar todos os dados utilizados para classificar a aptidão ou a restrição de uma determinada área.

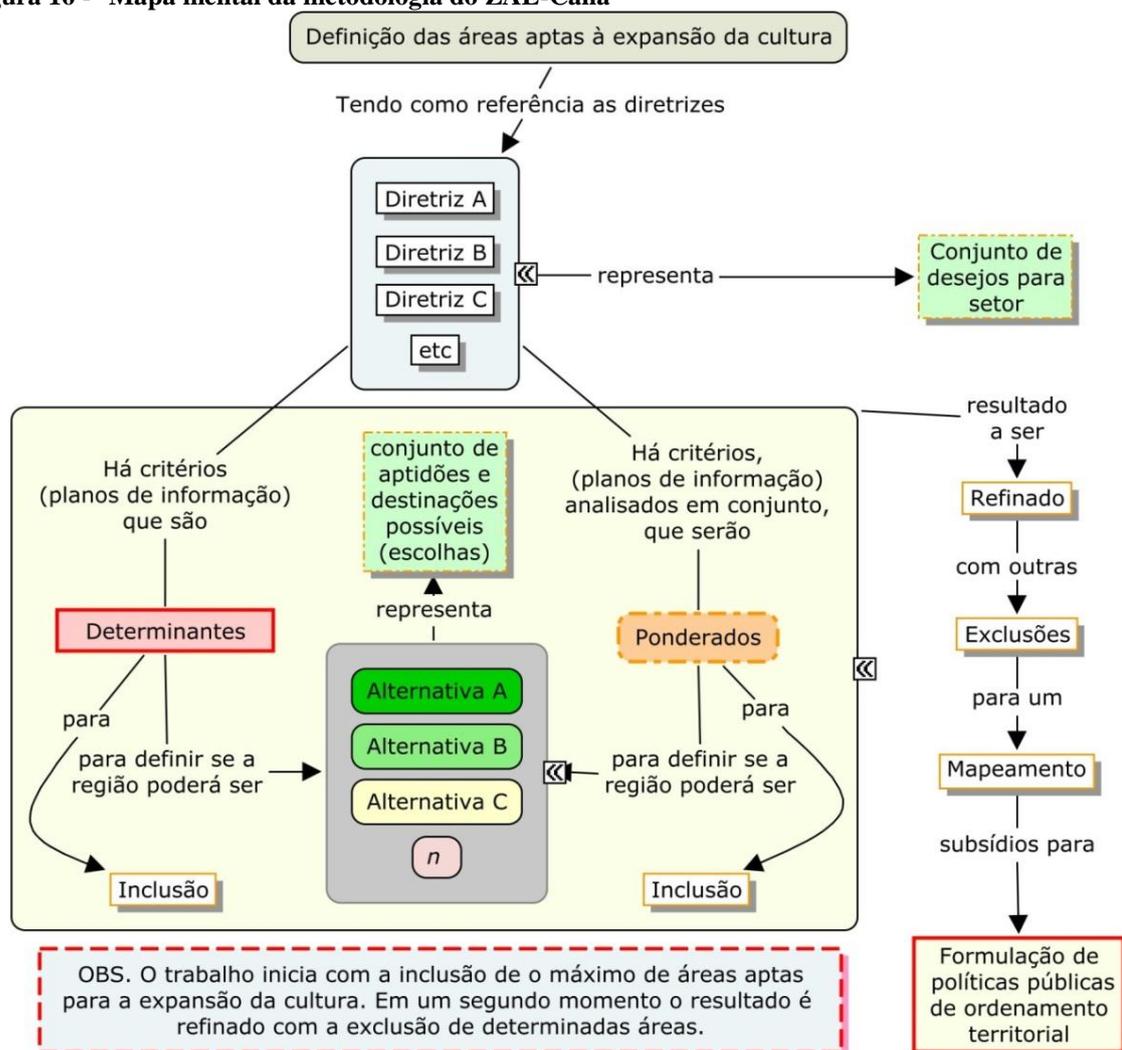
Os temas que foram inseridos como informativos (solo, município, áreas prioritária para a biodiversidade até 2007) permitem que esses dados sejam resgatados ao final das integrações para consolidar as informações do zoneamento de acordo com esses temas sem a necessidade de novos cruzamentos temáticos, o que reduz erros e agrega qualidade.

Quanto ao viés orientador da integração temática, primeiro o território foi analisado segundo: 1. Aptidão alta; 2. Aptidão média; 3. Aptidão baixa; 4. Restrição ambiental e 5. Inapta, depois as áreas não antropizadas, as acima da declividade 12% e as com produção de cana em 2007/08 foram excluídas dos mapas gerados para elaborar o mapa final do ZAE-Cana.

A Figura 16 apresenta o mapa mental de elaboração do ZAE-Cana. E estudo partiu da questão-chave do problema, que era definir as áreas aptas à expansão da cultura da cana-de-açúcar. A partir disso, foram traçadas as diretrizes do ZAE-Cana, que representavam as

orientações do setor para considerar as áreas com apta ou não aptas à expansão da cana-de-açúcar, levando em consideração aspectos econômicos, estratégicos, empresariais, ambientais, sociais técnicos e políticos e obtidas em negociação com representantes de diversos setores da sociedade. A partir das diretrizes e dos resultados das negociações para a elaboração das diretrizes foram identificados os critérios e as alternativas de classificação do território adotado pelo ZAE-Cana. Dos critérios identificados há os que são determinantes para classificar a parcela do território com uma das alternativas definidas e critérios que são ponderados para classificar o território segundo as alternativas possíveis. As alternativas, no caso, foram: Aptidão alta; Aptidão média; Aptidão Baixa; Área inapta e Área com restrição ambiental dentro de áreas antropizadas até 2002, na declividade até 12% e que não tenham plantação de cana em 2007.

Figura 16 - Mapa mental da metodologia do ZAE-Cana



Fonte: Elaboração em equipe de projeto de elaboração de ZAE para etapa de investigação de critérios para um ZAE a partir da experiência do ZAE-Cana.

### 3.5 Efetividade do zoneamento agroecológico da cana-de-açúcar

Após a conclusão dos estudos do ZAE foram elaborados duas iniciativas de implementação do ZAE como um instrumento de ordenamento territorial setorial rural: 1. restritivo – voltado para a elaboração de uma lei do ZAE-Cana e 2. indutivo – baseado na orientação de crédito (MANZATTO, 2012).

Da iniciativa restritiva foi elaborado o projeto de lei número 6.077 (BRASIL, 2009b) que objetiva regular a expansão da cana-de-açúcar restringindo o uso nas áreas que não são indicadas pelo ZAE-Cana. O projeto de lei busca regular a expansão da cana-de-açúcar tanto em questões de conservação do meio ambiente quanto em questões de garantir a segurança alimentar (que a expansão da cana-de-açúcar não venha a competir com a produção de alimentos). Esse projeto está em tramitação no Senado até a presente data e continua como projeto para avaliação futura pelo Senado.

Nas restrições relativas ao meio ambiente, veda: 1. a expansão do plantio e a instalação de novas usinas nos biomas Amazônia e Pantanal e na Bacia do Alto Paraguai; 2. a supressão de vegetação nativa para a expansão do plantio de cana-de-açúcar em todo o território nacional, 3. a queima do canavial como método pré-colheita nas áreas mecanizáveis. Nas restrições relativa à segurança alimentar, institui 1. que compete ao MAPA autorizar a instalação ou ampliação de usinas e 2. que não será autorizada a instalação ou ampliação quando houver prejuízo ou risco à produção de alimentos ou à segurança alimentar (MANZATTO, 2012).

Da iniciativa indutiva, o governo brasileiro publicou o Decreto N 6.961, 26 de julho de 2009. Este decreto, na forma de seu caput, “aprova o ZAE e determina ao Conselho Monetário Nacional (CMN) o estabelecimento de normas para as operações de financiamento ao setor sucroalcooleiro, nos termos do zoneamento”. Ou seja, o crédito público e privado são vinculados ao ZAE, tanto o de custeio (limita o crédito para áreas com restrições ambientais), quanto o de investimento para a expansão/implantação de novas unidades. A partir desse decreto o CMN elaborou as resoluções:

i. N 3.813, de 26 de nov de 2009, que, na forma do caput da resolução, “condiciona o crédito rural para expansão da produção e industrialização da cana-de-açúcar ao ZAE e veda o financiamento da expansão do plantio nos Biomas Amazônia e Pantanal e Bacia do Alto Paraguai, entre outras áreas” a partir de 28 de out de 2009 e

ii. N 3.814, de 26 de nov de 2009, na forma do caput da resolução, “condiciona o crédito agroindustrial para expansão da produção e industrialização da cana-de-açúcar ao Zoneamento Agroecológico e veda o financiamento da expansão do plantio nos Biomas Amazônia e Pantanal e Bacia do Alto Paraguai, entre outras áreas” a partir de 28 de out de 2009.

Para os projetos e plantios a partir de 28 de outubro de 2009, as resoluções condicionam o crédito às diretrizes do ZAE, concedendo crédito para áreas:

1. indicadas como aptas no ZAE;
2. com até declividade 12%;
3. antropisadas (abertas) até 2002 com os usos em Agricultura, Pecuária ou Agropecuária, exclusivamente;
4. para colheita sem queima da cana;
5. fora dos biomas Amazônia e Pantanal;
6. fora da Bacia do Alto Paraguai;
7. fora de terras indígenas e
8. fora de unidades de conservação.

A efetividade do ZAE foi conseguida com a estratégia indutiva de implementação, ou seja, a de regular a concessão de crédito, que pode ser definida por decreto sem a necessidade de um marco legal no legislativo e dentro do que rege a Constituição Brasileira sobre as autonomias do ente federal, do estadual e sobre as prerrogativas quanto ao uso da propriedade rural quanto ao uso e ocupação do território.

Como o setor observa as novas diretrizes de uso e o plantio de cana-de-açúcar depende da usina de processamento de cana para sua consolidação, o ZAE-Cana conseguiu, indiretamente, ordenar a expansão da cana-de-açúcar no território brasileiro, ou seja, o ZAE-Cana buscou ordenar a expansão da área plantada da cana-de-açúcar com o ordenamento da distribuição espacial de seu agente indutor: a biorrefinaria de cana-de-açúcar.

O ZAE-Cana estabeleceu critérios para a tomada de decisão sobre novos investimentos, estabelecendo um ambiente de confiança para investidores públicos, privados, nacionais e internacionais abrindo novas oportunidades no mercado brasileiro tornando-o atrativo ao capital internacional. (EMBRAPA MEIO AMBIENTE, 2012).

### 3.6 Comparação do zoneamento agroecológico da cana-de-açúcar com a realidade de campo

Neste tópico são apresentados os resultados das análises espaciais que possibilitam a comparação do ZAE-Cana com a realidade de campo e fundamentar as discussões quanto à sua viabilidade quanto um instrumento de ordenamento territorial setorial rural.

#### 3.6.1 Área manejada com cana-de-açúcar na região Centro-Sul

O ano-safra de 2007 é o ano de referência para o ZAE-Cana (EMBRAPA SOLOS, 2009), por isso está em negrito na Tabela 4, a seguir, que apresenta o total de área plantada com cana-de-açúcar do ano-safra 2003/04 ao 2012/13 para o Centro-sul.

**Tabela 4 - Área de cana-de-açúcar no Centro-Sul de 2003/04 a 2012/13**

UF	Hectares em cada ano									
	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
GO	151.361	151.489	190.493	250.039	<b>327.486</b>	456.502	584.650	653.830	730.506	844.442
MG	213.520	230.717	287.063	366.462	<b>480.572</b>	611.837	702.453	759.890	823.890	903.550
MS	125.097	139.977	145.516	182.024	<b>226.912</b>	310.645	425.450	501.973	571.246	656.623
MT	171.417	167.777	190.075	214.051	<b>237.355</b>	263.891	281.179	278.340	282.152	287.567
PR	322.413	329.641	355.901	437.883	<b>540.166</b>	633.465	664.731	667.552	668.277	680.774
SP	3.023.746	3.198.239	3.035.306	3.647.352	<b>4.234.475</b>	4.856.874	5.224.455	5.285.254	5.382.525	5.514.665
Total	4.007.553	4.217.840	4.204.355	5.097.811	<b>6.046.966</b>	7.133.213	7.882.917	8.146.839	8.458.596	8.887.622

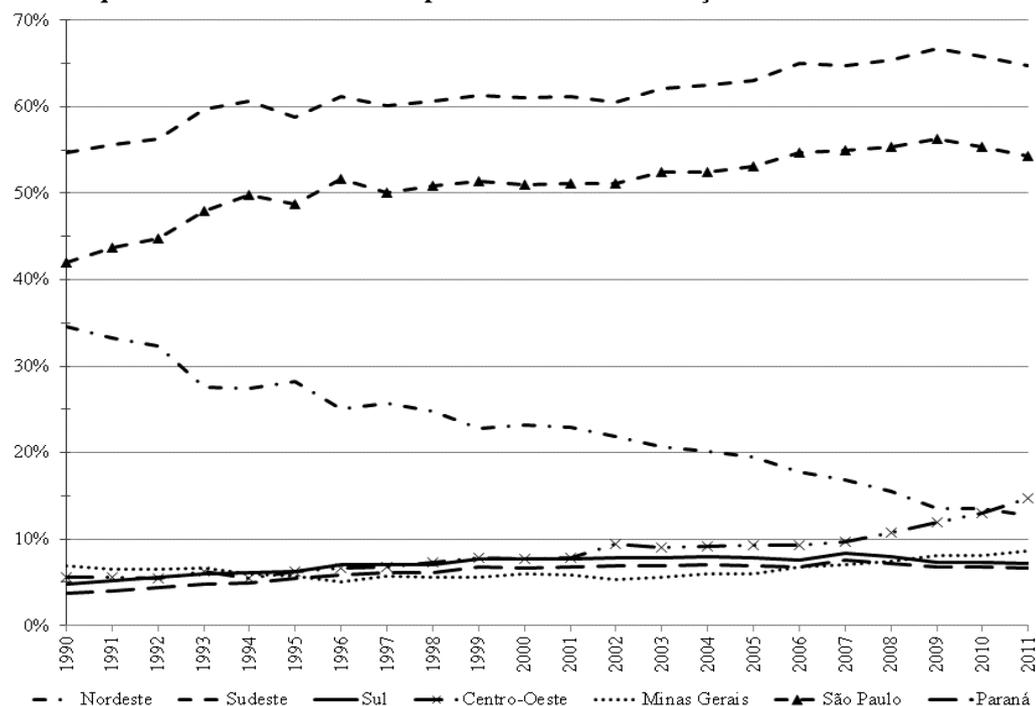
Fonte: Dados vetoriais do Cana-Sat.

Nessa tabela observa-se o quanto cada estado da região Centro-sul teve de expansão de área de 2003/04 a 2012/13 e o quanto essa expansão representa em relação à expansão da região Centro-sul.

Para uma permitir uma visualização da diferença de área de produção de cana entre as regiões do Brasil, haja vista o Cana-Sat mapear parte do Brasil, consultou-se os dados da produção agrícola nacional (IBGE. SIDRA, 2013).

O Gráfico 5 ilustra a distribuição supracitada da área plantada para as regiões Nordeste, Sul, Sudeste e Centro Oeste. Destaca a participação dos estados de Mina Gerais, Paraná e de São Paulo.

**Gráfico 5 - Percentual de área plantada com cana-de-açúcar das regiões brasileiras e dos estados do Centro-sul na quantidade nacional de área plantada com cana-de-açúcar**

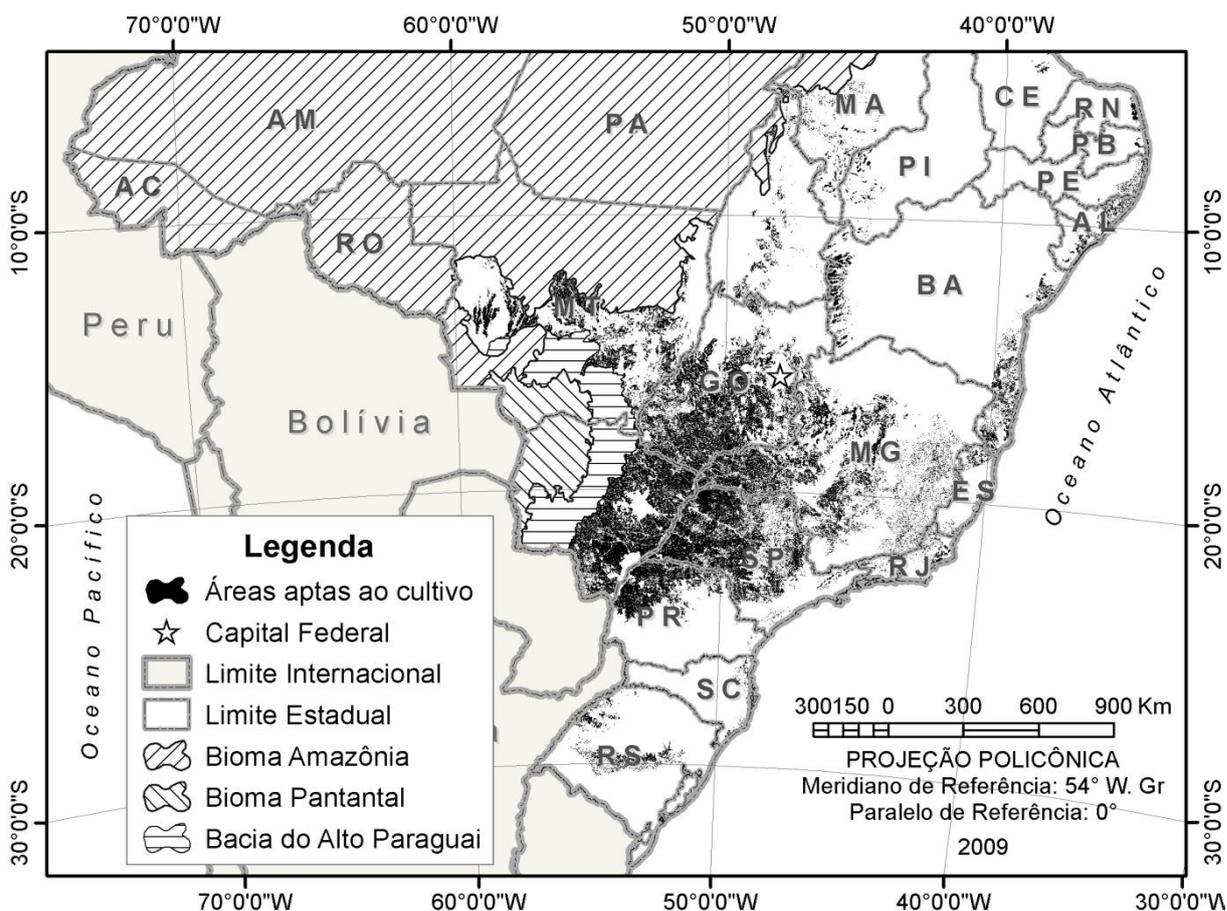


Fonte: Base de dados IBGE. SIDRA, 2013.

Nesse gráfico observa-se a estabilidade da quantidade de áreas destinadas ao plantio de cana-açúcar no Nordeste, o Centro-oeste desde 2007 apresenta um incremento de área plantada maior que o Sudeste; Minas Gerais tende a aumentar área plantada; o Paraná detém quase toda a produção da região Sul e que São Paulo tende a diminuir sua participação no total de área plantada. Assim, a Região Sudeste do Brasil apresenta a maior área com plantio de cana-de-açúcar, seguida pelo Centro-Oeste, depois pelo Nordeste, depois pelo Sul e, por último, pela Região Norte, com menos de 1% de representação. O Paraná tem quase 100% da área plantada da Região Sul e a região Nordeste, que apresenta em torno de 1,3 milhões de ha, foi superada em área plantada pela região Centro-Oeste, em 2011.

A Figura 17, abaixo, ilustra a distribuição das áreas aptas para a expansão da cana-de-açúcar no Brasil. Nela é visível que o centro-sul concentra as áreas potenciais de produção e que tanto o Bioma Amazônia quanto a Bacia do Alto Paraguai são passíveis de serem pressionados pelo setor sucro-alcooleiro.

**Figura 17 - Distribuição das áreas aptas á expansão da cana-de-açúcar no Brasil**  
**Zoneamento agroecológico da cana-de-açúcar - Áreas aptas no Brasil**



Fonte: MANZATTO et al, 2009; BRASIL, PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA, 2009. Editado pelo autor.

### 3.6.2 Comparação da distribuição espacial proposta pelo ZAE com a realidade observada

Optou-se por realizar a comparação do ZAE-Cana para todo o período de observações do Cana-Sat, permitindo avaliar se as áreas indicadas como aptas à expansão pelo ZAE-Cana coincidem com as áreas com plantio de cana e como se comportou a expansão da cana-de-açúcar nos anos subsequentes ao decreto de criação do ZAE-Cana.

O ZAE-Cana considera como aptas à expansão da cana-de-açúcar as áreas ocupadas com agricultura (Ac), pecuária (Ap) e agropecuária (Ag) na declividade de até 12% e sem restrições ambientais (MANZATTO et al, 2009). A partir disso, para contabilizar a quantidade de área com presença da cultura que está nas áreas ditas como aptas pelo ZAE elaborou-se a Tabela 5, que apresenta a quantidade de área plantada com cana em regiões antropizadas até 2002, por declividade e, ainda, apresenta a quantidade de área de cana que

está plantada em regiões de restrição ambiental contidas nas áreas antropizadas. Observa-se: 1. a cana-de-açúcar avançou também sobre áreas de reflorestamento (Ref), por isso destacou-se o avanço sobre essa cobertura. 2. o avanço sobre áreas com uso diferente de Ac, Ag, Ap e Ref pode ser sobre remanescente ou sobre áreas abertas para outros tipos de uso.

**Tabela 5 - Área plantada com cana no Centro-sul do Brasil da safra de 2003/04 à 2012/13 em relação ao ZAE-Cana 2007**

Ano	Total Ac Ag Ap Ref até 12	Total fora Ac Ag Ap até 12	Acima de 12	Total Cana-Sat	Restrição Ambiental até 12 em Ac Ap Ag Ref
2003	3.737.748	201.108	68.787	4.007.553	173.225
2004	3.937.786	207.468	72.696	4.217.840	170.157
2005	3.919.219	206.456	78.802	4.204.355	182.034
2006	4.751.374	252.230	94.438	5.097.811	206.088
<b>2007</b>	<b>5.654.538</b>	<b>285.397</b>	<b>107.355</b>	<b>6.046.966</b>	<b>229.413</b>
2008	6.690.505	316.300	126.936	7.133.213	252.997
2009	7.388.204	357.550	138.059	7.882.917	266.037
2010	7.621.338	386.333	140.113	8.146.839	264.823
2011	7.909.567	407.963	142.214	8.458.596	275.090
2012	8.311.022	435.701	142.132	8.887.622	275.695

Legenda: Ac – Agricultura. Ag – Agropecuária. Ap – Pastagem. Ref – Reflorestamento.

**Tabela 6 - Porcentagem de área plantada com cana no Centro-sul do Brasil da safra de 2003/04 à 2012/13 em relação ao ZAE-Cana 2007**

Ano	Total Ac Ap ref até 12	Total fora Ac Ag Ap até 12	Acima de 12	Total Cana-Sat	Restrição Ambiental até 12 em Ac Ap Ag Ref
2003	93,27%	5,02%	1,72%	100,00%	4,32%
2004	93,36%	4,92%	1,72%	100,00%	4,03%
2005	93,22%	4,91%	1,87%	100,00%	4,33%
2006	93,20%	4,95%	1,85%	100,00%	4,04%
<b>2007</b>	<b>93,51%</b>	<b>4,72%</b>	<b>1,78%</b>	<b>100,00%</b>	<b>3,79%</b>
2008	93,79%	4,43%	1,78%	100,00%	3,55%
2009	93,72%	4,54%	1,75%	100,00%	3,37%
2010	93,55%	4,74%	1,72%	100,00%	3,25%
2011	93,51%	4,82%	1,68%	100,00%	3,25%
2012	93,51%	4,90%	1,60%	100,00%	3,10%

Legenda: Ac – Agricultura. Ag – Agropecuária. Ap – Pastagem. Ref – Reflorestamento.

Na Tabela 5 observa-se a proporção dessas áreas em relação à área plantada com cana-de-açúcar e apresentada na Tabela 6, na qual pode-se observar que a cana se estabelece sobre áreas já antropizadas, salvo exceções, que **98% da produção pode ser mecanizada** e que a ocupação de áreas com restrição ambiental vem diminuído com o tempo.

A Tabela 7, detalha a primeira e a segunda coluna da Tabela 5 (*Total Ac Ag Ap ref até 12*), demonstra o quanto de cana avançou sobre Ac, Ag, Ap ou Ref, o quanto dessa área é

considerada apta ou não pelo ZAE-Cana e o quanto está em cada classe de aptidão. O ano de 2003 para Ac está vazio porque as regiões com cana-de-açúcar são consideradas como agricultura (Ac) no mapeamento do Probio e o Cana-Sat 2003/04 não diferencia onde era cana de onde foi expansão na safra 2003/04. A Tabela 8 apresenta a proporção dessas áreas em relação ao total de área plantada com cana-de-açúcar para cada ano. Notar que não pode somar 100% porque refere-se ao segundo campo da Tabela 5, que representa menos que 100% do total da área plantada para cada ano. O Gráfico 6, apresenta o conteúdo da Tabela 7 e parte do conteúdo da Tabela 5 (área total de cana e área total sobre restrição ambiental).

**Tabela 7 - Área plantada com cana no Centro-sul do Brasil até 12% de declividade da safra de 2003/04 à 2012/13 em relação ao ZAE-Cana 2007**

Ano	Em 2002 era diferente de cana				Apta ou Não			Aptidão		
	Ac	Ag	Ap	Ref	Não	Sim	Alta	Média	Baixa	
2003	-	168.220	572.489	2.241	381.677	3.356.072	2.362.138	905.276	88.658	
2004	142.380	175.250	623.267	2.091	394.252	3.543.534	2.489.330	959.115	95.089	
2005	48.795	162.177	711.627	1.821	409.268	3.509.951	2.377.408	1.033.404	99.139	
2006	646.767	196.400	911.016	2.394	477.452	4.273.922	2.879.810	1.275.966	118.146	
<b>2007</b>	<b>1.199.750</b>	<b>223.059</b>	<b>1.233.570</b>	<b>3.362</b>	<b>550.960</b>	<b>5.103.579</b>	<b>3.378.228</b>	<b>1.585.481</b>	<b>157.947</b>	
2008	1.822.898	249.973	1.618.299	4.537	628.210	6.062.295	3.912.673	1.986.395	163.226	
2009	2.181.304	268.179	1.938.796	5.128	673.311	6.714.893	4.222.150	2.318.427	174.316	
2010	2.276.590	268.494	2.073.971	4.744	679.348	6.941.990	4.314.887	2.450.883	176.220	
2011	2.401.321	273.959	2.234.232	5.257	700.575	7.208.992	4.428.999	2.600.183	179.809	
2012	2.576.357	275.257	2.458.585	6.025	712.517	7.598.504	4.605.998	2.805.475	187.030	

Legenda: Ac – Agricultura. Ag – Agropecuária. Ap – Pastagem. Ref – Reflorestamento.

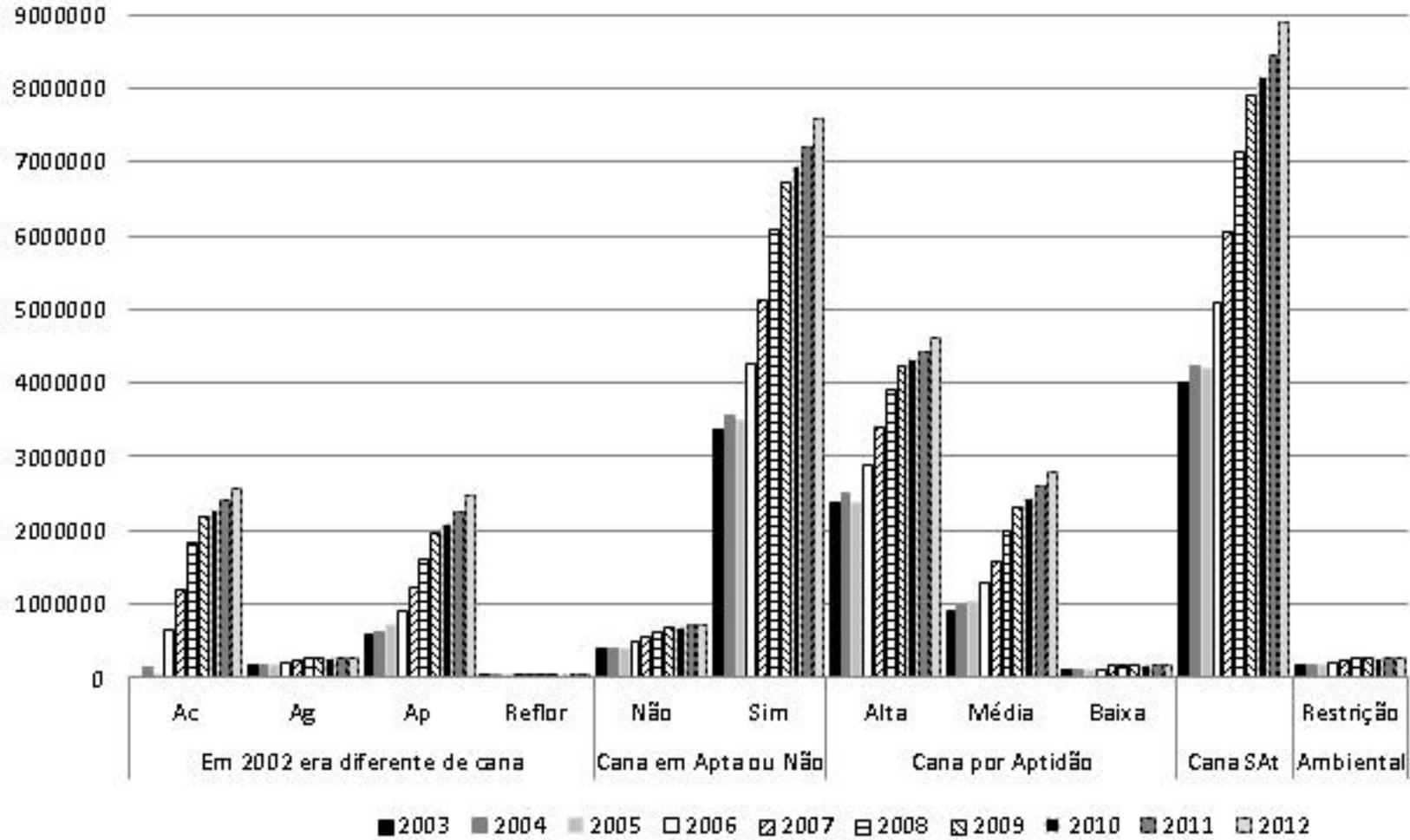
**Tabela 8 - Porcentagem de área plantada com cana no Centro-sul do Brasil até 12% de declividade da safra de 2003/04 à 2012/13 em relação ao ZAE-Cana 2007**

Ano	Em 2002 era diferente de cana				Apta ou Não			Aptidão		
	Ac	Ag	Ap	Reflor	Não	Sim	Alta	Média	Baixa	
2003	-	4,20%	14,29%	0,06%	9,52%	83,74%	58,94%	22,59%	2,21%	
2004	3,38%	4,15%	14,78%	0,05%	9,35%	84,01%	59,02%	22,74%	2,25%	
2005	1,16%	3,86%	16,93%	0,04%	9,73%	83,48%	56,55%	24,58%	2,36%	
2006	12,69%	3,85%	17,87%	0,05%	9,37%	83,84%	56,49%	25,03%	2,32%	
<b>2007</b>	<b>19,84%</b>	<b>3,69%</b>	<b>20,40%</b>	<b>0,06%</b>	<b>9,11%</b>	<b>84,40%</b>	<b>55,87%</b>	<b>26,22%</b>	<b>2,61%</b>	
2008	25,56%	3,50%	22,69%	0,06%	8,81%	84,99%	54,85%	27,85%	2,29%	
2009	27,67%	3,40%	24,59%	0,07%	8,54%	85,18%	53,56%	29,41%	2,21%	
2010	27,94%	3,30%	25,46%	0,06%	8,34%	85,21%	52,96%	30,08%	2,16%	
2011	28,39%	3,24%	26,41%	0,06%	8,28%	85,23%	52,36%	30,74%	2,13%	
2012	28,99%	3,10%	27,66%	0,07%	8,02%	85,50%	51,82%	31,57%	2,10%	

Legenda: Ac – Agricultura. Ag – Agropecuária. Ap – Pastagem. Ref – Reflorestamento.

Observa-se um acerto médio de 85% do ZAE-cana. Para o estado do Mato Grosso apresenta é menor pela expansão na Bacia do Alto Paraguai, uma área inapta para novos empreendimentos, mas permitida para empreendimentos existentes, sem sua expansão.

Gráfico 6 - Área plantada com cana no Centro-sul do Brasil segundo o uso da terra e sua aptidão da safra de 2003/04 à de 2012/13



É necessário fazer menção à escala dos estudos e que a indicação das áreas aptas pelo instrumento de concessão de crédito é por município, ou seja, para a concessão do crédito é avaliado se o município é apto e a localização das áreas aptas dentro do município é ignorada pelo órgão financiador. Além disso, as propostas de investimento passam por análise de viabilidade, projeto básico e projeto executivo. Ao analisar a distribuição da área plantada com cana-de-açúcar segundo o município ser apto ou não percebe-se que 98% encontra-se em municípios aptos, segundo o definido por Brasil, Presidência de República (2009) e por Brasil, Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (2009), exibido na Tabela 9.

**Tabela 9 - Área plantada com cana-de-açúcar no Centro-sul por municípios aptos, da safra de 2003/04 à 2012/13**

Porcentagem em municípios			Porcentagem em municípios		
Ano	Aptos	Não aptos	Ano	Aptos	Não aptos
2003	98.36	1.64	2008	98.14	1.86
2004	97.88	2.12	2009	98.22	1.78
2005	97.69	2.31	2010	98.22	1.78
2006	97.97	2.03	2011	98.23	1.77
2007	98.07	1.93	2012	98.29	1.71

Para finalizar é apresentado o quanto houve de expansão da área plantada com cana-de-açúcar da safra de 2010/11 à 2012/13. A Tabela 10, a seguir, apresenta o quanto e a proporção de área que expandiu nas áreas consideradas como aptas pelo ZAE-Cana da safra de 2010/11 à 2012/13 considerando somente a classe "expansão" dos dados vetoriais do Cana-Sat.

**Tabela 10.- Expansão da área plantada de cana-de-açúcar em áreas aptas pelo ZAE, por ano Safra**

UF	Hectares por ano safra em áreas aptas			Porcentagem de plantio em áreas aptas		
	2010-2011	2011-2012	2012-2013	2010-2011	2011-2012	2012-2013
GO	69.147	74.646	106.015	86%	88%	88%
MG	51.324	57.219	74.658	83%	80%	83%
MS	64.754	63.405	75.848	78%	84%	86%
MT	6.829	7.556	9.061	54%	45%	62%
PR	14.812	15.701	25.557	92%	91%	94%
SP	125.169	140.756	197.422	91%	90%	91%
TOTAL	332.035	359.283	488.561	85%	85%	88%

Fontes: CanaSat, INPE e ZAE-Cana.

Além de tudo o ZAE-Cana teve diversas repercussões, destaca-se 1. audiência pública no Senado para questionar a política de concessão de crédito para usinas de cana ser em função do ZAE e tentar, inclusive, anular o decreto e 2. na semana de bioenergia, um evento

da Comissão de Bioenergia da ONU, o ZAE Cana foi usado com exemplo a ser seguido pelos países para a regulamentação do setor e foi ressaltado como um marco legal para o setor sucro-alcooleiro brasileiro.

Observa-se que o ZAE-Cana conseguiu ordenar a expansão da cana no território brasileiro e impediu novos empreendimentos em áreas não indicadas no estado do Mato Grosso (O DOCUMENTO – MT, 2009; OLHAR DIRETO, 2010), em todos os estados da Região Amazônica (BRASIL, SENADO, 2012) e continua efetivo em ordenar a expansão territorial no mercado da cana-de-açúcar sendo um marco regulatório para o setor (MANZATTO, 2013). E que em seus estudos conseguiu modelar o comportamento de ocupação do território pela indústria sucroalcooleira.

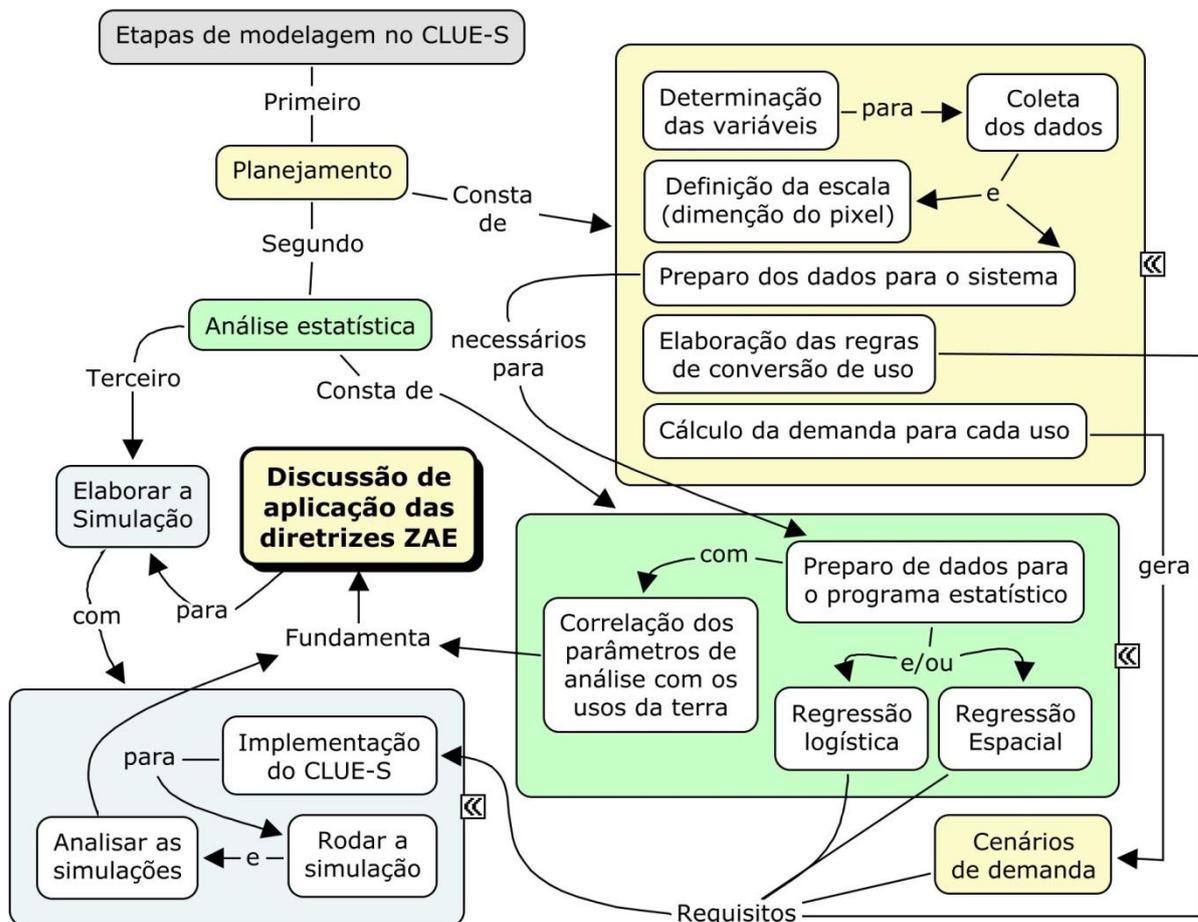
## 4 MODELAGEM DINÂMICA COM O CLUE-S - RESULTADOS

<sup>109</sup> Mas, para que possas dirimir qualquer dúvida que inda acaso em ti perdura, me convém mais adiante proceder.  
(ALIGHIERI, p. 67)

### 4.1 Definição do modelo

As etapas de modelagem com o CLUE-S são apresentadas na Figura 18, a seguir.

**Figura 18 - Etapas de modelagem no CLUE-S com destaque para etapa do processo que fundamenta a discussão de aplicação das diretrizes do ZAE na modelagem**



Fonte: Valencia, 2008; Soler, Estrada e Verburg, 2009; Soler, 2010.

## 4.2 Identificação do uso e cobertura da terra da área de estudo

As classes de uso e de cobertura da terra consideradas no modelo são: 1. cana-de-açúcar; 2. uso antrópico rural e 3. Outros. Para cada estado (SP e GO) obtiveram-se os shapes apresentados no Quadro 15, a seguir.

**Quadro 15 - Arquivos de uso da terra para o estado para uso no CLUE-S**

Usos	Dado de origem
SP Usos 2003	Probio 2008 + CanaSat 2003/04
SP Usos 2009	Probio 2008 + CanaSat 2009/10
GO Usos 2003	Probio 2008 + CanaSat 2003/04
GO Usos 2009	Probio 2008 + CanaSat 2009/10

**Quadro 16 - Usos da Terra para 2002, 2003 e 2009 para o estado de Goiás, com a áreas em hectares**

Usos	Área por uso em 2002 (ha)	Área por uso em 2003 (ha)	Área por uso em 2009 (ha)
<b>cana</b>	130.516	152.700	583.900
<b>ac</b>	4.131.644	4.135.400	5.206.700
<b>ap</b>	12.026.288	12.048.400	13.461.000
<b>ref</b>	59.558	55.500	60.400
<b>rem</b>	17.180.485	17.143.200	14.223.200
<b>urb</b>	207.605	205.100	205.100
<b>agua</b>	353.759	342.400	342.400

Fonte dos dados: Dados vetoriais do projeto Probio II e dados vetoriais do Projeto CanaSat.

**Quadro 17 - Usos da Terra para 2002, 2003 e 2009 para o estado de São Paulo, com a áreas em hectares**

Usos	Área por uso em 2002 (ha)	Área por uso em 2003 (ha)	Área por uso em 2009 (ha)
<b>cana</b>	2.544.977	3.024.800	5.252.300
<b>ac</b>	5.384.648	5.043.200	4.400.200
<b>ap</b>	10.195.871	10.177.200	8.673.600
<b>ref</b>	532.654	522.800	515.500
<b>rem</b>	4.899.274	4.780.200	4.706.600
<b>urb</b>	767.403	767.600	767.600
<b>agua</b>	480.852	478.300	478.300

Fonte dos dados: Dados vetoriais do projeto Probio II e dados vetoriais do Projeto CanaSat.

## 4.3 Identificação dos fatores exploratórios

Os fatores exploratórios identificados para o estado de Goiás encontram-se apresentados no Quadro 18 e os fatores para o estado de São Paulo encontram-se no Quadro

22 (APÊNDICE A). As variáveis escolhidas são baseadas nas orientações de Verburg (2010), apresentadas no Quadro 10, página 82, e em consulta à bibliografia sobre a logística de escoamento da produção agrícola do Brasil, em especial para a cana-de-açúcar. As referências citadas na coluna 'Referência' são as que fundamentam a incorporação do parâmetro citado.

**Quadro 18 - Dados para o estado de Goiás para rodar o CLUE-S (continua)**

<b>Parâmetro</b>	<b>Descrição</b>	<b>Referência que fundamenta o uso da variável</b>
<b>Dados Uso e cobertura da terra</b>		
CANA	Uso da terra com cana-de-açúcar	Verburg (2010)
ACAPREF	Cobertura da terra com agricultura (Ac), pastagem (Ap) ou reflorestamento (Ref)	Verburg (2010)
OUTROS	Remanescentes em 2002	Verburg (2010)
EDAFOURBAGUA	Água e urbano no ZAE e nos dados do Probio para o ano de 2008 para compor área de bloqueio da simulação	Proposta tese
<b>Dados Demografia</b>		
DENSETOR2010	Densidade da pop. por setor censitário de acordo com o censo de 2010	Verburg (2010)
DENSMUN2010	Densidade da população por município de acordo com o censo de 2010	Verburg (2010)
<b>Dados Sócio-economia</b>		
ZAERESTRAMB	Áreas com restrição ambiental no ZAE Cana para compor área de bloqueio da simulação	Proposta tese, Verburg (2010)
<b>Dados Manejo das terras</b>		
MAIOR12	Declividade sem mecanização	Verburg (2010), proposta tese
MENOR12	Declividade com mecanização	Verburg (2010), proposta tese
HIPSOMETRIA	Hipsometria	Verburg (2010), Rodrigues (1995)
<b>Dados Geográficos</b>		
DISTBR050	Distância euclidiana da BR 050	Spiandorelli et al (2012), Loyola (2010)
DISTBR060020	Distância euclidiana das BR 060 e 020.	CNT (2011), Loyola (2010)
DISTBR070040	Distância euclidiana das BR 070 e 040.	Spiandorelli et al (2012), CNT (2011), Loyola (2010)
DISTBR080	Distância euclidiana da BR 080	observado, Loyola (2010)
DISTBR153	Distância euclidiana da BR 153	Spiandorelli et al (2012), Perrupato (2012), CNT (2011), Loyola (2010)
DISTBR158	Distância euclidiana da BR 158	CNT (2011), Loyola (2010)
DISTBR251	Distância euclidiana da BR 251	Spiandorelli et al (2012),
DISTBR364	Distância euclidiana da BR 364	CNT (2011), Loyola (2010)
DISTBR414	Distância euclidiana da BR 414	observado, Loyola (2010)
DISTBR452	Distância euclidiana da BR 452	CNT (2011), Loyola (2010)
DISTFERROVIAS	Distância euclidiana das ferrovias	Verburg (2010)
DISTHIDROVIAS	Distância euclidiana das hidrovias	Verburg (2010); Perrupato (2012), Loyola (2010)
DISTPORTOS	Distancia dos portos de Santos e Paranaguá	Verburg (2010), CNT (2011)
DISTRIOS	Distância euclidiana dos rios	Verburg (2010)
DISTRMCAP	Distância entre das regiões metropolitanas e capitais estaduais (grandes consumidores)	Verburg (2010)
DISTUSINAS	Distância das usinas para o período de 2003 a 20189	Proposta tese, Bini (2010)

**Quadro 18 - Dados para o estado de Goiás para rodar o CLUE-S (conclusão)**

DISTVIASEST	Distancia das estradas estaduais	Verburg (2010), Sandoval (200-?)
DISTVIASFED	Distância das estradas federais	Verburg (2010), Sandoval (200-?)
DISTVIASFEDEST	Distância tanto de estaduais quanto de federais	Verburg (2010), Sandoval (200-?)
<b>Dados Biofísicos</b>		
EDAFOALTA	Aptidão edafoclimática alta	Proposta tese
EDAFOINAPTA	Aptidão edafoclimática inapta	Proposta tese
EDAFOMEDIA	Aptidão edafoclimática média	Proposta tese
ZAEAPTO	Áreas consideradas aptas no ZAE Cana	Proposta tese
ZAEINAPTO	Áreas consideradas inaptas no ZAE Cana	Proposta tese

Os parâmetros que vieram da análise do ZAE-Cana (proposta da tese) são os de área mecanizável (declividade menor que 12), de áreas aptas, de restrição ambiental e das classes de aptidão edafoclimática. O único dado que foi considerado dinâmico para o modelo foi a localização das usinas de cana-de-açúcar.

#### 4.4 Aquisição de arquivos digitais

O Quadro 19, a seguir, apresenta os metadados dos dados utilizados para elaborar os fatores exploratórios do modelo. Quando um parâmetro foi composto por mais de um dado de origem, o campo 'Origem' enumera essas origens e o campo 'Escala / Tipo / Ano ref' também foi enumerado. Quando o dado de origem for utilizado para a elaboração de vários parâmetros, o campo 'Parâmetro' descreve a classe a que o parâmetro pertence, por exemplo, as distâncias de cidades foram calculadas a partir da base dados de localização das cidades do IBGE, assim, no Quadro 19 há o 'Fator' 'Distância Cidades', indicando que todas as distâncias a cidades foram obtidas a partir desse dado.

**Quadro 19 - Origem dos dados para o estudo (Continua)**

Parâmetro	Origem	Escala / Tipo / Ano ref / OBS
<b>Dados Uso e cobertura da terra</b>		
CANA	Rodorff et al (2010) e Adami et al (2012)*	1:75.000 / vetor / 2003 a 2012
AcApRef	Probio*	1:50.000 / vetor / 2006, 2008
OUTROS	Probio*	1:50.000 / vetor / 2006, 2008
EDAFORBAGUA	1. ZAE-Cana 2007* 2. Probio*	1. 1:250.000 / vetor / 2009 2. 1:50.000 / vetor / 2008
<b>Dados Demografia</b>		
DENSETOR2010	VISUALIZADOR INDE - (2013)**	1:250.000 / vetor / 2010
DENSMUN2010	VISUALIZADOR INDE - (2013)**	1:250.000 / vetor / 2010
<b>Dados Sócio-economia</b>		
ZAERESTRAMB	ZAE-Cana 2007*	1:250.000 / vetor / 2009

**Quadro 19 - Origem dos dados para o estudo (conclusão)**

<b>Dados Manejo das terras</b>		
Áreas mecanização	Embrapa Milho e Sorgo*	80m resolução / raster /2008
HIPSOMETRIA	INPE – Topodata (2011)**	30m resolução / raster /2008
<b>Dados Geográficos</b>		
Distância Estradas	VISUALIZADOR INDE - (2013)**	1:250.000 / vetor / 2009
Distância Ferrovias	VISUALIZADOR INDE - (2013)**	1:250.000 / vetor / 2009
Distância Cidades	VISUALIZADOR INDE - (2013)**	1:250.000 / vetor / 2009
DISTHIDROVIAS	ANTAQ (2013)**	? / vetor / 2009
DISTPORTOS	ANTAQ (2013)**	? / vetor / 2009
DISTRRIOS	VISUALIZADOR INDE - (2013)**	1:250.000 / vetor / 2009
DISTRMCAP	VISUALIZADOR INDE - (2013)**	1:250.000 / vetor / 2009
Localização das usinas de cana e com datas de inauguração.	1. SIIS (2013)** 2. SEPLAN-GO (2013)** 3. BRASIL. MAPA (2013)**	1. ? / vetor / 2009 2. - / tabular / até 2018 / GO 3. - / tabular / 2013 / datas de inauguração usinas cadastradas
<b>Dados Biofísicos</b>		
Aptidões do ZAE	Embrapa Meio Ambiente (2013)**	1:250.000 / vetor / 2009
Aptidões edáficas	Embrapa Meio Ambiente (2013)**	1:250.000 / vetor / 2009

Notas: \* obtido sob solicitação    \*\* - obtido por download    ? – escala não informada na fonte.

#### 4.5 Identificação da demanda para cada uso – Cenários de demanda

São apresentadas as demandas para calibração do modelo e para projeção, primeiro de 2003 a 209 e depois de 2009 a 2025.

##### 4.5.1 Cenário de demanda para a calibração do modelo: 2003 a 2009

Na Tabela 11 é apresentado o cenário de demanda para o estado de Goiás com 7 classes de uso, que foi gerada para elaborar a Tabela 12 com a demanda para as três classes consideradas no modelo.

**Tabela 11 - Demanda, por uso, de 2003 a 2009 para o estado de Goiás, considerando 7 classes de uso e de cobertura da terra, com as áreas em hectares e valores múltiplos de 100ha (pixel de 1km)**

Ano	Área com Ac (ha)	Área com Agua (ha)	Área com Ap (ha)	Área com Cana (ha)	Área com Ref (ha)	Área com Rem (ha)	Área com Urb (ha)
2003	4135400	342400	12048400	152700	55500	17143200	205100
2004	4323300	342400	12310300	152900	56600	16692100	205100
2005	4506700	342400	12558500	192300	57500	16220200	205100
2006	4687400	342400	12799200	252500	58500	15737600	205100
2007	4865700	342400	13033000	330700	59300	15246500	205100
2008	5036000	342400	13245800	461100	60100	14732200	205100
2009	5206700	342400	13461000	583900	60400	14223200	205100

Legenda: ac - agricultura; ap – pastagem; ref – reflorestamento; rem – remanescente; Urb – área urbana.

**Tabela 12 - Tabela de demanda, por uso, de 2003 a 2009 para o estado de Goiás, considerando 3 classes de uso e de cobertura da terra, com as áreas em hectares e valores múltiplos de 100ha (pixel de 1km)**

Ano	Área com cana (ha)	Área com Ac Ap Ref (ha)	Área com outros usos (ha)	Ano	Área com Cana (ha)	Área com Ac Ap Ref (ha)	Área com outros usos (ha)
2003	152700	16239300	17690700	2007	330700	17958000	15794000
2004	152900	16690200	17239600	2008	461100	18341900	15279700
2005	192300	17122700	16767700	2009	583900	18728100	14770700
2006	252500	17545100	16285100	-	-	-	-

Legenda: ac - agricultura; ap - pastagem; ref - reflorestamento; rem - remanescente; Urb - área urbana.

#### 4.5.2 Cenário de projeção de demanda: 2009 a 2025

A Tabela 13 apresenta a demanda para as três classes consideradas no modelo para o período [2009,2025], a demanda com 7 classes de uso desse período encontra-se na Tabela 28 (APÊNDICE A).

**Tabela 13 - Demanda, por uso, de 2009 a 2025 para o estado de Goiás, considerando 3 classes de uso e cobertura da terra, com as áreas em hectares e valores múltiplos de 100ha (pixel de 1km)**

Ano	Área com Cana (ha)	Área com AcApRef (ha)	Área com outros usos (ha)	Ano	Área com Cana (ha)	Área com Ac Ap Ref (ha)	Área com outros usos (ha)
2009	583900	18728100	14770700	2018	1112800	19726600	13243300
2010	653100	18833300	14596300	2019	1157600	19846000	13079100
2011	729800	18934000	14418900	2020	1202500	19965300	12914900
2012	843600	19012800	14226300	2021	1247300	20084500	12750900
2013	888500	19131500	14062700	2022	1292200	20203100	12587400
2014	933300	19250400	13899000	2023	1338700	20319700	12424300
2015	978200	19369200	13735300	2024	1386800	20434400	12261500
2016	1023000	19488400	13571300	2025	1436700	20547000	12099000
2017	1067900	19607400	13407400	----	----	----	----

Legenda: AcApRef - classe que representa as coberturas Ac - agricultura; Ap - pastagem e Ref - reflorestamento.

#### 4.6 Definição das escalas de trabalho a serem adotadas e Preparo dos arquivos para uso no modelo

A resolução espacial que foi adotada neste estudo é 1km. Gerou-se um arquivo raster de uso e cobertura para o ano de 2003 e outro para o ano de 2009, com o uso 0 para cana, o uso 1 para uma classe que agrupou agricultura, pecuária e reflorestamento e o uso 2 para uma

classe que agrupou remanescentes, área urbana e água (as áreas de área urbana e água estão classificadas com o valor -9998 no region\*.fil).

Para rodar o converter.exe foram gerados os grupos de arquivos para 2003: 1. cana03.asc – valor 1 para cana e 0 para os demais; 2. AcApRef03.asc – valor 1 para Ac, para Ap, para Ref e 0 para os outros usos e 3. remanescente03.asc – valor 1 para área de remanescente e 0 para os outros usos, inclusive para urbano e água. Para 2009 foram gerados os arquivos, 1. cana09.asc; 2. AcApRef09.asc e 3. remanescente09.asc com as mesmas orientações que para 2003. Para o tratamento estatístico, a classe remanescente é só remanescente (não incorporar Urbano e Água).

Para cada fator exploratório identificado no Quadro 18, página 115 - Goiás - e no Quadro 22 - São Paulo - (página 153, APÊNDICE A) foi elaborado um arquivo ASCII. Para Goiás houve um total de 31 fatores exploratórios e para São Paulo, 43. O Quadro 20 apresenta as variáveis para o estado de Goiás e o Quadro 23 (APÊNDICE A) apresenta as variáveis para o estado de São Paulo.

**Quadro 20 - Lista de fatores exploratórios para o estado de Goiás**

Variável	Sc1gr*.fil	Variável	Sc1gr*.fil	Variável	Sc1gr*.fil
EDAFOALTA	Sc1gr0	DISTPORTOS	Sc1gr11	DISTBR060020	Sc1gr22
EDAFOMEDIA	Sc1gr1	DISTFERROVIAS	Sc1gr12	DISTBR070040	Sc1gr23
EDAFOINAPTA	Sc1gr2	DISTRIOS	Sc1gr13	DISTBR080	Sc1gr24
EDAFOURBAGUA	Sc1gr3	HIPSOMETRIA	Sc1gr14	DISTBR153	Sc1gr25
ZAEAPTO	Sc1gr4	MENOR12	Sc1gr15	DISTBR158	Sc1gr26
ZAEINAPTO	Sc1gr5	MAIOR12	Sc1gr16	DISTBR251	Sc1gr27
ZAERESTRAMB	Sc1gr6	DENSMUN2010	Sc1gr17	DISTBR364	Sc1gr28
DISTVIASEST	Sc1gr7	DENSETOR2010	Sc1gr18	DISTBR414	Sc1gr29
DISTVIASFED	Sc1gr8	DISTRMCAP	Sc1gr19	DISTBR452	Sc1gr30
DISTVIASFEDEST	Sc1gr9	DISTUSINA2009	Sc1gr20	-	-
DISTHIDROVIAS	Sc1gr10	DISTBR050	Sc1gr21	-	-

A variável distância às usinas (DISTUSINA2009) é dinâmica, ou seja, varia durante o período da modelagem, pois o número de usinas varia de ano a ano. Essa variável é a Sc1gr20.fil. Foi criado um arquivo de distância às usinas para cada ano de 2003 até 2025 para o estado de Goiás (estado escolhido para realizar a modelagem dinâmica). A principal característica desses arquivos é que foram consideradas somente as usinas do estado para o cálculo das distâncias por ter sido levado em consideração que para o transporte de cana cortada de um estado para o outro incide o imposto ICMS, que varia de um estado para o outro.

**Quadro 21 - Relação dos mapas gerados de distância a usinas de cana, com diferente número de usinas por ano**

De 2003 a 2009	De 2009 a 2025
Sc1gr20.0 - ano de 2003	Sc1gr20.0 - ano de 2009
Sc1gr20.1 - ano de 2004	Sc1gr20.1 - ano de 2010
Sc1gr20.2 - ano de 2005	Sc1gr20.2 - ano de 2011
Sc1gr20.3 - ano de 2006	Sc1gr20.3 - ano de 2012
Sc1gr20.4 - ano de 2007	Sc1gr20.4 - ano de 2013
Sc1gr20.5 - ano de 2008	Sc1gr20.5 - ano de 2014
Sc1gr20.6 - ano de 2009	Sc1gr20.6 - ano de 2015
-	Sc1gr20.7 - ano de 2016
-	Sc1gr20.8 - ano de 2017
-	Sc1gr20.9 - ano de 2018
-	2019 a 2025 repete-se
-	o mesmo arquivo de 2018
-	e a numeração vai até *.16

Com o converter.exe foram criados os arquivos 1. Stat\_cana03.txt; 2. Stat\_AcApRef03.txt; 3. Stat\_remanescente03.txt; 4. Stat\_cana09.txt; 2. Stat\_AcApRef09.txt e 3. Stat\_remanescente09.txt. Esses arquivos foram criados com o arquivo ASCII do uso que correspondem, de cada ano, e com todas as variáveis do Quadro 20, para o estado de Goiás, e do Quadro23 (APÊNDICE A), para o estado de São Paulo.

Com isso foram realizados os trabalhos no programa de estatística, com a importação dos dados de texto gerados no Converter.exe pelo programa de estatística para análise da correlação entre as variáveis, regressão logística e cálculo da área sob a Curva ROC. O trabalho de regressão iniciou com a execução da regressão logística com o avançar condicional, com todas as variáveis. Esse método retorna o melhor valor da área sob a curva ROC, que foi usado como referência de valor. Depois foram elaboradas outras regressões buscando uma melhor área sob curva ROC (próxima da referência do avançar condicional ou superior) e uma combinação coerente de variáveis, observando a linha de corte de 0,6 na tabela de correlação bivariável. No tópico 4.9, da simulação são apresentadas as constantes para gerar os resultados do modelo.

A matriz de conversão é a apresentada na Tabela 14, a seguir. Nela, considera-se que cana pode mudar para Cana e para AcAgRef (permanecendo dois anos) e não pode mudar para Outros (1, 102, 0), que AcApRef pode mudar para Cana (permanecendo 6 anos), pode permanecer como AcAgRef, mas não pode voltar a ser Outros (106, 1, 0) e que Outros pode mudar para Cana (permanecendo 6 anos), para AcApRef (permanecendo dois anos) e pode permanecer como Outros (106, 102, 1).

**Tabela 14 - Matriz de conversão adotada para a calibração do modelo de 2003 para 2009 no estado de Goiás**

	Cana	AcApRef	Outros
Cana	1	102	0
AcApRef	106	1	0
Outros	106	102	1

Legenda: AcApRef - classe que representa as coberturas Ac - agricultura; Ap - pastagem e Ref - reflorestamento.

Para a simulação de 2009 a 2025 adotou-se que a cana quando se estabelece em uma região ele pode mudar de área, mas permanece na região, pelas previsões dos cenários a cana não avança sobre Remanentes (outros) e o uso Outros não muda direto para cana e pode mudar para AcApRef, como demonstrado na Tabela 15.

**Tabela 15 - Matriz de conversão adotada para o uso do modelo de 2009 para 2025 no estado de Goiás**

	Cana	AcApRef	Outros
Cana	1	0	0
AcApRef	1	1	0
Outros	0	1	1

Legenda: AcApRef - classe que representa as coberturas Ac - agricultura; Ap - pastagem e Ref - reflorestamento.

Os arquivos de restrição de uso consideraram as diretrizes e orientações técnicas do ZAE-Cana para sua elaboração. Para a elaboração desse arquivos foram consideradas com áreas de não modelagem: 1. terras indígenas; 2. unidades de conservação de uso sustentável e de proteção integral de qualquer esfera institucional; 3. áreas urbanas e 5. áreas de água. Goiás não apresenta o Bioma Amazônia e também não apresenta a Bacia do Alto Paraguai em sua extensão, por isso essas restrições não foram consideradas. Assim, para a análise foi elaborado 1 mapa 'region\*.fil' para Goiás. Demais restrições não foram colocadas por o ZAE-Cana ser um instrumento que promove a concessão de crédito e induz o investimento onde indica viável, contudo, não restringe a expansão onde não a indica.

Os arquivos de demanda foram gerados a partir do estudo de demanda para os estados de Goiás e de São Paulo, com três classes de uso/cobertura da terra para os períodos [2003-2009], e [2009-2025]. A Tabela 12, página 118, apresenta o estudo de demanda para Goiás para o período de 2003 a 2009 e a Tabela 13, página 118, para o período de 2009 a 2025. Foram gerados dois cenários de demanda para o estado de goiás, um para cada período de simulação.

## 4.7 Análise dos fatores exploratórios do estudo de caso

### 4.7.1 Análises no programa de estatística

Neste tópico são apresentados os resultados da análise estatística para os mapas apresentados na Figura 20, página 129, do tópico 4.9, página 128, o tópico de ajustes e validação do modelo. As constantes de cada uso da terra e os betas de cada fator exploratório relacionado a cada uso são os valores que alimentaram o arquivo 'alloc.reg' do modelo para executar a simulação.

Os números dos testes de simulação que deram origem aos grupos de fatores exploratórios nas tabelas 16 (teste 17), 29, Apêndice A (teste22), 30 , Apêndice A (teste 19) e 31 , Apêndice A (teste20) foram mantidos para mostrar que o processo de modelagem e ajustes é por tentativa e erro (as tabelas 29, 30 e 31 são apresentadas no APÊNDICE A), por isso optou-se por evitar renumerar os testes para 1, 2, 3 e 4. E como nesse estudo a simulação foi elaborada somente para o estado de Goiás, essas tabelas são todas para o estado de Goiás, e somente para esse estado.

**Tabela 16 - Resultados da regressão logística modelo 17 - calibração (continua)**

<b>Teste 17 - usos</b>	<b>Cana</b>	<b>AcApRef</b>	<b>Outros</b>
<b>Áreas sob ROC</b>	ROC 11 = 0.892	ROC 2 = 0.667	ROC 5 = 0.724
<b>Código do uso no CLUE-S</b> 0		1	2
<b>Constantes</b>	-0,425980505	0,567445136	-1,332685125
<b>Número de Var. na Regressão</b> 14		11	7
<b>Variáveis</b>	<b>Betas</b>	<b>Betas</b>	<b>Betas</b>
EDAFOALTA	1,323949829		
EDAFOINAPTA			1,053294861
EDAFOMEDIA	1,740371629		
ZAEINAPTO	0,003132211		0,210740102
ZAERESTRAMB			2,069121189
DISTVIASFED	-1,79401E-05		
DISTHIDROVIAS	-2,71757E-06		
DISTPORTOS		0,191436449	
DISTFERROVIAS		-3,32897E-06	
DISTRIOS		7,75832E-05	-9,71313E-05
HIPSOMETRIA	-0,054742404		0,255634349
MENOR12	2,377274226		
MAIOR12			1,592545448
DENSMUN2010		-0,000817188	
DENSETOR2010	-0,000969859		-0,000312056

**Quadro 16 - Coeficientes de regressão para o modelo 17 - calibração (conclusão)**

DISTRMCAP	6,1484E-06	
DISTUSINA2009	-6,73652E-05	3,64134E-06
DISTBR050		-7,85835E-06
DISTBR060020	8,17612E-07	-3,16766E-07
DISTBR070040	-1,53468E-06	5,01705E-06
DISTBR153	-2,00596E-06	8,14804E-06
DISTBR158	-5,42821E-06	-3,78833E-06
DISTBR251		8,432E-07

Legenda: AcApRef - classe que representa as coberturas Ac - agricultura; Ap - pastagem e Ref - reflorestamento.

#### 4.7.2 Análise em planilha eletrônica

A Tabela 17 apresenta a relação entre o número de usinas nos estados de Goiás e de São Paulo do ano de 2003 até o ano de 2009 e a área plantada com cana-de-açúcar em cada estado, ilustrada no Gráfico 7 e no Gráfico 8, onde o comparou-se com o total dos dois estados a porcentagem que cada estado possui de usinas, de área total plantada com cana-de-açúcar e da média de área plantada por usina.

**Tabela 17 - Usinas de cana & área de cana em Goiás e São Paulo de 2003 a 2012**

ANO	Usinas inauguradas		Total de usinas		Área de cana (ha)		Área por usina (ha)	
	GO	SP	GO	SP	GO	SP	GO	SP
2003	0	1	11	128	151.361	3.023.746	13.760	23.623
2004	1	5	12	133	151.489	3.198.239	12.624	24.047
2005	2	4	14	137	190.493	3.035.306	13.606	22.156
2006	3	10	17	147	250.039	3.647.352	14.708	24.812
2007	4	9	21	156	327.486	4.234.475	15.594	27.144
2008	6	10	27	166	456.502	4.856.874	16.907	29.258
2009	5	5	32	171	584.650	5.224.455	18.270	30.552
2010	2	4	34	175	653.830	5.285.254	19.230	30.201
2011	1	0	35	175	730.506	5.382.525	20.871	30.757
2012	1	1	36	176	844.442	5.514.665	23.456	31.333

Fonte: 1. Inauguração das usinas e total de usinas: CTBE, 2013; 2. Área de cana por estado: Cana-Sat.

Nesse estudo foram utilizadas duas regiões, uma consolidada e outra em expansão: São Paulo e Goiás, respectivamente. O que pode ser observado na Tabela 17 e no Gráfico 7, que indicam que São Paulo apresenta um menor crescimento de área de cana por usina. Já o Gráfico 8, permite observar que Goiás realmente está em expansão e que São Paulo está consolidando suas áreas de expansão, quando se compara o comportamento dessas duas

variáveis em relação à soma dos valores dos dois estados, uma vez que Goiás aumenta sua participação relativa no decorrer dos anos e São Paulo diminui.

Gráfico 7 - Áreas plantadas com cana por usina nos estados de Goiás e de São Paulo

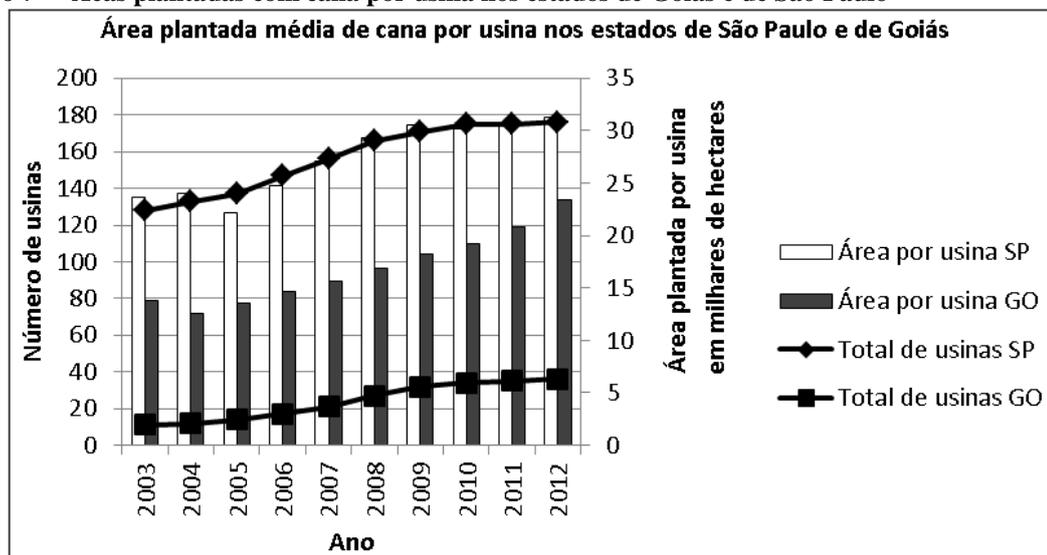
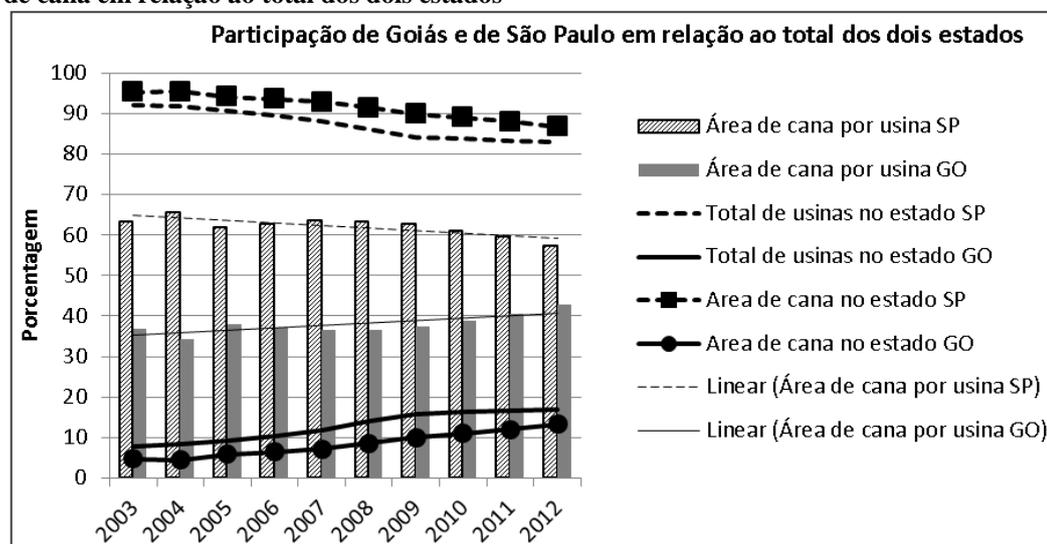


Gráfico 8 - Participação dos estados de Goiás e de São Paulo em área de cana, número de usinas e área média de cana em relação ao total dos dois estados



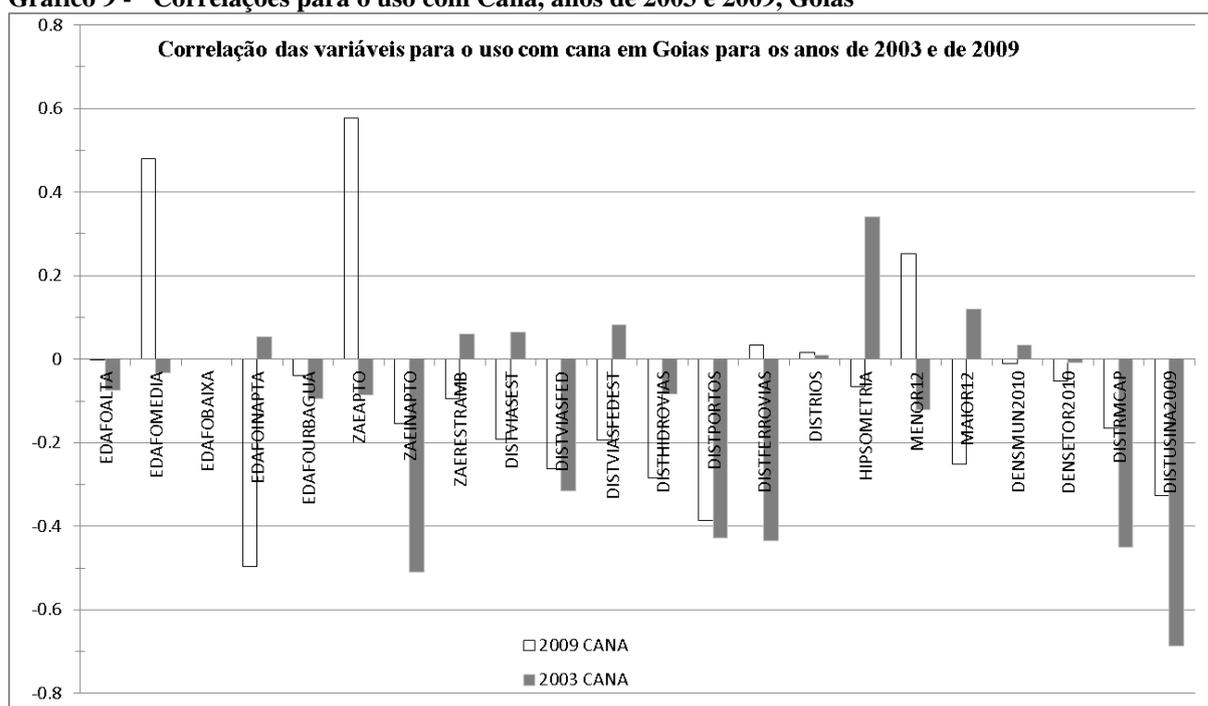
A correlação entre os fatores exploratórios (drivers) e cada uso/cobertura da terra é apresentada nos gráficos 9, 14 (APÊNDICE B) e 16 (APÊNDICE B), para o estado de Goiás e nos gráficos 10, 15 (APÊNDICE B) e 17 (APÊNDICE B), para o estado de São Paulo,

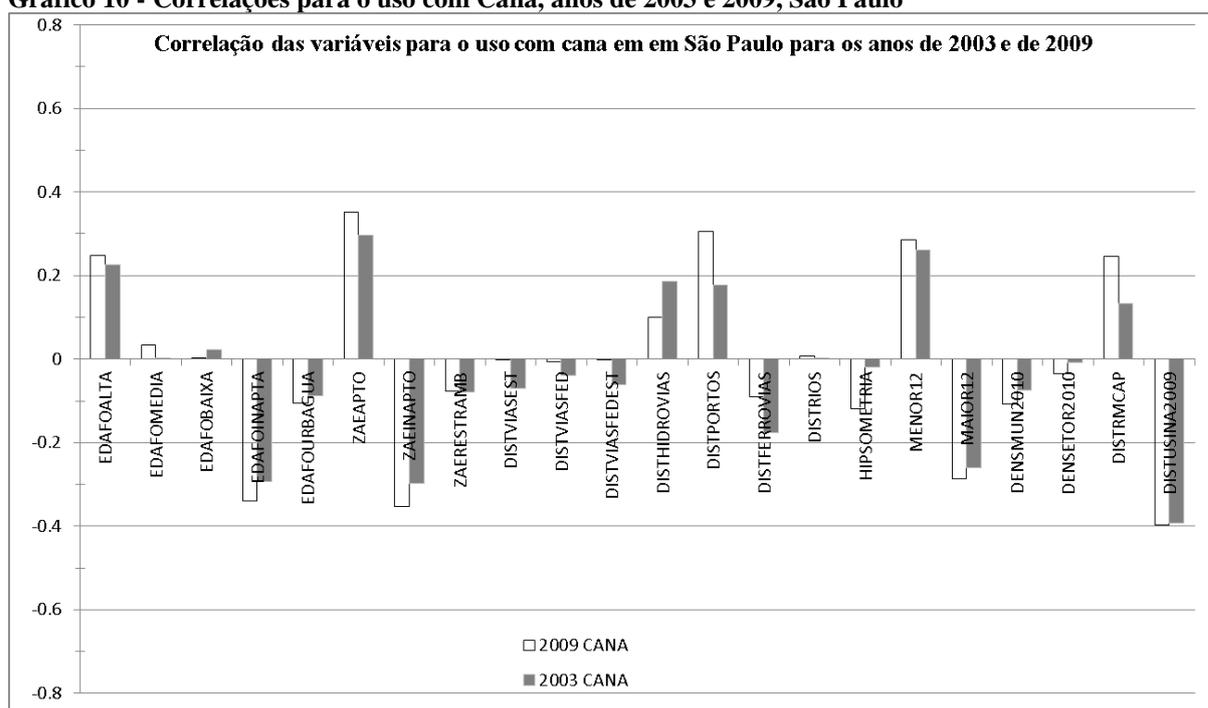
sendo: 1. gráficos 9 e 10 – Cana; 2. gráficos 14 e 15 – AcApRef (APÊNDICE B) e gráficos 16 e 17 – Outros (APÊNDICE B).

Ao analisar a correlação de cada uso/coertura da terra tanto no ano de 2003, quanto no ano de 2009, com os fatores exploratórios (drivers), nos gráficos 9, 14 e 16 (páginas 125, 158 e 159, respectivamente) para o estado de Goiás e nos gráficos 10, 15 e 17 (páginas 126, 158 e 159, respectivamente), observa-se, entre outras, que as variáveis advindas das diretrizes e das orientações técnicas do ZAE têm correlação expressiva com as coberturas da terra e com o uso com cana-de-açúcar.

Observa-se nesses gráficos que a competição por área entre AcApRef e Cana é potencial, pois a correlação positiva das áreas indicadas como aptas é alta para as duas e também que a tendência para a cobertura com remanescentes é para as áreas inaptas ou não mecanizáveis, pela correlação positiva que a classe Outros apresenta com essas variáveis.

**Gráfico 9 - Correlações para o uso com Cana, anos de 2003 e 2009, Goiás**



**Gráfico 10 - Correlações para o uso com Cana, anos de 2003 e 2009, São Paulo**

A partir dos gráficos de correlação dos fatores exploratórios advindos do ZAE-Cana com os usos e coberturas da terra para os estados de Goiás e de São Paulo observa-se que esses fatores exploratórios são de uso potencial para a modelagem dinâmica.

#### 4.8 Carga no modelo

O arquivo '*alloc.reg*' é preparado com os dados gerados no programa de estatística e apresentados nas tabelas 16, página 122 (teste 17), 29, página 156 (teste22), 30, página 156 (teste 19) e 31, página 157 (teste20). Cada teste exige a elaboração de um '*alloc.reg*'. E o arquivo '*allow.txt*' de 2003 a 2009 foi diferente do de 2009 a 2025. O arquivo de 2003 a 2009 foi elaborado conforme a Tabela 14, página 121 e o arquivo de 2009 a 2025 foi elaborado conforme a Tabela 15, página 121.

Para a demanda foram elaborados dois arquivos '*demand.in1*', um para 2003-2009 e outro para 2009-2025. O arquivo do período de 2003 a 2009 foi preparado de acordo com a Tabela 12, página 118, e o arquivo do período de 2009 a 2025 foi preparado de acordo com a Tabela 12, página 118. Cada teste permite que seja mantido o mesmo arquivo de demanda, mas cada período tem seu próprio arquivo de demanda.

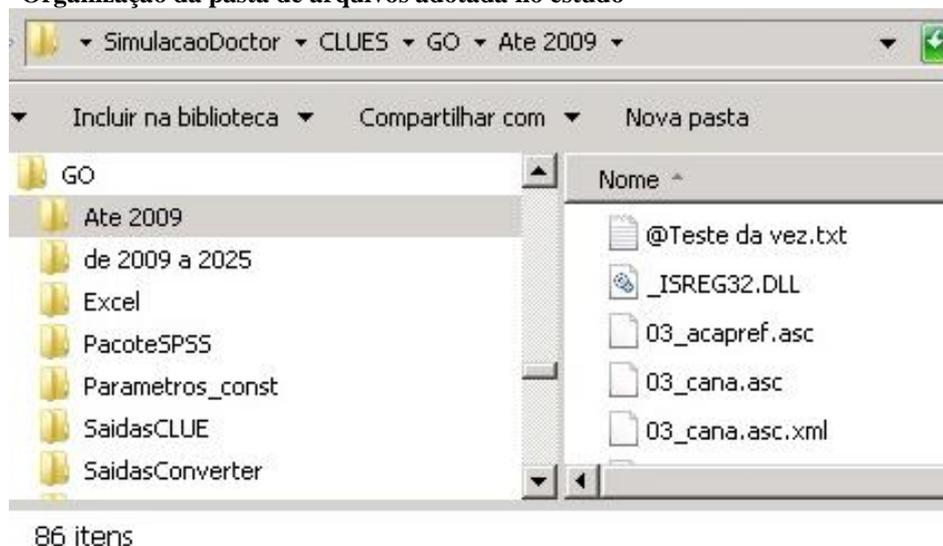
O arquivo '*main.txt*' do período de 2009 a 2025 foi o mesmo do teste 17 de 2003 a 2009, com mudança somente na linha que indica o início e o fim da simulação, como apresentado na Tabela 18. Cada teste exige que o '*main.txt*' seja verificado na linha de máximo número de variáveis independentes na equação de regressão para ver se o valor está correto.

**Tabela 18 - Parâmetros principais do modelo 17 (tab. 16, p. 122.)**

Descrição de cada linha	2003 - 2009	2009 - 2025
Número de usos/coberturas da terra	3	3
Número de regiões	1	1
Máx. núm. de var. independentes na eq. de regressão <sup>1</sup> .	14	14
Número total de fatores explanatórios	31	31
Número de linhas	786	786
Número de colunas	793	793
Área da célula de grade - hectares	100.00	100.00
Coordenada x - esquerda	79599.2998718	79599.2998718
Coordenada y - inferior	-2159877.83115	-2159877.83115
Códigos dos usos da terra	0 1 2	0 1 2
Códigos das elasticidades dos usos da terra	0.5 0.5 1	0.5 0.5 1
Variáveis de iteração	1 20 1000	1 20 1000
Início e fim da simulação (anos)	2003 2009	2009 2025
Fatores explanatórios com variação anual	1 20	1 20
Formato dos arquivos de saída	1	1
Regiões com diferentes regressões	0	0
Inicialização do histórico de uso da terra	0	0
Escolha do cálculo de vizinhança	0	0
Adição específica na preferência da área	0	0

Notas: <sup>1</sup> Máximo número de variáveis independentes na equação de regressão.

**Figura 19 - Organização da pasta de arquivos adotada no estudo**



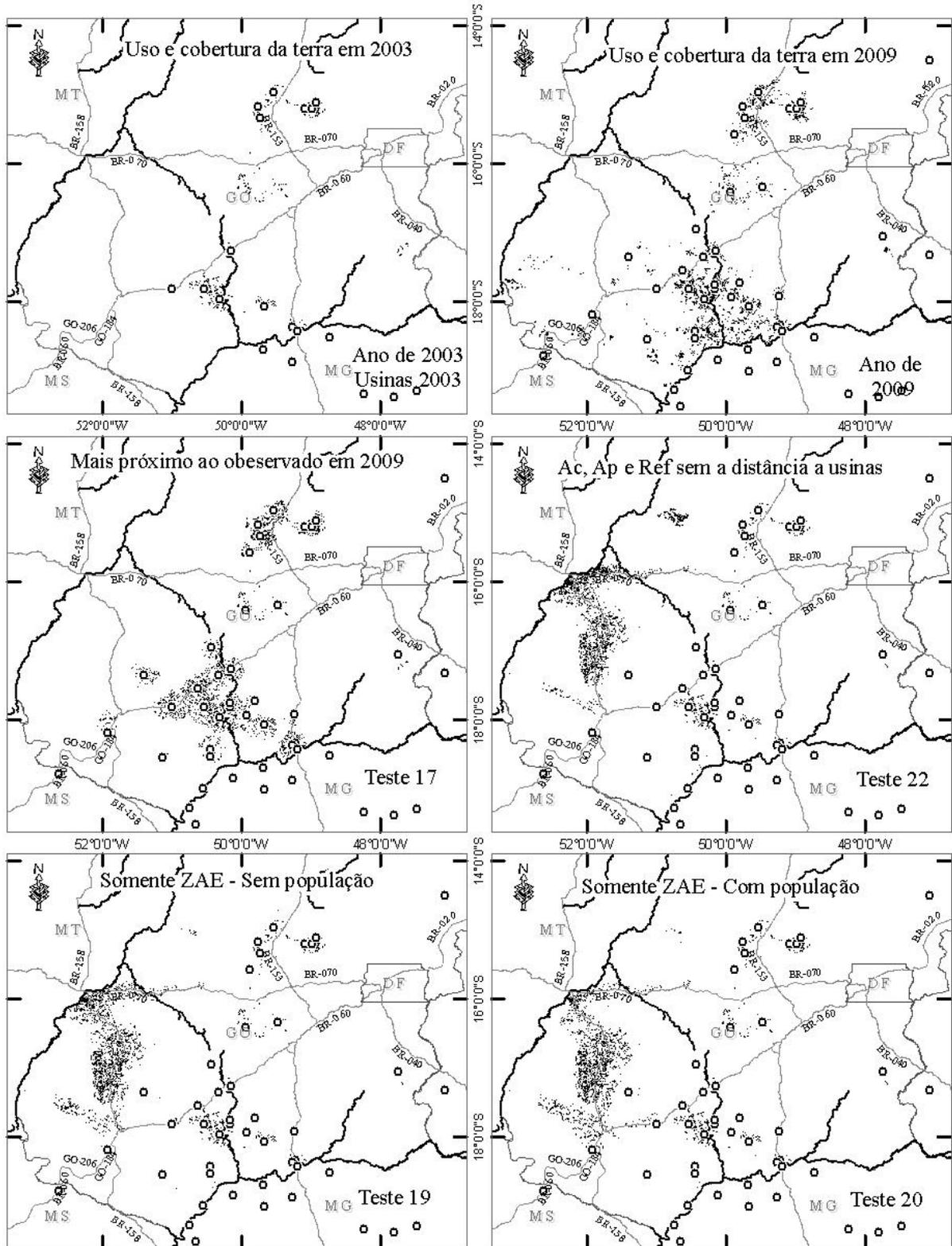
#### 4.9 Ajustes no modelo e validação – 2003 - 2009

A etapa de calibração do modelo finaliza com a simulação e o teste estatístico dos resultados que melhor responderam a uma análise visual, contudo, nesta etapa serão avaliadas a simulação que melhor respondeu visualmente considerando a melhor área sob a curva ROC com as variáveis do ZAE, de logística e de uso e ocupação da terra (teste 17); uma simulação que não considera a distância às usinas para a classe AcApRef (teste 22 - fatores exploratórios na Tabela 29, página 156, APÊNDICE A) para testar a influência da distância às usinas em outros usos da terra diferentes da cana; uma simulação que considera somente as variáveis do ZAE sem variáveis de população e sem variáveis de aptidão edáfica (teste 19 - fatores exploratórios na Tabela 30, página 156, APÊNDICE A), para analisar o que ocorre se simularmos somente com essas; e uma simulação que considera somente as variáveis do ZAE mais as variáveis de população e de área mecanizável e sem variáveis de aptidão edáfica (teste 20, Tabela 31, página 157, APÊNDICE A). A Figura 20, página 129, apresenta os resultados da simulação para essas condições.

A partir da análise visual, pode-se constatar que é necessário considerar as se as regiões são aptas pelo ZAE, a classe de aptidão edáfica e dados da população para o uso com cana-de-açúcar e que a distância à usina influencia tanto a classe de uso com cana-de-açúcar quanto a classe com cobertura AcApRef. Ao observar as tabelas 16, página 122, vê-se que o fator exploratório distância a rios foi considerado somente para a classe outros. Essa decisão foi tomada na avaliação visual, pois com a presença desse fator para os outros dois usos havia a tendência de concentrar cana e agricultura nos encontros de corpos hídricos e nos locais de remanescentes. Por razão similar foi considerada somente a malha rodoviária federal, pois, ao considerar a malha estadual havia a tendência de concentrar a produção de cana nos encontros de rodovias.

Pela Figura 20, o modelo que apresentou melhor resultado visual foi o do teste 17. Para avaliar qual modelo melhor se ajusta aos dados foi realizada primeiro o cálculo da correlação da área estimada para cada município pelo modelo em relação à área observada para cada município pelo Cana SAT e plotado o gráfico de dispersão e, depois, a elaboração da tabela de contingência com os dados, o gráfico dessa tabela, a estatística Qui-quadrado de McNemar e os testes kappa e kappa0 dessa estatística.

Figura 20 - Mapas da etapa de calibração do modelo



Resultados da Simulação de 2003 a 2009 - Legenda

- Usinas até 2009
- ⊕ Limites estaduais
- Rodovias principais
- Cana de açúcar
- ~ Hidrovias

100 50 0 100 200 300 Km

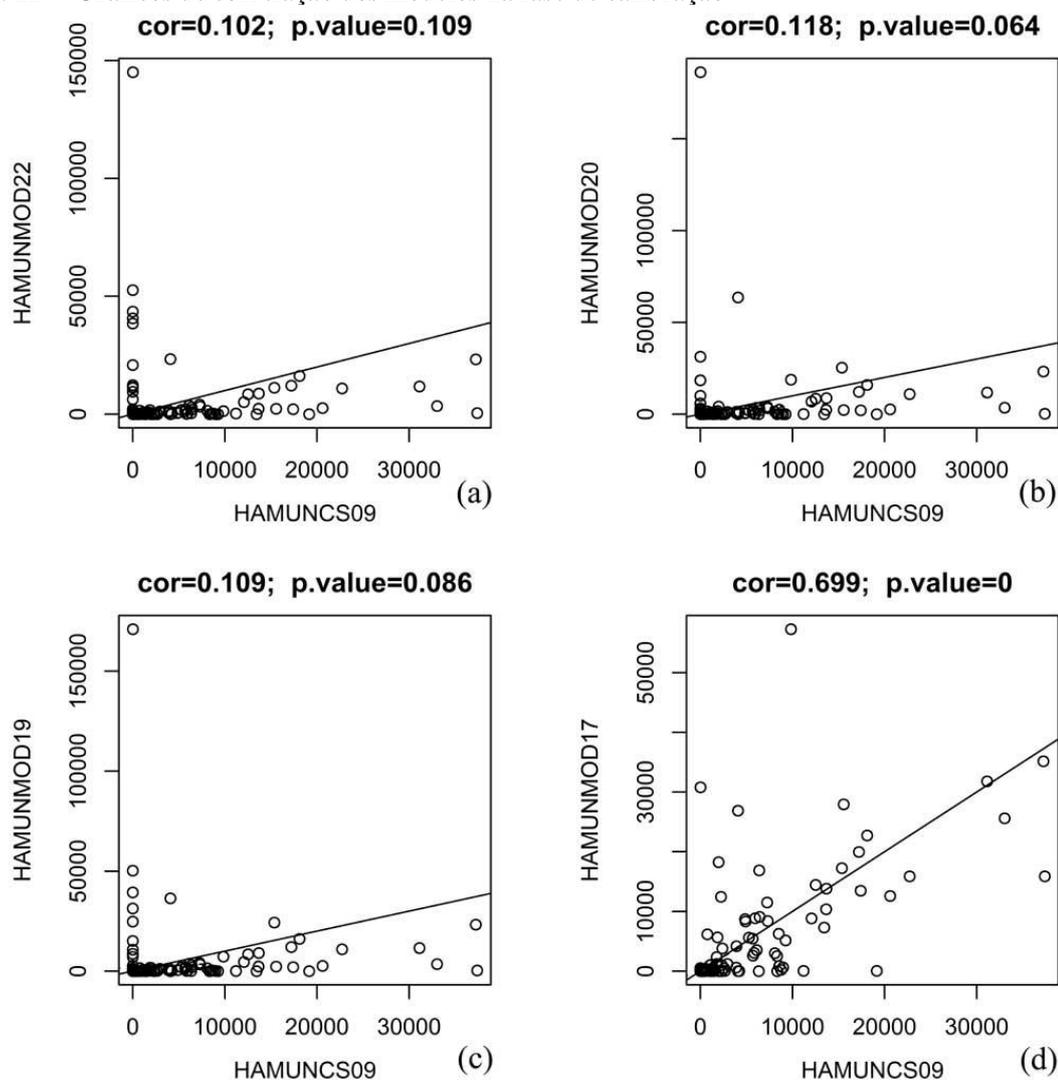
Escala gráfica

Sandro Marschhausen  
2013

Os gráficos de dispersão e os coeficientes de correlação linear dos quatro modelos selecionados encontram-se, na Figura 21. Após, é realizada a análise com dados qualitativos com a apresentação das tabelas e gráficos do modelo de melhor resposta na análise com dados quantitativos, as tabelas e gráficos dos três modelos restantes encontram-se no APÊNDICE C.

O modelo que apresentou o melhor valor para a correlação foi o 17 (Figura 21, d), com a melhor distribuição em relação à reta de 45° no gráfico de dispersão os menores valores máximos de área por município e a única com  $p.value < 0,05$ , no caso,  $< 0,0001$ , ou seja, que a correlação é significativamente diferente de 0. Os demais modelos (Figura 21 a, b, c) subestimam a área de cana por município e estimaram muita área de cana em municípios que apresentam pouca ou nenhuma área com cana-de-açúcar pelo Cana-Sat 2009.

**Figura 21 - Gráficos de correlação dos modelos na fase de calibração**



Legenda: HAMUNCS09 – área em hectares por município segundo o Cana-Sat 2009. HAMUNMOD\*\* – área em hectares, por município, no modelo de número \*\*. cor – correlação calculada. p.value – teste correlação.

A Tabela 19 apresenta a tabela de contingência do modelo 17 com a contabilização de acertos e erros do modelo. Observa-se que o modelo errou menos para a indicação de ausência de cana no município do que na indicação de presença de cana no município, pois, dos 92 municípios em que havia cana em 2012 sugeriu não haver cana, 21 e dos 155 em que não havia cana em 2012 sugeriu haver cana em 02.

**Tabela 19 - Frequência de acerto na calibração: teste 17 x Cana Sat 2009**

	Modelo calibração resultado 2009	Cana Sat 2009		Total
		Com cana (%)	Sem cana (%)	
Frequência	<b>Com cana (%)</b>	71	2	73
Porcentagem		28.74	0.81	29.55
Frequência	<b>Sem cana (%)</b>	21	153	174
Porcentagem		8.50	61.94	70.45
Frequência	<b>Total</b>	92	155	247
Porcentagem		37.25	62.75	100.00

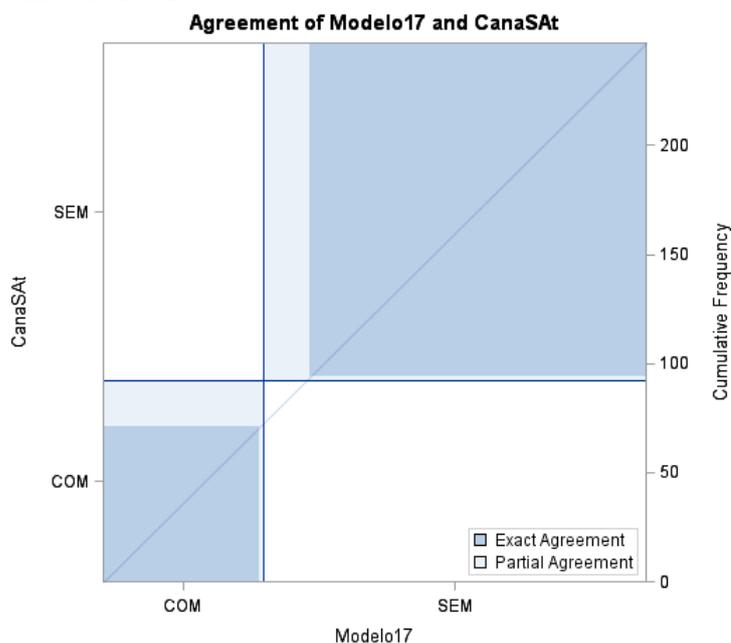
Em comparação aos modelos 19, 20 e 22 o modelo 17 destacou-se em ter menos erros quando indica haver cana e na realidade de campo observa-se que não há cana no município. Indicou haver cana em 2 municípios sem a presença de cana quando os demais indicaram em 18, 17 e 21 municípios, respectivamente. Ao verificar o erro dos modelos quando indicam não haver cana nos municípios onde há cana, observa-se que os quatro modelos erram igualmente, indicando não haver cana em mais ou menos 22 municípios quando há presença de cana nesses, como observamos na Tabela 20 de erros e de estimativas dos modelos.

**Tabela 20 - Comparação erros de estimativa dos modelos**

Modelo	Estimado modelo & observado Cana-Sat	
	Com & Sem	Sem & Com
<b>17</b>	2	21
<b>19</b>	18	20
<b>20</b>	17	23
<b>22</b>	21	23

As tabelas de contingência dos demais modelos são apresentadas no APÊNDICE C. A do modelo 20 na Tabela 33, a do modelo 19 na Tabela 32 e a do modelo 22 na Tabela 34. Dessas tabelas pode-se realizar outros testes Qui-quadrado dos dados mais recomendados que o de McNemar. Suchower e Copenhaver (1996) o recomendam quando o somatório dos erros é menor do que 20. Adotou-se esse teste para o modelo 17 por o somatório dos erros ser pouco maior que 20. Aplicou-se-o aos demais para realizar o mesmo teste para todos e manter a consistência da avaliação.

Gráfico 11 - Acerto do modelo 17 - 2009



No Gráfico 11, a abscissa representa as estimativas do modelo 17 quanto ao número de municípios com e sem cana e a ordenada representa a observação de campo com a indicação de quantos municípios apresentam o plantio de cana em seu território e de quanto municípios não apresentam cana em seu território. Quando é observado pelo CanaSat a presença de cana o modelo tem uma faixa de não concordância (cor clara) maior (21 municípios - tabelas 19, 20) do que quando não há cana (2 municípios - tabelas 19, 20), ou seja, o modelo 17 erra mais quando há cana no município do que quando não há e a linha inclinada passando fora do eixo indica que o modelo está possa estar enviesado, ou seja, tendencioso. No APÊNDICE C estão os gráficos dos modelos 19, 20 e 22, respectivamente, gráficos 18, 19 e 20.

O modelo 17 tende mais a dizer que há cana, quando não há, do que não há cana quando há. Essa possível tendência do modelo é comprovada pelo Qui-quadrado de McNemar, com o resultado de seu cálculo na Tabela 21. O alto valor estatístico (S) com o baixo valor do resultado de “Pr > S” do teste McNemar do modelo 17 representa sua tendência em errar mais para uma condição do que para outra, enquanto os demais modelos erram igualmente para os dois lados.

Tabela 21 - Estatística de McNemar's para a calibração

Modelo	Statistic (S)	DF	Pr > S
17	15.6957	1	<.0001
19	0.1053	1	0.7456
20	0.9000	1	0.3428
22	0.0909	1	0.7630

Na Tabela 22 é observado que o modelo 17 é o que apresenta o maior potencial de acerto e na, Tabela 23, que os Kappa de todos os modelos são significativamente diferentes de 0 (zero).

**Tabela 22 - Coeficientes Kappa simples para a calibração**

<b>Modelo</b>	<b>Kappa</b>	<b>ASE</b>	<b>95% Lower Conf Limit</b>	<b>95% Upper Conf Limit</b>
<b>17</b>	0.7921	0.0406	0.7124	0.8717
<b>19</b>	0.6694	0.0491	0.5732	0.7657
<b>20</b>	0.6489	0.0505	0.5500	0.7478
<b>22</b>	0.6172	0.0520	0.5154	0.7191

**Tabela 23. Coeficiente Kappa zero para a calibração**

<b>Modelo</b>	<b>ASE sob H0</b>	<b>Z</b>	<b>One-sided Pr &gt; Z</b>	<b>Two-sided Pr &gt;  Z </b>
<b>17</b>	0.0627	12.6363	<.0001	<.0001
<b>19</b>	0.0636	10.5226	<.0001	<.0001
<b>20</b>	0.0635	10.2128	<.0001	<.0001
<b>22</b>	0.0636	9.7022	<.0001	<.0001

Em resumo, o modelo 17 apresenta a melhor proximidade visual com a realidade de campo, melhor teste de correlação, é enviesado, mas tem um percentual de acerto, significativamente diferente de zero, maior que os outros modelos. É enviesado porque tende a erra menos quando o município não apresenta cana com 23 erros totais e, os demais, com 44 erros totais. Ou seja, o modelo 17 é melhor do que os outros para modelar a expansão da cana, contudo, pela interpretação dos testes estatísticos dos quatro modelos observa-se que os fatores exploratórios advindos do ZAE são de uso efetivo para a modelagem dinâmica.

Contudo, ao comparar os resultados das verificações de correlação dos fatores exploratórios

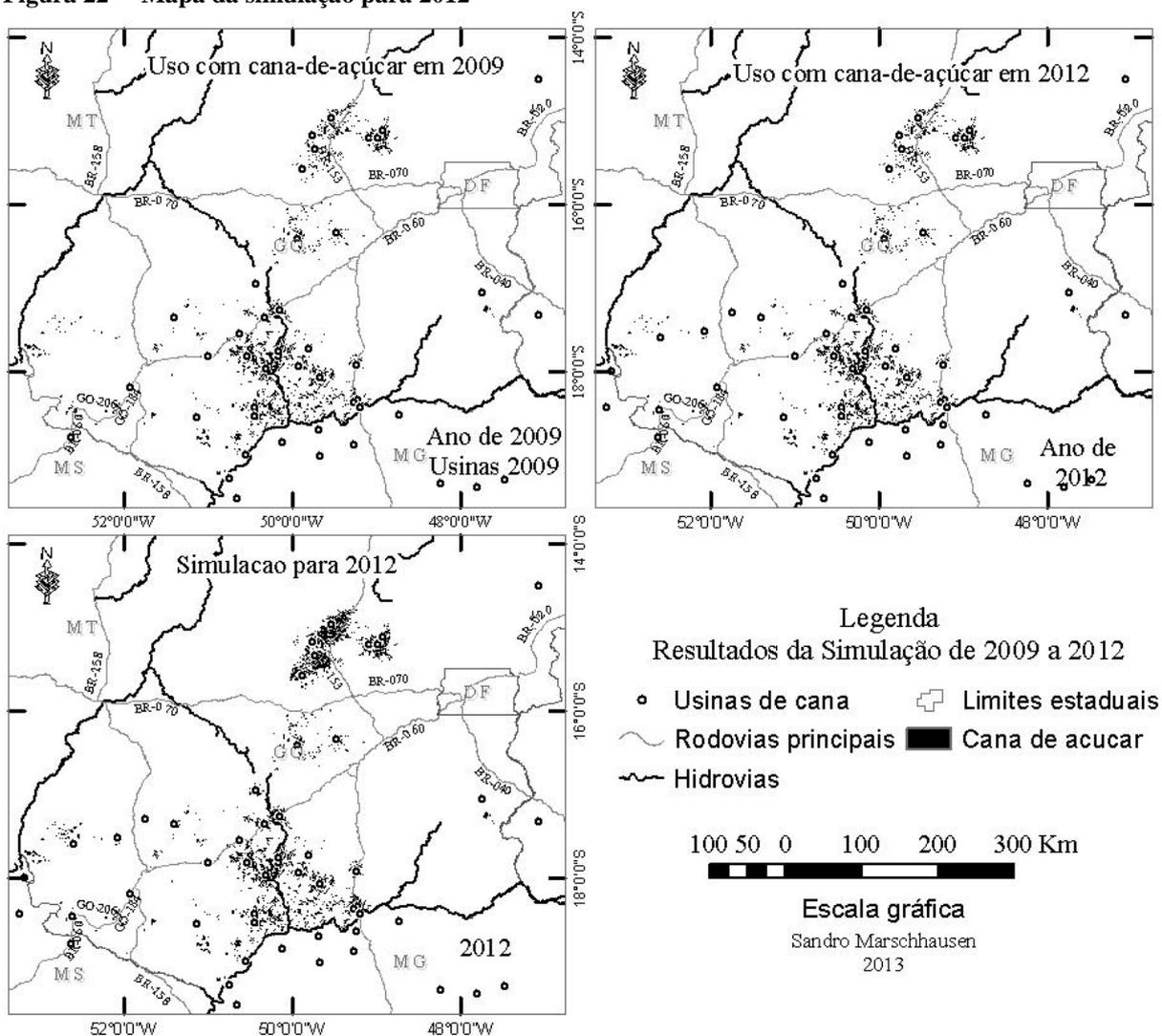
#### **4.10 Aplicação do modelo – simulação 2009 - 2025**

A aplicação do modelo é apresentada na Figura 22, página 134, para o ano de 2012 e na Figura 23, página 138, para os anos de 2014 e 2025. Para a simulação de 2014 e de 2025 são apresentados dois casos, o primeiro considerando a usina Montes Claros de Goiás, que será inaugurada em 2014 e o segundo sem considerar essa usina. O segundo caso foi elaborado devido à concentração de área com cana ao redor dessa usina pelo modelo. As variáveis e constantes utilizadas foram do teste 17, elencadas na Tabela 16, página 122.

Da calibração do modelo ficou claro que somente as variáveis do ZAE (aptidão, mecanização, distribuição) não são suficientes para modelar o comportamento da cana e que são necessários inserir outros parâmetros. Ressalta-se que a distância às usinas também é um parâmetro importante para ser inserido na classe dos demais usos agropecuários.

A Figura 22 apresenta o resultado da extrapolação do modelo 17 do ano de 2009 ao ano 2012. Apresentou um bom resultado visual com uma maior concentração de cana no norte do estado. Para avaliar seu ajuste aos dados realizaram-se os mesmos testes com os modelos na etapa de calibração: cálculo da correlação da área estimada para cada município pelo modelo em relação à área observada para cada município pelo Cana-Sat em 2012; plotado o gráfico de dispersão; elaborada a tabela de contingência com os dados; o gráfico dessa tabela; a estatística Qui-quadrado de McNemar e os testes kappa e kappa0 dessa estatística.

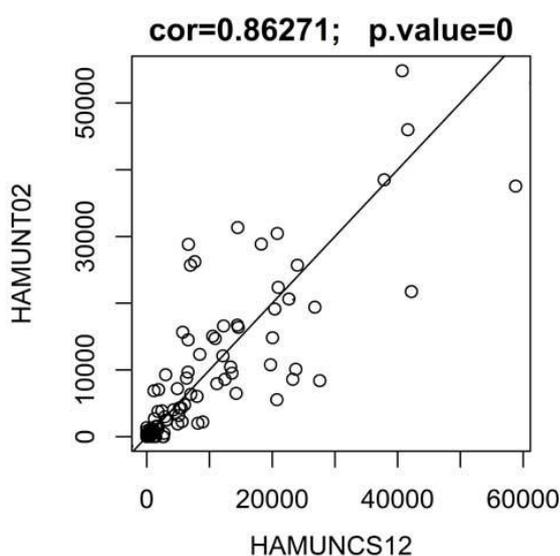
Figura 22 - Mapa da simulação para 2012



O gráfico de dispersão e os coeficientes de correlação linear do modelo selecionados encontram-se, no Gráfico 12. Após, é realizada a análise com dados qualitativos com a apresentação das tabelas e gráficos do modelo.

O modelo apresentou um valor para a correlação com a excelente distribuição em relação à reta de 45° no gráfico de dispersão com  $p.value < 0,05$ , no caso,  $< 0,0001$ , ou seja, a correlação é significativamente diferente de 0.

**Gráfico 12 - Correlação entre a área de cana por município simulada e a observada pelo CanaSat para 2012**



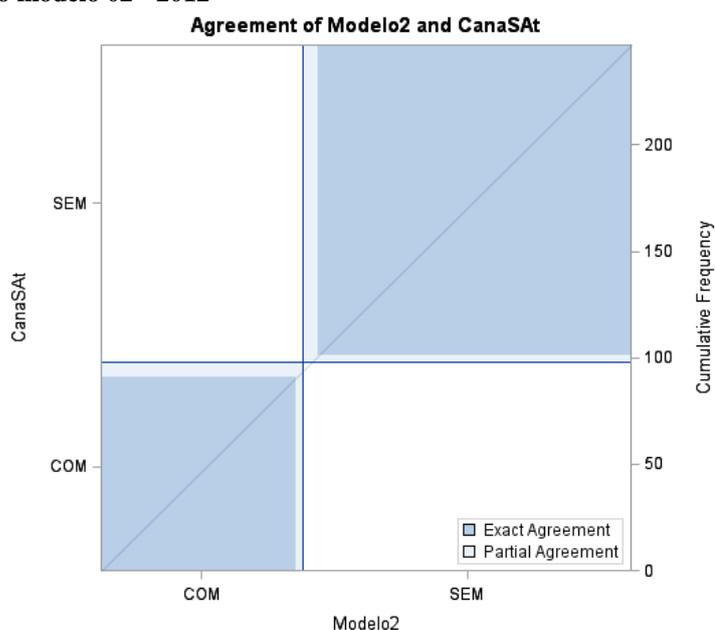
Legenda: HAMUNCS12 – área em hectares por município segundo o Cana-Sat 2012. HAMUNMOD02 – área em hectares, por município no modelo de número 02. cor – correlação calculada. p.value – teste correlação.

A Tabela 24 apresenta a tabela de contingência do modelo 02 com a contabilização de acertos e erros do modelo. Observa-se que o modelo errou menos para a indicação de ausência de cana no município do que na indicação de presença de cana no município, pois, dos 98 municípios em que havia cana em 2012 sugeriu não haver cana, 07 e dos 149 em que não havia cana em 2012 sugeriu haver cana em 3.

**Tabela 24 - Frequência de acerto a simulação, teste 02, em relação ao Cana Sat 2012**

	Modelo calibração resultado 2012	Cana Sat 2012		Total
		Com cana (%)	Sem cana (%)	
Frequência	<b>Com cana (%)</b>	91	3	94
Porcentagem		36.84	1.21	38.06
Frequência	<b>Sem cana (%)</b>	7	146	153
Porcentagem		2.83	59.11	61.94
Frequência	<b>Total</b>	98	149	247
Porcentagem		39.68	60.32	100.00

Gráfico 13 - Acerto do modelo 02 - 2012



No Gráfico 13, a abscissa representa as estimativas do modelo quanto ao número de municípios com e sem cana e a ordenada representa a observação de campo com a indicação de quantos municípios apresentam o plantio de cana em seu território e de quanto municípios não apresentam cana em seu território.

Quando é observado pelo CanaSat a presença de cana o modelo tem uma faixa de não concordância (cor clara) pouco maior (07 municípios - tabela 24) do que quando não há cana (03 municípios - tabela 24), ou seja, o modelo erra mais quando há cana no município do que quando não há e a linha inclinada passando fora do eixo indica que o que pode indicar que o modelo está enviesado, ou seja, tendencioso.

O modelo 2 tende mais a dizer que há cana, quando não há, do que não há cana quando há. A verificação dessa possível tendência do modelo é comprovada pelo Qui-quadrado de McNemar, com o resultado de seu cálculo na Tabela 21. O baixo valor do resultado de “Pr >S” do teste McNemar do modelo 02 indica sua tendência em errar mais para uma condição do que para outra, o que provavelmente é verdade por isso ter sido observado nos teste do modelo 17. E que não tenha sido possível observar melhor essa tendência pela diferença de tempo e da demanda, essa última, de 2003 a 2009 teve um acréscimo de 3.875.364 ha e de 2009 a 2012 uma acréscimo de 1.004.705, quase um quarto da primeira.

Tabela 25 - Estatística de McNemar's para a simulação no ano de 2012

Modelo	Statistic (S)	DF	Pr > S
02	1.6000	1	0.2059

Na Tabela 26 é observado que a simulação com o modelo 2 para um horizonte de 03 anos (2009 a 2012) apresenta grande nível de acerto com um kappa próximo a 1 que é significativamente diferentes de 0 (zero), de acordo com os resultados do teste kappa0, apresentados na, Tabela 27.

**Tabela 26 - Coeficiente Kappa simples para a simulação no ano 2012**

Modelo	Kappa	ASE	95% Lower Conf Limit	95% Upper Conf Limit
02	0.9148	0.0264	0.8632	0.9665

**Tabela 27 - Coeficiente Kappa zero para a simulação no ano de 2012**

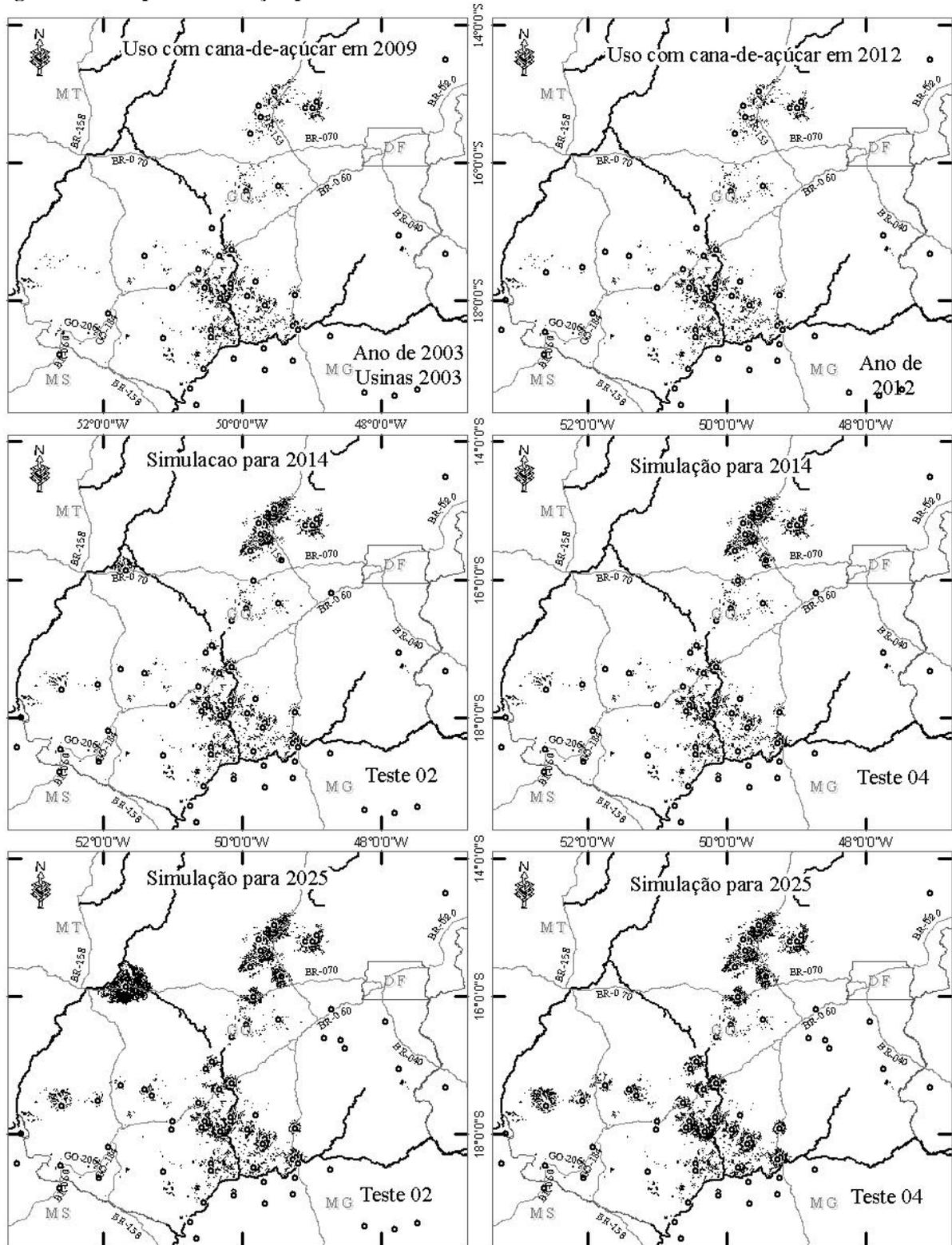
Modelo	ASE sob H0	Z	One-sided Pr > Z	Two-sided Pr >  Z
02	0.0636	14.3860	<.0001	<.0001

A Figura 23 apresenta o resultado da simulação até o ano de 2025, observou-se que o modelo conseguiu captar que as plantações de cana tendem para as proximidades das usinas, como teria que ser. Mas que da forma que foi modelado dá preferência às questões de logística, como foi observado com a presença ou não da usina de Montes Claros de Goiás. A usina está em construção, mas sua presença no modelo faz com que a área de cana se concentre muito ao seu redor. Em função desse comportamento, foram elaboradas duas simulações, uma com essa usina e outra sem essa usina, com os resultados para o anos de 2014 e de 2025.

A plantação de cana-de-açúcar para o setor sucroalcooleiro depende da presença da biorrefinaria de cana para se estabelecer, pois é a usina o comprador da cana que será produzida. Os fatores exploratórios do modelo foram baseados no ZAE-Cana e em condições de logística (escoamento da produção e proximidade de Usinas). Essa concentração de área plantada com cana ao redor dessa usina pode ter ocorrido por a região apresentar boas condições de logística para o escoamento da produção como boas condições edafoclimáticas, de mecanização da colheita e ser apta pelo ZAE-Cana.

Contudo, seria prematuro afirmar que o surgimento da usina de Montes Claros de Goiás tenderá a concentrar plantação de cana-de-açúcar naquela região porque o modelo não considerou fatores exploratórios que representassem condições de infra-estrutura local, condições de solo, também são necessárias para o estabelecimento de uma usina de cana-de-açúcar, ou as condicionantes advindas de um setor de produção que, segundo Oliveira (2009) organiza-se em clustter, que é o que justificaria uma maior concentração de área plantada na região.

Figura 23 - Mapa da simulação para 2014 e 2025



Resultados da Simulação de 2009 a 2025 - Legenda

- Usinas de cana
- ⊕ Limites estaduais
- Rodovias principais
- Hidrovias
- Cana de açúcar

100 50 0 100 200 300 Km

Escala gráfica

Sandro Marschhausen  
2013

## CONCLUSÃO

<sup>76</sup> Julguei, quando me coube sustentar  
a viva luz, que perdido também  
seria, se dela desviasse o olhar.  
(ALIGHIERI, p. 232)

Os Zoneamentos agroecológicos quando incorporam as dimensões social e ambiental podem ser utilizados para o ordenamento territorial setorial rural, mas para isso, é necessário que as dimensões social e política sejam inseridas em sua elaboração e seja garantida a participação da sociedade da concepção das diretrizes à apresentação dos resultados e das orientações técnicas. E a melhor forma de aplicar o ZAE como política é a indutiva, desde que amparada pelo governo. Esses foram os grandes diferenciais do ZAE-Cana que permitiram sua efetiva aplicação como instrumento de ordenamento territorial setorial rural.

Pelo observado na análise do ZAE-Cana, um zoneamento que incorpore as dimensões social, política, técnica e científica consegue modelar parte do comportamento do setor que zoneia, indicando as áreas de maior probabilidade de expansão. Assim suas diretrizes, orientações técnicas e demais estudos que fundamentaram essa modelagem do setor e que apresentam alta correlação com os usos da terra, em especial com o uso em estudo, podem ser utilizados para modelar a mudança de uso e cobertura da terra, desde que complementados com outras informações além das questões de logística.

A partir do instrumento desenvolvido para identificar se um ZAE foi elaborado segundo princípios de planejamento estratégico com cenários observou-se que o ZAE-Cana abordou questões estratégicas desde a sua concepção.

A iniciativa do ZAE-Cana partiu da alta direção, da Casa Civil, que ordenou aos representantes do setor produtivo e do setor do meio ambiente, extremamente antagônicos e com interesses dicotômicos, a elaborarem as diretrizes do ZAE em conjunto de tal modo que representassem um acordo entre esses ministérios. Nessa discussão foram identificados os atores que atuam no setor, questões estratégicas (ameaças e oportunidades), os pontos positivos (forças), as deficiências (fraquezas), as concepções e imagens a cerca do setor que estavam consolidadas que não eram, necessariamente, realidade (estigmas) e houve intercâmbio entre governo e sociedade do início ao fim dos trabalhos do ZAE.

A forma como o ZAE-Cana foi elaborado fez com que fosse realizado um estudo que conseguiu representar a tendência de expansão do setor que incorporou medidas para garantir

a sustentabilidade ambiental do setor, demonstrando que o setor canavieiro não ameaçava a produção de alimentos, não precisaria desmatar para expandir sua produção e, ainda, essa expansão preserva ambientes sensíveis como o Bioma Pantanal e o Bioma Amazônia. Características importantes para a aceitabilidade internacional do etanol de cana brasileiro.

A aplicação das diretrizes do ZAE-Cana no CLUE-S permitiu concluir que essas são de uso efetivo em modelos dinâmicos de mudança de uso e cobertura da terra. Uma vez que permitiram caracterizar o setor e identificar/elaborar fatores exploratórios importantes para a modelagem, como a aptidão edafoclimática da terra, os terrenos com topografia preferenciais do setor, as áreas para onde não há expansão e o principal vetor indutor para a expansão da área plantada com cana-de-açúcar: a biorrefinaria de etanol.

Na análise comparativa dos ZAE observou-se que o único que considerou questões estratégicas para sua aplicação como instrumento de ordenamento territorial foi o ZAE-Cana, contudo, não foi levantada a questão de que um dos elementos-chave do sucesso do ZAE-Cana enquanto política pública de ordenamento territorial foi a presença de um "padrinho político" capaz de colocar em prática as orientações técnicas do ZAE.

A interface proposta nesta tese, entre ZAE e modelos de mudança de uso e cobertura da terra é válida e mostrou-se muito proveitosa. O teste dessa integração mostrou que é possível elaborar estudos expeditos de modelagem de mudança de uso e de cobertura da terra no escopo de projetos ZAE, bem como, que é recomendável que projetos de mudança de uso e cobertura da terra apropriem as informações geradas em ZAE, ou, de forma mais ousada, durante a elaboração de projetos ZAE a equipe pode preparar projetos de modelagem dinâmica de uso e cobertura da terra para serem elaborados em prosseguimento ao ZAE.

Este estudo teve uma simplicidade exagerada das variáveis, que permitiu a verificar a possibilidade de aproveitamento das diretrizes e de toda a informação gerada em ZAE para modelos de mudança de uso e cobertura da terra. Que constou de incorporar fatores de logística e de uso da terra exclusivos para a cana-de-açúcar além dos fatores advindos do ZAE. Outra simplificação que foi adotada foi a de unir em uma e somente uma classe de cobertura as coberturas: agricultura; pecuária e reflorestamento e em outra classe as coberturas: remanescente; água; urbano; unidade de conservação e terras indígenas.

Para a elaboração de estudos de modelagem recomenda-se que haja a consideração de fatores exploratórios para todos os usos e coberturas considerados no estudo, bem como que agricultura e pecuária sejam considerados em classes distintas, pois seus comportamentos são bem distintos entre si e, provavelmente, se nesta tese tivessem separadas a correlação entre os

resultados do modelo e a realidade de campo estaria bem maior, mesmo que não tivesse detalhado tanto os fatores exploratórios específicos para cada uso além da cana. Para estudos na escala desta tese também é possível evidenciar a classe Reflorestamento e em estudos de escala maior, haverá a necessidade de evidenciar outras classes de uso.

Quanto a ter unido em uma classe somente remanescentes florestais, uso urbano, uso com unidades de conservação, uso com terras indígenas e cobertura com água, sugere-se que em estudos mais detalhados essas sejam separadas, pois facilita o trabalho de elaboração dos dados e revisões nos critérios. O fato de ter unido todas elas exigiu a criação de uma máscara de áreas de não mudança que informou ao modelo que as regiões com uso urbano, unidades de conservação, terras indígenas e água não seriam modelada e obrigou a criação de um arquivo exclusivo de remanescentes florestais para realizar os estudos de regressão para alimentar o modelo, o que aumenta a possibilidade de erros e a quantidade de trabalho para gerar os dados.

A análise dos gráficos de correlação dos fatores exploratórios advindos do ZAE-Cana com os usos e coberturas da terra para os estados de Goiás e de São Paulo permitiu observar que esses fatores exploratórios são de uso potencial para a modelagem dinâmica e os testes estatísticos de quatro modelos que consideram esses fatores permite observar que são de uso efetivo para a modelagem dinâmica. A partir dessas análises pode-se afirmar que o ZAE fornece informação e dados espaciais (fatores exploratórios) para a utilização em modelos dinâmicos de mudança de uso e cobertura da terra, sendo indicada essa utilização nesses casos.

Em síntese, as diretrizes de um ZAE associadas a questões de logísticas e de uso foram suficientes para demonstrar que é possível essa interface, contudo, são insuficientes para modelar a mudança de uso e de cobertura da terra, atendem parcialmente. Apesar de as diretrizes do ZAE-cana demonstrarem-se úteis para a modelagem e derem uma boa resposta, é necessário complementar o modelo com fatores exploratórios que contemplem questões de infraestrutura local, capacitação de mão de obra, valor da terra, políticas locais e outras questões a serem identificadas para cada setor.

Por fim, o ZAE pode um instrumento efetivo de ordenamento territorial, que essa efetividade depende da capacidade política de seu contratante em implementá-lo ("padrinho político") e que o instrumento desenvolvido para observar se os ZAE consideram questões estratégicas pode ser utilizado como suporte para novos ZAE e incorporar a dimensão estratégica em suas elaborações.

## REFERÊNCIAS

- ADAMI, M. et al. A web platform development to perform thematic accuracy assessment of sugarcane mapping in South-Central Brazil. *Remote Sens.* v. 4, n. 10, p. 3201-3214. Disponível em: <<http://www.mdpi.com/2072-4292/4/10/3201>>. Acesso em: 03 jun. 2013.
- AGUIAR, D. A. De et al. *Expansão da cana-de-açúcar no Estado de São Paulo: safras 2003/2004 a 2008/2009*. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14., 2009, Natal. *Anais...* São José dos Campos: INPE, 2009. p. 9-16.
- AGUIAR, M. de J. N. et al. *Zoneamento pedoclimático para a cultura do cajueiro (Anacardium occidentale L.) no Estado da Bahia*. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical; Recife: Embrapa Solos-UEP Recife, 2003. 32 p. (Embrapa Agroindústria Tropical. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 13). Disponível em: <[http://www.cnpat.embrapa.br/publica/pub/BolPesq/bd\\_13.pdf](http://www.cnpat.embrapa.br/publica/pub/BolPesq/bd_13.pdf)>. Acesso em: 15 ago. 2006
- AGUIAR, M. de J. N. et al. *Zoneamento pedoclimático para a cultura do cajueiro (Anacardium occidentale L.) no Nordeste do Brasil e Norte de Minas Gerais*. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical; Recife: Embrapa-CNPS-ERP-NE, 2000. 30 p. (Embrapa Agroindústria Tropical. Boletim de Pesquisa, 27). Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPAT-2010/6558/1/Bp-027.pdf>>. Acesso em: 15 ago. 2006
- ALIGHIERI, D. *A divina comédia: paraíso*. São Paulo: Ed 34, 1998. v. 2. 240 p. Traduzido por Italo Eugenio Mauro.
- AMARAL, F. C. S. do et al. *Zoneamento agroecológico do município de Bela Vista - MS*. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009. 62 p. (Embrapa Solos. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 143).
- AMARAL, F. C. S. do et al. *Zoneamento agroecológico do município de Anastácio - MS*. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2012a. 63 p. 13 mapas color.; escala 1:100.000 (Embrapa Solos. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, n. 202).
- AMARAL, F. C. S. do et al. *Zoneamento agroecológico do município de Coxim - MS*. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2012b. 13 mapas color.; escala 1:100.000 (Embrapa Solos. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, n. 203).
- ANDRIOTTI, J. L. S. *Fundamentos de estatística e geoestatística*. São Leopoldo, RS: Editora Unissinos, 2003. 165 p.
- ANTAQ. *Agência Nacional de Transportes Aquaviários*: página institucional. Brasília, DF: Ministério dos Transportes, 2013. Disponibiliza os arquivos vetoriais de portos e de hidrovias. Disponível em <<http://www.antaq.gov.br/Portal/PNIH.asp>>. Acesso em: 16 abr. 2013.
- ASSIS, D. S. et al. *Zoneamento agroecológico do Município de São Gabriel do Oeste, MS: referencial para o planejamento, gestão e monitoramento ambiental*. Rio de Janeiro: Embrapa Solos: IBGE, 2003. 1 CD-ROM. CD-ROM.
- BACA, J. F. M. et al. Zoneamento agroecológico do dendê para o estado de Pernambuco: alternativa para diversificação da região canavieira da zona da mata. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 32., 2009. Fortaleza. *O solo e a produção de bioenergia: perspectivas e desafios*. Fortaleza: SBCS, 2009.
- BACA, J. F. M.; MANZATTO, C. V.; ZARONI, M. J.; BACA, A. M. Classificação das aptidões edáficas estaduais para a cana-de-açúcar, Brasil. 2008. Arquivo digital desenvolvido para representar uma camada de informação na integração temática do zoneamento – Dados de projeto.
- BHERING, S. B. et al. *Zoneamento agroecológico do município de Antônio João - MS*. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009b. 68 p. (Embrapa Solos. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 138).

- BHERING, S. B. et al. *Zoneamento agroecológico do município de Jaguari - MS*. Rio de Janeiro : Embrapa Solos, 2011b. 58 p. (Embrapa Solos. Boletim de Pesquisa & Desenvolvimento, n. 183)
- BHERING, S. B. et al. *Zoneamento agroecológico do Município de Pedro Gomes - MS*. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011a. 62 p. (Embrapa Solos. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 180).
- BHERING, S. B. et al. *Zoneamento agroecológico do município de Ponta Porã/MS*. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009a. 68 p. (Embrapa Solos. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 137).
- BRANDÃO, A. S. P. The sugar/ethanol complex in Brazil: development and future. In: ORDEN, D. (Org). *The future of global sugar markets: policies, reforms, and impact: proceedings of a public conference*. Washington D.C: IFPRI. 2008. p.25-40 (IFPRI Discussion Paper 00829). Disponível em: <<http://www.ifpri.org/sites/default/files/publications/ifpridp00829.pdf>>. Acesso em: 6 ago. 2010.
- BRASIL. Banco Central do Brasil. Resolução Nº 3813. Condiciona o crédito rural para expansão da produção e industrialização da cana-de-açúcar ao Zoneamento Agroecológico e veda o financiamento da expansão do plantio nos Biomas Amazônia e Pantanal e Bacia do Alto Paraguai, entre outras áreas. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, n. 227, 27 de nov 2009a, Seção I, p. 102.
- BRASIL. Banco Central do Brasil. Resolução Nº 3814. Condiciona o crédito agroindustrial para expansão da produção e industrialização da cana-de-açúcar ao Zoneamento Agroecológico e veda o financiamento da expansão do plantio nos Biomas Amazônia e Pantanal e Bacia do Alto Paraguai, entre outras áreas. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, n. 227, 27 de nov 2009b, Seção I, p. 102.
- BRASIL. Congresso. Senado. *Audiência Pública no Senado para questionamento da restrição de expansão na bacia do Alto Paraguai e no bioma Amazônia*. Brasília: Senado. 26 abr 2012 (parte da manhã).
- BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa No- 57, de 25 de novembro de 2009. Altera o inciso II do anexo do Decreto nº 6.961, de 17 de setembro de 2009, para incluir outros municípios no Zoneamento Agroecológico da Cana-de-açúcar. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, n. 226, 26 de nov 2009, Seção I, p. 3.
- BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. *Projeções do agronegócio: Brasil 2011/12 a 2021/22*. Brasília, DF, 2012. 76 p. Disponível em: <[http://www.agricultura.gov.br/arq\\_editor/file/Ministerio/gestao/projecao/PROJECOES-web.pdf](http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/Ministerio/gestao/projecao/PROJECOES-web.pdf)>. Acesso em: 23 maio 2013
- BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. *Relação das unidades produtoras cadastradas no departamento da cana-de-açúcar e agroenergia*. Posição 15/02/2013. Brasília : MAPA/ACS, 2010. 160 p. Disponível em: <[http://www.agricultura.gov.br/arq\\_editor/file/Desenvolvimento\\_Sustentavel/Agroenergia/Orientacoes\\_Tecnicas/Usinas%20e%20Destilarias%20Cadastradas/DADOS\\_PRODUTORES\\_15\\_02\\_2013.pdf](http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/Desenvolvimento_Sustentavel/Agroenergia/Orientacoes_Tecnicas/Usinas%20e%20Destilarias%20Cadastradas/DADOS_PRODUTORES_15_02_2013.pdf)>. Acesso em 23 mai 2013 Acesso em: 8 ago. 2010.
- BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. *Zoneamento agrícola de risco climático: instrumento de gestão de risco utilizado pelo seguro agrícola do Brasil*. Disponível

em:

<[http://comunidades.mda.gov.br/portal/saf/arquivos/view/seaf/cartilha\\_de\\_zoneamento\\_agricola.doc](http://comunidades.mda.gov.br/portal/saf/arquivos/view/seaf/cartilha_de_zoneamento_agricola.doc)>. Acesso em: 15 jul 2013.

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. *Zoneamento agrícola de risco climático*. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/politica-agricola/zoneamento-agricola>>. Acesso em: 10 set. 2013a.

BRASIL. Ministério da Fazenda. *Economia Brasileira em perspectiva*. 18ªed. Brasília, DF, mar. 2013. p. 11.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. *Subsídios para a definição da Política Nacional de Ordenação do Território – PNOT*: versão Preliminar. Brasília, DF, 2006. 251 p. Disponível em: <[http://www.mi.gov.br/c/document\\_library/get\\_file?uuid=45546192-e711-497a-8323-07244ee574ce&groupId=24915](http://www.mi.gov.br/c/document_library/get_file?uuid=45546192-e711-497a-8323-07244ee574ce&groupId=24915)>. Acesso em: 23 maio 2013.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. *Outros tipos de zoneamento*. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/gestao-territorial/zoneamento-territorial/item/8188>>. Acesso em: 25 ago 2013.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. *Brasil com florestas: oportunidades para o desenvolvimento de uma economia florestal e a reestruturação necessária do setor*. Brasília, DF: Serviço Florestal Brasileiro. MMA. 2012. 40p. il.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. *Programa de zoneamento ecológico-econômico: diretrizes metodológicas para o zoneamento ecológico-econômico do Brasil*. Brasília, 2001. 110p.

BRASIL. Presidência da República. Decreto Nº 6.961. Aprova o zoneamento agroecológico da cana-de-açúcar e determina ao Conselho Monetário Nacional o estabelecimento de normas para as operações de financiamento ao setor sucroalcooleiro, nos termos do zoneamento. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, n. 179, 18 de set. 2009, Seção I, pp. 1 - 30.

BRASIL. Presidência da República. Decreto Nº 7.172. Aprova o zoneamento agroecológico da palma de óleo e determina ao Conselho Monetário Nacional o estabelecimento de normas para as operações de financiamento ao setor sucroalcooleiro, nos termos do zoneamento. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, n. 87, 10 de mai 2010, Seção I, pp. 1 - 9.

BRASIL. *Projeto Lei Nº 6.077*. Dispõe sobre o cultivo sustentável da cana-de-açúcar destinada à produção de açúcar, etanol e demais biocombustíveis derivados da cana-de-açúcar, estabelece diretrizes para o zoneamento agroecológico nacional da cana-de-açúcar, e dá outras providências. Brasília, DF: Casa Civil. 2009b.

CAIXETA FILHO, J. V. Logística na produção de cana-etanol. In: WORKSHOP INSTRUMENTAÇÃO E AUTOMAÇÃO AGRÍCOLA E AGROINDUSTRIAL NA CADEIA CANA-ETANOL. *Relatório final*. São Carlos: Embrapa Instrumentação Agropecuária, 2008.

CÂMARA, G. e MONTEIRO, A. M. V. *Conceitos Básicos da Ciência da Geoinformação*. in Câmara, G.; Davis, C. E Monteiro, A. M. V. (orgs). *Introdução à Ciência da Geoinformação*. São José dos Campos: INPE. 2002. Disponível em <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/>>. Acesso em 02 jan. 2013.

- CARNEIRO, T. G. C. *NESTED-CA: A foundation for multiscale modelling of land use and land cover change*. 2006. 109 f. Tese (Doutorado) – INPE, São José do Campos.
- CARVALHO JUNIOR, W. de et al. *Zoneamento agroecológico do município de Alcinópolis - MS*. Rio de Janeiro : Embrapa Solos, 2011b. 59 p. (Embrapa Solos. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, n. 184). 13 mapas color.; escala 1:100.000.
- CARVALHO JUNIOR, W. de et al. *Zoneamento agroecológico do município de Caracol - MS*. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009b. (Embrapa Solos. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 142).
- CARVALHO JUNIOR, W. de et al. *Zoneamento agroecológico do município de Miranda - MS*. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009b. 47 p. (Embrapa Solos. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 140).
- CARVALHO JUNIOR, W. de et al. *Zoneamento agroecológico do município de Sidrolândia - MS*. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011a. 62 p. (Embrapa Solos. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 178).
- CHAGAS, C. da S et al. *Zoneamento agroecológico do município de Nioaque, Estado do Mato Grosso do Sul*. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2007. 84 p. (Embrapa Solos. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 130). Mapa color.; escala 1:100.000.
- CHAGAS, C. da S. et al. *Zoneamento agroecológico das microbacias do entorno do Banco Genético do Pau-Brasil, Costa do Descobrimento, Bahia*. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2001. 10 p. (Embrapa Solos. Circular Técnica, 9).
- CHAGAS, C. da S. et al. *Zoneamento agroecológico do Município de Dois Irmãos do Buriti - MS*. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011b. 61 p. (Embrapa Solos. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 181).
- CHAGAS, C. da S. et al. *Zoneamento agroecológico do Município de Figueirão - MS*. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011c. 58 p. (Embrapa Solos. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 182).
- CHAGAS, C. da S. et al. *Zoneamento agroecológico do município de Sonora - MS*. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011a. 60 p. (Embrapa Solos. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 177).
- CHRISTOFOLETTI, A. *Modelagem de sistemas ambientais*. São Paulo: Edgard Blücher, 1999. 236 p.
- CLUE. Página institucional do CLUE. Disponível em: <<http://cluemodel.nl>>. Acesso em: 22 fev. 2010.
- CHAMBRE DE COMMERCE ET D'INDUSTRIE DE L'YONNE. *Le diagnostic prospectif de Lyon 2015*. 2006. 106fl. il. Disponível em: <[http://www.yonne.cci.fr/diagnostic-prospectif\\_fr-000291\\_f1152-404all.html](http://www.yonne.cci.fr/diagnostic-prospectif_fr-000291_f1152-404all.html)>. Acesso em: 23 dez 2012.
- COELHO, A. *Modelagem de dinâmica do uso da terra e cobertura vegetal na região de Santarém, oeste do Pará*. 2009. 128 p. Dissertação (Mestrado). Instituto de Geociências Programa de pós-graduação em Ciências Ambientais - Universidade Federal do Pará.
- CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE. *Plano CNT de Transporte e Logística 2011*. Brasília, DF, 2011. 370 p. il. color.
- CONSEIL ECONOMIQUE, SOCIAL ET ENVIRONNEMENTAL REGIONAL DE MIDI-PYRENEES. *Prospective en Midi-Pyrénées : Les chemins de 2040*. 2012. 130 p.. il. Disponível em
- COUCLELIS, H. From cellular automata to urban models: New principles for model development and implementation. *Environ. Plann. B Plan. Des.*, v. 24, n. 2, p. 165-174, 1997.
- COUCLELIS, H. Modeling frameworks, paradigms, and approaches. In: CLARKE, K. C.; PARKS, B. E.; CRANE, M. P. *Geographic information systems and environmental modelling*. New York: Longman, 2000.

- DURANCE, P. et al. La prospective territoriale. Pour quoi faire? Comment faire? Paris: Laboratoire d'Investigation en Prospective, Stratégie et Organisation, 2008. 134 p. (Cahiers du LIPSOR - Série Recherche n. 7).
- EMBRAPA MEIO AMBIENTE. *Avaliação de impactos do zoneamento agroecológico da cana-de-açúcar*. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, [2012]. 18 p. Relatório de impactos. Disponível em:  
<[https://sistemas.sede.embrapa.br/side/DownloadArquivo?diretorio=/nfs/tomcat1/producao/side/relatorio\\_impacto\\_antigos/2012/CNPMA/&nomeArquivo=CNPMA\\_2012\\_RelatorioImpacto\\_ZoneamentoCanaAcucar.pdf](https://sistemas.sede.embrapa.br/side/DownloadArquivo?diretorio=/nfs/tomcat1/producao/side/relatorio_impacto_antigos/2012/CNPMA/&nomeArquivo=CNPMA_2012_RelatorioImpacto_ZoneamentoCanaAcucar.pdf)>. Acesso em: 11 jul. 2013.
- EMBRAPA MEIO AMBIENTE. *Dados vetoriais do ZAE-Cana disponibilizados na Biblioteca Geoespacial: rojeto zoneamento agroecológico da cana-se-açúcar 2007*. Disponível em <[geo.cnpma.embrapa.br](http://geo.cnpma.embrapa.br)>. Acesso em: 23 abr. 2013.
- EMBRAPA SOLOS. *Delineamento macro-agroecológico do Brasil*. Rio de Janeiro: 1991. 114 p. Acompanha 1 mapa escala 1:5.000.000 (EMBRAPA-SNLCS. Boletim de Pesquisa, 37). Contem 1 mapa.
- EMBRAPA SOLOS. UEP. Página institucional. Disponível :  
<<http://www.uep.cnps.embrapa.br/>>. Acesso em: 1 nov. 2010.
- EMBRAPA SOLOS. *Zoneamento agroecológico da cana-de-açúcar para a produção de etanol e açúcar no Brasil: seleção de terras potenciais para a expansão do seu cultivo*. Rio de Janeiro, 2009. 46 p. (Embrapa Solos. Relatório técnico).
- EMBRAPA SOLOS. *Zoneamento agroecológico do Estado do Rio de Janeiro*. Rio de Janeiro, 2003. 148 p. (Embrapa Solos. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 33).
- EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. *Análise de conjuntura dos biocombustíveis: jan 2009 – mar 2010*. Brasília, DF, 2010b. 17 p. Disponível em:  
<[http://www.epe.gov.br/Petroleo/Documents/Painel de Biocombust%20veis %E2%80%93 Boletins de an%20de conjuntura/Jan 2009 - Mar 2010.pdf](http://www.epe.gov.br/Petroleo/Documents/Painel%20de%20Biocombust%20veis%20de%20an%20de%20conjuntura/Jan%2009%20-%20Mar%2010.pdf)>. Acesso : 23 jul. 2010.
- EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. *Cenários para exportação de etanol para os EUA: nota técnica*. Brasília, DF, 2010a. 17 p. Disponível em:  
<[http://www.epe.gov.br/Petroleo/Documents/Estudos\\_29/Cen%20rios para Exporta%20de%20Etanol para os EUA.pdf](http://www.epe.gov.br/Petroleo/Documents/Estudos_29/Cen%20rios%20para%20Exporta%20de%20Etanol%20para%20os%20EUA.pdf)>. Acesso em: 23 jul. 2010.
- EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. *Estudo das condições estabelecidas no tratado de quioto e resoluções internacionais de sua atualização*. Brasília, DF, 2009a. 59 p. (Estudos EPE). Disponível em <[http://www.epe.gov.br/Petroleo/Documents/Estudos\\_29/EPE - 1%20BA Biocombust%20veis x MDL.pdf](http://www.epe.gov.br/Petroleo/Documents/Estudos_29/EPE_1%20BA%20Biocombust%20veis%20x%20MDL.pdf)>. Acesso em: 23 jul. 2010.
- EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. *Guia de Referência para o Encaminhamento de Projetos de Produção e Uso de Biodiesel e Etanol ao Mecanismo de Desenvolvimento Limpo – MDL*. Brasília, DF, 2009c. 72 p. (Estudos EPE). Disponível em:  
<[http://www.epe.gov.br/Petroleo/Documents/Estudos\\_29/EPE - 3%20BA Biocombust%20veis x MDL.pdf](http://www.epe.gov.br/Petroleo/Documents/Estudos_29/EPE_3%20BA%20Biocombust%20veis%20x%20MDL.pdf)>. Acesso em: 23 jul. 2010.
- EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. *Perspectivas para o etanol no brasil*. Brasília, DF, 2008. 62 p. (Cadernos de energia EPE).
- EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. *Perspectivas para o etanol no brasil*. Brasília, DF, 2008. 62 p. (Cadernos de energia EPE). Disponível em:  
<[http://www.epe.gov.br/Petroleo/Documents/Estudos\\_28/Cadernos de Energia - Perspectiva para o etanol no Brasil.pdf](http://www.epe.gov.br/Petroleo/Documents/Estudos_28/Cadernos%20de%20Energia%20-%20Perspectiva%20para%20o%20etanol%20no%20Brasil.pdf)>. Acesso em: 6 ago. 2010.

- EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. *Potencial de redução de emissões de CO<sub>2</sub> em projetos de produção e uso de biocombustíveis*. Brasília, DF, 2009b. 72 p. (Estudos EPE). Disponível em: <[http://www.epe.gov.br/Petroleo/Documents/Estudos\\_29/EPE - 2%C2%BA Biocombust%C3%ADveis x MDL.pdf](http://www.epe.gov.br/Petroleo/Documents/Estudos_29/EPE - 2%C2%BA Biocombust%C3%ADveis x MDL.pdf)>. Acesso em: 23 jul. 2010.
- FAO. *Zonificación agro-ecológica: guía general*. Roma, 1997. 82 p. (FAO. Boletim de Suelos, 73).
- FEITOZA, L.R. et al. *Zoneamento agroecológico do abacaxizeiro nos latossolos dos cerrados de Minas Gerais*. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1985. 53 p. (EMBRAPA-CPAC. Boletim de Pesquisa, 24). 1 mapa: aptidão para a cultura do abacaxizeiro em latossolos sob vegetação de cerrado em Minas Gerais.
- FIESP. *Outlook Brasil 2022. Projeções para o agronegócio*. São Paulo: FIESP/ICONE, 2012. 132 p. il.
- FREITAS, M. W. D.; SANTOS, J. R. *Esboço de modelagem da dinâmica da paisagem no Município de Lages-SC*. In: *Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, 15. Curitiba – PR. Anais... INPE, 2011. p. 6742- 6749.
- GALHARTE, C. A. (2011). *Estimativa do escoamento superficial e da produção de sedimentos em áreas de atividades agrossilvopastoris, no Estado de São Paulo, em função da mudança de uso e cobertura do solo*. Tese (doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2011.
- GODET, M. *Manuel de prospective stratégique*. 3. ed. Paris : Dunod, 2007. 2 t.
- GODET, M. *Creating futures. Cenário planning as a strategic management tool*. 2.ed, França: Economica, 2006.
- GODET, M. *Prospective e dynamique de territoires*. *Futurib.*, n. 269, 2001.
- GODET, M. *A “caixa de ferramentas” da prospectiva estratégica*. Lisboa: CEPES, 2000.
- GODET, M. *Manual de prospectiva estratégica da antecipação à acção*. Lisboa: Dom Quichote, 1993.
- GODET, M.; DURANCE, P. *La prospective stratégique: pour les entreprises et les territoires*. Paris: Bureau de la planification Stratégique, UNESCO, 2011.
- GOUVELLO, C. de; SOARES FILHO, B. S.; NASSAR, A. (Coord.). *Uso da terra, mudanças do uso da terra e florestas: estudo do baixo carbono para o Brasil: relatório de síntese técnica*. Washington, DC: The World Bank, 2010. 288 p.
- GRUMBACH, R.J.S. *Curso de planejamento estratégico e cenários prospectivos*. Rio de Janeiro, SP: Brainstorming Assessoria de Planejamento e Informática Ltda, 2009.
- IBAMA. *Projeto de monitoramento do desmatamento dos biomas brasileiros por satélite PMDBBS*. Brasília, DF, 2013.
- <<http://siscom.ibama.gov.br/monitorabiomas/metodologia.htm>>. Acesso em: 31 jan. 2013
- IBGE. *Zoneamento geoambiental e agroecológico do Estado de Goiás: região nordeste*. Rio de Janeiro: IBGE, Divisão de Geociências do Centro-Oeste, 1995. 178 p. (Estudos e pesquisas em geociências, n. 3).
- INPE. *Dados vetoriais do projeto Cana-Sat de 2003-2004 a 2012-2013*. Resolução de 30m. São Paulo, 2012. Fornecidos sob solicitação.
- INPE. *TOPODATA: banco de dados geomorfométricos do Brasil*. São José dos Campos, 2011. Resolução espacial de 30 m. Disponível em: <[www.dsr.inpe.br/topodata/index.php](http://www.dsr.inpe.br/topodata/index.php)>. Acesso em: 16 abr. 2013.
- JOB, L. C. The importance of sugar cane agroecological zoning (zaecanae). In: SEMANA DA BIOENERGIA, 2013, Brasília, DF. [Apresentações...] Brasília: Embrapa Agroenergia, 2013. Apresentação oral.

- KUHN, C. *Uma análise sistêmica das transformações de uso do solo como suporte à decisão para o planejamento de unidades de conservação*. 2005. 163 p. Dissertação (Mestrado). Programa de pós-graduação em Planejamento Urbano e Regional. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2005.
- LANDAU, E. C.; GUIMARAES, D. P. *Proposta metodológica para estimar o potencial de expansão do sistema de integração lavoura-pecuária em nível municipal considerando a legislação ambiental: estudo de caso na microrregião de Bom Despacho, Minas Gerais*. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2008. 11 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular técnica, 103).
- LOYOLA, M. P. *Caracterização do setor sucroalcooleiro no estado de Goiás*. Piracicaba: ESALQ, 2010.
- BURROUGH P.A.; MCDONNEL, R.A. *Principes of geographical information systems*. New York: Osford University Press, 1998. 332 p.: il.
- MALHEIROS, T. et al. (Coord). *The sweet and bitter sides of the sugarcane: an integrated sustainability assessment for the brazilian ethanol context*. São Paulo: EESC-USP, 2008. Projeto de pesquisa.
- MANZATTO, C. V. *A expansão da cana-de-açúcar e a nova geografia na região centro-sul*. CONGRESSO INTERNACIONAL BIOENERGIA, 5., 2010, Curitiba. *Anais...* Curitiba: REMADE, 2010. 1 CD-ROM. Apresentação oral.
- MANZATTO, C. V. et al. (Org.). *Dados vetoriais do zoneamento agroecológico da cana-de-açúcar*. escala 1:250.000. Rio de Janeiro : Embrapa Solos, 2009.
- MANZATTO, C. V. et al. (Org.). *Zoneamento agroecológico da cana-de-açúcar*. Rio de Janeiro : Embrapa Solos, 2009. 55 p.: il. (Embrapa Solos. Documentos, 110). Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/26337/1/ZonCana-1.pdf>>. Acesso em 23 jul. 2010.
- MANZATTO, C. V. Productive capacity of the land and ecosystems. In: SEMANA DA BIOENERGIA, 2013, Brasília, DF. [Apresentações...] Brasília: Embrapa Agroenergia, 2013. Apresentação oral.
- MANZATTO, C. V.; et al. Zoneamento agroecológico da cana-de-açúcar: abordagem metodológica para integração temática de grandes áreas territoriais. In: PRADO, R. B.; TURETA, A. P. D e ANDRADE, A. G. (Org.). *Manejo e conservação do solo e da água no contexto das mudanças ambientais*. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2010. v. 1, p. 193-214.
- MARCIAL, E. C.; GRUMBACH, R.J.S. *Cenários prospectivos: como construir um futuro melhor*. 4 ed. Rio de Janeiro: FGV, 2006.
- MARQUES, J. M. Curso de capacitação em conceitos, metodologia e técnicas de análise prospectiva e a construção de cenários. [S.l.]: SEPLAN, 2007.
- MATO GROSSO. Lei Estadual nº 9.523/2011. Institui o zoneamento socioeconômico e ecológico de Mato Grosso (ZSEE/MT). *Diário Oficial de Mato Grosso*, Cuiabá, 20 abr. 2011.
- MATO GROSSO. Lei nº 5.993, de 03 de junho de 1992. Define a Política de ordenamento territorial. *Diário Oficial de Mato Grosso*, Cuiabá, 3 jun. 1992.
- MATTOS, U.A.O. *Aplicação da técnica de análise metagames no estudo dos conflitos da relação saúde – trabalho*. Tese apresentada no Concurso Público para Professor Titular na área de Engenharia de Segurança e Higiene do Trabalho, Rio de Janeiro, 2000
- MEIRELLES et al. Sistema de suporte a decisão para avaliação do risco de impactos ambientais em bacias hidrográficas por redes de dependência e lógica fuzzy. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12., 2005, Goiânia. *Anais...* São José dos Campos: INPE, 2005. 1 CD-ROM. p. 2259-2266.

- MEIRELLES, M. P. S. *Análise integrada do ambiente através de geoprocessamento: uma proposta metodológica para elaboração de zoneamento*. Tese de doutorado em geografia; Rio de Janeiro: UERJ-IGEO, 1997. 192 p.
- MILLENAIRE 3. *Millénaire 3. Un outil de prospective au service du Grand Lyon*. Lille, FR: LyonCoordination nationale des conseils de développement, 2008. 11 f. Disponível em: <[http://www.lillemetropole.fr/gallery\\_files/site/149520/153738.pdf](http://www.lillemetropole.fr/gallery_files/site/149520/153738.pdf)>. Acesso em: 24 dez 2013.
- MIRANDA, E. E. de; BOGNOLA, I. A. *Zoneamento agroecológico do Estado de Tocantins*. Campinas, SP: Embrapa Monitoramento por Satélite, 1999.
- MIRANDA, E. E. de; OLIMPIO, J. A. *Zoneamento agroecológico do Piauí*. In: CONGRESSO PIAUIENSE DE IRRIGACAO E DRENAGEM, 1., 1982, Teresina. *Anais...* Teresina: Secretaria do Planejamento, 1982. p. 321-332.
- MITSUTANI, C. *A logística do etanol de cana-de-açúcar no Brasil: condicionantes e perspectivas*. 2010. 103 f. Dissertação (Mestrado) escola Politécnica, Universidade de São Paulo.
- MOREIRA, F. R. da S. *Uso e avaliação de técnicas de integração e análise espacial de dados em pesquisa mineral aplicadas ao Planalto de Poços de Caldas*. São Paulo: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, Pós-graduação em Sensoriamento Remoto, 2001.
- MOREIRA, E.; COSTA, S.; AGUIAR, A. P.; CÂMARA, G.; CARNEIRO, T. *Dynamical coupling of multiscale land change models*. *Landscape Ecology*, v. 24, p. 1183-1194, 2009.
- OLIVEIRA JUNIOR, R. C. de et al. *Zoneamento agroecológico do município de Monte Alegre, Estado do Pará*. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 1999a. 87 p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 9).
- OLIVEIRA, A. M. S. de. *Reordenamento Territorial e Produtivo do Agronegócio Canavieiro no Brasil e os Desdobramentos Para o Trabalho*. 2009. 586 f. Tese (doutorado) Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista
- OLIVEIRA JUNIOR, R. C. de et al. *Zoneamento agroecológico do município de Tracuateua, Estado do Pará*. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 1999b. 45 p. il. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 15).
- PEDROSA, B. M; CAMARA, G. Aspectos conceituais da modelagem dinâmica. In: WORKSHOP DOS CURSOS DE COMPUTAÇÃO APLICADA DO INPE, 1., 2001, São José dos Campos. *Anais...* São José dos Campos: INPE, 2001. p. 106-108.
- PEDROSA, B. M; CAMARA, G. Modelagem dinâmica e sistemas de informação geográfica. In: MEIRELLES, M.S.P.; CAMARA, G., ALMEIDA, C.M. *Geomática: modelos e aplicações ambientais*. Brasília, DF: Embrapa SCT, 2007. p. 237-280.
- PEDROSA, B. M. *Ambiente computacional para modelagem dinâmica espacial*. 2003. 111 f. Tese (Doutorado em Computação Aplicada) – INPE, São José dos Campos.
- PEREIRA, N. R. et al. *Zoneamento agroecológico do Município de Camapuã - MS*. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 12 mapas color.; escala 1:100.000. (Embrapa Solos. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, n. 186).
- PEREIRA, N. R. et al. *Zoneamento agroecológico do município de Porto Murtinho - MS*. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009. (Embrapa Solos. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 141).
- PEREIRA, S. E. M. *Uso de sistema de suporte à decisão espacial como subsídio ao planejamento territorial: aplicação ao zoneamento ecológico-econômico*. 2006. 119 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Computação) – FEN/UERJ, Rio de Janeiro.

- PERRUPATO, M. *Infraestrutura e os corredores de escoamento da produção agrícola nos corredores centro-oeste e centro-norte do país. investimentos em hidrovias, ferrovias e portos*. Brasília, DF: Secretária de Política Nacional de Transportes, Ministério dos transportes, 2012. Apresentação ao Senado Federal. Disponível em: <????>. Acesso em: 21 maio 2013.
- PIEGEL. M.R. Probabilidade e estatística. Tradução de Alfredo Alves de Farias. São Paulo, SP: McGraw-Hill. 1978. pp. 369-434.
- RAMALHO FILHO, A. et al (Ed.). *Zoneamento agroecológico, produção e manejo para a cultura da palma de óleo na Amazônia*. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2010. 215 p. il. color. Acompanha 1 CD-ROM e 1 DVD.
- REIS, M.M; LINO, M. De O. S. *INE 7001 - Estatística para administradores I. Notas de aula*. Tubarão, SC: Departamento de Informática e Estatística, Universidade Federal de Santa Catarina. Disponível em <<http://www.inf.ufsc.br/~marcelo/>>. Acesso em <10 set 2013>
- REYNOLDS, K. M. *NetWeaver for EMDS User Guide (version 1.1): a Knowledge Base Development System*. 1999. Gen. Tech. Rep. PNW-GTR-471, Portland, OR. 75 p.
- RODRIGUES, T. E. et al. *Zoneamento agroecológico do município de Bujaru, PA*. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2001b. 77 p. il. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 120).
- RODRIGUES, T. E. et al. *Zoneamento agroecológico do município de Cametá, Estado do Pará*. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2000. 43 p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 55).
- RODRIGUES, T. E. et al. *Zoneamento agroecológico do município de Curuçá, Estado do Pará*. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2003a. 44 p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 151).
- RODRIGUES, T. E. et al. *Zoneamento agroecológico do município de Plácido de Castro, Estado do Acre*. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2003b. 39 p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 161).
- RODRIGUES, T. E. et al. *Zoneamento agroecológico do município de Tomé-Açu, Estado do Pará*. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2001a. 80 p. il. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 118).
- RUDORFF, B. F. T. et al. Studies on the rapid expansion of sugarcane for ethanol production in São Paulo State (Brazil) using Landsat data. *Remote Sens.* v. 2, n. 4, p. 1057-1076, 2010.
- SANCHEZ, R. O. *Zoneamento agroecológico do Estado de Mato Grosso: ordenamento ecológico-paisagístico do meio natural e rural*. Cuiabá: Fundação de Pesquisas Cândido Rondon, 1992. 160 p. il. (Estudos Eco-Geográficos).
- SANDOVAL, M. A. L. *Breve histórico sobre a evolução do planejamento nacional de transportes*. Brasília, DF: DNIT, [200-?]. 33 p. Disponível em: <<http://www.dnit.gov.br/planejamento-e-pesquisa/historico-do-planejamento-de-transportes>>. Acesso em: 23 abr. 2013.
- SANTANA, S. O. de et al. *Zoneamento agroecológico do município de Ilhéus, Bahia, Brasil*. Ilhéus: CEPLAC/CEPC, 2003. 39 p. (Boletim Técnico, 186).
- SANTOS, P. L. dos et al. *Zoneamento agroecológico do município de Barcarena, Estado do Pará*. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2003. 34 p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 156).
- SCHWARTZ, P. *A arte da visão a longo prazo: planejando o futuro em um mundo de incertezas*. 2.ed. Tradução de Luiz Fernando M. Esteves. São Paulo: Ed. Best Sellers, 2003. 215 p.
- SEPLAN (Goiás). *Estatísticas básicas: período de 2004 a 2012*. Disponível em <<http://www.seplan.go.gov.br/sepin/>>. Acesso em: 23 maio 2013.

- SIIS. *Mapa das usinas de açúcar e etanol no Brasil-2013*. Campinas, SP: CTBE, 2013. Disponível em: <<http://www2.bioetanol.org.br/siis/mapas/>>. Acesso em: 19 mar. 2013.
- SILVA, A. A. G. da. *Importante instrumento de política pública para o desenvolvimento do agronegócio*. Disponível em: <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/880437/1/Importante0001.pdf>>. Acesso em: 23 abr. 2012.
- SILVA, F. B. R. et al. *Zoneamento agroecológico do Estado de Pernambuco*. Recife: Embrapa Solos, UEP Recife, 2001. 1 CD-ROM. (Embrapa Solos. Documentos, 35).
- SILVA, F. B. R. et al. *Zoneamento agroecológico do Nordeste do Brasil: diagnóstico e prognóstico*. Recife: Embrapa Solos, ERP/NE; Petrolina : Embrapa Semi-Árido, 2000. 1 CD ROM. - (Embrapa Solos. Documentos, 14).
- SILVA, J. M. L. da et al. *Zoneamento agroecológico do município de Abel Figueiredo, Estado do Pará*. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2002a. 34 p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 139).
- SILVA, J. M. L. da et al. *Zoneamento agroecológico do município de Acrelândia, Estado do Acre*. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2004. 36 p. il. color. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 205).
- SILVA, J. M. L. da et al. *Zoneamento agroecológico do município de Bom Jesus do Tocantins, Estado do Pará*. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2002b. 37 p. il. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 148). Acompanha 5 mapas.
- SILVA, J. M. L. da et al. *Zoneamento agroecológico do município de Colares, Estado do Pará*. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2001. 76 p. il. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 96).
- SILVA, J. M. L. da; RODRIGUES, T. E. *Zoneamento agroecológico do município de Silves - AM*. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2003. 38 p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 174).
- SILVA, J. M. L. da; VALENTE, M. A.; RODRIGUES, T. E. *Zoneamento agroecológico do Município de Rondon do Pará - Estado do Pará*. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2003. 37 p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 173).
- SOLER, L. S. *Modelagem espacial de uso da terra utilizando o CLUE-S. Conceito e aplicações para estudos de dinâmica de uso da terra. Material de apoio*. São Carlos, SP: Embrapa CNPTIA, 2010. 49 p. [curso]
- SPIANDORELLI, F. S. et al. *Alternativas terrestres de escoamento de produtos do estado de Minas Gerais*. Piracicaba, ESALQ, 2012. 21 p.
- SUCHOWER, L. J.; COPENHAVER, M. D. *Using the SAS® system to perform McNemar's test and calculate the kappa statistic for matched pairs of data*. In: NORTHEAST SAS USERS GROUP CONFERENCE, 1996, Boston, MA. **Proceedings...** Boston: NESUG, 1996. p. 686-693.
- TAVARES, R. *Construindo mapas conceituais*. Ciência & Cognição, v. 12, p. 72-85, 2007.
- TERRA ME. *Página do aplicativo LuccME*. Disponível em <<http://www.terrame.org/doku.php?id=luccme>>. Acesso em 13 abr 2013
- VALENCIA, L. I. O. *Enfoque da estatística espacial em modelos dinâmicos de mudança do uso do solo*. 2008. 93 f. Dissertação (Mestrado) - FEN/UERJ, Rio de Janeiro.
- VALENTE, M. A. et al. *Zoneamento agroecológico das terras do município de Inhangapi, Estado do Pará*. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2001. 51 p. il. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 121).

- VERBURG, P.H. AND OVERMARS, K.P., 2009. *Combining top-down and bottom-up dynamics in land use modeling: exploring the future of abandoned farmlands in Europe with the Dyna-CLUE model*. *Landscape Ecology* 24(9), 2009. pp. 1167-1181.  
<http://dx.doi.org/10.1007/s10980-009-9355-7>
- VISUALIZADOR INDE: Dados do IBGE disponibilizados no Sistema Nacional de Dados Espaciais. Disponível em <[www.visualizador.inde.gov.br](http://www.visualizador.inde.gov.br)>. Acesso em: 16 abr. 2013.
- VOLPATO, G.; BARRETO, R. *Estatística sem dor*. Botucatu, SP: Best Writing, 2011. 64 p.
- ZARONI, M. J et al. *Zoneamento agroecológico do município de Guia Lopes da Laguna - MS*. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009. 66 p. (Embrapa Solos. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 146).
- ZARONI, M. J. et al. *Zoneamento agroecológico do município de Aquidauana - MS*. Rio de Janeiro : Embrapa Solos, 2011b. 63 p. 13 mapas color.; escala 1:100.000. (Embrapa Solos. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, n. 185).
- ZARONI, M. J. et al. *Zoneamento agroecológico do município de Rio Verde de Mato Grosso - MS*. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011a. 65 p. 13 mapas color.; escala original 1:100.000. (Embrapa Solos. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, n.179).

## APÊNDICE A – Informação extra para o CLUE-S

**Quadro 22 - Dados para o estado de São Paulo para rodar o CLUE-S (continua)**

Parâmetro	Descrição	Referência que fundamenta o uso da variável
<b>Dados Uso e cobertura da terra</b>		
CANA	Uso da terra com cana-de-açúcar	Verburg (2010)
ACAPREF	Cobertura da terra com agricultura (Ac), pastagem (Ap) ou reflorestamento (Ref)	Verburg (2010)
OUTROS	Remanescentes em 2002	Verburg (2010)
EDAFORBAGUA	Água e urbano no ZAE e nos dados do Probio para o ano de 2008 para compor área de bloqueio da simulação	Proposta tese
<b>Dados Demografia</b>		
DENSETOR2010	Densidade da pop. por setor censitário de acordo com o censo de 2010	Verburg (2010),
DENSMUN2010	Densidade da população por município de acordo com o censo de 2010	Verburg (2010),
<b>Dados Sócio-economia</b>		
ZAERESTRAMB	Áreas com restrição ambiental no ZAE Cana	Proposta tese
<b>Dados Manejo das terras</b>		
MAIOR12	Declividade sem mecanização	Verburg (2010), proposta tese
MENOR12	Declividade com mecanização	Verburg (2010), proposta tese
HIPSOMETRIA	Hipsometria	Verburg (2010), Rodrigues (1995)
<b>Dados Geográficos</b>		
DISTANHEMBI	Distância euclidiana da cidade de Anhembi	
DISTARACATUBA	Distância euclidiana da cidade de Araçatuba (cidade importante)	Loyola (2010), Mitsutani (2010)
DISTBARUERI	Distância euclidiana da cidade de Barueri	
DISTBAURU	Distância euclidiana da cidade de Bauru	Mitsutani (2010)
DISTBOTUCATU	Distância euclidiana da cidade de Botucatu (encontro Eixo 2 com eixo 3)	
DISTBR050	Distância euclidiana da BR 050 (DF-Santos)	Caixeta Filho (2008)
DISTBR116	Distância euclidiana das BR 116	CNT (2011)
DISTBR153	Distância euclidiana das BR 153	CNT (2011)
DISTCASTILHO	Distância euclidiana da cidade de Castilho (ponto hidrovía - início eixo 2)	Caixeta Filho (2008)
DISTEIXO1	Distância euclidiana de uma das principais rotas de exportação de açúcar: Ilha Solteira – Santos, composta pelas rodovias: SP310, BR262, BR456, BR364, BR267, BR364, BR050	Caixeta Filho (2008)
DISTEIXO2	Distância euclidiana de uma das principais rotas de exportação de açúcar: Castilho e Araçatuba – Santos, composta pelas rodovias: BR262, SP300, BR154, SP300, SP209, BR374, BR050	Caixeta Filho (2008)
DISTEIXO3	Distância euclidiana de uma das principais rotas de exportação de açúcar: Presidente Epitácio - Santos, composta pelas rodovias: BR267, BR374, SP270, BR369, BR374, BR050, SP127	Caixeta Filho (2008)
DISTFERROVIAS	Distância euclidiana da malha ferroviária	Verburg (2010),

**Quadro22 - Dados para o estado de São Paulo para rodar o CLUE-S (conclusão)**

<b>Parâmetro</b>	<b>Descrição</b>	<b>Referência que fundamenta o uso da variável</b>
DISTGUARULHOS	Distância euclidiana da cidade de Guarulhos (escoamento por duto)	
DISTHIDROVIAS	Distância euclidiana das hidrovias	Verburg (2010),
DISTILHASOLTEIRA	Distância euclidiana da cidade de Ilha Solteira (pontos hidrovia - início eixo 1)	Caixeta Filho (2008)
DISTPORTOS	Distancia dos portos de Santos e Paranagua	Verburg (2010), Caixeta Filho (2008)
DISTPRESEPITACIO	Distância euclidiana da cidade de Presidente Epitácio (Pontos hidrovia - início eixo 3)	Loyola (2010)
DISTPRESPRUDENTE	Distância euclidiana da cidade de Presidente Prudente (Cidade importante)	Mitsutani (2010)
DISTRIBPRETO	Distância euclidiana da cidade de Riberirão Preto (pólo importante e local de distribuição)	Loyola (2010), Mitsutani (2010)
DISTRRIOS	Distância dos rios	Verburg (2010),
DISTRMCAP	Distância entre das regiões metropolitanas e capitais estaduais (grandes consumidores)	Verburg (2010),
DISTSANTOS	Distância euclidiana da cidade de Santos (porto)	Mitsutani (2010)
DISTSAOPAULO	Distância euclidiana da cidade de São Paulo (centro consumidor)	Mitsutani (2010), Caixeta Filho (2008), Verburg (2010)
DISTSJRIOPRETO	Distância euclidiana da cidade de São José do Rio Preto (cidade importante, petrobras)	Mitsutani (2010)
DISTUSINAS	Distância das usinas para o período de 2003 a 20189	Proposta tese, Bini (2010)
DISTVIASEST	Distancia das estradas estaduais	Verburg (2010), Sandoval (200-?)
DISTVIAFED	Distância das estradas federais	Verburg (2010), Sandoval (200-?)
DISTVIAFEDEST	Distancia tanto de estaduais quanto de ferais	Verburg (2010) Sandoval (200-?)
DITSPAULINIA	Distância euclidiana da cidade de Paulínia (Petrobras)	Loyola (2010), Mitsutani (2010)
<b>Dados Biofísicos</b>		
EDAFOALTA	Uso da terra com cana	Proposta tese
EDAFOBAIXA	Aptidão edafoclimática baixa	Proposta tese
EDAFOINAPTA	Aptidão edafoclimática inapta	Proposta tese
EDAFOMEDIA	Aptidão edafoclimática média	Proposta tese
ZAEAPTO	Áreas consideradas aptas no ZAE Cana	Proposta tese
ZAEINAPTO	Áreas consideradas inaptas no ZAE Cana	Proposta tese

**Tabela 28 - Tabela de demanda, por uso, de 2009 a 2025 para o estado de Goiás, considerando 7 classes de uso e cobertura da terra, com as áreas em hectares e valores múltiplos de 100ha (pixel de 1km)**

Ano	Área com Ac (ha)	Área com Agua (ha)	Área com Ap (ha)	Área com Cana (ha)	Área com Ref (ha)	Área com Rem (ha)	Área com Urb (ha)
2009	5206700	342400	13461000	583900	60400	14223200	205100
2010	5276000	342400	13489100	653100	68200	14048800	205100
2011	5344000	342400	13514000	729800	76000	13871400	205100
2012	5405700	342400	13523500	843600	83600	13678800	205100
2013	5478700	342400	13561400	888500	91400	13515200	205100
2014	5551800	342400	13599400	933300	99200	13351500	205100
2015	5624800	342400	13637400	978200	107000	13187800	205100
2016	5698000	342400	13675500	1023000	114900	13023800	205100
2017	5771200	342400	13713500	1067900	122700	12859900	205100
2018	5844500	342400	13751600	1112800	130500	12695800	205100
2019	5917800	342400	13789800	1157600	138400	12531600	205100
2020	5991100	342400	13828000	1202500	146200	12367400	205100
2021	6064600	342400	13865900	1247300	154000	12203400	205100
2022	6138400	342400	13902400	1292200	162300	12039900	205100
2023	6212000	342400	13936700	1338700	171000	11876800	205100
2024	6285400	342400	13968900	1386800	180100	11714000	205100
2025	6358700	342400	13998700	1436700	189600	11551500	205100

Legenda: ac - agricultura; ap - pastagem; ref - reflorestamento; rem - remanescente; Urb - área urbana

**Quadro 23 - Lista de fatores exploratórios para o estado de São Paulo**

Variável	Sc1gr*.fil	Variável	Sc1gr*.fil	Variável	Sc1gr*.fil
EDAFOALTA	Sc1gr0	HIPSOMETRIA	Sc1gr15	DISTSAOPAULO	Sc1gr30
EDAFOMEDIA	Sc1gr1	MENOR12	Sc1gr16	DISTBOTUCATU	Sc1gr31
EDAFOBAIXA	Sc1gr2	MAIOR12	Sc1gr17	DISTARACATUBA	Sc1gr32
EDAFOINAPTA	Sc1gr3	DENSMUN2010	Sc1gr18	DISTSJRIOPRETO	Sc1gr33
EDAFOURBAGUA	Sc1gr4	DENSETOR2010	Sc1gr19	DISTSANTOS	Sc1gr34
ZAEAPTO	Sc1gr5	DISTRMCAP	Sc1gr21	DISTPRESPRUDENTE	Sc1gr35
ZAEINAPTO	Sc1gr6	DISTUSINA2009	Sc1gr20	DISTILHASOLTEIRA	Sc1gr36
ZAERESTRAMB	Sc1gr7	DISTBR050	Sc1gr22	DISTPRESEPIACIO	Sc1gr37
DISTVIASEST	Sc1gr8	DISTBR116	Sc1gr23	DISTCASTILHO	Sc1gr38
DISTVIASFED	Sc1gr9	DISTBR153	Sc1gr24	DISTGUARULHOS	Sc1gr39
DISTVIASFEDEST	Sc1gr10	DISTEIXO1	Sc1gr25	DISTANHEMBI	Sc1gr40
DISTHIDROVIAS	Sc1gr11	DISTEIXO2	Sc1gr26	DISTBARUERI	Sc1gr41
DISTPORTOS	Sc1gr12	DISTEIXO3	Sc1gr27	DISTBAURU	Sc1gr42
DISTFERROVIAS	Sc1gr13	DITSPAULINIA	Sc1gr28	-	-
DISTRIO	Sc1gr14	DISTRIBPRETO	Sc1gr29	-	-

Para as tabelas a seguir: AcApRef - classe formada a parti da união das coberturas Ac - agricultura; Ap - pastagem e Ref - reflorestamento.

Tabela 29 - Resultados da regressão logística para o teste 22 (Goiás)

Teste 22 - Usos		Cana	AcApRef	Outros
Áreas sob ROC		ROC 11 = 0.892	ROC 3 = 0.660	ROC 5 = 0.724
Código do uso no CLUE-S	0	1	2	
Constantes		-0,425980505	0,502450652	-1,332685125
Número de Var. na Regressão		14	10	7
Variáveis	Betas	Betas	Betas	
EDAFOALTA	1,323949829			
EDAFOMEDIA	1,740371629			
EDAFOINAPTA			1,053294861	
ZAEINAPTO	0,003132211		0,210740102	
ZAERESTRAMB			2,069121189	
DISTVIASFED	-1,79401E-05			
DISTHIDROVIAS	-2,71757E-06			
DISTPORTOS		0,29965837		
DISTFERROVIAS		-4,03354E-06		
DISTRIOS		7,62151E-05	-9,71313E-05	
HIPSOMETRIA	-0,054742404		0,255634349	
MENOR12	2,377274226			
MAIOR12			1,592545448	
DENSETOR2010	-0,000969859	-0,000500558	-0,000312056	
DISTRMCAP	6,1484E-06			
DISTUSINA2009	-6,73652E-05			
DISTBR050		-8,03092E-06		
DISTBR060020	8,17612E-07	-4,16613E-07		
DISTBR070040	-1,53468E-06	4,12672E-06		
DISTBR153	-2,00596E-06	7,84017E-06		
DISTBR158	-5,42821E-06	-3,45363E-06		
DISTBR251		2,25055E-06		

Tabela 30 - Resultados da regressão logística para o teste 19 (Goiás)

Teste 19 - Usos		Cana	AcApRef	Outros
Áreas sob ROC		ROC 15 = 0.891	ROC 3 = 0.660	ROC 5 = 0.724
Código do uso no CLUE-S	0	1	2	
Constantes		0,329001933	0,502450652	-1,332685125
Número de Var. na Regressão		11	10	7
Variáveis	Betas	Betas	Betas	
EDAFOINAPTA			1,053294861	
ZAEAPTO	2,075569077			
ZAEINAPTO	0,315689516		0,210740102	
ZAERESTRAMB	-17,83534555		2,069121189	
DISTVIASFED	-3,20404E-05			
DISTPORTOS		0,29965837		
DISTFERROVIAS		-4,03354E-06		
DISTRIOS		7,62151E-05	-9,71313E-05	
HIPSOMETRIA	-0,060367833		0,255634349	
MAIOR12			1,592545448	
DENSETOR2010		-0,000500558	-0,000312056	
DISTRMCAP	4,05522E-06			
DISTUSINA2009	-1,72787E-05			
DISTBR050		-8,03092E-06		
DISTBR060020	7,42418E-06	-4,16613E-07		
DISTBR070040	-3,48246E-06	4,12672E-06		
DISTBR153	2,97511E-06	7,84017E-06		
DISTBR158	-9,03131E-06	-3,45363E-06		
DISTBR251		2,25055E-06		

Tabela 31 - Resultados da regressão logística para o teste 20 (Goiás)

Teste 20 - Usos		Cana	AcApRef	Outros
Áreas sob ROC		ROC 16 = 0.884	ROC 3 = 0.660	ROC 5 = 0.724
Código do uso no CLUE-S	0	1	2	
Constantes		-19,29602561	0,502450652	-1,332685125
Número de Var. na Regressão	15	10	7	
Variáveis	Betas	Betas	Betas	Betas
EDAFOALTA	20,69367186			
EDAFOMEDIA	20,62031143			
EDAFOINAPTA	18,86586906			1,053294861
ZAEINAPTO	-0,06226074			0,210740102
ZAERESTRAMB				2,069121189
DISTVIASFED	-1,81569E-05			
DISTHIDROVIAS	-6,69125E-06			
DISTPORTOS		0,29965837		
DISTFERROVIAS		-4,03354E-06		
DISTRIOS		7,62151E-05		-9,71313E-05
HIPSOMETRIA	-0,106175261			0,255634349
MENOR12	2,322658885			
MAIOR12				1,592545448
DENSETOR2010	-0,000868824		-0,000500558	-0,000312056
DISTRMCAP	2,04856E-06			
DISTUSINA2009	-6,85195E-05			
DISTBR050			-8,03092E-06	
DISTBR060020	2,01127E-06		-4,16613E-07	
DISTBR070040	-5,0826E-07		4,12672E-06	
DISTBR153	2,48078E-07		7,84017E-06	
DISTBR158			-3,45363E-06	
DISTBR251			2,25055E-06	
DISTBR364	-1,56574E-06			

Legenda: AcApRef - classe que representa as coberturas Ac - agricultura; Ap - pastagem e Ref - reflorestamento.

## APÊNDICE B – Gráficos de correlação para AcApRef e Outros

Gráfico 14 - Correlações para AcApRef, anos de 2003 e 2009, Goiás

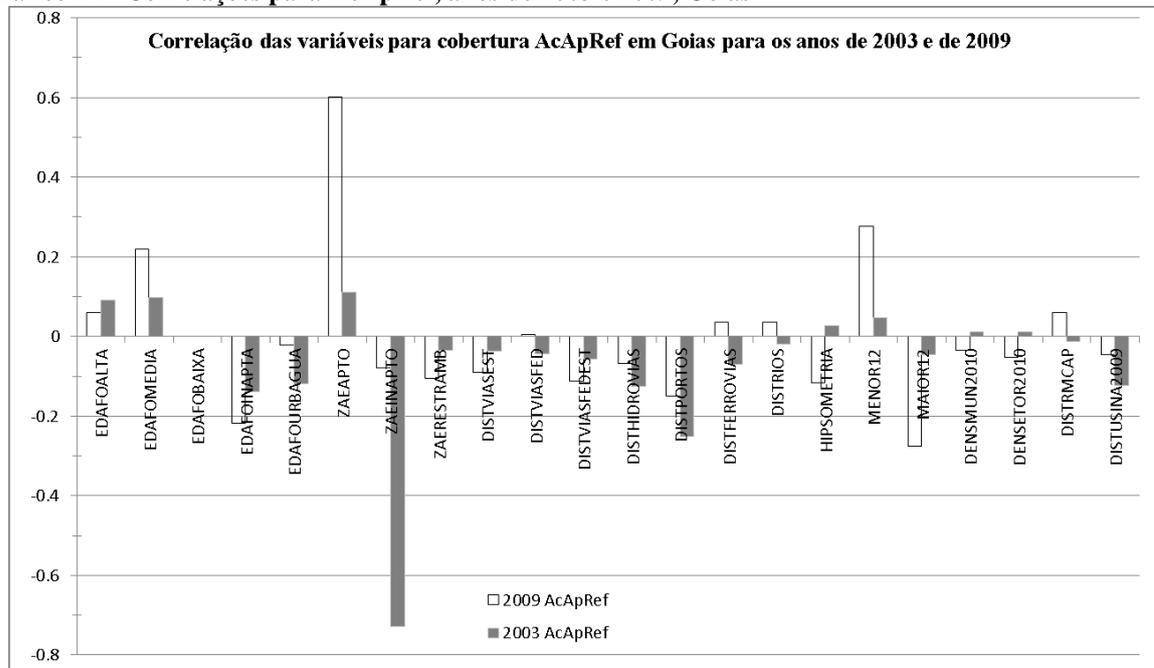


Gráfico 15 - Correlações para AcApRef, anos de 2003 e 2009, São Paulo

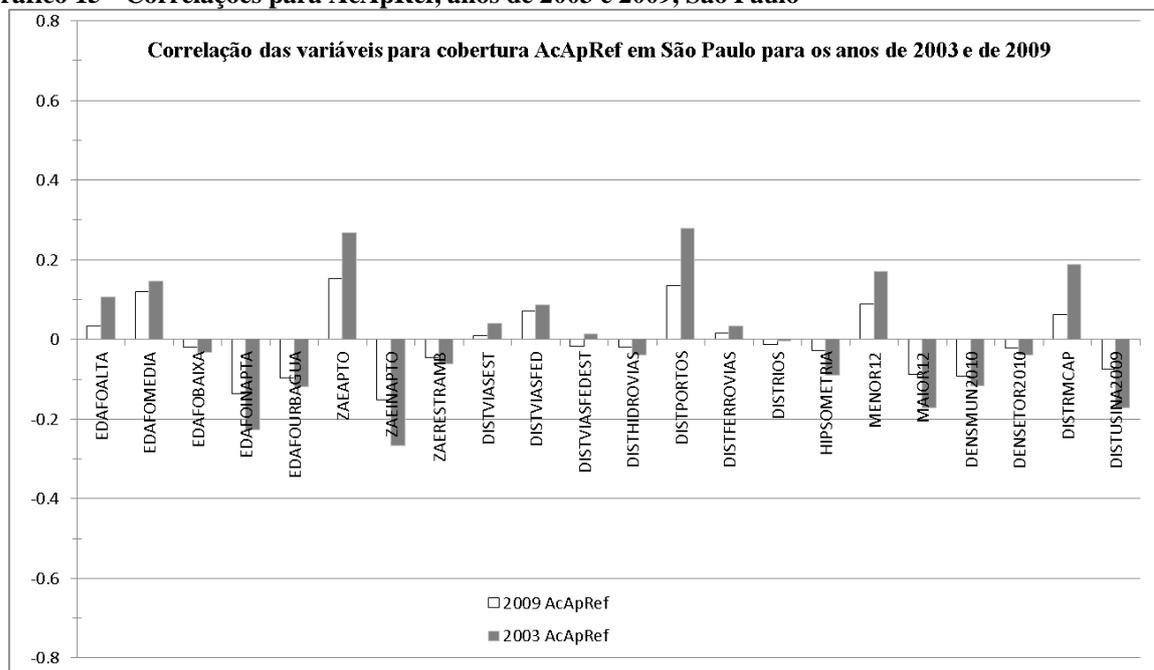


Gráfico 16 - Correlações para Outros, anos de 2003 e 2009, Goiás

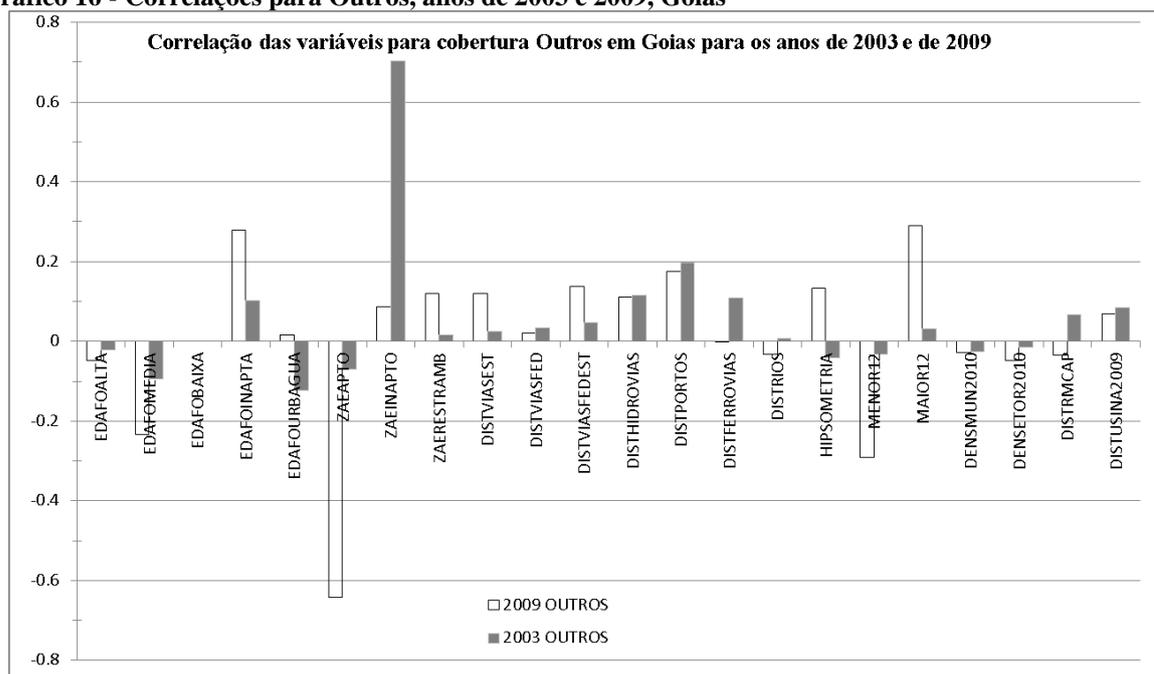
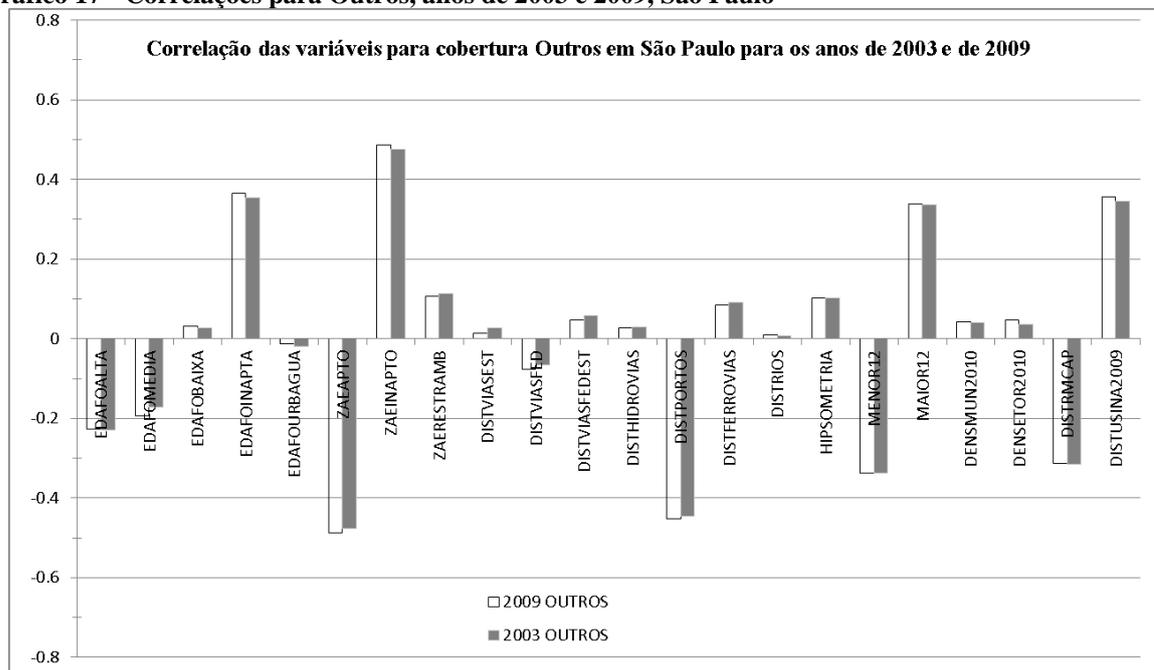


Gráfico 17 - Correlações para Outros, anos de 2003 e 2009, São Paulo

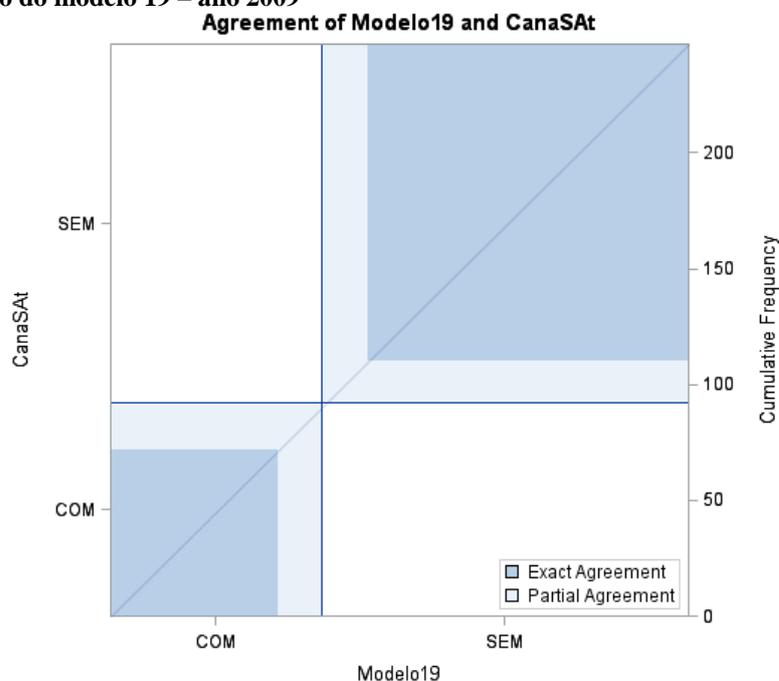


**APÊNDICE C – Teste de consistência modificado para a calibração no ano de 2009 dos modelos dos testes 19, 20 e 22**

**Tabela 32 - Frequência de acerto na calibração: teste 19 x Cana Sat 2009**

	Modelo calibração resultado 2009	Cana Sat 2009		Total
		Com cana (%)	Sem cana (%)	
Frequência	<b>Com cana (%)</b>	72	18	90
Porcentagem		29.15	7.29	36.44
Frequência	<b>Sem cana (%)</b>	20	137	157
Porcentagem		8.10	55.47	63.56
Frequência	<b>Total</b>	92	155	247
Porcentagem		37.25	62.75	100.00

**Gráfico 18 - Acerto do modelo 19 – ano 2009**



**Tabela 33 - Frequência de acerto na calibração: teste 20 x Cana Sat 2009**

	Modelo calibração resultado 2009	Cana Sat 2009		Total
		Com cana (%)	Sem cana (%)	
Frequência	<b>Com cana (%)</b>	69	17	86
Porcentagem		27.94	6.88	4.82
Frequência	<b>Sem cana (%)</b>	23	138	161
Porcentagem		9.31	55.87	65.18
Frequência	<b>Total</b>	92	155	247
Porcentagem		37.25	62.75	100.00

Gráfico 19 - Acerto do modelo 20 – ano 2009

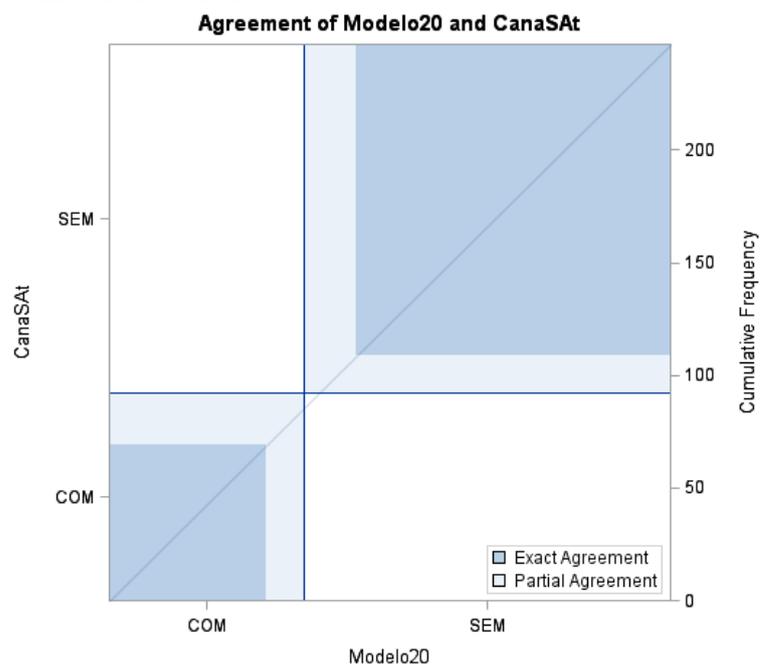


Tabela 34 - Frequência de acerto na calibração: teste 22 x Cana Sat 2009

	Modelo calibração resultado 2009	Cana Sat 2009		Total
		Com cana (%)	Sem cana (%)	
Frequência	<b>Com cana (%)</b>	69	21	90
Porcentagem		27.94	8.50	36.44
Frequência	<b>Sem cana (%)</b>	23	134	157
Porcentagem		9.31	54.25	63.56
Frequência	<b>Total</b>	92	155	247
Porcentagem		37.25	62.75	100.00

Gráfico 20 - Acerto do modelo 22 – ano 2009

