



*PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM POLÍTICAS PÚBLICAS, ESTRATÉGIAS E  
DESENVOLVIMENTO  
PPED/IE/UFRJ*

**COORDENAÇÃO ENTRE TECNOLOGIAS DE IRRIGAÇÃO E  
POLÍTICAS PÚBLICAS PARA A GOVERNANÇA DO SISTEMA DE USO  
DA TERRA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE: gotejamento  
– política de Agricultura Irrigada – Produtor de água – Zoneamento  
Agroecológico da Cana-de-açúcar em Goiás.**

**André Luiz Miranda Silva Zopelari**

Tese apresentada como pré-requisito obrigatório para a obtenção do  
título de Doutor no Programa de Pós-  
graduação em Políticas Públicas, Estratégias e  
Desenvolvimento.

**Área de Concentração:** Estratégias, Desenvolvimento e Sustentabilidade.

**Orientador:** Prof. Dr. Alexandre Louis de Almeida d'Avignon.

**Co-orientador:** Prof. Dr. Elizon Dias Nunes

**UFRJ  
Rio de Janeiro /RJ**

**2019**

**André Luiz Miranda Silva Zopelari**

**COORDENAÇÃO ENTRE TECNOLOGIAS DE IRRIGAÇÃO E  
POLÍTICAS PÚBLICAS PARA A GOVERNANÇA DO SISTEMA DE USO  
DA TERRA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE: gotejamento  
– política de Agricultura Irrigada – Produtor de água – Zoneamento  
Agroecológico da Cana-de-açúcar em Goiás.**

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Políticas Públicas, Estratégias e Desenvolvimento do Instituto de Economia da Universidade Federal do Rio de Janeiro, na linha de pesquisa de Estratégias e Desenvolvimento Sustentável, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Políticas Públicas, Estratégias e Desenvolvimento.

**Orientador:** Prof. Dr. Alexandre Louis de Almeida d'Avignon.

**Co-orientador:** Prof. Dr. Elizon Dias Nunes

Rio de Janeiro - RJ  
2019

## FICHA CATALOGRÁFICA

Z88 Zopelari, André Luiz Miranda Silva.

Coordenação entre tecnologias de irrigação e políticas públicas para a governança do sistema de uso da terra na Bacia Hidrográfica do Rio Verde: gotejamento – política de agricultura irrigada – produtor de água – zoneamento agroecológico da cana-de-açúcar em Goiás. – 2019.

268 p.; 31 cm.

Orientador: Alexandre Louis de Almeida D'Avignon.

Coorientador: Elizon Dias Nunes.

Tese (doutorado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Economia Programa de Pós-Graduação em Políticas Públicas, Estratégias e Desenvolvimento, 2019.

Bibliografia: f. 256 – 268.

1. Água – Irrigação. 2. Solo - Uso. 3. Cana-de-açúcar. 4. Políticas públicas – Aspectos ambientais. I. D'Avignon, Alexandre Louis de Almeida, orient. II. Nunes, Elizon Dias, coorient. III. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Instituto de Economia. IV. Título.

CDD 631.587


Folha de Aprovação

André Luiz Miranda Silva Zopelari


**COORDENAÇÃO ENTRE TECNOLOGIAS DE IRRIGAÇÃO E POLÍTICAS PÚBLICAS PARA A GOVERNANÇA DO SISTEMA DE USO DA TERRA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE: gotejamento subsuperficial – política de Agricultura Irrigada – Produtor de água – Zoneamento Agroecológico da Cana-de-açúcar em Goiás.**

Aprovada em 06-09-2019

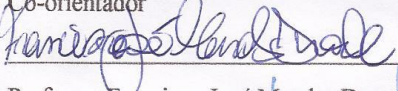
Tese de doutorado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Políticas Públicas, Estratégias e Desenvolvimento, como requisito para a obtenção do título do Doutor.

  
\_\_\_\_\_  
Professor Alexandre Louis de Almeida d'Avignon, Dsc, UFRJ

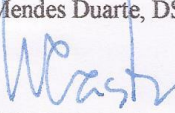
Orientador

  
\_\_\_\_\_  
Professor Elizon Dias Nunes, DSc, UFG

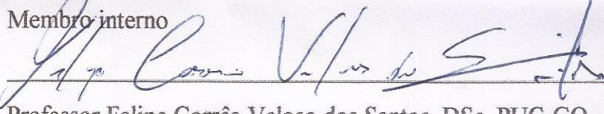
Co-orientador

  
\_\_\_\_\_  
Professor Francisco José Mendes Duarte, DSc, UFRJ

Membro interno

  
\_\_\_\_\_  
Professor Nivalde José de Castro, DSc, UFRJ

Membro interno

  
\_\_\_\_\_  
Professor Felipe Corrêa Veloso dos Santos, DSc, PUC-GO

Membro externo

  
\_\_\_\_\_  
Professor Luiz Carlos de Oliveira Lima, Ph.D., UFRRJ

Membro externo

  
\_\_\_\_\_  
Professor Cicero Augusto Prudêncio Pimenteira, UFRRJ

Membro externo

## **Dedicatória**

A meus avós  
Caio Olímpio dos Santos Silva e Grizelda Miranda Silva  
(*in memoriam et in pectoris ad aeternum*).

## Agradecimentos

Para conquistar ao Doutorado não foi um caminho solitário, autossuficiente e isolado. Portanto, devo elevar os meus agradecimentos, primeiramente a Deus, a Nosso Senhor Jesus Cristo, ao Espírito Santo, que me guiou, iluminou e sustentou nessa espinhosa caminhada.

Ainda sob o ponto-de-vista espiritual e afetivo, preciso deixar registrado o apoio de minha família: minha mãe Lenira, meu pai Eustáquio, minha irmã Adriana, meu irmão Alan e outros familiares, que mesmo à distância, torceram por mim e me apoiaram.

Em especial sentido, sem deixar de fazer memória de outros tantos, quero recordar a carinhosa lembrança de meus avós maternos Caio Olímpio dos Santos Silva e Grizelda Miranda Silva, que, sem dúvida, foram verdadeiras colunas sob os mais variados aspectos a minha vida inteira. Seguramente, de onde estão, e eu tenho certeza que já estão no Céu e na Glória do Pai Eterno, pois eu me empenhei para isso, intercederam muito por mim.

Aos amigos e afins, especialmente, a Luciana Amaro Ribeiro, pelo carinho, calor e acolhimento.

Materialmente, por outro lado, preciso expressar minha gratidão ao Programa de Apoio à Pós-graduação (PROAP), da Coordenação de Aperfeiçoamento do Pessoal de Ensino Superior (CAPES), que me proporcionou recursos financeiros para a pesquisa de campo, o que contribuiu para a coleta de dados para a modelagem, interpretação e análise.

Expresso também o meu profundo agradecimento ao meu orientador Alexandre de Almeida d'Avignon, pela confiança depositada, quando, saindo de uma frustração anterior, e me apoiou em todo o percurso do Doutorado.

Agradeço, igualmente, aos membros da banca pelos comentários, observações, correções e inspirações seguras, sábias e coerentes, que foram importantes para elevar a qualidade do trabalho final ora depositado.

Quero agradecer ao meu co-orientador Elizon Dias Nunes, que foi fundamental para a parte de geoprocessamento, foto-interpretção e análise de tendências espacialmente explícitas.

Ao Professor Felipe Corrêa Veloso dos Santos pela contribuição para a parte de Hidrologia da Tese. Ao Professor Cícero Augusto Prudêncio Pimenteira para chamar a atenção de armadilhas no texto final. Ao Professor Nivalde de Castro pela visão estruturada e integrada oferecida ao trabalho. Ao Professor Luiz Carlos de Oliveira Lima, então vice-reitor da UFRRJ, que me acompanha há 20 anos, sempre contribuindo para o meu aperfeiçoamento científico e teórico. Ao Professor Alcides Fernando Gussi, que me orientou na parte de Avaliação de Políticas Públicas, no que foi acompanhado pelo Professor Francisco José Mendes Duarte. Ao Professor Amaro Olímpio Pereira Júnior, a quem recorria frequentemente e me fornecia sugestões de leitura e raciocínio muito seguras.

Ao Pessoal do INPE, muito em especial, o Professor Marcelo Lopes de Oliveira Souza, ao coordenador do CCST Jean Pierre Babault Ometto, à Professora Ana Paula Dutra Aguiar, ao Professor Reinaldo Roberto Rosa, aos colegas do CST (2012), aos amigos da UFG; particularmente, Cleonice, Elenilson, Murilo, Angelita, aos professores Reginaldo Figueiredo, Sônia Milagres, Luís Manoel, Alcido Wander, entre outros.

Ao Consultor Alberto Henrique Peixoto por rodar o modelo no software IRRIGER(R).

Ao gerente de Irrigação do Grupo de Usinas Vale do Verdão, Regivaldo Cavalcanti; e ao Consultor da Naandanjain e Jalles Machado, Cristiano Hilário de Paula, que me provieram com dados, informações e imagens de campo.

Ao Professor Silas Trindade por, tão gentilmente, ter cedido os arquivos sobre solos tratados na Área de Estudo, o que me poupou quase seis meses no prazo.

### **Epígrafe**

Maria passa na frente, pisa na cabeça da serpente;  
a Cruz Sagrada seja a minha luz, intercede junto a Teu filho Jesus.  
São José: cobri-nos com vosso manto e protegei-nos com o vosso cajado!

## Lista de Figuras

Figura 1	Bacia Hidrográfica do Rio Verde apresentada conforme os limites do estado de Goiás	Página 28
Figura 2	Mapa das Unidades Geológicas: Região Sul de Goiás	Página 31
Figura 3	Região Sul de Goiás: Tipos de Rocha	Página 31
Figura 4	Litologia	Página 33
Figura 5	Declividades da Bacia Hidrográfica de Rio Verde	Página 34
Figura 6	Classe de solos na Área de Estudos: Bacia do Rio Verde, Goiás	Página 35
Figura 7	Mapa de Cobertura e Uso da Terra	Página 36
Figura 8	Comportamento da precipitação pluviométrica	Página 39
Figura 9	Comportamento da precipitação pluviométrica (jan. e dez)	Página 40
Figura 10	Tipos de solos que ocorrem nos limites goianos da Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba	Página 49
Figura 11	Mapa de Aptidão Agrícola da Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba, compreendida nos limites do estado de Goiás	Página 50
Figura 12	Quantidade Produzida de Cana, em Goiás, em 2016	Página 55
Figura 13	Estado de Goiás: Área Irrigada por <i>Pivot</i> Centrais – 2013	Página 56
Figura 14	Mapa de solos em Goiás com Investimentos superpostos	Página 57
Figura 15	Mapa mostrando a expansão da cana em Goiás no ano 2011	Página 131
Figura 16	Mapa de Uso e Cobertura do solo em 1984	Página 182
Figura 17	Mapa de Cobertura e Uso do solo em 2005	Página 189
Figura 18	Mapa de Cobertura e Uso do solo em 2018	Página 191
Figura 19	Canhão Autopropelido	Página 196
Figura 20	Gotejamento Subsuperficial	Página 197
Figura 21	Sistema de <i>pivot</i> central em uma lavoura	Página 211
Figura 22	Evolução dos pivôs centrais para cana-de-açúcar entre 2005 e 2017	Página 212
Figura 23	Modelagem de perda de solo com <i>pivot</i> central na área da Bacia	Página 214
Figura 24	Modelagem em execução nas condições acima	Página 215
Figura 25	Modelagem do crescimento da cana-planta irrigada <i>Pivot</i> Central	Página 216
Figura 26	Modelagem de irrigação por gotejamento subsuperficial	Página 220
Figura 27	Simulação do reflorestamento com três espécies do Cerrado	Página 240
Figura 28	Mapas do Fator CP (Práticas Conservacionistas) para a região mostrando pontos críticos	Página 244
Figura 29	Expansão da cana-de-açúcar e sua relação com o Zoneamento, 2018.	Página 248
Figura 30	Expansão da cana <i>vis-à-vis</i> dados do CAR.	Página 250



### *Lista de Siglas e Abreviaturas.*

- 1G – Etanol de 1ª Geração**
- 2G – Etanol de 2ª Geração**
- ANA – Agência Nacional das Águas**
- CAR – Cadastro Ambiental Rural**
- CO<sub>2</sub> – Dióxido de Carbono**
- CO<sub>2</sub> – eq – Dióxido de Carbono ou Carbono- equivalente**
- COP-15 – Conferência das Partes (Paris, 2015)**
- EEP – Espaçamento entre linhas de plantio**
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**
- EPE – Empresa de Pesquisa Energética**
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**
- INMET – Instituto Nacional de Meteorologia**
- INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais**
- LSS – Land Use System Science**
- NDC – National Determined Contribution**
- PCC - Percentagem de Açúcar Bruto**
- PRODUZIR - Programa de Desenvolvimento Industrial de Goiás**
- PROFIR - Programa de Financiamento de Equipamentos de Irrigação**
- PROINE - Programa de Irrigação do Nordeste**
- PROVÁRZEAS - Programa Nacional para Aproveitamento Racional de Várzeas Irrigáveis**
- PSA – Pagamento por Serviços Ambientais**
- RMG – Região Metropolitana de Goiânia**
- RPSG – Região de Planejamento Sul Goiano**
- UGH – Unidades de Gestão Hídrica**
- UNICA – União da Agroindústria Canavieira**
- ZAE – Zoneamento Agroecológico da Cana-de-Açúcar (estado de Goiás).**

## Sumário

<b>Introdução</b> .....	<b>16</b>
1.1 Etanol e Uso da Terra .....	23
1.2 Sistemas de Uso da Terra nas Microrregiões do Sudoeste de Goiás .....	26
1.3 Geologia da Área de Estudo .....	28
1.4 Ocupação histórica e formação da Região .....	38
1.5 Caracterização Climática da Bacia do Rio Verde .....	38
1.6 A Bacia de Rio Verde no contexto da Bacia do Paranaíba .....	44
1.7 Múltiplos Usos da terra na Bacia do Rio Verde .....	46
1.8 Impactos Ambientais na Bacia do Rio Verde pelo setor “uso da terra” .....	51
1.9 Caracterização do Sistema de Uso da terra do etanol em Goiás .....	53
1.9.1 Bioma Cerrado .....	54
1.9.2 Cana: variedades e indicadores .....	54
1.9.3 Sistemas de Irrigação: tipos e eficiência .....	55
1.9.4 Logística e Custos de Arrendamento .....	56
1.9.5 Gestão Ambiental, Manejo e Boas Práticas .....	58
<b>Capítulo 2: Revisão da Literatura e Marco Teórico</b> .....	<b>61</b>
2.1 Sistematização da LSS .....	62
2.2 Conquistas da pesquisa em LSS .....	65
2.3 Escalas global e local da LSS .....	70
2.4 LSS: aspectos epistemológico e operacional .....	74
2.5 Governança Global .....	76
2.7 Modelagem da LSS .....	84
2.8 Sistemas Sócio-ecológicos .....	94
2.9 Roadmaps .....	103
<b>Capítulo 3 – Avaliação de Políticas Públicas: Zoneamento Agroecológico da Cana</b> ..	<b>117</b>
3.1 O ZAE Cana de açúcar de Goiás .....	123
3.2 Avaliação da ZAE: .....	125
3.3 Processos Ambientais e Conflitos na Expansão Canavieira em Goiás .....	125
3.4 Expansão das Fronteiras Agrícolas - um modelo teórico .....	127
3.5 Goiás: Expansão, Cana de açúcar e os processos ambientais .....	127

3.6 Políticas Públicas, Capitalização e Competitividade. ....	130
3.7 Avaliação da Eficácia do ZAE.....	130
3.8 Discussão. ....	133
3.9 Path dependence. ....	133
3.9.a Considerações Finais.....	140
<b>Capítulo 4 - Meta-avaliação: Política Nacional de Agricultura Irrigada; Lei nº 6662/1979.....</b>	<b>142</b>
4.1 Meta avaliação – Definição .....	143
4.2 O Relatório Final de A irrigação no Brasil: situação e diretrizes .....	144
4.3 Pontos críticos e novas posturas entre 2008 e 2013.....	156
4.4 A Política atual.....	159
4.5 Lei nº 12.787, de 11 de janeiro de 2013. ....	160
4.6 Avaliação Tradicional: eficácia. ....	163
4.7 Um novo contexto em 2018: hipoteca de unidades parcelares – veto à utilidade pública irrestrita – meio ambiente – funções ministeriais – Flores de Goiás (2016 x 1997-2014). 165	
4.8 Avaliação: Contexto. ....	165
<b>Capítulo 5 - Relações Hídricas no Sistema de Uso da terra. ....</b>	<b>167</b>
5.1 A importância da água no sistema de uso da terra.....	167
5.2 Evaporação, Evapotranspiração e Balanço Hídrico.....	167
5.3 Balanço Hídrico da Bacia do Rio Verde.....	170
5.4 Lâmina, infiltração, escoamento. ....	173
<b>Capítulo 6 – Resultados: Monitoramento: Mudança do Uso da terra. ....</b>	<b>181</b>
6.1 Mudança de Uso e Cobertura da terra: 1984-2005-2018.....	181
6.2 Fixação do Nitrogênio .....	184
6.3 A Agroindústria .....	186
6.4 Sistemas e Métodos de Irrigação – definição. ....	194
<b>Capítulo 7: Modelagem Proposta .....</b>	<b>208</b>
7.1 Definição.....	208
7.2 Fonte de Dados. ....	209
7.3 Interação entre Serviços Ecossistêmicos .....	209
7.4 Resultados: Análise e Discussão.....	209
7.4.1 Modelo de perda de solos .....	210
7.4.2 Modelagem do Balanço Hídrico Sequencial e crescimento da cana de açúcar .....	215
Tabela 12 – Evapotranspiração de Referência corrigida pelo Kc em Novembro de 2018. 217	
7.4.3 Condições reais de Evapotranspiração e Umidade do solo. ....	222

7.5 Políticas Públicas baseada na Modelagem.....	230
7.5.1 Goiás: Legislação e Políticas para conservação do solo e da água.....	238
7.5.2 Simulação da implantação da Zona Ripária na Bacia visando à recomposição vegetal para diminuir a exposição da água contida nos solos agrícolas à atmosfera; portanto, aumentando o tempo em que permanece no sistema solo-planta. (Com irrigação subsuperficial).....	239
7.5.3. Incertezas sobre degradação de solos agrícolas: Fator de Conservação e Manejo ...	242
7.5.4 Cenários de Expansão Sustentável da Cana-de-açúcar na Bacia do Rio Verde. ....	246
<b>Capítulo 8. Considerações Finais. ....</b>	<b>252</b>
<b>REFERÊNCIAS: .....</b>	<b>256</b>

## Resumo.

Esta tese teve por finalidade construir um *design* de governança do sistema de uso da terra da cana-de-açúcar para etanol em Goiás, visando à intensificação de sustentabilidade, considerando cenários que comparam três tecnologias de irrigação da cana-de-açúcar e políticas públicas ambientais. O objetivo estratégico deste Sistema de Uso da terra é diminuir as necessidades de elevados volumes de água para irrigação, e gerar serviços ambientais, que, no caso, será a umidade no solo. Tais objetivos foram atingidos por meio de algumas modelagens e simulações de processos que envolvem o crescimento da cana-de-açúcar e suas relações hídricas e relações do sistema solo-planta. Assim, foi possível explicitar como interagem os serviços ambientais no referido ciclo. Essas modelagens envolveram três tecnologias de irrigação, a saber: (i) *Pivot* Central, (ii) Autopropelido, e (iii) Gotejamento subsuperficial. Destas, a que se mostrou maior poupadora de água foi a última. Porém, a tecnologia em si mesma não traz a sustentabilidade. É necessário que se construa uma governança apoiada na coordenação entre boas práticas agrícolas, Tecnologia e Políticas Públicas. As boas práticas foram representadas, no presente trabalho, pela cobertura de palha no solo, sobretudo, após a colheita da cana de açúcar. As políticas públicas são: o Zoneamento Agroecológico da Cana-de-açúcar em Goiás, a Política Nacional de irrigação (Agricultura Irrigada), além do Novo Código Florestal, a Política Nacional de Mudanças Climáticas, a Política Nacional de Recursos Hídricos, mas, especialmente, o Programa Produtor de Águas. Foram avaliadas as políticas do Zoneamento, e de Irrigação. Respeitar o Zoneamento pode contribuir para a recuperação de áreas degradadas e pastagens. Também se realizou um estudo de classificação intertemporal do uso e cobertura da terra entre os anos 1985, 2005 e 2018, mostrando conflitos pelo uso da terra (entre culturas e atividades). Neste último caso, compete à política de Programa Produtor de Água atuar visando à manutenção da umidade do solo, sobretudo, nas áreas que não poderão mais receber implantação de canaviais, devido às restrições do Zoneamento. Esta coordenação gerou os seguintes resultados numéricos: o Gotejamento subsuperficial utilizou 2,53 mm e o *Pivot* central, 40 mm. Os resultados ainda mostraram que a cana de açúcar vem se expandindo sobre áreas úmidas. Sendo assim, recomenda-se a combinação de gotejamento com a observância de boas práticas, como a cobertura de palha, e, em áreas críticas, como em zonas ripárias, a implantação de espécies florestais. Se o gotejamento não for uma opção por seus elevados custos, e longo prazo de *payback*, a alternativa é a observância do Zoneamento, o uso de cobertura de palha, entre outras boas práticas, porque isso vai ajudar a diminuir as necessidades de lâmina de água para irrigação com *Pivot* Central. A finalidade que melhor serve à política de Produtor de Água é ajudar a conservar a umidade do solo.

**Palavras-chave:** Bacia do Rio Verde – Sistema de Uso da terra – Cana-de-açúcar – Gotejamento – Água para irrigação.

### **Abstract.**

This thesis aimed to construct a sustainability intensification governance design of the sugarcane land use system for ethanol in Goiás, considering scenarios that compare three sugarcane irrigation technologies and environmental public policies. The strategic objective of this Land Use System is to reduce the need for high volume water for irrigation, and to generate environmental services, which in this case will be soil moisture. These objectives were achieved through some modeling and process simulations involving sugarcane growth and its water relations and soil-plant system relations. Thus, it was possible to explain how environmental services interact in that cycle. These modeling involved three irrigation technologies, namely: (i) Central Pivot, (ii) Self-propelled, and (iii) Subsurface drip. Of these, the one that proved to be the largest water saver was the last. However, technology itself does not bring sustainability. Governance must be built on the coordination of Good Agricultural Practice, Technology and Public Policy. Good practices were represented in this work by mulching the soil, especially after sugarcane harvesting. The public policies are the Sugarcane Agroecological Zoning in Goiás, the National Irrigation Policy (Irrigated Agriculture), besides the New Forest Code, the National Climate Change Policy, the National Water Resources Policy, but especially the Water Producer Program. Zoning and Irrigation policies were evaluated. Respecting zoning can contribute to the recovery of degraded areas and pastures. An intertemporal land use classification study was also conducted between 1985, 2005 and 2018, showing conflicts over land use (between crops and activities). In the latter case, it is up to the Water Producer Program policy to act to maintain soil moisture, especially in areas that will no longer be able to receive sugarcane plantations, due to restrictions on zoning. This coordination yielded the following numerical results: the subsurface drip used 2.53 mm and the central pivot 40 mm. The results also showed that sugarcane has been expanding over humid areas. Combining drip with good practice such as mulching is recommended, and in critical areas such as riparian areas the implantation of forest species. If dripping is not an option because of its high costs, and long payback, the alternative is compliance with zoning, the use of mulch, among other good practices, as this will help decrease water slide requirements for irrigation with Central Pivot. The purpose that best serves the Water Producer policy is to help conserve soil moisture.

**Key words:** Rio Verde Watershed - Land Use System - Sugar cane - Drip - Irrigation water.

## Introdução

Esta tese, apresentada ao Programa de Políticas Públicas, Estratégias e Desenvolvimento, visa a dar uma contribuição no Campo das Políticas Públicas, especialmente, no que diz respeito a como podem gerar seu encaixe institucional ("eficácia") e relacionar suas capacidades (*Policy Capacity*), a fim de que se alcance um grau de coordenação (articulação entre políticas públicas de meio ambiente e investimentos em serviços tecnológicos) para contribuir com o aumento da produtividade e a geração dos chamados serviços ambientais, utilizando menor quantidade de água.

Considerando que perto de 80% do uso da água no mundo é para Agricultura e que este recurso está se tornando custoso e conflitivo, é importante buscarmos um arranjo onde a produtividade possa ser incrementada e, ao mesmo tempo, ser poupador de água.

Com estas considerações, podemos pensar em intensificação da sustentabilidade do uso da terra de cana-de-açúcar para etanol na Bacia Hidrográfica do Rio Verde, Goiás.

A presente tese foi desenvolvida seguindo a lógica de partir da incerteza para o prognóstico, ou cenários. A principal estratégia foi construir a problematização ambiental da área de estudos, contemplando o máximo de detalhes em sua caracterização, tanto física como histórica, em vez de considerar o problema como uma premissa estabelecida *a priori*, que não pudesse ser repensada com o desenvolvimento nos vários níveis de análise do uso da terra (política, economia, paisagem e dinâmica agrícola).

Os espaços de coordenação pelas políticas públicas são construídos, mas não a partir de uma confrontação ou oposição às estratégias das empresas e produtores, que operam em redes de poder, submetendo a legislação e se opondo a determinações de normativas ambientais; diversamente, a busca pela coordenação ocorre através das capacidades da política de produzir o encaixe institucional induzindo mudanças na gestão ambiental corporativa. Este objetivo pode ser alcançado apresentando maior detalhamento das diretrizes de ordenamento territorial, reforço nos projetos do Programa Produtores de Água, especialmente para zonas ripárias e corredores ecológicos; e, possivelmente, estímulo aos projetos da Política Nacional de Irrigação.

Esta é a parte da coordenação que deriva da Capacidade da Política. Por outro lado, estão as inovações representadas pela tecnologia de gotejamento subsuperficial, que, nas poucas experiências conhecidas, têm apresentado vantagens tanto no que diz respeito à produtividade como também na viabilidade econômica em longo prazo. Estas duas

perspectivas permitem construir os espaços de coordenação visando à intensificação da sustentabilidade do sistema de uso da terra da cana-de-açúcar na Bacia do Rio Verde.

Os mapas que corroboraram a caracterização informam muito mais que a simples espacialização dos dados colhidos para sua elaboração: se lidos em conjunto, tais mapas mostram uma área que permite, por suas características, atividades de Agricultura Extensiva (ampla disponibilidade de terras com razoáveis condições de fertilidade, relevo quase plano, solos com capacidade de absorver mais água que o volume de precipitação, o que limita muito a possibilidade de acontecer escoamentos superficiais, um dos causadores de erosão); clima que permite o crescimento de uma diversidade de culturas, e, em particular, um regime de chuvas bem distribuídas, cuja época costuma ocorrer precocemente e chegar a termo tardiamente. Esta última e algumas outras características permitirão igualmente uma Agricultura Intensiva. Neste caso, o fator diferencial é o tempo, pois em se tratando de uma área com considerável aptidão agrícola, faz-se pertinente pensar sobre dois ou mais ciclos de plantio ao longo do ano. Com alguma variação, de maio a agosto é uma espécie de janela de oportunidade para se antecipar o plantio de algumas culturas, inclusive a cana-de-açúcar.

Nesse período, aplicam-se lâminas de irrigação, e com facilidade o nível de umidade no solo alcança a Capacidade de Campo, ponto a partir do qual a planta inicia o seu desenvolvimento. Outro aspecto característico é o posicionamento geográfico da área de estudos, que está inscrita à Região de Planejamento Sul Goiano. Portanto, sua localização é próxima dos principais eixos de escoamento e dos maiores centros compradores e exportadores no Centro-Sul, tais como a região do Triângulo Mineiro (Uberlândia, Uberaba), Oeste Paulista, a cidade de Santos, e o Rio de Janeiro. Fora do Centro-Sul, ainda se comunica com o Oeste da Bahia, Maranhão e Piauí, que podem processar seus grãos, complementar a produção agrícola e exportar através de navios. Essa confluência de fatores torna as terras circunscritas pela Área de Estudo alvo de competição e disputa entre produtores, o que traz riscos ambientais muito sérios.

Dessa forma, realizaram-se modelagens conceituais simplificadas, de alguns desses problemas. Estas modelagens em *System Dynamics* permitirão apreender os processos internos e, assim, observar como o manejo e o meio ambiente interagem. Isto permite entender com maior clareza que tipo de intervenção ou política pública pode oferecer melhor resultado, seja para regular, mitigar, compensar ou inibir os prováveis danos. Esta simulação foi sucedida por outra modelagem, com dados reais, colhidos em campo; realizada através do *software* de uma consultoria com *expertise* no ramo, e foi rodada para um ciclo de 16 meses, com plantio começando em abril.



Por fim, simulou-se a introdução de política pública, que, no caso, é o Programa Produtores de Água, que, conforme o Código Florestal, propõe a implantação de espécies para reflorestamento a fim de proteger as matas ciliares, próximas a cursos d'água. Entretanto, sabendo-se que não é possível garantir que os procedimentos serão capazes de gerar água para recarregar os reservatórios e alimentar os fluxos, faz-se necessário fixar um objetivo, que, no caso da presente tese, é o de prolongar a permanência da água no solo, ou, simplesmente, umidade.

Transversalmente, avaliou-se as políticas de ordenamento territorial, que é o Zoneamento Agroecológico da Cana-de-açúcar e a Política de Irrigação (infraestrutura e produtividade). Dessas, a que apresenta mais problemas é a de Zoneamento, que não é atendida, em grande parte, devido ao fato de outras políticas públicas sobre a cana-de-açúcar, pelo menos desde a década de 1970, terem colocado a planta em uma trajetória, que dificilmente será revertida para as áreas do ZAE. É um caso tratado como Dependência Histórica do Caminho Percorrido – ou *path dependence* – que será transformada a partir dos esforços institucionais, que incluem as transações, no mercado, mais a política de Produtor de Água.

Diante do exposto, epistemologicamente, coloca-se o desafio de apresentar estruturalmente o problema e compreender os processos de mudança do uso da terra em três períodos (1985-2005-2018), assim como as diferentes trajetórias que levaram àquelas situações espacialmente explicitadas, para, finalmente, discernir como uma interação entre políticas públicas pode contribuir para mudar a trajetória, uma vez que, dificilmente, se conhece bem o problema de forma *ex-ante*.

O sistema de uso da terra do etanol em Goiás consiste das plantações de cana, as usinas, as estradas, as instalações de apoio, a frota de máquinas agrícolas e seus implementos, e o conjunto de manejo e boas práticas. Diante disso, buscam-se cenários que apresentem a melhor avaliação do sistema de uso da terra, para que a produção de cana seja mais sustentável, sob o ponto-de-vista do uso da água, considerando tecnologia, instituições e políticas públicas.

Sendo assim, usa-se o referencial teórico da ciência do sistema de uso da terra – *Land-use System Science* (LSS), e a partir de tal perspectiva levantam-se os paradigmas de Monitoramento e Sistemas Sócio ecológicos ligados ao uso da terra. São eles: (a) Resiliência; (b) Adaptabilidade; e (c) [Capacidade de] Transformar – ou, originalmente, *Transformability*. O primeiro paradigma de monitoramento se aplica aos cenários que usam três tecnologias de irrigação da produção canavieira (*pivot* central, auto propellido

e gotejamento subterrâneo), que trazem vantagens sob o ponto-de-vista da sustentabilidade, sob o ponto de vista da disponibilidade de água e terras de boa aptidão agrícola, que poderão ser disponibilizadas para atividades alimentares da população e outros fins. E o segundo, a resiliência do sistema, pois a sua aplicação se volta para o fato de que maior disponibilidade de água para outros usos será liberada e que mais terras de boa aptidão agrícola poderão ser disponibilizadas para atividades alimentares da população e outros fins.

Sendo assim, o uso consumptivo da água funciona como indutor da mudança do uso da terra, no caso particular das dinâmicas analisadas na área de estudo da tese, muito embora diversos outros fatores concorrerão para o aumento ou estagnação ou mesmo queda da área plantada da cultura canavieira, como incentivo fiscal, logística, condições de mercado, renda, etc. A variação na área plantada com canaviais em Goiás tem diferentes motivações, que podem ser explicadas conforme a periodização desde, pelo menos o século XVII. Para o intervalo 2007-2011, é mais tátil observar a demanda de carros *flex fuel* que influencia a produção de etanol de cana-de-açúcar, e os respectivos investimentos, atraídos pelo incentivo fiscal. Assim, o sistema de uso da terra de cana em Goiás pode ser considerado o sistema prioritariamente de uso da terra para etanol.

O pressuposto apontado é um cenário que envolve a tecnologia de irrigação via gotejamento subterrâneo para manter a disponibilidade hídrica na região e esta que deve ser apoiada por política pública concebida com uma regulação inteligente, que, por um lado, contemple a missão da política nacional de (agricultura irrigada) irrigação, no que diz respeito tanto ao meio ambiente, como inclusão e geração de postos de trabalho (não necessariamente ligados à irrigação em si ou ao manejo da cana nas grandes lavouras). Ao mesmo tempo, construir balizamentos para que não se estimule – mesmo na irrigação privada e lotes empresariais da irrigação pública – obras e equipamentos em desfavor dos produtores canavieiros, que subsistirem nos arranjos contratuais com as usinas e destilarias. Poderá subsidiar esta hipótese a ampliação de projetos do Programa Produtores de Água, mas com a finalidade de aumentar a duração da umidade do solo, visto que não é possível assegurar que mais água será criada para abastecer reservatórios e cursos d'água, em todos os casos.

A quantidade de riscos à biodiversidade e às funções ecossistêmicas, de modo geral, trazida pela expansão da cana, e da agricultura extensiva nas áreas selecionadas da Bacia do Rio Verde impõe reconhecer que uma singular política pública, de cunho ambiental, não é o bastante, seja para mitigar ou para inibir e sancionar ações desordenadas,

motivadas por decisões de investimento por parte dos produtores, contemplando a redução dos custos financeiros, e, assimetricamente, os benefícios ambientais. Por outro lado, também há as políticas de infraestrutura e incentivo à produtividade.

Dessa forma, a presente tese buscará o cotejo de diferentes políticas com as trajetórias da agricultura extensiva e intensiva, e revelará algumas vezes que determinada política, em dado momento, foi contribuinte do problema instalado; noutras, embora orgânica, consistente e bem elaborada, não consegue entregar resultados, isoladamente. Entretanto, parece haver pouca dúvida de que a Política Produtores de Água é aquela que poderá ter melhor encaixe institucional, devido às suas características normativas (consequente ao Código Florestal) e funcionais (restauração de matas ciliares) *vis-à-vis* a expansão da cana em áreas úmidas.

Portanto, uma das principais conclusões desta tese é que uma combinação das políticas Zoneamento Agroecológico da Cana-de-açúcar (ordenamento do território) e do Programa Produtor de Água (pagamento por serviços ambientais) levaria à conservação da água disponível no solo por mais tempo, ao evitar exposição prolongada do solo, e outros efeitos negativos como compactação, empobrecimento dos nutrientes do solo, redução da biodiversidade e até algum grau de erosão. E a Política de Agricultura Irrigada cria um eixo tanto para produtores capitalizados como para agricultores familiares se organizarem a partir de projetos, fazer o *funding* dos investimentos e garantir a produtividade de suas culturas e planejar os canais de distribuição para os mercados e consumidores diretos.

A metodologia consiste em um procedimento para construir cenários, que compreende geoprocessamento (classificação intertemporal de uso e cobertura da terra, classes de solos, tipos de solos, etc.) e Avaliação de Políticas Públicas, pelo método da Avaliação em Profundidade (texto + contexto, encaixe institucional), embora mais modesta. O que se espera é a proposta de um desenho de Política Pública do meio-ambiente vinculado ao cenário mais favorável associando tecnologia, uso da terra e sustentabilidade em Goiás para contribuir com a meta apresentada na Contribuição Nacionalmente Determinada (NDC, em inglês).

## **Pressupostos**

- A sustentabilidade no uso da terra para etanol em Goiás exigirá mudanças no sistema de irrigação para tecnologias que permitam maior uso eficiente da água na irrigação, conseqüentemente com menos riscos de difusão de impactos socioambientais negativos;
- A eficiência do Manejo Integrado da Bacia Hidrográfica do Rio Verde resultará tanto da conversão tecnológica, como do encaixe institucional de algumas políticas públicas ambientais focais;
- A coordenação entre as boas práticas agrícolas, o atendimento aos dispositivos do Zoneamento Agroecológico da Cana-de-açúcar, do Código Florestal e a ampliação dos projetos sob o Programa Produtores de Água gera mais funções ecossistêmicas e bem estar;
- Diminuir o consumo de água para irrigação na lavoura canavieira ensejará mais interações entre serviços ambientais em benefício da sociedade na Bacia do Rio Verde.

## **Objetivo**

O objetivo desta tese é construir um cenário de intensificação da sustentabilidade do sistema de uso da terra de etanol na Bacia do Rio Verde, através de cenários que comparem três tecnologias de irrigação da cana-de-açúcar e políticas públicas ambientais. O objetivo estratégico deste Sistema de Uso da terra é diminuir as necessidades de quantidades de água para irrigação, e gerar serviços ambientais, que, no caso, será a umidade no solo.

## **Objetivos específicos**

- Avaliação da Política de Zoneamento Agroecológico da Cana-de-açúcar em Goiás;
- Avaliação da Política Nacional de Agricultura Irrigada;
- Modelagem dos sistemas de irrigação pelos três métodos e suas relações hídricas;
- Simulação da técnica de gotejamento subsuperficial em um sistema de uso da terra com boas práticas agrícolas, gestão ambiental das usinas e políticas ambientais visando à diminuição da lâmina de irrigação.

Além desta introdução, esta tese possui 8 capítulos, assim divididos: no capítulo 1, será discutido o tema uso da terra *vis-à-vis* a caracterização da Área de Estudo, por sua vez o capítulo 2 apresentará a Revisão da Literatura e Marco Teórico, o capítulo 3 será ocupado com a Avaliação de Políticas Públicas, mais especificamente, o Zoneamento Agroecológico da Cana no estado de Goiás. No que se refere ao capítulo 4, será feita uma Meta-avaliação da Política Nacional de Agricultura Irrigada; em cotejo com sua antecedente, a Lei nº 6662/1979. No capítulo 5 será feita a discussão das Relações Hídricas no Sistema de Uso da

terra. O capítulo 6 será intitulado Resultados: Metodologia, Análise e Discussão. Concernente ao capítulo 7, será realizada a Modelagem Proposta. Por fim, o capítulo 8 apresentará as Considerações finais.

## Capítulo 1: Uso da Terra e Área de Estudo

### 1.1 Etanol e Uso da Terra

A oferta de etanol de cana-de-açúcar no Brasil, assim como seu estímulo, produção e importação adquiriram uma relevância expressiva tornando-se uma opção de rota tecnológica de solução nacional para os problemas de substituição de combustíveis de origem fóssil (gasolina e diesel), que têm flutuação de preço, subsídios, impactos ambientais e locais mais negativos que os biocombustíveis.

A perspectiva estratégica e geopolítica<sup>1</sup> se apresenta com a participação do Brasil na Conferência das Partes da Convenção-Quadro das Nações Unidas, que aconteceu em 2015, em Paris.

Na reunião foi consolidado o documento oficial brasileiro, designado por “Contribuição Nacionalmente Determinada” (NDC, em inglês). Esta Contribuição, assim como a dos demais países que se fizeram representar na COP-15, visa a empreender esforços nacionais para que a temperatura do Planeta não se eleve acima de patamares entre 1,5° C e 2° C até 2050.

Naquele Documento, os representantes brasileiros firmaram o compromisso de promover medidas de eficiência, melhorias na infraestrutura de transportes e no transporte público em áreas urbanas e isto pode ser associado ao propósito de aumentar a oferta de etanol, inclusive por meio do aumento da parcela de biocombustíveis avançados (segunda geração) (2015b: 3,4); em conformidade com o Documento, o cenário mais aderente indica o potencial de o Brasil produzir até o ano de 2030, 54 bilhões de litros de etanol para o setor de transportes e no transporte público em áreas urbanas. (2017:21).

A meta corresponde a uma trajetória que o país vem alcançando a uma razão de 7,44% de crescimento de produção de etanol desde o ano 2000. De acordo com a Empresa de Pesquisas Energéticas (EPE), a oferta de etanol (incluindo as importações) entre 2000 e 2015 foi de 20,3 bilhões de litros, com algumas oscilações entre 2009 e 2013. Entretanto, os “Cenários de Oferta de Etanol e Demanda do Ciclo Otto: Versão Estendida 2030” (2017), apresenta três alternativas: crescimento baixo, crescimento médio e crescimento alto. Somente neste último, apresenta-se um cenário de oferta de 54,3 bilhões de litros. A demanda por etanol carburante (hidratado e aquele misturado à gasolina, ou seja: o anidro) no cenário de Crescimento Alto, a demanda alcançará o valor de 19,9 bilhões de litros em

---

<sup>1</sup>Modo de inserção internacional a partir de soluções energéticas em escala comercial

2030. (2017:23). Em outras palavras, muito embora a projeção de oferta para 2030 pareça apertada, parece também ser bastante para suprir a demanda pelo combustível renovável.

A sustentabilidade do sistema de uso da terra e método de produção da cana e da tecnologia associada a essa atividade devem ser observadas. Entre diversos textos que privilegiam o uso da terra, destacam-se os de Lapolla *et al.* (2015) e Jaiswal *et al.* (2017).

Lapolla *et al.* (2015) e Jaiswal *et al.* (2017) apontam para o fato de que o uso da terra prevê diferentes processos<sup>2</sup>, uns indicando somente um crescimento da produtividade da cana-de-açúcar no país, outros calculando como a mudança de produtividade poderá influenciar o uso da terra.

Muitas vezes, está ausente na literatura especializada a discussão sobre como o tipo de tecnologia e a escala, por exemplo, pode afetar a sustentabilidade do sistema de uso da terra com cana-de-açúcar para etanol, seja de primeira ou segunda geração, para atender ao objetivo de aumento de produtividade por meio da irrigação.

A produção de etanol pretendida vai exigir o uso mais eficiente de terras destinadas a pasto, etanol de origem celulósica e a continuidade de políticas nacionais que resultem em firmes melhoramentos nos indicadores de cana e sustentabilidade.

O processamento mais eficiente (maior aproveitamento de componentes da cana e menos perdas no processo), no elo de “transformação industrial” da cadeia produtiva (2017) será essencial.

Jaiswal *et al.* (2017), fazem uma afirmação categórica de que o etanol de cana-de-açúcar é indiscutivelmente o mais sustentável, e entre estes é aquele capaz de compensar as emissões de carbono a partir dos combustíveis fósseis. (2017:04). Este seria o mais sustentável entre os renováveis, segundo o indicador de compensações por emissões de dióxido de carbono.

Contudo, ao se focar no sistema de uso da terra, particularmente, no estado de Goiás, qual seria a influência do tipo de irrigação e portanto uso da demanda de recursos hídricos com o aumento dos níveis de produtividade?

Há, na literatura que será revisada, indicações de que as duas tecnologias mais comuns na irrigação de cana, o *pivot* central e o auto propelido, apresentam vantagens discutíveis em termos de sustentabilidade, especialmente, no que se refere à evaporação

---

<sup>2</sup>Desacoplamento entre desmatamento e agricultura, *commoditização* da terra, conjuntura política e econômica influenciando o referido desacoplamento e a diminuição da concentração fundiária no Brasil (2015)

d'água para a atmosfera e a perda de solo, matéria orgânica, água e fertilizantes solubilizados para outros pontos erosão e contaminação de rios, entre outros.

A expansão da oferta de etanol, portanto, no Estado de Goiás, estará vinculada a algumas tecnologias para mudar o nível de produtividade dos canaviais, pois não é incomum que a produção de canaviais no estado seja a sob irrigação de salvamento, isto é: quantidade de água limitada, que é aplicada à cultura durante um período determinado de tempo, normalmente, quando as chuvas não são suficientes numa certa região ou localidade.

Considerando que a NDC do Brasil apresenta a meta de consumo de 54 milhões de litros de etanol para 2030, como visto no documento da EPE (2017), pode não ser alcançada apenas com produção doméstica, mas existe disponibilidade de terra para a expansão da cana, esta têm que ter indicadores para gerenciar o seu uso de forma sustentável (2015;2017). O projeto ora desenvolvido propõe cenários nos quais o sistema de uso da terra para cana-de-açúcar para produção de etanol (1G ou 2G) em Goiás pode ser sustentável considerando tipos de irrigação, visando ao aumento da produtividade e a expansão da oferta contribuinte da NDC.

As hipóteses que deverão ser verificadas têm a ver com duas tecnologias comparadas com o *pivot* central: (a) auto propelido e (b) gotejamento subterrâneo.

A metodologia envolve geoprocessamento em vários níveis, tais como classificação do uso e cobertura da terra, determinação de áreas mais aptas ao cultivo, tipo de solos e classes de uso da terra, além da avaliação de políticas públicas, pelo método “avaliação em profundidade”.

Como produto final do projeto, apoiado em saídas numéricas e a construção de indicadores, será proposto um desenho de Política Pública do meio-ambiente vinculado ao cenário mais favorável, associando tecnologia, uso da terra e sustentabilidade em Goiás para contribuir com a meta apresentada na NDC.

Neste projeto, a sustentabilidade contempla, embora não exclusivamente, as seguintes condições: (a) reduzir os tratores e outra maquinaria movidas a diesel e outros combustíveis fósseis do sistema de uso da terra do etanol (usando gradativamente etanol, biodiesel, biogás elétricos, etc.), (b) evitar perda de solo, água, fertilizantes (e agrotóxicos) solubilizados, (c) perda de água para a atmosfera (sobretudo barragens e reservatórios, por conta da exposição do espelho d'água e assoreamento forçado pela chuva), (d) retirar, pelo menos, 30% da mão-de-obra “pesada” da exposição ao risco (eletrocussão, friagem, insolação, peçonha, etc.) e (e) diminuição do custo operacional e aumento da produtividade.



Sendo assim, de antemão, pode-se problematizar esta política pública, cujo *design* é o produto esperado da tese, como sistema complexo que concebida a partir da Avaliação em Profundidade do Zoneamento Agroecológico da Cana-de-Açúcar para Goiás e a Meta-Avaliação da Política Nacional de Irrigação (Agricultura Irrigada) tanto da Lei 6.662/1979 como da sucedânea, a Lei 12.787/2013.

## **1.2 Sistemas de Uso da Terra nas Microrregiões do Sudoeste de Goiás**

Há dúvidas significativas acerca da sustentabilidade do sistema de uso da terra da cana-de-açúcar em Goiás atualmente, entre outras razões, porque o nível de eficiência do manejo não é uniforme em todas as áreas. Dentre variadas perspectivas, há uma premissa construída através de trajetórias históricas dos grupos de interesse. Nesse sentido, Barbalho, Silva e Castro (2013) ao referir que as áreas de plantio de cana-de-açúcar ocorreram, preferencialmente, nas microrregiões Sudoeste de Goiás, Vale do Rio dos Bois e Meia Ponte, entre 2001 e 2006; sendo que esta última já em 2004 inicia um processo crescente de aumento de área plantada ultrapassando a microrregião de maior produção até então, a Sudoeste.

A partir de 2006, outra microrregião ganha destaque: Quirinópolis. Em 2010, esta região estava entre as três microrregiões com maior área de produção do estado. (2013:100-101).

Duas políticas públicas influenciaram nessa dinâmica espacial: (a) Proálcool e (b) Plano Nacional de Agroenergia. O primeiro teve um efeito residual, e o último, um pouco mais significativo, visto que recomendava que as áreas para a expansão da produção deviam estar localizadas em regiões menos desenvolvidas, entre as quais estão as terras do Cerrado, uma vez que a tecnologia industrial e de produção agrícola, viabilizando a transformação dos solos, que passaram a ostentar maior aptidão agrícola. (2013:99). A microrregião de Quirinópolis está localizada no Sul Goiano, que desde 1997, e, especialmente, nos anos 2006 e 2007, concentra cerca de 70% dos projetos de investimentos em Usinas de Açúcar e Álcool no estado.

Especialmente, no município de Quirinópolis, o mais importante da microrregião, tem havido uma rápida conversão, ou seja, uma transformação das áreas utilizadas pela agropecuária em canaviais, particularmente, a partir de 2004. Contudo, são desconhecidos os impactos sobre o meio físico e biótico, além dos sociais e econômicos da expansão; o que se conhece, entretanto, são a oferta logística e o alto potencial para o cultivo da cana naquela área. (Camelini, 2011).

Este breve trecho apresenta um direcionamento, com particular impulso aportado por certas políticas públicas, para áreas que não são, originariamente aptas. E a implantação de culturas que precisam ser adaptadas implicam em alterações – ainda que, em alguns casos, pontuais – no microclima, no ciclo hidrológico e no uso da terra.

Nesse ponto, há uma peculiaridade que merece ser observada: o licenciamento ambiental é obrigatório exclusivamente para as usinas, mas não para as áreas agrícolas<sup>3</sup>, de forma que há possibilidade de os impactos ambientais estarem sendo retro-alimentados nas áreas onde há cana de açúcar própria das usinas, e mais ainda em áreas arrendadas e de fornecedores. Sendo assim, devem estar acontecendo impactos indiretos, como, por exemplo, induzir os agricultores e pecuaristas – que venderam ou arrendaram suas terras – a investir em novas áreas, na mesma microrregião ou não, mesmo aquelas que apresentem menor aptidão agropecuária, repetindo-se então todo o ciclo vicioso dos impactos. (Borges, 2011).

Convém questionar quais são as limitações de uma política pública para assegurar a sustentabilidade de um sistema de uso da terra? Visto que Políticas Públicas que constroem a não observância de uma norma com restrição do acesso ao financiamento público não inibem aos que possuem canais de financiamento de outras modalidades.

Se, por um lado, a política pública do momento entendia que as “áreas menos desenvolvidas”, como o Cerrado, deviam ser ocupados com cana-de-açúcar visando ao etanol; sobrevieram décadas depois políticas locais e federais de Zoneamento, que, ainda não conseguiram obstar a trajetória impactante da cultura canavieira contemporaneamente.

Um problema adicional é que não se verifica, atualmente, e, a rigor, há algumas décadas, este movimento. Esta expansão canavieira não é mais uma indução de políticas públicas; da mesma forma, a saída das usinas do negócio, e, se vier a ser registrado, o abandono do uso da terra, naquela particular atividade, independente de se praticar a substituição de culturas, o controle e a capacidade estatal estarão aquém do potencial de orientar e assegurar a trajetória de sustentabilidade associada aqueles empreendimentos.

Isto pode ser compreendido na continuação do texto mencionado anteriormente, onde o mesmo chama atenção para o fato de que a expansão não era um processo comandado diretamente pelo governo e, mesmo a seleção de áreas para a expansão da cana, que, embora apoiada por uma política pública é motivada por decisões principalmente da iniciativa privada. As usinas induzem um novo modelo de uso e ocupação das terras agricultáveis nas áreas onde se instalam, que, além de reconfigurar as paisagens, introduzem transformações

---

<sup>3</sup> Talvez caiba ponderar que a outorga de água escape ao rigor da afirmação da autora citada.

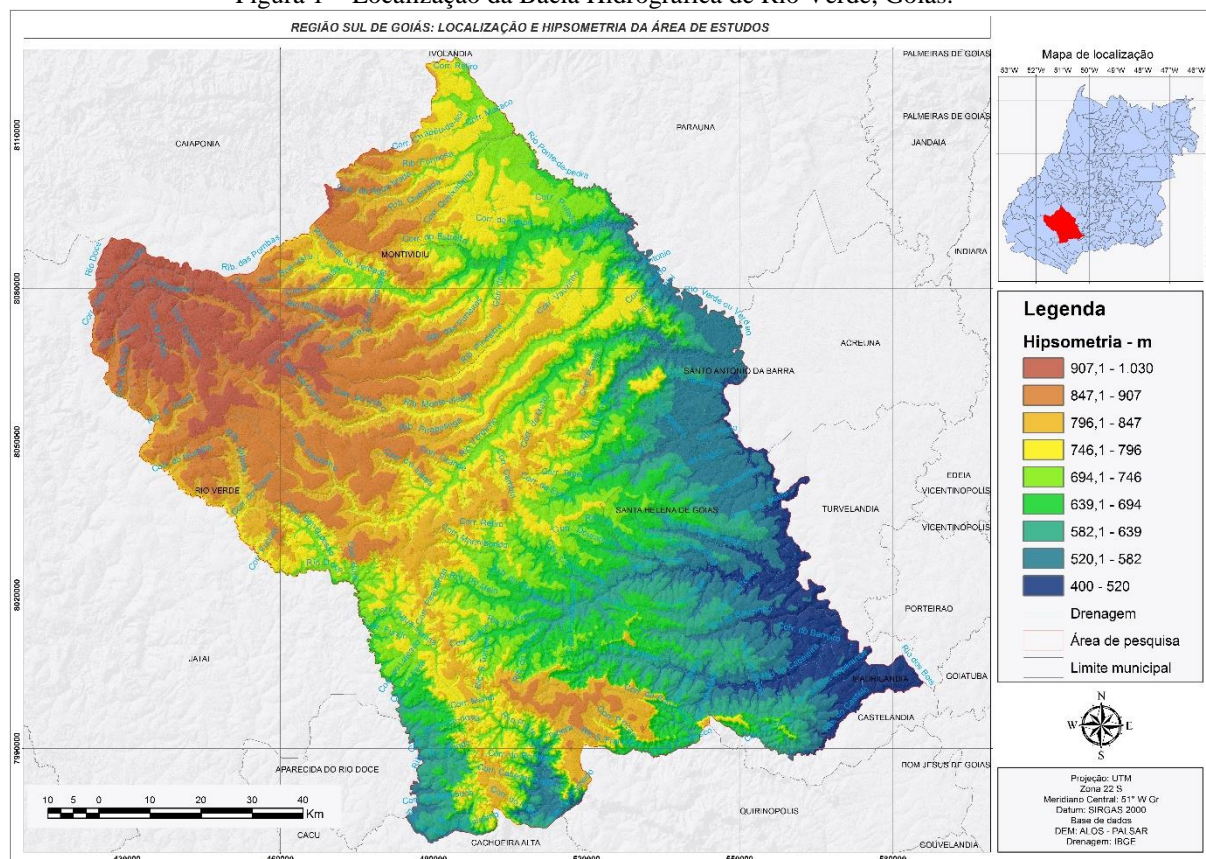
territoriais, que também estão vinculadas ao desenvolvimento de grandes complexos agroindustriais. (2011:24). Pode-se ainda conjecturar que as condições de oferta hídrica (chuva) e relativa fertilidade do solo, propicia um tipo de agricultura intensiva, também, porque se aproveitam áreas relativamente úmidas e tecnologia de irrigação para, em alguns casos, antecipar o plantio, o que leva a disputas por terras, que, não raro, deixam de observar dispositivos legais e normativos ambientais. Buscar soluções nesse sentido vão de medidas compensatórias, mitigadoras a mercados diferenciados, que levam em conta o aspecto ambiental em suas transações.

### **1.3 Geologia da Área de Estudo**

A Área de Estudo – restrita aos cinco municípios: Montividiu, Rio Verde, Santo Antônio da Barra, Santa Helena de Goiás e Maurilândia – soma 11.917,36 km<sup>2</sup>, o que corresponde a cerca de 4% da área total do Estado de Goiás. A Bacia Hidrográfica do Rio Verde, que faz parte da Bacia do Rio Paranaíba, que, por sua vez, é abrangida pela Bacia do Paraná. A Bacia do Rio Verde está situada na microrregião sudoeste de Goiás.

A Figura 1 apresenta os limites da Bacia Hidrográfica de Rio Verde, Goiás.

Figura 1 – Localização da Bacia Hidrográfica de Rio Verde, Goiás.



Fonte: TOPODATA - INPE

O mapa da Figura 1 mostra a Bacia do Rio Verde, no estado de Goiás. Como pode ser observado, trata-se de uma área de grandes dimensões, que compreende diversos municípios e tem extensa área de influência.

Essa restrição se dá por motivos de afinidades físicas que representam expressivamente o movimento de expansão da cana de açúcar na região.

Essas afinidades se dão pelas características geomorfológicas<sup>4</sup>, pedológicas<sup>5</sup>, e também porque estes municípios formam um polígono mais regular, que, conseqüentemente abrange uma área mais homogênea sob o ponto-de-vista do relevo, das condições pedológicas, e hidrológica.

Os fatores acima criam as condições mais favoráveis para a expansão da cana de açúcar, associado a outras circunstâncias, que serão discutidas posteriormente, ensejam aquela área como a preferida para a implantação de canaviais.

Convém ressaltar o predomínio de terras em altitudes intermediárias, ou seja, terras situadas entre as nascentes e o exutório (parte mais baixa da Bacia). Conforme a

<sup>4</sup> Este termo se refere à formação do relevo, dos solos e do local.

<sup>5</sup> Este termos se refere ao estudo das propriedades e formação dos solos.

metodologia proposta no Sistema de Avaliação da Aptidão Agrícola das Terras (2004), essa posição das terras facilita, por ação gravitacional, um fluxo contínuo de águas pluviais e a boa drenagem dos solos, abastecendo o lençol freático. Também apresenta a vantagem de evitar solos saturados, que prejudicariam o cultivo da cana de açúcar. Além disso, cria condições para a captação de água para os usos que serão discutidos mais adiante.

Com base nos dados e mapas do Projeto RADAMBrasil (1975), Nascimento (1991) efetuou a compartimentação topográfica do Estado em cinco unidades e onze subunidades geomorfológicas, baseada na similitude das formas de relevo, na altimetria relativa e nas características genéticas. Assim, a área de estudo está compreendida na unidade geotectônica do Planalto Setentrional da Bacia do Paraná e a subunidade do Planalto do Rio Verde.

O Planalto Setentrional ocupa o sudoeste do estado de Goiás e se comporta como uma unidade geotectônica autônoma, de idade paleomesozóica (c. 251 milhões de anos). Por causa dos desníveis altimétricos e dos processos erosivos que originaram diferentes tipos de dissecação: Planalto do Rio Verde e Planalto de Caiapônia, separados por nítido alinhamento de *cuestras* contínuas. (1991:12).

Por sua vez, o Planalto do Rio Verde é o maior em extensão e constitui o reverso da *cuesta* do Caiapó. Compreende dois compartimentos topográficos distintos. Um, mais elevado, comportando altimetrias que variam de 650 a 1000 m. Outro, mais baixo, que abrange *cuestras* de 350 a 650 m de altitude.

O compartimento elevado distribui-se de forma irregular em meio ao mais baixo. Sua área mais expressiva e de distribuição mais contínua abrange a borda norte do planalto, delimitada pela *Cuesta* do Caiapó e conhecida regionalmente como “chapadões de Goiás”.

De acordo com Guerra (1993), as *cuestras* são definidas como cume assimétrico, com inclinação longa e suave de uma colina. As mais comuns são as *cuestras* arenítico-basálticas, intercalando sequências de camadas sedimentares de inclinação suave com níveis mais resistentes à erosão.

Esta definição ajuda a explicar por que ocorre quase uma predominância de Arenito, Basalto e Conglomerado, como ilustrado na Figura 4, que representa o mapa de Litologias, mais adiante.

A seleção da área pelos produtores será favorecida, do ponto-de-vista da formação geológica, isto é, dos tipos de rocha e camadas, porque, mais adiante vai favorecer a formação de solos, que se prestarão a cultivos, técnicas e manejos.

De acordo com Moreira *et al.* (2008), afloram as seguintes unidades geológicas na área de estudo: Cobertura Detrito-laterítica Ferruginosa, **Cobertura Detrítica Indiferenciada**,

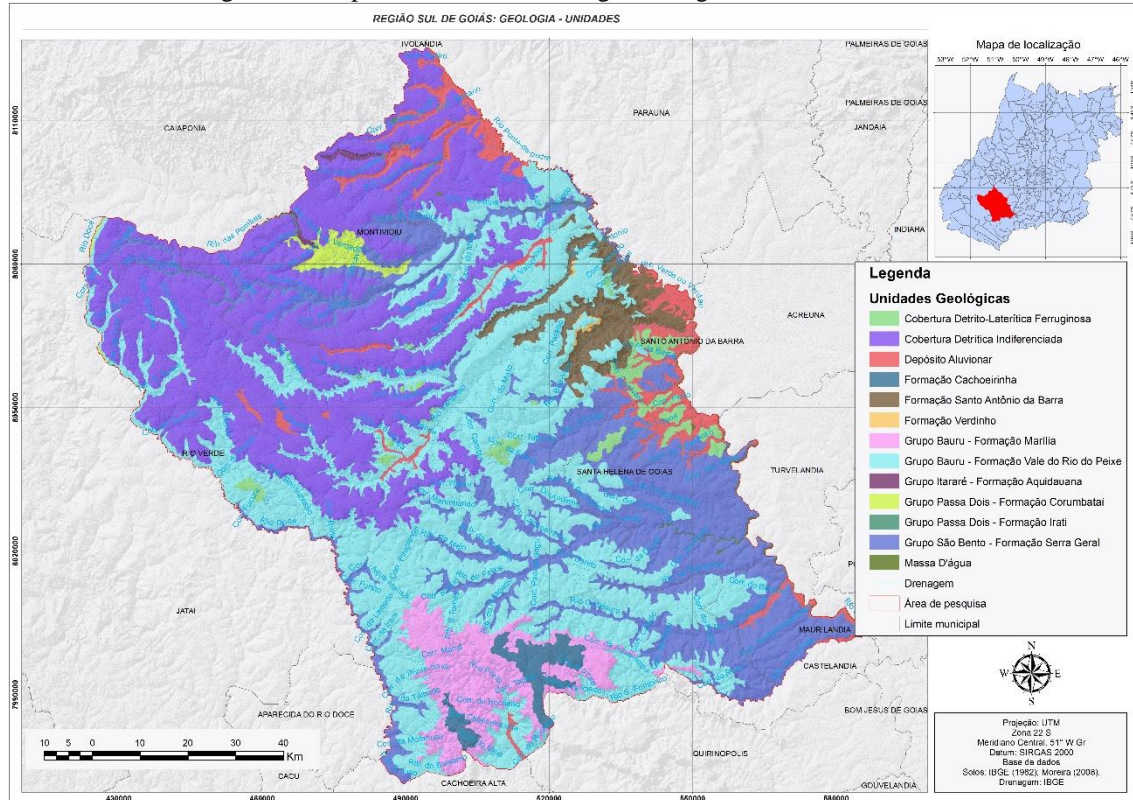
Depósito Aluvionar, Formação Cachoeirinha, **Formação Santo Antônio da Barra**, **Formação Verdinho**, Grupo Bauru – Formação Marília, **Grupo Bauru – Formação do Vale do Rio do Peixe**, Grupo Itararé – Formação Aquidauana, Grupo Passa Dois – Formação Corumbataí, Grupo Passa Dois – Formação Irati, Grupo São Bento – Formação Serra Geral, e Massa d'água.

Podemos observar que predominam, ao norte da área de estudo, as Unidades **Cobertura Detrítica Indiferenciada**, e, ao sul, **Grupo Bauru – Formação do Vale do Rio do Peixe**. Há ainda que se observar, a leste, **Formação Santo Antônio da Barra**; e, em trechos dessa mesma formação, a **Formação Verdinho**, que acompanha o trajeto do Rio Verde.

A primeira unidade referida corresponde, como veremos a seguir na Figura 3, ao tipo de Rocha **Sedimentar**. Este tipo de rocha permite que a formação resulte em um solo de relevo mais plano, o que favorece a mecanização agrícola. Por sua vez, como ocorre na porção oriental da área de estudo, particularmente, na **Formação Santo Antônio da Barra**, ocorre o tipo de rocha ígnea, que corresponde a Basalto, que, por sua vez, contribui com a fertilidade do solo daquela área.

Em conjunto, essas características que serão espacialmente explicitadas nas figuras subsequentes, caracterizam a área de estudo como uma região apta para a atividade agrícola, e também, do ponto-de-vista econômico, com maior potencial de produtividade, visto que favorece a mecanização e os investimentos para a correção da fertilidade do solo não são proibitivos.

Figura 2 – Mapa das Unidades Geológicas: Região Sul de Goiás.



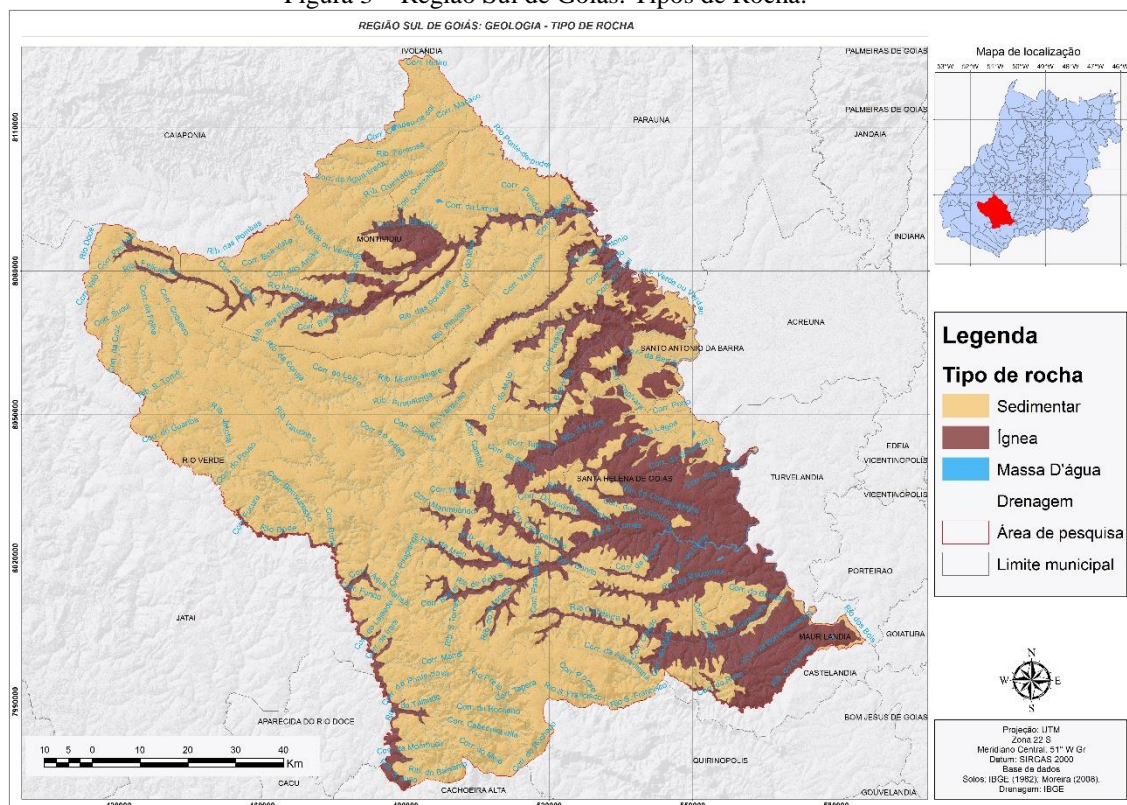
Fonte: Elaborado pelo autor com base em Solos – IBGE (1982) e Moreira *et al.* (2008).

A Figura 2 representa as Unidades Geológicas, com destaque para a **Cobertura Detrítica Indiferenciada** e ao **Grupo Bauru – Formação do Vale do Rio do Peixe**. A Bacia do Rio Verde, nossa área de estudo, então, é formada por características geológicas que, agrupadas, resultam em solos planos e férteis, em partes mais altas do estado.

A Figura 3 apresentará os tipos de rocha que ocorrem nos solos da área de estudo.

Segundo Castro e Jatobá (2004), existem três tipos de rocha: Rochas Magmáticas ou ígneas, Rochas Sedimentares e Rochas Metamórficas.

Figura 3 – Região Sul de Goiás: Tipos de Rocha.



Fonte: Elaborado pelo autor com base em Solos, IBGE (1982), Moreira (2018).

Na figura 3, é possível observar que os tipos de rocha que ocorrem, atualmente, naqueles solos, são Sedimentar e Ígnea.

No primeiro caso, as rochas são formadas a partir de processos físico-químicos que sofrem os agentes destrutivos. Ex. arenitos, calcário, folhelhos, etc. Ou seja, através da deposição de fragmentos de material mineral ou orgânico, pela precipitação de substâncias em solução e pela deposição de materiais de origem biológica. (Wilkinson *et al.*, 2009).

No segundo caso, a formação das rochas ígneas vêm do resultado da consolidação decorrente do resfriamento do magma derretido ou parcialmente derretido, e podem ser formadas com ou sem a cristalização, ou abaixo da superfície como rochas intrusivas (plutônicas) ou próximo à superfície, sendo rochas extrusivas (vulcânicas). (USDS, 2012). Tais rochas têm influência sobre o tipo de solo e as condições de fertilidade.

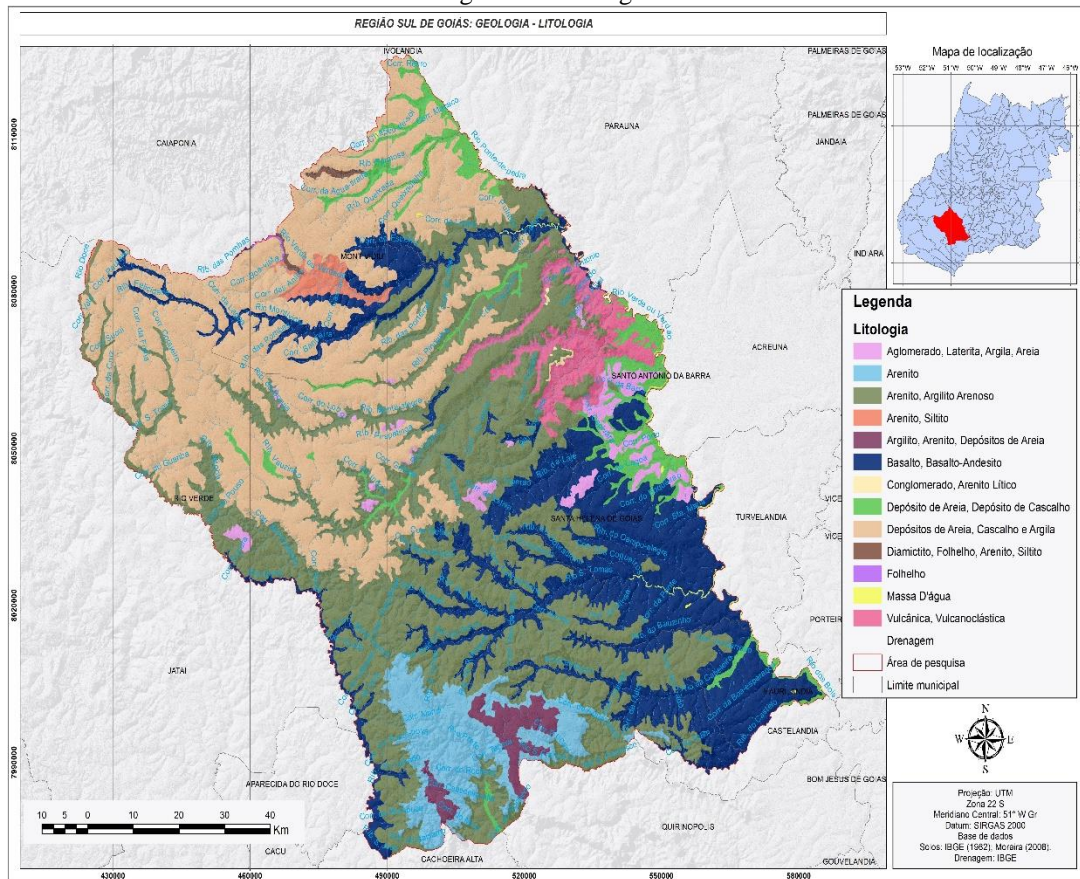
A rocha ígnea contribui para a fertilidade do solo e a rocha sedimentar contribui para que o solo seja favorável à mecanização por ser, praticamente, plano.

A Figura 4 representa uma informação espacialmente explícita da litologia, isto é, das rochas que contribuíram para a formação dos solos da Região Sul do Estado de Goiás, em geral, e a área de estudo, em particular.



Nela se pode observar a ocorrência de Arenito Lítico, Conglomerado na parte mais ao norte da área de estudo, porém na porção meridional, parece preponderar o Basalto e o Basalto-Anesito. Por outro lado, o Arenito, Argilito Arenoso parece estar distribuído, de maneira relevante, em ambas as porções do território da Bacia do Rio Verde.

Figura 4 – Litologia



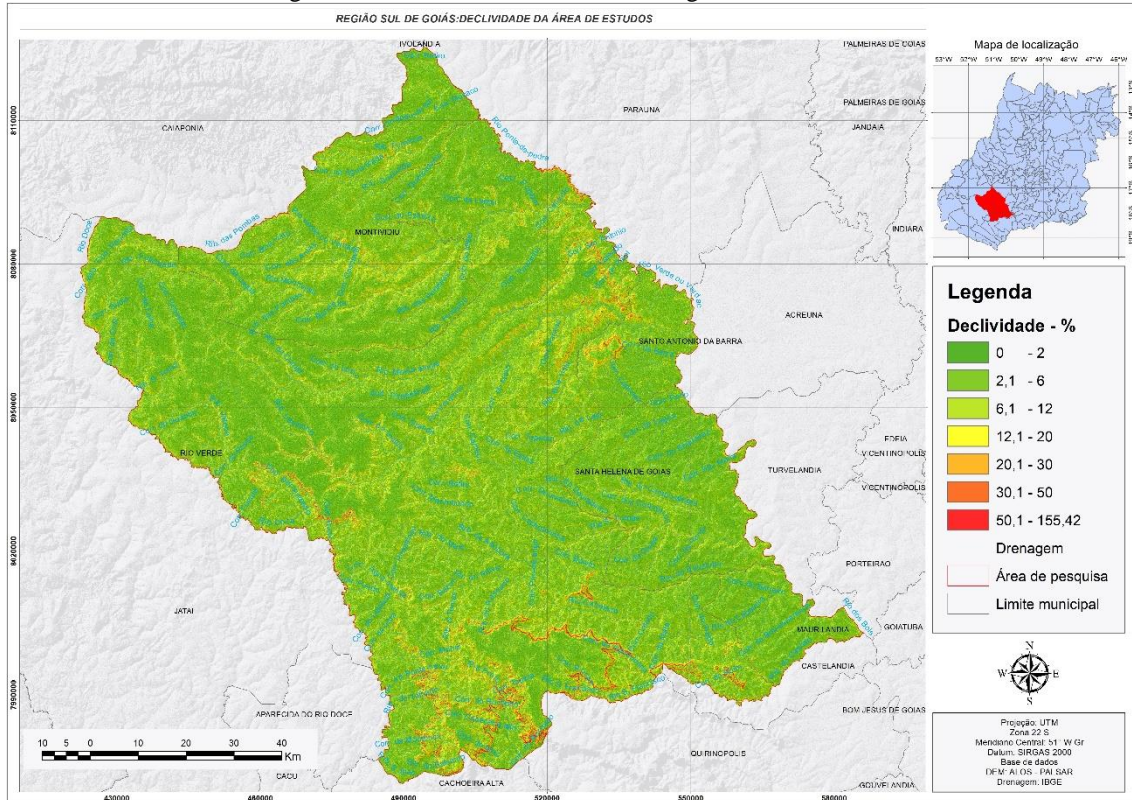
Fonte: preparado pelo autor com base em IBGE (2002) e Moreira et al. (2008).

A caracterização mais objetiva que podemos extrair das informações na figura 4 é que a proporção de fertilidade trazida pela presença de rochas ígneas se deve à intrusão de Basalto em meio ao Arenito, que se observa predominante, principalmente, ao norte. Essa presença de Basalto confere alguma fertilidade ao ambiente, uma vez que o Arenito é composto de quartzo e oxigênio, daí a sua coloração mais clara no mapa, que é um solo pobre. Porém, por ser de fragmentação fina se mistura ao arenito e retira do solo resultante, o Latossolo Vermelho de textura argilosa, o que favorece a atividade agrícola.

Ainda na concepção geológica, dois aspectos influenciam de maneira importante a seleção de áreas e os projetos de implantação de canaviais: a hipsometria e a declividade.

A Figura 5 representa os níveis de declividade da Bacia do Rio Verde.

Figura 5 - Declividades da Bacia Hidrográfica de Rio Verde.



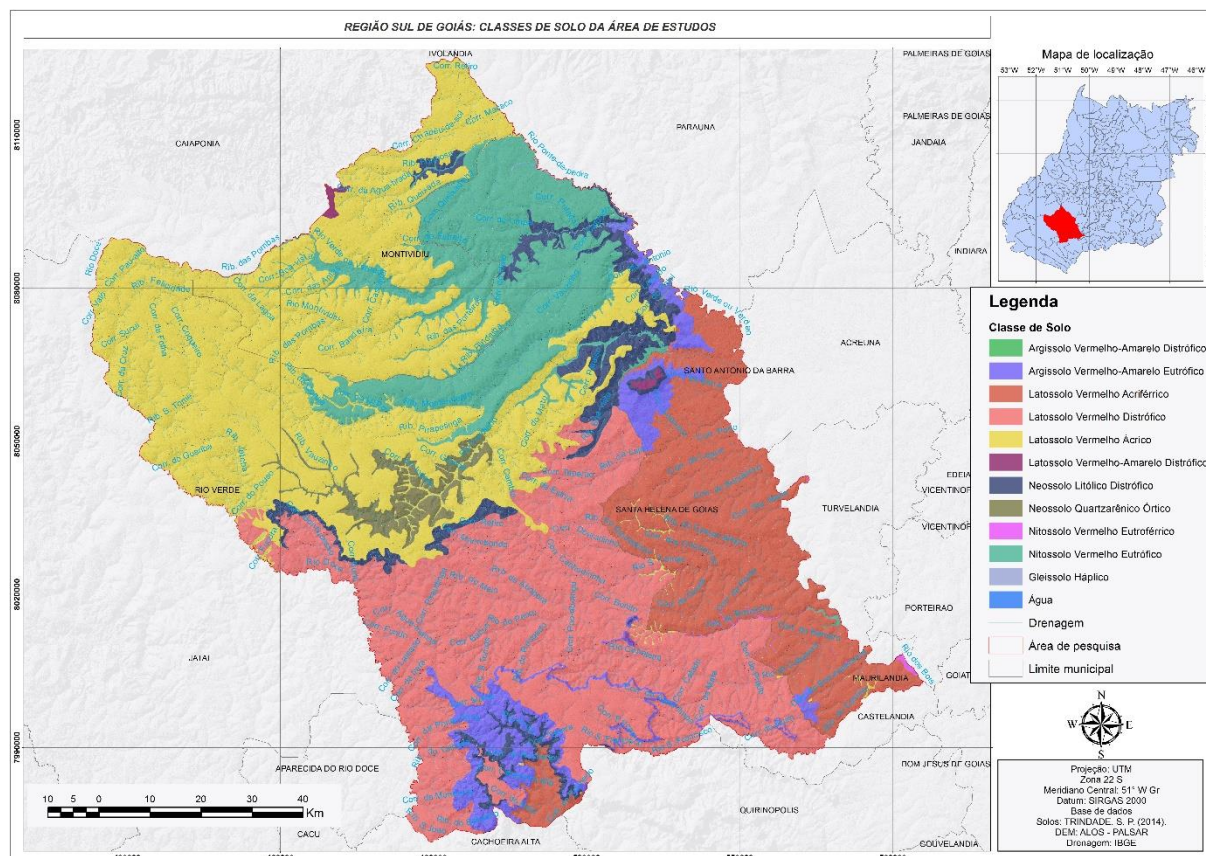
Fonte: preparado pelo autor com base em ALOS – PALSAR, IBGE.

A importância da figura 5 é exatamente demonstrar que predominam terras de relevos maiores, mais altos, que é onde concorrem as características apontadas anteriormente como baixa declividade e fertilidade.

Através da Figura 5 podemos observar a predominância de declividades de até 6% na Bacia do Rio Verde, e para que a mecanização da agricultura seja favorecida, é necessária uma declividade de até 9%; portanto, é uma área muito propícia à atividade agrícola mecanizada.

A Figura 6 apresentará uma distribuição das classes de solo da Bacia do Rio Verde.

Figura 6 – classe de solos na Área de Estudos: Bacia do Rio Verde, Goiás.



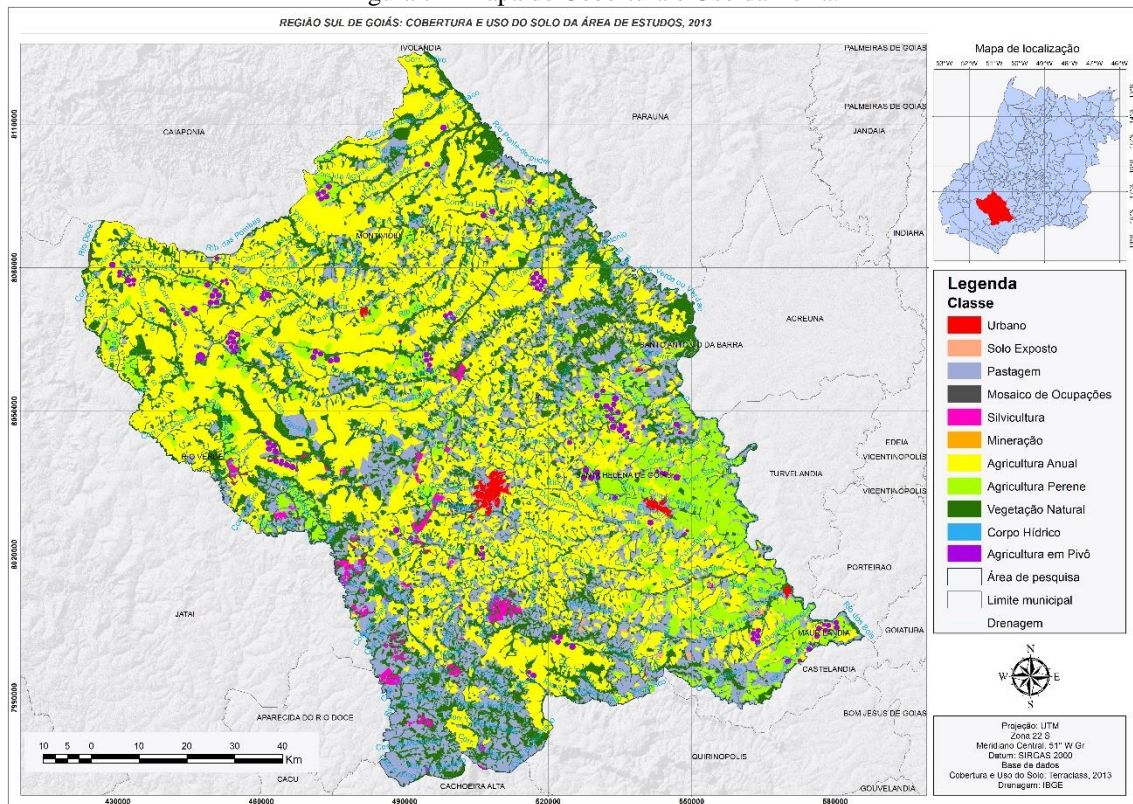
Fonte: Elaborado pelo autor, com base nos dados em IBGE (1982) e Emater (2017) e Trindade (2015).

A primeira observação que podemos fazer é a preponderância dos latossolos vermelhos. Em geral, latossolos vermelhos, apresentam cores vermelhas acentuadas, devido aos teores mais altos e à natureza dos óxidos de ferro presentes no material originário em ambientes bem drenados, e características de cor, textura e estrutura uniformes em profundidade, e ocorrem predominantemente em áreas de relevo plano e suave ondulado, propiciando a mecanização agrícola. Devido às sua profundidade e porosidade ou, também, os muito porosos, apresentam condições adequadas para um bom desenvolvimento radicular em profundidade, principalmente se forem eutróficos (de fertilidade alta). Além destes aspectos, são solos que, em condições naturais, apresentam baixos níveis de fósforo. (AGEITEC /EMBRAPA, s.d.).

A Figura 7 apresentará uma distribuição dos usos da terra na Área de Estudo. Após conhecer toda a caracterização anterior (relevo, declividade e Litologia, principalmente) se torna viável compreender (a) as condições iniciais para o desenvolvimento das atividades agrícolas, que são predominantes na Bacia do Rio Verde (há menos atividades industriais, de serviços e turismo), e (b) as mudanças tecnológicas, que alteram tais condições iniciais, particularmente os *pivots centrais*.

O Mapa de Cobertura e Uso da terra apresentará os principais usos, bem como a transformação destes pela tecnologia acima referida.

Figura 7 – Mapa de Cobertura e Uso da Terra.



Fonte: preparado pelo autor com base em TerraClass 2013 e IBGE.

A partir da figura 7, podemos observar que a agricultura é a principal forma de uso da terra, que há pouca urbanização, as culturas anuais prevalecem sobre as culturas perenes (como, por exemplo, a cana-de-açúcar) e há importantes proporções usadas para pastagem.

Também é possível observarmos como é natural, a presença de *pivots* próximos de corpos hídricos, como rios e reservatórios.

Os *pivots* se concentram ao sul e ao norte da Bacia, justamente onde ocorrem as terras mais férteis e de relevo plano, com média declividade, como visto nas figuras 2,3 e 5.

Estas características favorecem a mecanização da agricultura e o aumento da produtividade, quando a natureza pode ser transformada e os seus ciclos de chuva, estiagem e temperatura deixam de ser decisivos para o desenvolvimento da atividade agrícola.

Por fim, é necessário observarmos, especialmente, na banda oriental, na porção setentrional da Bacia, remanescentes de vegetação natural, o que é um importante testemunho de biodiversidade.

## **1.4 Ocupação histórica e formação da Região**

Conforme Aguiar (2003), durante a segunda metade do século XIX, as transações do Sul-Sudoeste de Goiás foram intensificadas em Minas Gerais. Com isso, houve melhoria nos transportes, com a possibilidade de maior utilização do carro de bois, reforma e abertura de estradas e construção de pontes. A chegada da Estrada de Ferro à região do Triângulo Mineiro facilitou as compras e as exportações. Não obstante, o desejo dos habitantes era que a linha férrea chegasse a Goiás. Conforme o projeto, deveria chegar à Palma, ao norte do estado. (2003, p.192)

Entretanto, a assimetria da economia e da política entre Minas Gerais e Goiás levou a que a extensão daquele modal a Goiás só ocorresse quando o automóvel – meio de transporte mais moderno – chegou ao Triângulo Mineiro. (Idem).

A movimentação na fase inicial de maior integração se refletiu no aumento da produção e ocupação de terras, muito embora persistissem enormes vazios, até mesmo nas regiões que recebiam maior afluxo de população. (Idem).

Ainda de acordo com Aguiar (2003), o crescimento no Sul não é maior que no Norte, e é concentrado em áreas mais ao sul e ao sudoeste; e os municípios que apresentaram maior crescimento populacional foram Morrinhos (207,3%), Piracanjuba (201,6%), Curralinho (85,1%), **Rio Verde** (72,4%), Entre-rios (66,2%), Jataí (62,5%) e Jaraguá (53,3%). Outro indicador dessa concentração é o parcelamento da área ao sul em grande número de municípios. (2003:194).

As vendas de terra registradas em cartório nos municípios que ostentaram as maiores taxas de crescimento populacional foram relativamente pequenas. Este levantamento foi feito nos cartórios de Goiás, Rio Verde e Morrinhos, para o período 1850-1910 e revelou que 650 transações foram realizadas em 60 anos. (Idem).

O referido levantamento mostra ainda que essas transações em Rio Verde tiveram participação significativa de outros estados, principalmente Minas Gerais, São Paulo e Santa Catarina e que “do total investido em terras, entre 1850 e 1910, 42% foram oriundos de fora do município”. (Idem).

## **1.5 Caracterização Climática da Bacia do Rio Verde.**

O estado de Goiás sofre influências da dinâmica atmosférica que afeta grande parte da América do Sul, especialmente, por ocupar a porção central do continente. Assim, a associação da sua localização com a atuação das massas de ar gera um padrão climático do

tipo Aw - Clima tropical quente subúmido, segundo a classificação de Köppen, com dois períodos bem distintos. Um com temperaturas quentes e chuvas concentradas na primavera-verão e outro marcado pela estiagem durante o outono-inverno, com a predominância de temperaturas amenas (Monteiro, 1951).

Assim, será apresentado o comportamento dos eventos pluviométricos para a microrregião do Sudoeste de Goiás e que caracterizam dois períodos distintos primavera-verão quente e chuvoso; e outono-inverno com baixas precipitações e com temperaturas menos elevadas. Estes dois períodos são condicionados pela atuação das massas de ar durante o verão e o inverno, utilizando os dados pluviométricos de uma série temporal de dez anos das estações localizadas na área de pesquisa, bem como o seu entorno.

O final do mês de setembro marca a volta da incidência perpendicular dos raios solares no Hemisfério Sul. Consequentemente, provoca o recuo da massa Polar Atlântica da porção centro-norte do estado e o avanço da massa Equatorial Continental que tende a acompanhar a zona de baixa pressão provocada pelo aumento da temperatura. Esse período marca também o recuo da massa Tropical Atlântica, sobretudo na porção centro-norte do estado (Nimer, 1989; Tubeles, 1980). Essa dinâmica provoca um aumento generalizado da precipitação em todo o estado, especialmente nas áreas de grandes planaltos (como aqueles que delimitam esta Bacia, referidos na seção 1.1). E, por causa ainda da permanência da massa Polar Atlântica na microrregião Sudoeste, as precipitações tendem a ficar entre 50 e 80 mm, podendo chegar a 90 mm no município de Mineiros<sup>6</sup>.

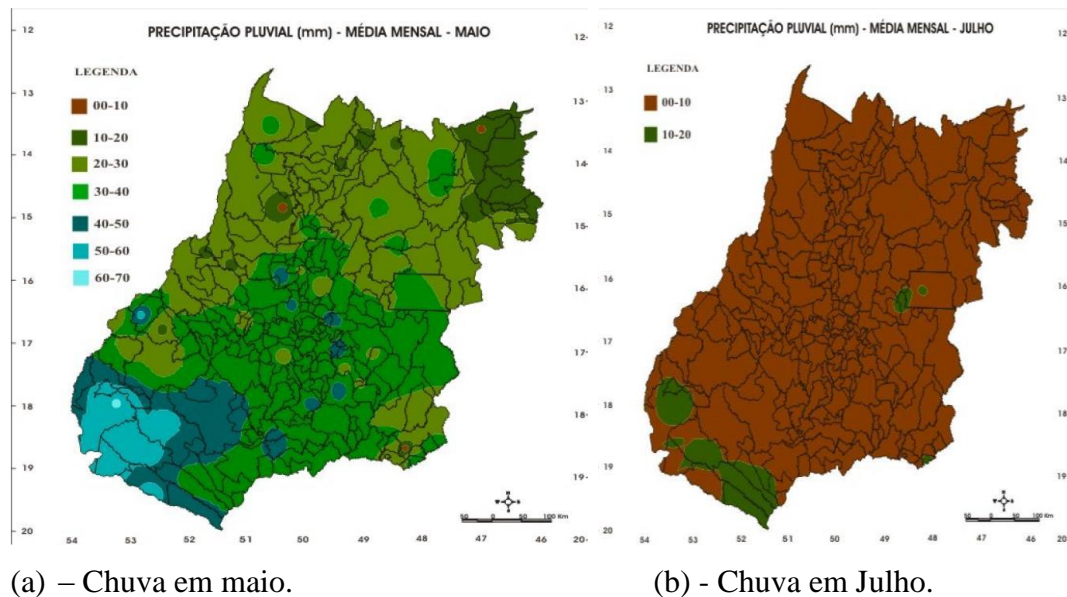
A partir do mês de outubro e especialmente ao longo do verão tem-se uma maior incidência perpendicular dos raios solares no Hemisfério Sul, o que permite o deslocamento do centro de baixa pressão equatorial e que permite a atuação da massa de ar Equatorial Continental quente e úmida. Sua atuação na região Centro - Oeste se dá especialmente durante o período de primavera-verão, quando temos sua atração para o interior do continente no sentido NW-SE ou ainda no sentido N-S, em decorrência dos recuos sofridos pelas massas Tropical Atlântica e Polar Atlântica, respectivamente (Monteiro, 1968). Por ser quente e úmida, advinda da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e da elevada umidade que predomina na região amazônica, é responsável pela quase totalidade dos eventos pluviométricos que ocorrem na região, especialmente, durante a primavera e o verão. Como a atuação dessa massa de ar de encontro (frontal) com a Polar Atlântica e com a Tropical Atlântica predomina, disso resulta um aumento generalizado do volume de

---

<sup>6</sup> Este município não faz parte do recorte da Área de Estudo da Tese, mas está situado na mesma microrregião; portanto, faz parte de seu entorno e registra o nível máximo da série histórica observada.

precipitações no mês de outubro para todo o estado, e em pouquíssimas áreas o volume acumulado fica abaixo de 100 mm no mês. Contudo, ao contrário do que acontece durante os meses de outono e inverno, o maior aumento de precipitação se dá na porção centro-norte do estado onde os valores podem chegar até 175 mm acumulados no mês. Na microrregião Sudoeste esse volume fica restrito a poucas áreas, sendo que predominam mais valores que chegam a 150 mm no mês.

Figura 8 - Comportamento da precipitação pluviométrica



(a) – Chuva em maio.

(b) - Chuva em Julho.

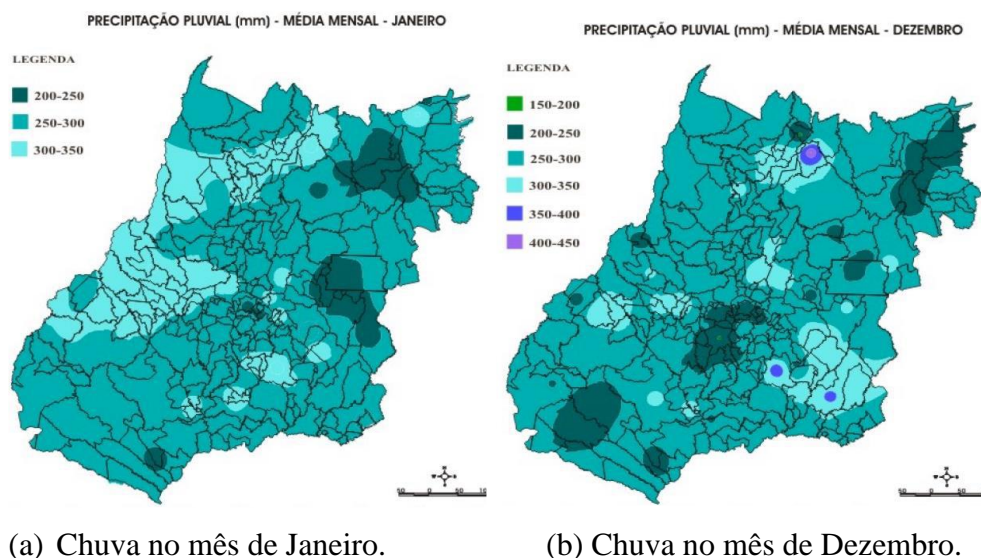
Figura 8 - Comportamento da precipitação pluviométrica durante os meses de maio (a) e julho (b).  
Fonte: Silva (2006).

No mês de novembro, a tendência da precipitação é se intensificar no estado como um todo, com um aumento da ordem de 100 mm mensais em relação ao mês de outubro, sendo que na microrregião Sudoeste ocorre uma forte homogeneidade com a predominância de valores de até 250 mm.

O nível mais alto da pluviometria acontece no mês de dezembro, tomando-se o estado como um todo; e no mês de janeiro, mas, se restringindo a área mais ocidental do estado; em que especificamente, a microrregião Sudoeste pode atingir até 350 mm acumulados no mesmo mês de janeiro. Esse aumento da precipitação no sudoeste do estado já indica a maior intensidade do sistema perturbado de oeste na ocorrência dos eventos pluviométricos para a região, conforme destacou Nimer (1989).

O comportamento da precipitação para os meses de janeiro e dezembro é ilustrado na Figura 9, período em que as áreas ao norte têm maior contribuição com os indicadores apurados.

Figura 9 – Comportamento da precipitação pluviométrica durante os meses de janeiro(a), e dezembro (b).



Fonte: Silva (2006).

O período de fevereiro a março, e, de modo mais específico, a passagem de março para abril, é marcado pela tendência de recuo da atuação mais intensa da massa Equatorial Continental. Nesse período os eventos pluviométricos mais expressivos advindos da perturbação dessa massa ficam restritos as porções mais ao norte do estado. Nas demais porções, incluindo a microrregião Sudoeste o que predomina são acumulados em torno de 250 mm mensais, como uma distribuição mais homogênea em todo o estado.

A massa de ar Tropical Continental procede de uma área plana com baixa altitude, mas com baixas pressões. É a mesma parte da região do Chaco Paraguaio, e resulta da localização com as condições do relevo e principalmente do aquecimento que ocorre no interior do continente principalmente nos meses de verão (Nimer, 1989). Caracteriza-se como uma massa de ar seca e quente, responsável por longos períodos de estiagem no verão - ou veranicos - os quais ocorrem com muita frequência na região Centro-Oeste, nos meses de janeiro e fevereiro. Dessa forma, ressalta-se que embora no mês de dezembro possa haver frequentes e intensos eventos pluviométricos, é possível ocorrer até 7 dias sem chuva. (Assad *et al.*, 1994).

Com base na avaliação dos vários condicionantes do clima, conclui-se que o mesmo é fortemente influenciado pelas propriedades das massas de ar atuantes em seus respectivos períodos do ano, atribuindo-lhe forte sazonalidade. (Nunes, 2015).

Estas, associadas à latitude do lugar e as características ambientais, respondem pela marcante sazonalidade que caracteriza o clima da região - período correspondente ao inverno seco e verão quente e chuvoso. (2015:79).



Assim, embora o tempo atmosférico tenha um comportamento momentâneo, o condicionamento da variação do mesmo pode ser entendido através de recortes espaciais e temporais mais amplos, como o comportamento das massas de ar durante o ano e as grandes estruturas do relevo - extensos vales e serras - que influenciam no deslocamento das mesmas ao longo dos seus respectivos percursos. Convém acrescentar que embora a erosividade da chuva resulte da intensidade, a mesma é influenciada pela sazonalidade climática que pode marcar um dado recorte espacial. (2015:79).

Dos diversos componentes que integram uma caracterização climática, a temperatura é um dos mais importantes, sobre a qual falaremos especificamente.

Goiás (2006) realizou um amplo trabalho de caracterização climática do estado e, evidentemente, tratou em especial o caso da temperatura do ar.

De acordo com Goiás (2006), a temperatura do ar desempenha um papel muito importante dentre os fatores que condicionam o ambiente propício aos animais, às plantas e ao próprio homem. De uma maneira geral, cada ser vivo tem exigências próprias quanto às variações da temperatura, requerendo uma faixa ótima, dentro da qual o crescimento e o desenvolvimento ocorrem normalmente. (2006:28). Ainda de acordo com Goiás (2006), há uma tendência de aumento em direção a noroeste, região mais quente do estado, mas não alterações significativas na distribuição da temperatura máxima. Já o comportamento da temperatura mínima do ar não é assim: no período seco encontram-se valores abaixo dos 15°C, com destaque para o município de Jataí, no sudoeste goiano. (2006:123).

No que se refere ao período chuvoso e a média anual, os valores estão acima dos 16°C, chegando aos 22°C a oeste do estado. (Idem).

Outro elemento importante na caracterização climática que é abordado no estudo é a evaporação. Para Goiás (2006), o comportamento da evaporação, umidade relativa do ar e chuva estão intimamente relacionados. Assim, quanto maior a umidade menor é a evaporação e maior a possibilidade de ocorrer precipitação pluvial. (2006:123). Os cartogramas elaborados naquele estudo demonstram essas situações, onde os valores de evaporação tendem a aumentar em direção ao nordeste goiano e os valores de umidade relativa do ar tendem a diminuir (Idem). Cf. Goiás (2006), isto ocorre mesmo quando consideram somente o período seco, ou o período chuvoso.

E não há alterações significativas em termos de distribuição dos elementos climáticos: umidade relativa do ar e evaporação; porém, são observadas na quantificação. (Goiás, 2006). No período chuvoso, os valores de umidade tendem a ser maiores, e no período seco são os valores de evaporação que tendem a aumentar. (2006:123). Finalmente, a insolação é

contemplada na caracterização climática realizada no âmbito do Governo do Estado de Goiás.

A duração de brilho solar ou insolação, numa média anual, os valores apresentam-se entre 2550 e 2600 horas (Goiás, 2006). Tem-se uma área do município de Goiânia, os maiores valores de insolação do Estado, que chega a 2600 horas. A leste, numa faixa que vai do sul ao nordeste do estado, encontra-se as áreas com mais brilho solar, enquanto que a oeste estão os menores valores. (Goiás, 2006). Conforme o Estudo, considerando-se os períodos chuvoso e seco, pode-se notar que no período chuvoso, o sul apresenta uma maior quantidade de insolação, enquanto no período seco este fato ocorre no norte e nordeste do estado. (2006:123).

No que tange às temperaturas, os meses de junho e julho são os mais frios, indicando valores da média mensal em torno de 12°C em áreas localizadas no sudeste e sudoeste goiano. (2006:28). Por sua vez, no que se refere às chuvas, isolando-se a média do período chuvoso (que em Goiás compreende os meses de outubro a abril), predominam valores entre 1300 a 1500 mm. (Goiás, 2006). As áreas que apresentam os menores índices pluviométricos estão situadas a nordeste e sul do Estado. (Idem).

Apesar de os meses compreendidos entre maio e setembro serem considerados o período seco, quando se trabalha com médias de uma série de dados de vários anos, o sudoeste goiano apresenta valores de precipitação pluviométrica de até 200 mm. (2006:123).

Especificamente, na Área de Estudo, a Bacia do Rio Verde, o seu principal município, homônimo apresenta média mensal (considerando o período 1972-2002) de precipitação pluviométrica, no mês de janeiro, de 272 mm e 310,2 mm, em dezembro. (2006:127). Para os valores relacionados à temperatura média do ar, Rio Verde registra 29,1° C (janeiro) e 28,7° C (dezembro), tomando-se como referência o período 1961-1990. (2006:129).

Em sentido contrário, os registros de temperatura mínima do ar indicam que, para o mesmo período de referência acima referido, os valores são de 19,3° C e 19, 2° C, respectivamente, com meses intermediários apresentando indicadores como 14,1° C (julho) e 18,5° C (outubro). (2006:130).

Por outro lado, considerando-se os valores médios de evaporação, tendo o mesmo período como referência, as constatações indicam 76,6 mm (janeiro) e 82,8 mm (dezembro). Santo Antônio de Goiás, outro município da Bacia, registra médias de 146,8 mm (janeiro) e 143,3 mm (dezembro); sendo possível deduzir que, embora próximo, este município sofre mais incidência de radiação solar ao longo do ano que Rio Verde. Curioso é que as temperaturas mínimas, em média, são próximas àquele: 18,9° C (janeiro) e 19,2° C

(dezembro). Já no que se refere aos maiores valores de temperatura, as indicações são também muito próximas: 28,8 ° C (janeiro) e 28,4° C (dezembro). (2006:131)

Analisando-se a umidade relativa do ar, Rio Verde apresenta 81% para janeiro e dezembro. Ocorrem variações intermediárias, como, por exemplo, mês de Julho, com 57%. Santo Antônio de Goiás, por sua vez, mostra valores até 2 pontos percentuais acima de Rio Verde: 83% para ambos os meses. Valores muito diferentes são observados em Agosto (50%) e outubro (68%). (Idem).

Por fim, a insolação média para Rio Verde, no mesmo período de referência, é 159,7 W/m<sup>2</sup> (janeiro) e 149,4 W/m<sup>2</sup> (dezembro). Santo Antônio de Goiás, por sua vez, registra 166,7 W/m<sup>2</sup> e 133,1 W/m<sup>2</sup> (dezembro). (2006:133).

Analisando-se toda a série, Santo Antônio registra indicadores maiores que Rio Verde nos meses de Abril e Maio; e Agosto, Setembro e Outubro.

Como vimos, o período chuvoso, que vai de outubro a abril, costuma ser quando a porção sul do estado (onde a Bacia do Rio Verde está situada) recebe a maior quantidade de insolação, o que estas observações confirmam.

Finalmente, a caracterização climática e geomorfológica, em conjunto permitem definir as condições iniciais da área, às quais serão aplicados os cenários e a modelagem.

#### 1.6 A Bacia de Rio Verde no contexto da Bacia do Paranaíba.

A Bacia do Rio Verde é um dos principais afluentes da Bacia do Paranaíba, também é uma Unidade de Gestão Hídrica do Estado; adicionalmente, é uma das cinco Áreas Prioritárias de Conservação da Biodiversidade; e seu território abrange uma das frações mais significativas de áreas de alta aptidão agrícola da Bacia do Paranaíba, e ostenta diversos programas de Pagamento por Serviços Ambientais do estado de Goiás, como, principalmente, o “Produtor de Águas”.

A bacia hidrográfica do rio Paranaíba abrange parte dos Estados de Goiás, Minas Gerais, toda parte urbanizada do Distrito Federal e uma pequena parcela do Estado do Mato Grosso do Sul. A bacia possui 197 municípios e uma Unidade Federativa (DF). (ANA, 2011).

A dinâmica produtiva da bacia do Paranaíba e seu entorno está concentrada no Agronegócio. Em termos de produção agrícola, as maiores produções da região são a soja, o milho e a cana-de-açúcar. Já em relação à pecuária, os principais rebanhos são os bovinos, aves e suínos. (2011:54).

No Estado de Goiás, os principais afluentes da bacia do rio Paranaíba são: rio São Marcos, rio Veríssimo, rio Corumbá, rio Meia Ponte, rio Turvo, rio dos Bois, rio Alegre, rio Claro, **Rio Verde**, rio Corrente e rio Aporé.

O Estado de Goiás foi dividido em 5 Unidades de Gestão Hídrica (UGHs): **São Marcos**, composta pelas sub-bacias goianas afluentes do Rio São Marcos e pelas sub-bacias do Rio Veríssimo e Ribeirão Ouvidor; **Corumbá**: composta pela bacia hidrográfica do Rio Corumbá; **Meia Ponte**: composta pela bacia hidrográfica do Rio Meia Ponte e sub-bacias hidrográficas dos Ribeirões Santa Maria e da Campanha; **Turvo e dos Bois**: composta pela bacia hidrográfica dos **Rios Turvo e dos Bois**; e, Claro, Verde, Correntes e Aporé: composta pelas bacias dos Rios Preto, Claro, Verde e Correntes, sub-bacias goianas afluentes do Rio Aporé e dos Rios São Francisco e Alegre e do Ribeirão da Madeira. (2011:79).

No que se refere à avaliação da aptidão dos solos, (ANA, 2011) explica, preliminarmente, que a aptidão do solo considera cinco fatores limitantes ao uso agrícola: fertilidade natural, excesso de água, deficiência de água, suscetibilidade à erosão e impedimentos ao uso de implementos agrícolas.

Em termos de biomas, a bacia hidrográfica do rio Paranaíba encontra-se na área de abrangência do bioma Cerrado e parte da Mata Atlântica. (2011:156).

Também deve ser caracterizada por áreas prioritárias para a conservação da biodiversidade, algumas das quais são a seguir apresentadas e descritas:

**Quirinópolis** - ameaçada por Pressão da atividade agropecuária.

**Itumbiara** - ameaçada por Forte pressão da expansão agrícola e pastagem.

**Rio Verde** - ameaçada por Expansão agrícola, uso intensivo de defensivos agrícolas, desmatamento, resíduos.

**Pirenópolis** - ameaçada por Extração de pedras. Pressão sobre os recursos para sobrevivência.

**Cristalina-Luziânia** - Expansão imobiliária, pressão agrícola.

**Jataí** - ameaçada por agroquímicos e Reservas Legais degradadas por ocupação ilegal.

**Alto Araguaia a Caiapônia** - ameaçada por Desmatamento, forte pressão agrícola, ecossistema frágil. Ocupação de APP's e Reservas Legais. Atropelamento de animais silvestres. (2011:185-192).

No geral, tomando por base os dados de 2008, a área de remanescentes florestais era de 51,54% da cobertura original, as áreas desmatadas correspondiam a 47,84% e os corpos d'água a 0,61 %, a taxa média anual de desmatamento estava na ordem de 0,69%. (2011:194).

### 1.7 Múltiplos Usos da terra na Bacia do Rio Verde.

A Bacia do Rio Verde, conforme já referido, tem o agronegócio como uma das principais atividades que requerem a terra como insumo principal e é usada intensivamente para as suas cadeias produtivas. A tabela 2 apresenta as principais culturas presentes naquela região, com destaque para a cana-de-açúcar, cujos registros revelam os maiores valores em quantidade produzida para o ano 2015.

Tabela 1 – Principais culturas na Bacia do Rio Verde no ano 2015.

Cultura	Área Plantada (ha)	Quantidade Produzida (ton.)
Algodão	550	2.420
Arroz	100	240
Banana	80	2.560
Café	320	1.460
Cana-de-açúcar	31.000	2.790.000
Feijão	3.400	8.190
Laranja	330	7.800
Milho	219.000	1.512.900
Soja	310.000	744.000
Sorgo	20.000	84.000
Trigo	600	2.190

Fonte: EMATER, Atlas Agropecuário - Perfil Agropecuário Municipal.

A tabela 2 apresenta os indicadores dos rebanhos de animais revelando o uso na Bacia pela pecuária e criação animal entre os anos 1998 e 2015.

Tabela 2 – Rebanho de Animais

Animal	1998	2015
Suínos (cabeças)	29.000	770.000
Bovinos (cabeças)	440.000	328.000
Vacas ordenhadas (cabeças)	39.500	48.000
Aves (unidades)	186.000	14.000

Fonte: EMATER, Atlas Agropecuário - Perfil Agropecuário Municipal

No que se refere aos usos múltiplos da água, é preciso mudar a perspectiva da unidade de análise.

A dimensão que o uso da água possui no contexto de uma Bacia Hidrográfica requer uma perspectiva ampliada, sob o ponto-de-vista do espaço, porque os possíveis impactos se propagam por áreas muito maiores que os limites territoriais de determinada bacia. Em outras palavras, a pressão sobre os recursos hídricos derivada das atividades que ocupam as áreas abrangidas pela Bacia não decorre isoladamente da presença de atividades em seu território.

Contemplando-se algumas peculiaridades tratadas no marco teórico, LSS, é preciso reconhecer haver áreas de influência e uma dinâmica que vincula espaços diferentes, e, em

casos muito específicos, até pontos territorialmente distantes entre si. Assim sendo, justifica-se usar uma subdivisão hidrográfica, que é a Unidade de Gestão Hídrica, um recorte da bacia que se ajusta aos limites estaduais e é parte integrante da bacia.

No caso do município de Rio Verde, a sua bacia homônima, que pertence à Bacia do Paranaíba, pertence à Unidade de Gestão Hídrica do Rio Turvo e do Rio dos Bois.

A tabela 03 apresenta as demandas de água por uso: abastecimento público. Dessedentação animal, mineração, demanda da indústria e demanda da agricultura.

Tabela 3 – Resultado das Demandas Hídricas por UGH

Resultado das Demandas Hídricas por UGH					
UGH	Demanda de Abastecimento Público	Demanda de Dessedentação Animal	Demanda de Mineração (L/s)	Demanda da Indústria (L/s)	Demanda da Agricultura (L/s)
Lago Paranoá, Descoberto, Corumbá, São Bartolomeu e São Marcos	15.721,69	105,10	2,42	1.167,76	4.874,45
Turvo e dos Bois	2.759,27	1.698,30	1,43	9.140,40	45.261,81
Meia Ponte	11.436,53	887,09	2,62	7.341,54	13.465,00
Corumbá	6.995,06	1.302,64	3,09	3.015,04	22.438,45
São Marcos	889,63	394,41	218,48	2.936,04	26.554,36
Claro, Verde, Correntes e Aporé	1.222,16	1.912,61	5,33	10.170,78	10.217,11
Afluentes Mineiros do Alto Paranaíba	2.072,09	1.232,46	299,32	690,54	49.737,13
Rio Araguari	4.600,38	830,65	2.716,31	755,02	33.191,20
Afluentes Mineiros do Baixo Paranaíba	1.253,09	1.569,47	3,65	829,29	26.582,33
Santana-Aporé	443,69	698,69	0	519,80	3.852,64
Total	47.393,59	10.631,42	3.252,65	36.566,21	236.174,48

Fonte: ANA (2018)

A partir da tabela 3, podemos fazer duas observações expressivas, no que se refere, de modo particular à demanda da agricultura pelo uso da água: a UGH Afluentes Mineiros e Alto Paranaíba e a UGH Rio Turvo e Rio dos Bois representam os maiores valores: cerca de 50.000 L/s e aproximadamente 45.000 L/s.

Convém ressaltar que os demais usos, em qualquer UGH, registram valores muito menores que a agricultura.

Evidentemente, não se pode fazer inferências a respeito de irrigação, tecnologias, políticas ou instituições a partir da tabela 3; entretanto, é notório que a mudança do uso da terra para uso agrícola (cana-de-açúcar, inclusive) tem pressionado o uso da água.

Nesse sentido, a aptidão do solo é um fator importante para o uso agrícola. De acordo com a ANA (2011), existem cinco fatores limitantes para tal uso agrícola: fertilidade natural, excesso de água, deficiência de água, suscetibilidade à erosão e impedimentos ao uso de implementos agrícolas. Daí a importância em se fazer a classificação do solo em diferentes aptidões, que busca atender a uma relação custo/benefício favorável dos pontos de vista econômico e ambiental, devendo ser entendida como uma base para o planejamento agrícola.

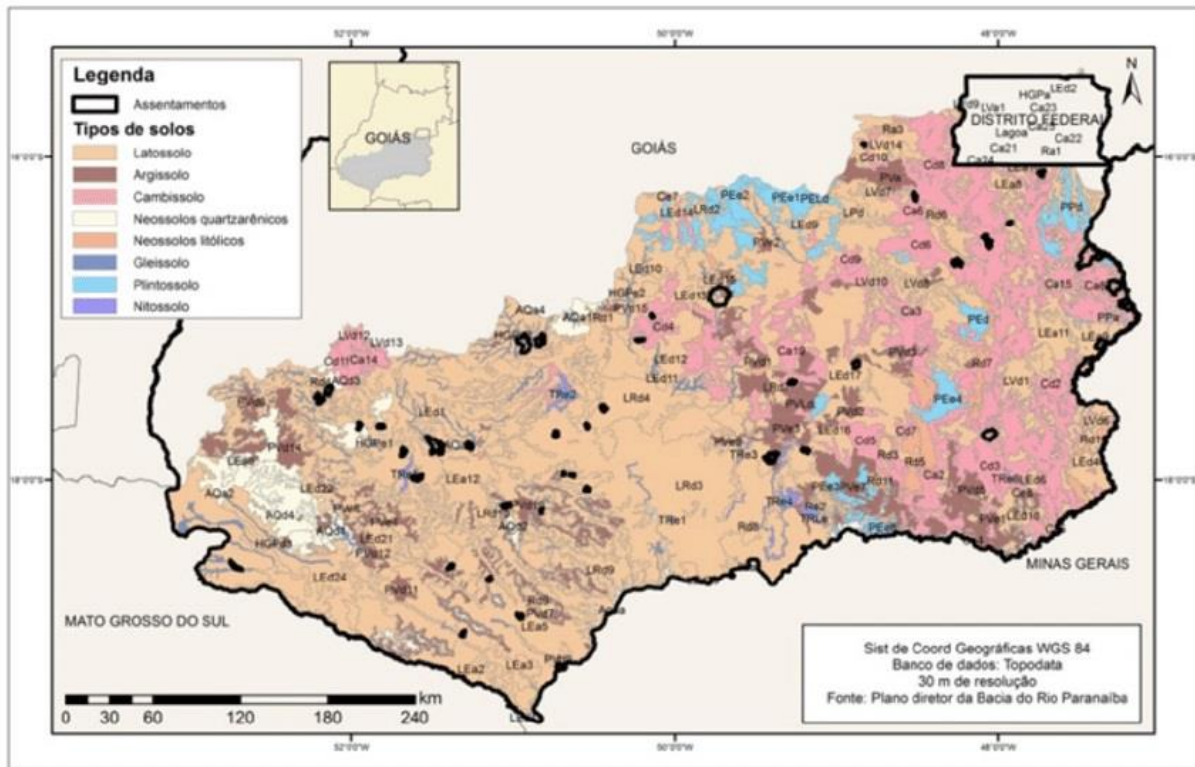
As cinco classes são: Classe Boa, Classe Regular, Classe Restrita, Aptas para pastagem, Classe Inapta.

A Classe boa é definida como terras sem limitações significativas para a produção sustentada de um determinado tipo de utilização, observando-se as condições do manejo considerado. Na região da bacia do rio Paranaíba, as terras com aptidão boa para lavoura, encontram-se predominantemente na área central. (2011:145).

Por sua vez, a classe regular abrange terras que apresentam limitações moderadas para a produção sustentada de um determinado tipo de utilização, observando-se as condições do manejo considerado. Quanto à classe Restrita, estão compreendidas terras que apresentam limitações fortes para a produção sustentada de um determinado tipo de utilização, observando-se as condições do manejo considerado. Por outro lado, a classe de terras consideradas aptas para pastagem diz respeito a terras que não apresentam limitações para pastagem, necessitando de avaliação posterior, de acordo com os demais mapeamentos realizados na elaboração do Diagnóstico. Finalmente, no que se refere à Classe Inapta, estão as terras que não são indicadas para a produção sustentada de culturas de ciclo curto e longo. Em geral, são indicadas para a preservação da flora e da fauna. (2011:145).

A Figura 10 apresenta os tipos de solo que ocorrem na Bacia Hidrográfica. Isto é importante para que os cultivos sejam aptos e, portanto, determinar a dinâmica agrícola e, conseqüentemente, dos mercados e a economia locais.

Figura 10: Tipos de solos que ocorrem nos limites goianos da Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba.



Fonte: Santos, J. G. R. dos e Castro, S. S. de. (2016).

Negativamente, a Área de Estudo também sofre com Processos Erosivos. O uso agrícola está entre os principais fatores que influem para a perda de solos relacionados à erosão na região da bacia do rio Paranaíba, tanto pela alteração da cobertura vegetal quanto pelo manejo inadequado do solo. As regiões nordeste e sudeste da bacia apresentam-se mais suscetíveis à erosão, podendo também variar de “nula” a “muito forte”, sendo “muito forte” principalmente nos estados de Goiás e Minas Gerais. (2011:148).

Em termos de biomas, a bacia hidrográfica do rio Paranaíba encontra-se na área de abrangência do bioma Cerrado e parte da Mata Atlântica. (2011:156).

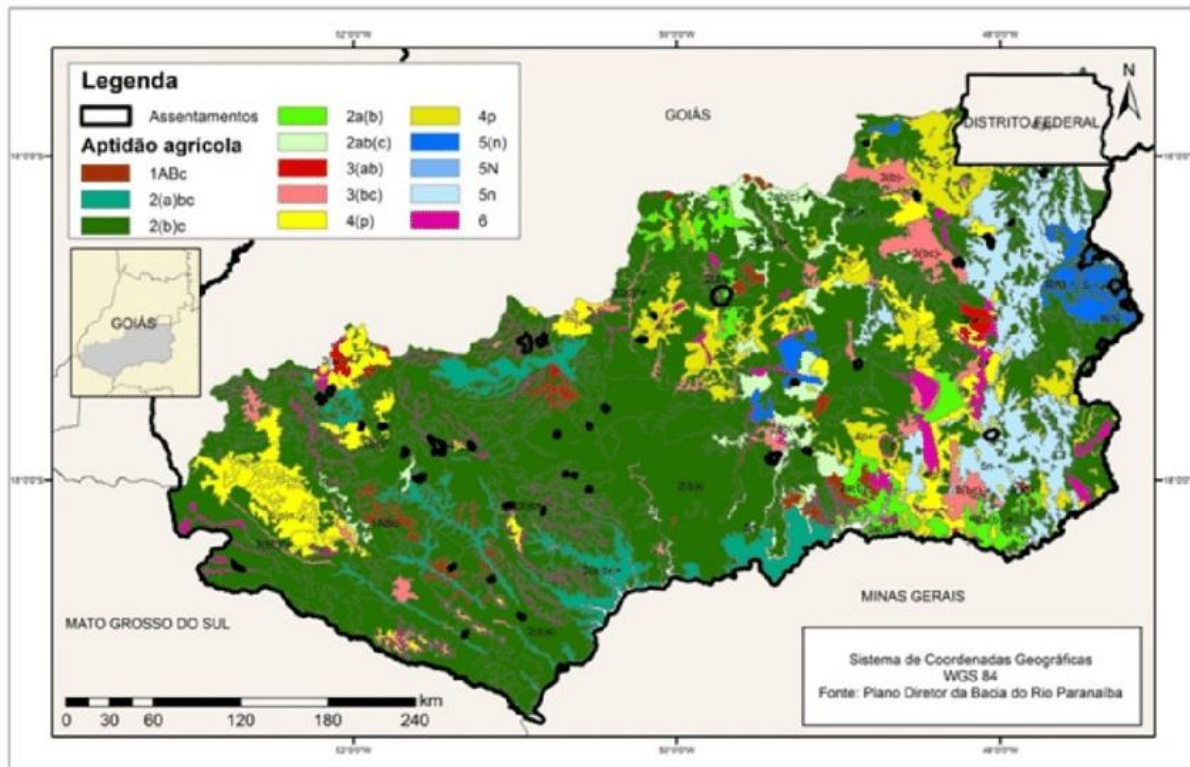
No geral, tomando por base os dados de 2008, a área de remanescentes florestais era de 51,54% da cobertura original, as áreas desmatadas correspondiam a 47,84% e os corpos d’água a 0,61 %, a taxa média anual de desmatamento estava na ordem de 0,69%. (2011:194).

Como visto anteriormente, a agropecuária é uma das atividades de mais intenso uso da terra; nesse sentido, conforme (ANA, 2011), “o uso agropecuário na bacia do rio Paranaíba está relacionado principalmente aos cultivos de soja, milho, cana-de-açúcar, feijão e café e as criações de bovinos, suínos e frangos”. (2011:205).



A Figura 11 apresenta um mapa de Aptidão Agrícola da Bacia do Paranaíba, que será importante, em conjunto com o mapa mostrado na Figura 2, tipos de solo, para se comparar com o Zoneamento Agroecológico da Cana-de-açúcar para o estado de Goiás.

Figura 11: Mapa de Aptidão Agrícola da Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba, compreendida nos limites do estado de Goiás.



Fonte: Santos, J. G. R. dos e Castro, S. S. de. (2016).

Por outro lado, no que se refere ao abastecimento de água dos municípios circunscritos à Bacia, tem-se que “o índice de cobertura da Bacia Hidrográfica do rio Paranaíba é de 96,5%, valor superior à média nacional, 81,2%”. (2011:311). Apesar de a situação geral ser boa, algumas áreas da bacia chamam atenção por que apresentam baixos índices de atendimento. Notavelmente, o município com o menor índice é Luziânia/GO, que está situado no entorno no DF.

Ainda nesta região, outros três municípios apresentam índices abaixo de 80%, são eles: Santo Antônio do Descoberto, Águas Lindas de Goiás e Valparaíso de Goiás.

Situação semelhante ao entorno do DF é observada na Região Metropolitana de Goiânia (RMG), onde os municípios de Aparecida de Goiânia, Goianira e Hidrolândia também apresentavam índice inferior a 80% de atendimento. (2011:311).

## **1.8 Impactos Ambientais na Bacia do Rio Verde pelo setor “uso da terra”.**

Novamente, é preciso atentar para o fato de que, para o exame de certos fenômenos, a perspectiva sistêmica é a mais apropriada, ou seja, é necessário se “enxergar a bacia do Rio Verde” no contexto da Bacia do Paranaíba.

Recordando que uma bacia hidrográfica tem a pronunciada característica de drenar águas pluviais para um leito principal, não se pode conceber que um poluente só irá se manifestar na área de interesse do estudo se o rio se conectar - em um ponto da rede hidrográfica - com o rio onde a dispensa do agente poluidor ocorre primeiro. Especialmente, no que se refere a agrotóxicos, resíduos e embalagens descartadas inapropriadamente, que podem ser transportadas desde o solo por ação das chuvas de um ponto qualquer a outro.

Nesse sentido, já se pode antecipar que não há preocupações em relação a poluentes como o agrotóxico em Rio Verde, porém, há na Bacia do Paranaíba observações dignas de nota. Como será visto a seguir:

Em relação a outros poluentes diferentes dos agrotóxicos, por ocasião do Relatório contratado e disponibilizado a respeito de disponibilidade hídrica e demandas de água, pela ANA (2011), têm-se que “a UGH do Rio Turvo e do Rio dos Bois não possuem dados de coliformes suficientes para uma análise” (2011:599).

O documento também chama a atenção para o fato de que são muito baixos os níveis da mesma substância para a UGH Meia Ponte, onde existe pastagem próxima à foz. O problema é realmente preocupante quando observamos os pontos localizados próximos à Região Metropolitana de Goiânia, que tem “suas águas impactadas por despejos de esgotos sanitários (...)” (2011:599).

Em se tratando de Nitrogênio amoniacal, mais uma vez a região de Goiânia, além, desta vez, do alto Meia Ponte, ostentam valores altos e requerem mais atenção, particularmente, porque são os dois únicos locais em toda Bacia do Paranaíba que apresentam valores acima do esperado, e cujo ponto mais crítico está localizado no km 99, inserido exatamente no centro urbano de Goiânia. (2011:602).

A UGH Claro, Verde, Correntes e Aporé também não registraram indicadores da substância que fossem dignos de nota; contudo, há referência a um estudo realizado anteriormente, no ano de 2005, que, ao contrário, “as maiores inconformidades ocorreram no período úmido, ou seja, a concentração de nitrogênio esteve acima do limite legal em todos os pontos de monitoramento”. (2011:603).

Em relação à turbidez, para o que diz respeito à área de estudo do presente trabalho, vale fazer referência apenas ao rio dos Bois, que apresentou em toda sua extensão, da nascente até ao encontro com o rio Turvo, valores altos (classes 2 e 3), e que, dentro do contexto geral, em sua maioria, mostra que a comparação entre o período seco e úmido apresentou valores de turbidez mais elevados no período chuvoso, o que, possivelmente, se explica pela relação entre o parâmetro e o carreamento de sólidos durante o escoamento superficial. (2011:607).

Lamentavelmente, no que se refere à medição de metais e metais pesados, estas se concentram na porção mineira da Bacia do Paranaíba, razão por que o documento refere que “no Distrito Federal e nas UGHs São Marcos, Santana-Aporé, Claro, Verde, Correntes e Aporé, Turvo e dos Bois não há medições de metais.” (2011:612).

No que concerne aos agrotóxicos, especialmente, a coleta dos respectivos dados foi realizada em toda a Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba por diferentes instituições e em pontos esparsos. Naturalmente, esses dados se mostraram heterogêneos e diferentes em relação ao número de parâmetros, datas e espacialidade na Bacia. O interesse do Estudo (ANA, 2011) era no biênio 2008-2009 e nos pontos de coleta que estavam georreferenciados. Neste caso, após os filtros terem sido aplicados, não restou nenhum resultado a ser considerado.

A partir do exposto no parágrafo acima, foi realizada uma estimativa através do método de Goss, que considera duas modalidades para o carreamento das substâncias até os corpos hídricos: dissolvidos em água e transportados associados ao sedimento em suspensão. A análise inicial do potencial de contaminação dos agrotóxicos foi feita tendo como base a Bacia São Marcos, que apresenta mais de 650 mil ha cultivados distribuídos através de 4 municípios goianos e 2 mineiros.

A aplicação mais intensa de agrotóxicos ocorre no período de outubro a março; porém, nas áreas irrigadas, ocorre plantio, colheita e aplicação de agrotóxicos ao longo de todo ano.

Os principais agrotóxicos aplicados nessas culturas são o 2,4-D, Glifosato, Atrazina, Acefato, Azoxistrobina, Carbendazim, Ciproconazol, Clorotalonil, Clorpirifós, Epoxiconazol, Fipronil, Imidacloprido, Metamidofós, Paraquate, Picoxistrobina, Piraclostrobina, Procimidona, Tiametoxam e Tiofanato-metílico, porém, apenas os três primeiros apresentam padrões de qualidade estabelecidos para as classes 1 e 2 de enquadramento segundo a Resolução CONAMA nº 357/2005. (2011:614).

Além dos agrotóxicos, outra preocupação é com o descarte de embalagens. Nesse sentido, o estudo (ANA, 2011) aponta que as áreas agrícolas, em especial as regiões de Cristalina e Unaí, Araporã e Canápolis, Rio Verde e Santa Helena de Goiás, produzem toneladas de embalagens vazias e contaminadas, que, como consequência do uso e sua destinação inadequada, possuem grande potencial poluidor. (2011:615).

Contudo, os municípios de Rio Verde e Santa Helena de Goiás apresentam considerável recolhimento de tais embalagens. Os dois municípios mais bem colocados são Unaí (MG) e Cristalina (GO). (2011:616).

A seguir, dados a respeito da Clorofila A, que gera preocupações na presença da cianobactéria.

O estudo (ANA, 2011) se apoia em dados coletados em pontos do reservatório onde havia Clorofila A e foi extraída a média para os anos 2008 e 2009. As medidas de Clorofila A mostraram-se, dentro dos limites preconizados pela resolução CONAMA 357/05 para a classe 1 (10 µg/L). (2011:617).

## **1.9 Caracterização do Sistema de Uso da terra do etanol em Goiás.**

O sistema de uso da terra do etanol em Goiás consiste das plantações de cana de açúcar, as usinas, as estradas, as instalações de apoio, a frota de máquinas agrícolas e seus implementos, e o conjunto de manejo e boas práticas.

Na literatura revisada, tem-se que em Lapolla *et al* (2015), a mudança do uso da terra (no Brasil) é apresentada como um processo, que, por sua vez, influencia outros processos. Em Boillat (2017), o sistema de uso da terra é descrito a partir de outros sistemas relevantes, como os sistemas tecnológicos que permitem acompanhamento por imagens da mudança do uso da terra (monitoramento), sistemas sociais<sup>7</sup> (socialmente inclusivos), sistemas que visam à resiliência e à adaptação (sistemas ecológicos) e os sistemas (de natureza complexa, não-linear) que objetivam permitir administrar efeitos de diferentes forçantes naturais ou antrópicos, a partir de diferentes locais, que é a governança de sistemas de uso da terra teleacoplados.

Nesta seção, o sistema de uso da terra será descrito em menor nível de agregação, e serão apresentados alguns processos, como sendo seus componentes: (1) bioma cerrado; (2) cana de açúcar: variedades e indicadores; (3) Sistemas de Irrigação: tipos e eficiência; (4)

---

<sup>7</sup> Sistemas Sociais (Teoria Geral) é uma concepção originalmente proposta por Niklas Luhmann, em 1984.

Logística e Custos de Arrendamento, e (5) Gestão Ambiental, Manejo e Boas Práticas (trabalho).

### **1.9.1 Bioma Cerrado**

No território goiano predomina a cobertura vegetal, escassa, do tipo cerrado: com árvores e arbustos de galhos tortuosos, cascas grossas, folhas cobertas por pelos e raízes muito profundas. (IMB, 2018)

O Cerrado é o segundo maior bioma do Brasil e da América do Sul, menor apenas que a Amazônia, e mais de 90% do território de Goiás estão dentro do Cerrado, e é o estado com a maior presença do bioma. (Idem)

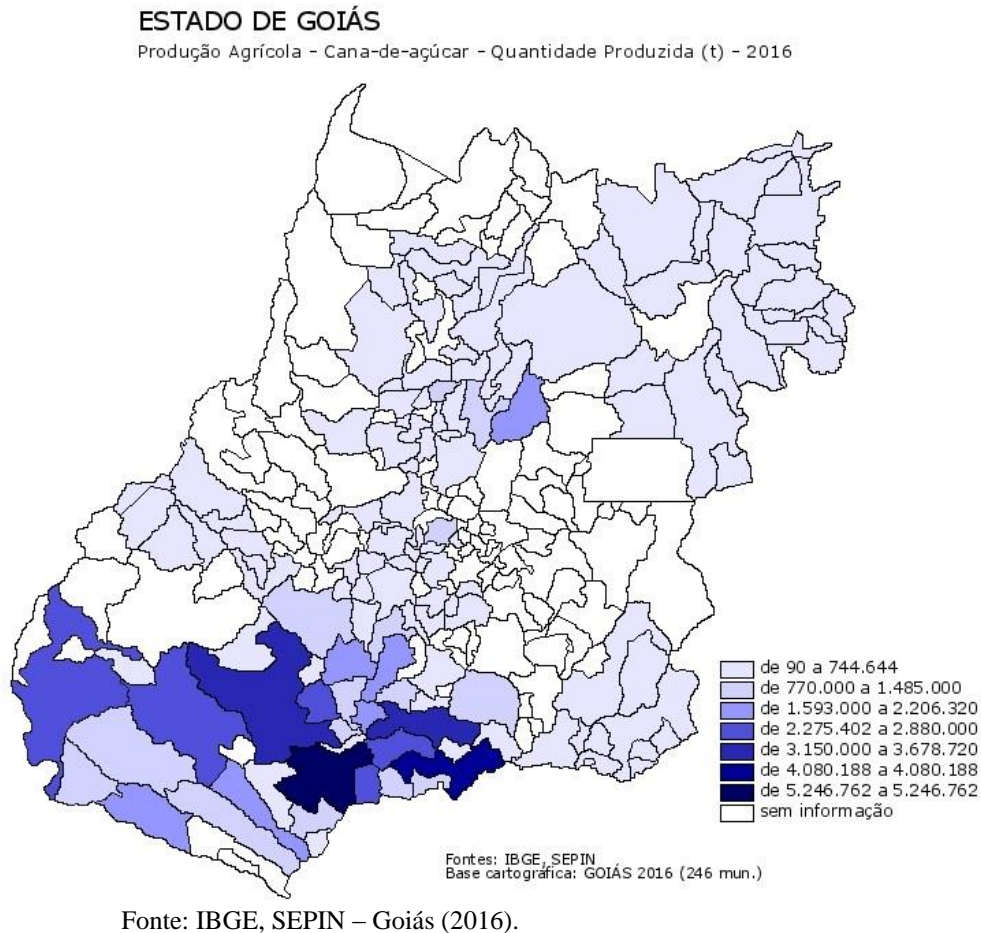
O Cerrado concentra 1/3 da biodiversidade nacional e 5% da flora e fauna mundiais. A flora do Cerrado é considerada a mais rica savana do mundo; e as estimativas são entre 4 e 7 mil espécies habitando esta região. O bioma foi classificado como uma das 34 áreas prioritárias mundiais para conservação da biodiversidade (*hotspots*). (Idem).

### **1.9.2 Cana: variedades e indicadores.**

De acordo com a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB), provavelmente, por efeito das chuvas, a área colhida de cana de açúcar decresceu 3%, de 962 mil ha (2016) para 930 mil ha (2017). (FAEG,2017).

No que diz respeito à safra, o período 2016 /2017 o valor registrado foi de 67 milhões de toneladas, e, para a safra 2017 /2018, a estimativa é um aumento para o patamar de 70 milhões de toneladas.

Figura 12 – Quantidade Produzida de Cana (toneladas), em Goiás, em 2016.



Pela Figura 12, podemos observar que a máxima produção foi de 5.246.762 toneladas, e a mínima, 90 toneladas.

As variedades de cana de açúcar utilizadas no estado de Goiás são as RB867515 (Variedade de Referência), IACCTC05-8069 (Inovação), IACCTC07-8008 (Inovação), IACCTC07-8044 (Inovação).

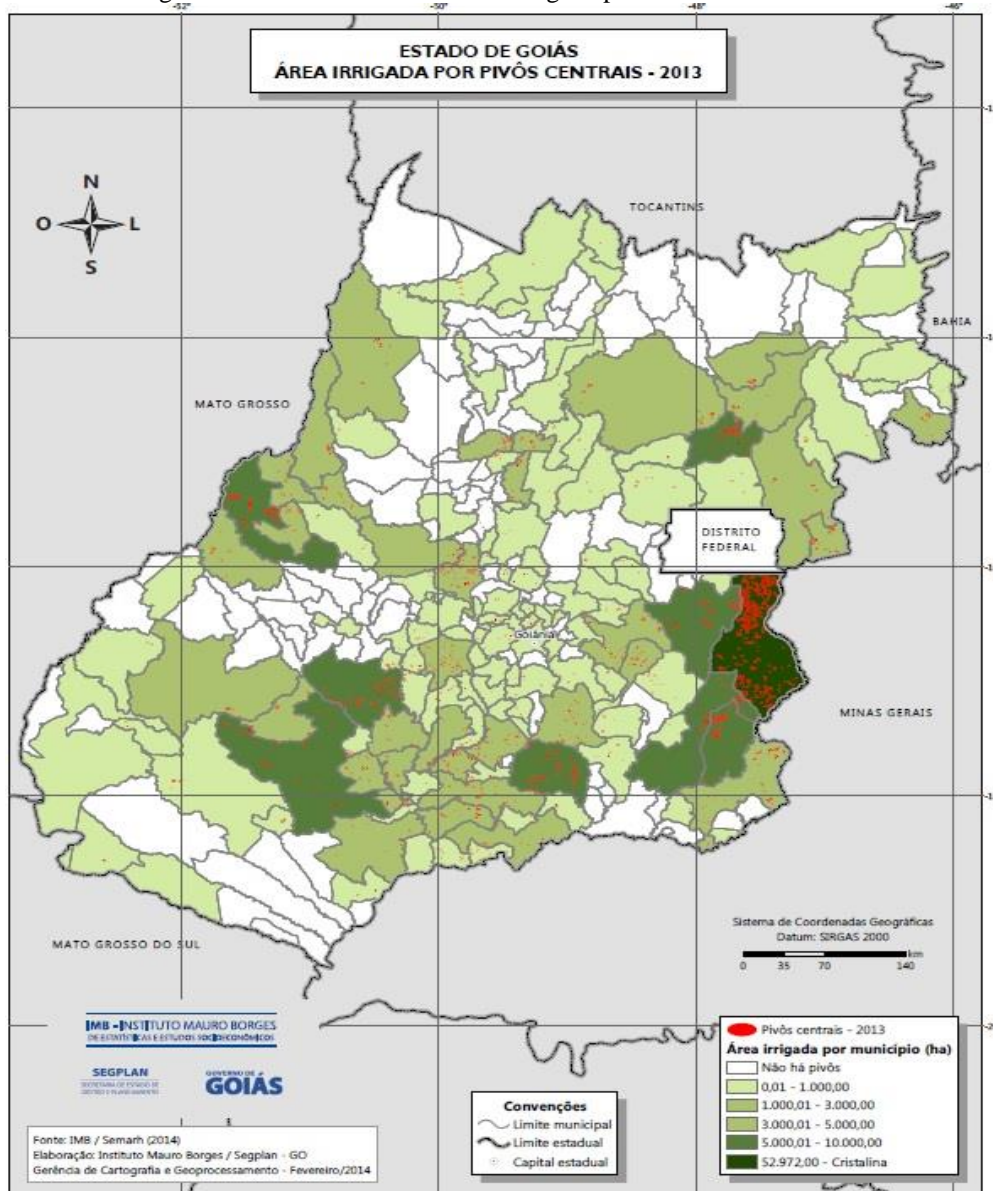
### 1.9.3 Sistemas de Irrigação: tipos e eficiência

A área total de cana de açúcar irrigada sob o sistema de auto-propelido no estado de Goiás é 376.900 ha e a área total de cana irrigada através de *pivot* central é 7.000 ha. (ANA, 2017); e a lâmina d'água total – calculada de acordo com um *range* de valores observados durante vários períodos do dia – se situa em um intervalo entre 20 mm e 80 mm, considerando em conjunto a variedade de cana de açúcar, o solo e os sistemas de irrigação: no caso, novamente, auto-propelido e *pivot* central. (ANA, 2017).

A eficiência do sistema de irrigação *pivot* central, com parâmetro (CUC 91%) é de 80,50 (Evangelista *et al.*, 2010). No sistema de gotejamento subsuperficial, de acordo com Vidal *et al.* (2012), com parâmetro CUC (91%) e CUD (85% - 90%) é de 90. A produtividade do etanol em Goiás, considerando a variável de referência é 70 litros /ha.

A Figura 13 vai apresentar as áreas (municípios) do estado de Goiás, que são irrigadas com o sistema de *pivot* central. Através dele é possível observar que o município de Cristalina é o que possui a maior área irrigada, com 52.972 ha.

Figura 13 – Estado de Goiás: Área Irrigada por Pivôs Centrais – 2013

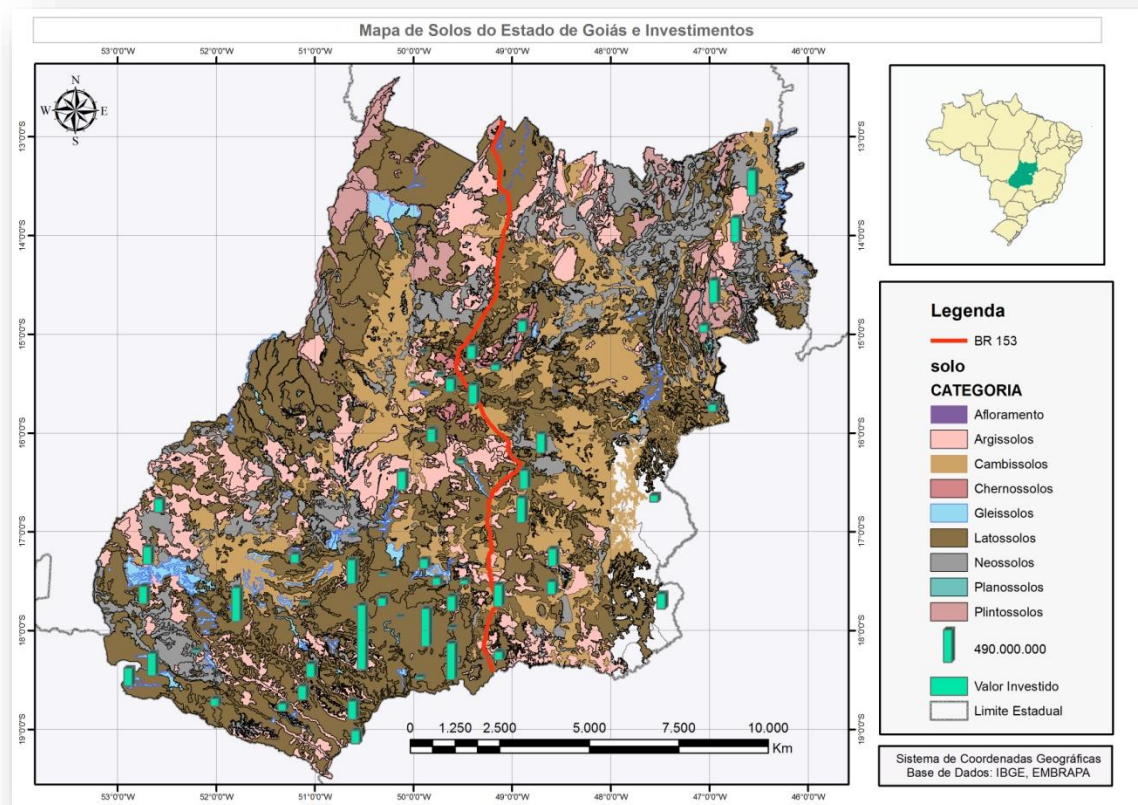


Fonte: IMB /Semarh – fevereiro de 2014.

#### 1.9.4 Logística e Custos de Arrendamento.

Outra característica importante é que os investimentos das usinas têm preferido a proximidade com as vias de escoamento, principalmente, a BR-153 (Belém – Brasília), e os melhores solos, também. A figura 14 vai apresentar a distribuição desses investimentos, de maneira aproximada, vinculando classes de solo e a posição em relação à rodovia Belém-Brasília.

Figura 14 - Mapa de solos em Goiás com Investimentos Totais superpostos.



Fonte: Zopelari (2011).

Borges (2011) acrescenta que a logística também conta com a malha rodoviária, além da BR 153, acima referida, a BR 452, GO 164 (que liga à BR 452, em Paranaiguara) e a GO 206, que liga à BR 384 (em Itumbiara, outro grande complexo sucroalcooleiro), além da proximidade do alcoolduto, que se destina à Senador Canedo, pelo leste, em direção à RMG. (2011:188).

Além disso, devemos citar também outros elementos da estrutura logística que influencia o sistema de uso da terra, embora o etanol, particularmente, e a cana de açúcar, de modo geral, não sejam beneficiários diretos ou imediatos: (1) Porto São Simão e (2) Ferrovia Norte- Sul.

O Porto de São Simão está situado no trecho mais relevante da Hidrovia Tietê-Paraná, que é o compreendido entre os municípios de São Simão (GO) e Perdeneiras (SP).



Este trecho serve ao transporte de grande parte dos grãos do Centro-Oeste, e, conseqüentemente, favorece a produção goiana de grãos. (IMB, 2018).

O Complexo Portuário de São Simão está situado à margem direita do Rio Paranaíba, ao sul do estado de Goiás, e se presta ao transporte de madeira, carvão, adubo e areia, mas também, grandes empresas transportam soja, farelo de soja e milho, e tem capacidade de armazenamento, somando todos os terminais, de 2,506 milhões de toneladas/ano. (Idem).

No que se refere aos modais, especificamente: as mercadorias vão de São Simão (GO) até Pederneiras ou Anhembi-SP em barcaças e depois seguem por modal ferroviário ou rodoviário até o porto de Santos-SP.

A Ferrovia Norte-Sul, entre Anápolis-GO e Açailândia - MA, está pronta para operação e será integrada ao trecho da Ferrovia Carajás, que leva ao porto de Itaqui, no Maranhão. Outro trecho da ferrovia Norte-Sul, 1.537 quilômetros entre Porto Nacional (TO) e Estrela d'Oeste (SP), que passa por Goiás, ainda aguarda pela publicação do Edital de Concessão.

Essa ferrovia tem, em território goiano, 991 km de trilhos, os quais atravessarão as regiões norte, central e o sudoeste do estado. Quando estiver funcionando, esse modal vai permitir alcançar os portos do norte do país; e consolidará a cidade de Anápolis como uma inédita referência logística bem no centro do Brasil.

Goiás também será contemplado com um trecho da Ferrovia de Integração Oeste-Leste (Fio). Esta ferrovia é a primeira parte de um projeto de grandes proporções, a Ferrovia Transcontinental, com 4.400 quilômetros de extensão, que fará a ligação do litoral brasileiro à fronteira com o Peru.

O trecho goiano dessa ferrovia medirá 210 km, saindo de Campinorte e passando pelos municípios de Nova Iguaçu de Goiás, Pilar de Goiás, Santa Terezinha de Goiás, Crixás e Nova Crixás até alcançar a fronteira com o Mato Grosso. (IMB, 2018).

Por fim, há a questão das máquinas e equipamentos agrícolas. Nessa caracterização, será apresentada uma referência exclusiva aos tratores, que são, ao mesmo tempo, um elemento logístico e também um vetor de impactos, especialmente se movidos a combustíveis de origem fóssil, com repercussões sobre o sistema de uso da terra. Todavia, os impactos dos combustíveis fósseis dos tratores não serão discutidos aqui.

### **1.9.5 Gestão Ambiental, Manejo e Boas Práticas.**

Outro elemento que é adequado para melhor caracterizar o sistema de uso da terra de cana-de-açúcar visando à produção de etanol em Goiás é o conjunto de práticas, sobretudo

das usinas, que estão instaladas na região, que podem ou não adotar medidas satisfatórias em relação ao meio ambiente.

Borges (2011) faz um importante estudo sobre tais usinas e apresenta alguns comentários acerca de sua pesquisa que revela um panorama representativo. A autora realizou seu estudo na Microrregião de Quirinópolis, que pertence à Bacia do Rio Paranaíba.

Podemos tomar como exemplo, segundo Borges (2011), a Usina Boa Vista (UBV), que pertence ao Grupo São Martinho. A UBV está situada no município de Quirinópolis, a 300 km de Goiânia, que foi inaugurada dia 12 de setembro de 2008, para o que recebeu investimentos de R\$ 700 milhões, sendo quase R\$ 250 milhões aportados pelo BNDES; além disso, também foi admitida no Programa de Fomento Industrial (PRODUZIR), que concede benefícios a partir de créditos gerados de ICMS.

A UBV é considerada uma das mais modernas do mundo por sua avançada tecnologia para a produção de etanol. Possui colheita totalmente mecanizada e foi pioneira no Brasil no sentido de combinar práticas modernas e sustentáveis, seja em suas operações industriais como em comunidades da região. (2011:194).

Nesse sentido, o Relatório Anual e de Sustentabilidade (2012 /2013) aponta que desde abril de 2010, conta uma unidade do Centro de Educação Ambiental, que oferece ampla infra-estrutura e recursos como maquetes, mapas, salas com meios audiovisuais e outras ferramentas adequadas a seu objetivo. (2013:36).

O Viveiro de Mudas, integrado ao Centro de Educação Ambiental, visa à recomposição de matas ciliares e a UBV produz cerca de 30 mil mudas (de um universo de 380 mil mudas de 210 espécies nativas), que são utilizadas para a recomposição dentro do próprio grupo, ou em parcerias com autoridades ambientais, além de doações para o Poder Público e Comunidades locais, tendo atingido 2,5 milhões de mudas no período. (2013:37).

Em 2012, o Grupo São Martinho, que inclui a UBV, recebeu a aprovação do Compromisso Nacional para Aperfeiçoar as Condições de Trabalho na Cana-de-Açúcar nas suas três unidades. O Compromisso reúne as boas práticas trabalhistas já adotadas por empresas do setor, mas que vão além dos padrões determinados por lei. (2013:58).

Embora não se possa medir com exatidão, é certo que contribuiu para que o ano de 2012 registrasse uma alta no número de empregos no setor, apesar de o investimento ter sido menor. De acordo com levantamento realizado pelo Instituto Mauro Borges e citado por Queiroz *et al.* (2017), em 2010, que já representava uma redução de, praticamente, 50% em relação a 2009, o número de contratos de trabalho foi de 6.055, no ano seguinte, 6.182 e 6.667, no ano de 2012. (2017:07).

Por outro lado, Borges (2011) constatou que apesar de o manejo da cana de açúcar na Microrregião de Quirinópolis ser altamente mecanizado em todas as fases do processo e tem o objetivo de controlar a produtividade, e aumentá-la, ainda há riscos de novos impactos como erosão hídrica e compactação do solo.

A primeira preocupação com os impactos é na produção e produtividade, e, de modo secundário, nos ambientes como um todo. Para ser específico, o manejo do solo é feito para prevenir e controlar a compactação, além da fertilidade e umidade, que são as principais restrições de cultivo. As usinas praticam a seleção de cultivares ecologicamente adaptados e a utilização de soja ou leguminosas (crotalária) como medida de controle da fertilidade na fase da reforma dos canaviais e no preparo do solo, antes do primeiro plantio. (2011:215).

Todavia, como antecipado acima, constatou-se que há impactos ambientais diretos por conta dessa expansão relacionados com a atividade industrial e agrícola, como, por exemplo: impactos de compactação e mudança na biota dos solos, e na qualidade da água superficial dos córregos utilizados pelos empreendimentos, havendo potencial de contaminação com o tempo devido ao manejo da cultura.

Borges (2011) conclui que “nada consta de significativo em termos de sistemas de gestão ambiental das usinas e dos empreendimentos agrícolas (...) há probabilidade de novos impactos ambientais (...) riscos de erosão hídrica associada à compactação dos solos”. (2011:215).

Conforme o **Mapa das Usinas** do Sindicato da Indústria de Fabricação de Etanol do Estado de Goiás, existiam até 2013, 36 usinas em operação no estado de Goiás. (SIFAEG, 2013).

Os custos de arrendamento relativos à safra 2013 /2014, apurados pela Agroanalysis / Scot Consultoria, apresentaram variação dentro do intervalo de R\$ 700,00 e R\$ 1.000,00 por hectare. (Agroanalysis / Scot Consultoria, 2014).

Dessa forma, este primeiro capítulo fornecemos um panorama da área de estudo sob os mais variados aspectos. No capítulo 2 faremos um detalhamento da literatura consultada e através dela poderemos extrair seu marco teórico.

## Capítulo 2: Revisão da Literatura e Marco Teórico

O presente capítulo visa a explicitar o referencial teórico da *Land Use System Science*, ou, simplesmente LSS.

Preliminarmente, porém, deve ficar esclarecido que *Land Systems* (LS) é o resultado das interações humanas com o meio ambiente natural e constituem o componente terrestre do Sistema Terrestre. Abrangem também todos os processos e atividades relacionados ao uso humano da terra: incluem os do tipo socioeconômicos, tecnológicos; investimentos organizacionais e arranjos, assim como os benefícios obtidos da terra com os resultados sociais e ecológicos, gerados a partir de atividades da sociedade, sem que fossem planejados. (Verbug *et al.*, 2015).

A LSS, assim designada, consiste de uma linha evolutiva de estudos, preocupações e pesquisas que têm no uso da terra o seu aspecto mais relevante para explicar transformações ambientais e repercussões climáticas, também.

Essencialmente, a evolução da LSS se deu através dos seguintes escopos temáticos: (1) uma plataforma de integração multidisciplinar para sintetizar pesquisas sobre *Land System* em várias partes do mundo, capitaneado pelo *Global Land Project* (GLP), (2) Estudos abordando as Escalas Local e Global; (3) Estudos sobre a emergência e os desafios ambientais e sustentabilidade, (4) o enfrentamento da temática da Governança; (5) a questão da Arquitetura de usos da terra para lidar com a mudança ambiental, (6) as perspectivas da Modelagem; (7) a definição e a compreensão dos Serviços Ecossistêmicos, (8) a importante e fundamental discussão dos Sistemas Sócio-ecológicos, como continuidade do esforço de compreender e até medir os Serviços Ecossistêmicos; (9) a discussão sobre os Desafios da LSS; (10) recentes enfoques regionais como sobre a América Latina, (11) estudos aplicados sobre os aspectos perversivos da transição do sistema de uso da terra no Brasil, e (12) e no Cerrado Brasileiro *vis-à-vis* a expansão da área plantada de cana-de-açúcar para a produção de etanol.

Resumidamente, a LSS é uma ciência no sentido de que o método científico foi utilizado para apresentar resultados que compõem uma narrativa sobre como o uso da terra pode ser importante em várias dimensões de processos naturais, econômicos e sociais, que produzem algum impacto sobre os Serviços Ecossistêmicos e o Bem-estar humano.

Fazer medições e encontrar o ponto de equilíbrio em um sistema em que os dois fenômenos acima referidos seja alcançado permanece um desafio em aberto para a LSS, que já contribuiu bastante com este objetivo. Finalmente, convém ressaltar que o uso da terra é associado ao meio rural e florestal, e a dinâmica urbana não está entre as aplicações da LSS nos textos selecionados e apresentados neste capítulo, o que não significa que tenha importância menor ou mesmo, nenhuma.

Para se compreender os avanços e contribuições da LSS, é importante partir da noção essencial de se organizar os saberes presentes em mais de uma iniciativa em âmbito internacional de uma comunidade dedicada ao tema.

## **2.1 Sistematização da LSS**

Nesse sentido, Verbug *et al.* (2015) evidencia que a LSS é um esforço de sistematização teórica que resulta da organização da comunidade de conhecimento e pesquisa sobre o tema em um projeto de proporções mundiais chamado *Global Land Project*, GLP (hoje chamado *Future Earth*). O GLP começou a atuar em 2006, após publicar, em 2005, seu plano científico; e era o principal projeto de três iniciativas, a saber: *International Geosphere-Biosphere Programme* (IGBP) e do *International Human Dimensions Programme on Global Environmental Change* (IHDP), e também o *International Social Science Council* (ISSC).

O GLP tinha por objetivo realizar uma síntese e integração de *insights*, conhecimentos e metodologias em pesquisa no âmbito da comunidade LSS.

A referida comunidade se organiza através do GLP da seguinte forma: primeiramente, o projeto *Land Use and Land Cover Change Project* (LUCC), que funcionou entre 1994 e 2005; e o *Global Change and Terrestrial Ecosystems Project* (GCTE; 1992 – 2003). E uma das principais tarefas do GLP é a identificação de prioridades científicas e construção de agendas por meio da síntese de conhecimento existente, meta-análise de pesquisas baseadas no uso da terra e *workshops* dedicados. Adicionalmente, por meio de atividades em rede (*networking*), como a organização de conferências e *workshops*, o GLP construiu uma plataforma para a comunidade LSS. (2015:30).

A base é o uso da terra porque a sociedade altera e modifica a quantidade e a qualidade dos serviços e recursos, tais como: alimento, combustível, fibras e muitos outros serviços ecossistêmicos, que se prestam como apoio a funções de produção, regulam riscos de desastres naturais, ou fornecem serviços culturais e espirituais. Portanto, as mudanças nos Sistemas de Uso da terra têm grandes consequências para o meio ambiente local e bem estar

humano, e, ao mesmo tempo, fatores pervasivos – isto é, com influência significativa - da mudança ambiental global. (2015:30).

Esses dois trabalhos serão detalhados a seguir, especialmente no que se refere às suas projeções e seus cenários; e, ao final, serão discutidos outros textos que abordam as práticas gerenciais e tecnológicas que poderão influir nos cenários de expansão da cana de açúcar, com menor pressão sobre os recursos naturais, especialmente, os hídricos.

Nesta revisão da literatura e marco teórico, quatro paradigmas fundamentam a Ciência do Uso da Terra – *Land Use System Science* (LSS), o monitoramento nos sistemas de uso da terra, o conceito de Sistemas sócio agroecológicos, sistemas de uso da terra socialmente inclusivos e governança de sistemas de uso da terra teleacoplados. Para os fins deste trabalho, os paradigmas a serem considerados da LSS serão o monitoramento e os Sistemas Sócio agroecológicos ligados ao uso da terra. No caso deste último, também serão duas as propriedades a serem trabalhadas: (a) Resiliência e (b) Adaptabilidade.

A adoção deste marco teórico à pesquisa é expresso pelo fato de que o Brasil assumiu compromissos em sua *National Determined Contribution* (NDC), no sentido de aumentar a participação de energias renováveis até 2030. Nesse sentido a mais importante fonte de energia limpa parece ser mesmo o etanol de cana-de-açúcar, de modo a contribuir de forma emblemática à meta de não superar em 2.0 ° C o aumento da temperatura do planeta até 2100.

Para que o papel do estado de Goiás seja avaliado neste contexto, é indispensável que se considere diversas etapas da mudança do uso da terra, que vinculam processos ambientais e processos sociais. É fundamental definir qual dimensão tecnológica que melhor contempla a sustentabilidade contida na LSS. Traçar um cenário em que a expansão de cana de açúcar não será o principal processo do sistema de uso da terra em Goiás, quais seriam as tecnologias disponíveis para resiliência e havendo expansão da cana da açúcar, as tecnologias cumprirão o papel de sustentabilidade em escala local.

Na literatura selecionada, a epistemologia do uso da terra começa sua abordagem como um processo indispensável à valorização do capital: um processo racional, assentado na lógica econômica da extração da renda diferencial da terra. Com a evolução da ciência do uso da terra, ocorre uma mudança de paradigma, que incorpora a sustentabilidade.

Nesse caso, ocorrem dois desdobramentos: tecnológico e social. No tecnológico houve o aprimoramento do monitoramento de queimadas, desmatamento, aumento da área plantada, pastagem e mudanças do uso da terra em geral, que concorreu para o avanço da LSS.

Outra contribuição para o desenvolvimento da LSS foi a concepção dos chamados “Sistemas Sócio-ecológicos do uso da terra”, uma aplicação mais restrita, e mais objetivamente direcionada ao uso da terra, que vincula os sistemas natural e social à preocupação com a sustentabilidade.

Nesse mesmo sentido, a literatura mostra o desenvolvimento de um campo de corte mais institucional, por assim dizer, que é projetar um sistema de uso da terra que seja socialmente inclusivo, observando as condições de sustentabilidade, e, por fim, a governança de sistemas de uso da terra teleacoplados (com interações entre distantes eventos).

É interessante observarmos como no desenvolvimento da LSS, os pressupostos – ou, em alguns casos, as hipóteses de alguns dos modelos teóricos que informam a ciência do uso da terra – interagem, causando, por vezes, a impressão de que tais modelos são absorvidos.

Por exemplo: o modelo “Expansão de Fronteiras Agrícolas”, cujos pressupostos se coadunam com o submodelo *Land Sharing* e são apresentados no âmbito do Modelo “Projetar Sistemas Socialmente Inclusivos do Uso da terra”.

As mudanças no LSS são o resultado direto dos processos humanos de tomada de decisão em escalas múltiplas, que vão desde decisões de proprietários locais à escala nacional, de LSS e acordos comerciais globais. Dessa forma, o impacto agregado de muitas mudanças em nível de Sistema de Uso de terra local produz consequências de longo alcance para o Sistema Terrestre, que, por sua vez, retroalimenta os serviços ecossistêmicos, o bem estar humano e o processo de tomada de decisões. Consequentemente, a mudança no LSS é, ao mesmo tempo, causa e consequência de processos sócio ecológicos. (2015:30).

Verburg *et al.* (2015) discorrem sobre uma evolução de aproximadamente 20 anos de estudos da LSS, que foram coordenados pelo projeto LUCC (mudanças de cobertura e uso da terra), e, inicialmente era dominado pelo monitoramento e modelagem dos impactos ecológicos das maiores mudanças na cobertura da terra no sistema natural. Um elemento constituinte da LSS sempre foi a permanente orientação para a sustentabilidade e, então, o desflorestamento e a desertificação foram os elementos-chave explorados nos estudos de caso-síntese. Conquistas foram conseguidas em termos de observação das mudanças da cobertura da terra através de sensoriamento remoto para estudos de caso isolados.

Uma das principais conquistas dos primeiros trabalhos no projeto LUCC foi a síntese de estudos de caso para identificar forçantes comuns da mudança e padrões causais. Ao mesmo tempo, foram desenvolvidos modelos de uso da terra para permitir a exploração de cenários futuros de mudança do uso da terra. (2015:30).

Além do projeto LUCC, o projeto *Global Change and Terrestrial Ecosystems* (GCTE) contribuiu através de suas pesquisas sobre as mudanças no ecossistema terrestre em escalas local e regional e mudanças ambientais globais, como a concentração de gases de efeito estufa, mudanças climáticas globais e regionais, destruição de *habitat* e aumento no número e nos impactos de espécies invasoras. (2015:30). Gradualmente, o campo de pesquisa da mudança de uso e mudança de cobertura da terra amadureceu e se tornou mais interativo, com foco tanto nos forçantes como nos impactos da mudança da terra e incluiu uma gama maior de processos interativos da mudança do uso da terra; desenvolvimento, por sua vez, estimulado por mudanças fortes com outras comunidades de pesquisadores dedicadas a temas relacionados. (2015:30).

O crescente grupo de pesquisadores engajados nesse campo da Ciência da Mudança do Uso da terra como um campo de pesquisa separado e interdisciplinar através das ciências sociais, econômicas, geográficas e naturais chamou cada vez mais atenção para os *feedbacks* entre os forçantes e os impactos, e as interações entre os sistemas sociais e ecológicos e teleacoplamento entre as regiões do mundo; e as interações entre as cidades e suas estâncias rurais motivou uma perspectiva integrada de sistemas sócio ecológicos. (2015:30)

Neste conceito integrado, os sistemas de uso da terra são conceituados como o resultado de interações dinâmicas no âmbito do sistema sócio-ecológico que opera através de escalas espaciais e temporais. Esta perspectiva também moveu a LSS de um foco nas mudanças mais dramáticas da mudança da cobertura da terra para uma atenção maior a súbitas mudanças de interações humanas com o entorno natural, incluindo a gestão da terra e o provisionamento de uma ampla gama de serviços ecossistêmicos. (2015:30).

## **2.2 Conquistas da pesquisa em LSS**

Conforme Verbug *et al.* (2015), foram cinco conquistas, que serão descritas a seguir: (1) identificação de padrões gerais a partir de estudos de caso, por meio de meta-análise; (2) explicação histórica e modelagens para definir o Antropoceno como período histórico; (3) melhoramento da aquisição de dados e informações; (4) modelagem para a decisão (individual) de uso da terra; e (5) maior compreensão dos efeitos do tele-acoplamento.

Tendo conduzido meta-análises com foco em causas dos mais importantes processos da mudança (de uso) da terra ou consequências da mudança do sistema de uso da terra, as pesquisas baseadas em escala local em pequenos estudos de caso se tornaram um importante componente da LSS.



Aquelas meta-análises ajudaram a melhor contextualizar estudos de caso individuais e a identificar padrões gerais através dos estudos de caso. (2015:30). Os desenvolvimentos metodológicos da meta-análise para o propósito específico da mudança ambiental global e da LSS também foram realizados, como, por exemplo, sobre a utilidade de análise qualitativa comparativa para comparar estudos de caso altamente diversos de regiões diferentes e possibilidades e riscos de se usar análises estatísticas quando os estudos de caso não são concebidos de maneira semelhante. (2015:31).

A segunda conquista se refere àquela que, apoiada em modelagem e evidências históricas de longo tempo, explicou o Antropoceno: houve um esforço colaborativo para revisar e comparar os últimos registros globais sobre populações humanas e o uso da terra no curso de 8.000 anos para se avaliar o uso humano da terra como uma força transformadora global da biosfera terrestre. Diferentes reconstruções históricas do uso global da terra, apoiadas em diferentes modelos de intensificação do uso da terra levaram a avaliações radicalmente diferentes do surgimento, história e futuro do uso da terra como um processo transformador do Sistema Terrestre. (2015:31).

A combinação de tais reconstruções históricas com evidências sobre os sistemas de uso da terra e, também, sua intensificação, a partir da arqueologia, paleoecologia, e história do meio ambiente, tornou-se possível explicar por que populações humanas relativamente pequenas causaram mudanças ecológicas tão profundas e tão difusas nos últimos 3000 anos. Em contraste, no século XXI, populações humanas mais numerosas e ricas necessitam de menos terras aráveis por pessoa a cada década. Ao mesmo tempo, a população humana e o consumo de biomassa cresceu quatro vezes e a produção econômica foi multiplicada por 17 vezes desde 2005. (2015:31).

A terceira conquista foi melhorar a aquisição de dados e informações, representadas, nesse caso, por resolução espacial e dados quantitativos; haja vista que o progresso em LSS depende tanto de evolução conceitual e disponibilidade de dados acurados sobre a mudança da terra. (2015:32).

Durante a década de 2000, dois grandes desenvolvimentos transformaram a geração de dados e a análise sobre mudança da terra: o primeiro foi a mudança de informação sobre cobertura da terra para informação sobre uso da terra, assim como maior atenção para a coleta de informação qualitativa (2015:33).

Em segundo lugar, maior resolução e sensoriamento remoto global mais acurado baseado em conjunto de dados se desenvolveu desde a primeira metade dos anos 2000, ao passo que muito dos produtos de observação do uso global da terra são baseados em dados

com resolução espacial à proporção de centenas de metros para um quilômetro; e novas capacidades de sensoriamento remoto podem criar produtos de maior resolução sobre mudança da terra em nível de paisagem.

Outro grande desafio é diferenciar semelhantes classes de cobertura da terra, que têm propriedades ecológicas significativamente diferentes. Como, por exemplo, na América Latina, pastagens naturais (alta diversidade, alto teor de carbono no solo, produtividade primária baixa e moderada), dificilmente podem ser distinguidas de pastagens plantadas (baixa biodiversidade, teor de carbono no solo baixo e moderado, e alta produtividade primária).

Frequentemente, também é muito difícil distinguir entre plantações de árvores e florestas plantadas, e, evidentemente, entre culturas com implicações ecológicas, econômicas e socioeconômicas muito diferentes. (2015:33). E tudo isso influencia o monitoramento.

A quarta conquista diz respeito a modelagem com discriminação de modelos. A modelagem do uso da terra é feita a partir de ferramentas de simulação, que cobrem um amplo espectro de concepções de modelo, oriundos de diferentes disciplinas. Os modelos usados na LSS variam de escala global, que são modelos de resolução bruta para avaliar demanda global e suprimento de commodities, produzida por sistemas de uso da terra. Por exemplo: Modelos Computacionais de Equilíbrio Geral a modelos em escala local multi-agentes, que estimulam decisões individuais de uso da terra ao nível de atores individuais. (2015:33).

No entanto, dada a exigência de se estabelecer bases empíricas para modelos de mudança do uso da terra, muitos pesquisadores se encaminham para o desenvolvimento de modelos híbridos, que combinam métodos participativos, experimentais, estatísticos e de simulação. Todavia, o acoplamento de modelos ainda segue uma abordagem *top-down*, onde modelos de escala superior inibem modelos mais detalhados, que representam dinâmicas regionais para padrões de mudança de uso da terra.

Tal desenvolvimento fortalece a representação da decisão de uso da terra, dinâmica através de diferentes escalas e uma ligação maior com a coleta de dados empíricos para a parametrização e validação. (2015:33).

A quinta conquista é a compreensão mais abrangente dos efeitos do tele-acoplamento. A partir daí, três problemas devem ser discutidos neste tópico: a globalização da terra, o tele-acoplamento de processos sócio ecológicos e o problema da distância institucional.

Verbug *et al.* (2015) discutem que a decisão de uso da terra em nível local é influenciada por mercados globalizados, decisões de governos distantes e a configuração de uma agenda global.

A LSS assumiu o desafio de tanto aumentar a compreensão da interação de um sistema acoplado humanidade-meio ambiente em um mundo *tele-acoplado*, assim como prover novos quadros de referência e conceitos para informar a decisão baseada em evidências e o processo de formulação de políticas públicas.

Verbug *et al.* (2015) citam um exemplo que é o Vietnã, cujo desflorestamento é, em grande medida, resultado de um deslocamento da atividade de madeiramento através da importação de madeira e seus produtos de outros países. Em nível global, 52% do reflorestamento (2003-2007) de sete países que, recentemente, passaram por transição florestal, está baseada nos tais efeitos de deslocamento, o que leva a uma exportação de externalidades negativas.

Portanto, a globalização econômica facilita a transição florestal [em sentido negativo; não de recuperação florestal com espécies nativas, *habitats*] em um país por meio desses efeitos de deslocamento, frequentemente para países com sistemas fracos de governança do uso da terra. (2015:34).

Noutro exemplo, citado pelos autores, importações e exportações de produtos florestais da China no ano 2010 ilustra bem a extensão de que, atualmente, a terra é um bem globalizado: entre 1997 e 2010, a China exportou produtos florestais para mais de 160 países e importou esses produtos de mais de 170 países. Esta evidência empírica é crucial para aumentar as respectivas políticas globais, como aquelas relacionadas ao desflorestamento global. Recentemente, houve tentativas até de quantificar esses efeitos de deslocamento de uso do recurso, e uso da terra, baseadas especificamente em dados de comércio e de consumo. (2015:34).

Já no que se refere ao segundo problema, tele-acoplamento de processos sócio ecológicos, os autores chamam a atenção para o fato de que enquanto aqueles resultados (quantificação de efeitos de deslocamento) são parcialmente contraditórios, todos mostram o alto grau de globalização da terra e das respectivas externalidades. Estes resultados servem de motivação para a necessidade clara de se fazer avanços metodológicos nesse campo, de modo a que a comunidade LSS possa prover informação crítica e ferramentas para apoiar o processo de tomada de decisão em políticas públicas em nível nacional, regional e global. (Idem)

Ademais, aos efeitos de deslocamento, as ‘teleconexões’ (sic.) dos sistemas de uso da terra envolvem outros processos sócio ecológicos como as migrações de humanos e espécies, aquisição de grandes áreas de terra por proprietários estrangeiros, ou “transferências” distantes de serviços ecossistêmicos (por exemplo: conservação de bacias hidrográficas). (Idem).

Os autores referem ainda que a LSS reagiu ao desafio conceitual proporcionado pelo aumento dessas interações de lugares distantes. Sedo assim, propôs diferentes quadros teóricos e arquétipos para abordá-las. Citam um exemplo onde se discute um conceito integrado que abrange as interações socioeconômicas e ambientais entre o sistema acoplado humano-meio ambiente sobre enormes distâncias. Este conceito enfoca a diferença entre emitir, recepcionar e espalhar sobre os sistemas o fluxo entre os mesmos, os agentes e as causas e efeitos dentro desses sistemas. (2015:34).

O terceiro problema, a distância institucional, surge com a observação de que aqueles modelos conceituais discutidos no tópico acima provocaram uma mudança de concepção baseada no lugar para uma concepção baseada em processo, que oferece um potencial grande para aumentar a compreensão de um mundo tele-acoplado, e contribui para políticas mais efetivas e ações em direção ao desenvolvimento sustentável.

Enquanto o modelo exemplificado no tópico anterior (integra as interações socioeconômicas e ambientais), por sua vez, enfatiza distâncias geográficas. Outros trabalhos enfatizam a distância institucional ou ‘governança que se desconecta’ (sic) no tele-acoplamento.

Ou seja, segundo os autores, sistemas (em geral: de uso da terra, humano-meio ambiente, socioeconômico, sócio-ecológico, etc.) distantes podem ser fortemente influenciados por sistemas próximos; ao passo que as instituições<sup>8</sup> são locais e não podem governar estes fluxos. Essa visão também enfatiza o papel de *feedbacks* surgindo desses “desencontros” para modificar os sistemas de governança. (2015:34).

Para concluir este tema, a LSS deve ser vista como interdisciplinar, transdisciplinar, colaborativa para abordar a mudança do uso da terra em pesquisas de alcance global.

A LSS se posiciona na interface dos sistemas humano e de meio ambiente, o que a torna central para estudos através de diferentes escalas e perspectivas disciplinares; isto cria

---

<sup>8</sup> **Nota do autor:** um exemplo pode ser a Política Nacional de Mudanças Climáticas (12.187 /2009), que, evidentemente, não tem *agency* sobre o desmatamento em outros países da Bacia Amazônica e emissões na Bacia do Caribe, por exemplo. O mesmo se pode dizer de congêneres municipais, estaduais.

uma plataforma que junta diferentes comunidades e disciplinas, troca e compara abordagens, e cria um entendimento mútuo dos desafios e lacunas de conhecimento. (2015:38).

Além de criar um cuidado das diferentes perspectivas e diferentes métodos, as interações nesses projetos facilitaram, em vários estágios, uma síntese do conhecimento, assim como a evolução das agendas e prioridades. (Idem).

O uso da terra tem sido um elemento central para a sociedade através da história da humanidade e permanece ainda mais importante atualmente. Porém, os sistemas de uso da terra, suas características, dinâmicas, restrições e impactos foram tradicionalmente estudados como parte de diferentes disciplinas, tais como: economia, ecologia e geografia. As crescentes pressões sobre os recursos da terra e o papel chave dos sistemas de uso da terra dentro da dinâmica do Sistema terrestre fez surgir a LSS, que se desenvolveu como um campo interdisciplinar, que atua como uma plataforma para integrar diferentes perspectivas e dimensões de uma pesquisa sobre mudanças globais. (Idem).

O campo amadureceu nas últimas décadas, levando a novas abordagens para unir diferentes escalas de análise, assim como facilitar a ligação entre ciência e prática. (Idem).

Os sistemas de uso da terra são, portanto, uma causa da mudança ambiental global, e também um poderoso meio para a mitigação e de adaptação para a mudança ambiental global. (2015:38).

A primeira parte apresentou uma visão ampla e descreveu um panorama sobre as características epistemológicas da LSS; particularmente discutindo aspectos metodológicos, contribuições, avanços e como a interdisciplinaridade ajudou a compreender o mundo onde fenômenos em lugares distantes podem afetar decisões de uso da terra em nível individual, provocando ações e planejamento de políticas públicas para lidar com tais perturbações.

### **2.3 Escalas global e local da LSS**

Esta segunda é composta por uma resenha de dois autores acerca de um desdobramento discutido na primeira parte: as escalas local e global. Este ponto se refere, essencialmente, às questões envolvendo as interações entre forçantes e impactos, as ‘teleconexões’, o sistema sócio-ecológico e modelos.

Verbug *et al.* (2013) lembram que inicialmente os estudos sobre Mudança do uso e cobertura da terra era dominado por monitoramento e modelagem de impactos ecológicos das mudanças de cobertura da terra, tais como desflorestamento e desertificação sobre o sistema natural. Gradualmente, o campo de pesquisa se tornou mais integrado, procurando

enfocar tanto nos forçantes e nos impactos da mudança da terra, como parte da mudança ambiental global.

A crescente atenção para os *feedbacks* entre forçantes e impactos, incluindo comportamento adaptativo, as interações os sistemas social e ecológico, e suas ‘teleconexões’ (sic) entre as regiões do mundo; assim como entre as cidades e suas estâncias rurais motivou uma perspectiva de sistema sócio-ecológico integrado. (2013:434).

De acordo com esta percepção, podemos reconhecer os sistemas de uso da terra a partir das interações dinâmicas dentro do sistema sócio-ecológico. (Idem).

Brown *et al.* (2013) apontam caminhos por onde diferentes tipos de modelos podem ajudar no entendimento de dinâmicas futuras: a formulação, a implementação, o monitoramento de políticas de uso da terra e processos de planejamento. Ao revisarem modelos atuais, concluíram que a maioria dos modelos estão com destaque na exploração da função do sistema sócio-ecológico, análise de cenários e avaliação *ex-ante*.

Essas são premissas indispensáveis para possíveis modelagens e consequentes análises sobre manifestações de problemas ambientais decorrentes das decisões sobre uso da terra em nível de escala: local e global, devido às possíveis afetações.

Todavia, podemos observar uma desvantagem, porque possui menor eficiência na aplicação da água, uma vez que se aplicam grandes quantidades de água, o que provoca grandes perdas e maior degradação dos solos. (2007:12).

Sobre esse aspecto Turner *et al.* (2008) comentam, inicialmente, que as mudanças forçadas pelos humanos na superfície terrestre abrange uma ampla gama de significados para a estrutura e funcionamento dos ecossistemas para o Sistema Terrestre; de forma igual, com consequências de longo alcance para o bem estar humano. (2008:20666).

Prossegue lembrando que o desflorestamento e a irrigação foram as maiores fontes de emissão de gases de efeito estufa para a atmosfera, especialmente dióxido de carbono e vapor d’água, antes do advento da era industrial e a queima de combustíveis fósseis, e, em torno de 35% do CO<sub>2</sub>-equivalente emitido por humanos para a atmosfera pode ser tributado às mudanças do uso e da cobertura da terra; mudanças que, à época do estudo, dão suporte a 6 bilhões de pessoas com alimentos, fibras, água e outros benefícios assim como dão suporte ao maior nível de consumo médio *per capita* de que se tem notícia. (Idem).

Este nível sem precedentes de consumo foi acompanhado, igualmente, por um nível sem paralelo de impactos sobre o Sistema Terrestre, especialmente desde o final do século 20. Praticamente, metade da superfície terrestre que não é coberta de gelo sofreu alguma transformação, e, virtualmente, todas as áreas de terra foram afetadas, de alguma forma, por

tais processos, como paisagens adaptadas, mudança climática e poluição da troposfera. Muito dessa mudança se deve aos usos da terra: cerca de 40% da superfície da terra são agricultura (incluindo pastagens melhoradas e pastagens naturais), o que representa quase 85% das retiradas anuais de água, 3,3 bilhões de ruminantes pastando e produzindo metano, e os usos da terra representam entre 10% - 50% da produtividade primária líquida. (Idem).

Com base nessas dimensões globais, mudanças na terra em escalas local e regional são de suma importância. No sul da Flórida, a substituição em larga escala da cobertura natural por usos urbano e agrícola reduziu a precipitação no local. (2008:20666).

De forma ainda mais dramática, na Ásia Central, a massificação dos projetos de irrigação dispararam o colapso do Mar de Aral e sua respectiva indústria de pesca, com *feedbacks* que incluem deposição de sais sobre a superfície dispersados pelo vento desde o fundo do oceano para áreas agrícolas adjacentes e até mesmo nas vertentes glaciais, que alimentam o mar. (2008:20666).

A partir desses exemplos, um esforço integrado de pesquisa se faz necessário, o que é feito, como referido na primeira parte, por várias comunidades, que, em sua forma mais abrangente inclui a atividade humana, ambiental e geográfica, baseada em informações de sensoriamento remoto em um esforço interdisciplinar chamado de ciências da mudança (ou sistema) de uso da terra. (2008:20666).

Esta comunidade de pesquisa tem por objetivo melhorar: (a) observação e monitoramento das mudanças do uso da terra, (b) compreender tais mudanças como um sistema acoplado humano – meio ambiente, (c) modelagem espacialmente explícita da mudança do uso da terra; (d) avaliação dos resultados produzidos no sistema, tais como: vulnerabilidade, resiliência ou sustentabilidade. E esta agenda ainda pode ser mais complexa quando se tratar do meio ambiente em termos de sua matriz de ecossistemas, que são os bens e serviços ambientais, e não apenas recursos individuais. As decisões de uso da terra afetam os bens e serviços ambientais e o funcionamento dos ecossistemas. (Idem).

Os autores, mais adiante, voltam a enfatizar o problema do distanciamento espacial, ou desconexão, entre as fontes de consumo e a produção em uma economia global, como citam o exemplo do desflorestamento industrial em Bornéu ou Sibéria. Afirmam que estudos comparativos e meta-análises de mudanças (no uso) da terra baseados em um local demonstraram o papel de fatores como mercados, políticas, transporte, governança e o ciclo de vida dos produtos consumidos pelas famílias sobre os diferentes tipos de cobertura da terra (por exemplo: desflorestamento tropical). (Idem).

Os exemplos trabalhados pelos autores informam que é mais comum examinar um conjunto de bens e serviços, ou partes de ecossistemas, e incluem: fragmentação da paisagem com espécies importantes e as consequências para o funcionamento da biota e paisagem. Outro exemplo é o espalhamento de espécies invasivas como consequência dos uso da terra. As consequências da Mudança do uso da terra para o suprimento de água e alimentos, além de valores das amenidades. Incluem também várias consequências do aumento da área de bordas de floresta devido à perda da biota e a abertura de corredores para vetores de doença.

A ênfase sobre os bens e serviços específicos ou subsistemas domina a pesquisa em muitas escalas de análise, como aquela direcionada às consequências da cobertura da terra global para os gases de efeito estufa na atmosfera, o albedo (ou reflectância) ou o ciclo hidrológico. (2008:20668).

Vários poluentes de áreas urbano-industriais reduzem a quantidade produzida de plantações, frequentemente em grandes escalas espaciais e interações com o óxido nítrico liberados de fertilizantes. (Idem).

Como vimos, e os autores advertem, são numerosos os desafios para abordar as consequências biofísicas e os *feedbacks*. Incluem a identificação de links de causalidade entre processos ecossistêmicos e serviços ecossistêmicos, e sua dependência da biodiversidade, e a identificação de *tipping points*, além de cujo ponto, a resiliência de diferentes sistemas ambientais se perde. (Idem).

No que se refere ao enfrentamento de tais questões, mais adiante os autores discutirão diferentes soluções, entre as quais, merece destaque as soluções de tipo *win-win*, que envolvem complexa suíte de saídas de sistemas acoplados (já definidos na primeira parte deste capítulo), que são processados e fornecidos através das paisagens de modos espacialmente incongruentes. (2008:20669).

Dito de outra forma, essas soluções consistem em se buscar vantagens de se extrair bens e serviços ambientais em diferentes lugares, que não guardam as mesmas características tanto em termos de paisagem, como de ecossistemas e seu funcionamento. É uma forma complexa de se entender a sustentabilidade na produção agrícola. Por fim, os autores comentam que é difícil criar uma teoria de sistemas acoplados de uso da terra. São úteis para se entender partes do sistema acoplado, os conceitos de subsistema e as teorias associadas. (Idem).

Este último texto foi importante para fixar a heurística progressiva da pesquisa da LSS e mostrar como são difíceis e complexas as formas de enfrentamento dos desafios da sustentabilidade, que é o que, conforme visto na primeira parte do capítulo, em Verbug *et*



*al.* (2015), é o que orienta a LSS, *vis-à-vis* a produção agrícola e a capacidade de fornecer alimentos e preservar os serviços ambientais em escala global.

Ademais, a maior utilidade do texto ora revisado aqui é demonstrar através de diferentes exemplos em lugares do mundo a importância da escala. Dessa forma, escalas local e global são simbióticas e afetam decisões individuais, em nível de propriedade privada, assim como do processo de formulação e monitoramento de políticas públicas.

#### **2.4 LSS: aspectos epistemológico e operacional.**

Podemos observar dois traços distintivos até aqui na LSS: o primeiro, epistemológico e outro, operacional. O que chama a atenção é que, por um lado, a parte epistemológica vai se tornando cada vez mais refinada, mostra uma heurística progressiva e apresenta realmente uma capacidade de responder a novos desafios, com capacidade teórica de explicação dos fenômenos inter-relacionados e suas mediações humanas. Por outro lado, o aspecto operacional revela para o leitor que não está habituado a, pelo menos, assistir a modelagens, que os problemas só aumentam. Especialmente, aqueles relacionados à escala, às interações entre meio ambiente e sociedade, economia, e desenho de processos decisórios.

Nesse sentido, pode-se recuperar a perspectiva de Verbug *et al.* (2015), que, especificamente discutindo modelagem, apresenta que “os modelos usados na LSS variam de escala global, (...) resolução bruta para avaliar demanda global e suprimento de commodities produzida por sistemas de uso da terra (por exemplo: Modelos Computacionais de Equilíbrio Geral).”

É importante notar a complexidade inferida na narrativa acima apresentada: quanto maior é a escala, menos refinado é o tamanho da área a ser examinada, o que, evidentemente, leva a que se percam muitos detalhes, que, podem ou não ser importantes. O ponto é que a preocupação dos programadores, operadores e executores dos modelos é responder a uma questão dos pesquisadores sobre as possibilidades de equilíbrio entre a demanda, em nível mundial, ou em um nível menor de agregação, e capacidade de serem fornecidos alimentos em quantidades suficientes para a procura maior. Isto seria simples, se não houvesse o importante componente do sistema de uso da terra, que pressupõe, entre outras coisas, definição do tamanho da área, tecnologias de manejo, e impactos sobre o meio ambiente, a partir de tomada de decisão sobre que cultura(s) produzir, em quanto tempo produzir, qual o nível esperado de produtividade, entre outros elementos de planejamento.

Isso implica em uniformidade em várias áreas do mundo, são os efeitos de uma oligopolização do Agronegócio e algum grau de dificuldade de governos e sociedade locais fazerem frente a tais estratégias. Então, uma primeira questão é modelar um fenômeno em alto nível de agregação e interpretar seus resultados de maneira acurada e sustentável.

Porém, Verbug *et al* (2015) complementam o raciocínio: “(...) a modelos em escala local multi-agentes, que estimulam decisões individuais de uso da terra ao nível de atores individuais”. (2015:33).

Neste ponto, já é menor o nível de agregação, mas envolve outras dificuldades, como o modelo que envolve diversos agentes e nesse caso, as decisões de uso da terra são individuais. Como veremos oportunamente, modelos são representações da realidade.

Sendo assim, o que se pretende é representar uma cooperação ideal entre indivíduos para que o uso da terra seja sustentável e eficiente. O ponto é que são várias as possibilidades de cooperação. Dessa forma, existe também uma complexidade e um problema, especialmente, se for levado a efeitos práticos qualquer dos cenários.

Verbug *et al* (2015) revelam outra face da complexidade, ao referir que há uma exigência de que os modelos sejam cada vez menos abstratos, e que, nesse caso, “muitos pesquisadores se encaminham para o desenvolvimento de modelos híbridos, que combinam métodos participativos, experimentais, estatísticos e de simulação”.

Em seguida, os autores informam que dificuldade existe nessa tarefa:

“Todavia, acoplamento de modelos frequentemente ainda seguem uma abordagem *top-down* em que modelos de escala superior inibem modelos mais detalhados, que representam dinâmicas regionais para padrões de mudança de uso da terra”. (2015:33).

Contudo, é importante comparar que os modelos até aqui comentados são aqueles que constroem realidades, ou, pelo menos, situações ideais. Sendo assim, passa a existir a necessidade de modelos com capacidade de explicar mais realistas, para que possam contribuir com políticas para lidar com questões que os modelos globais, algumas vezes, podem deixar inconclusos.

Brown *et al*. (2013) pensaram como diferentes tipos de modelos podem ajudar a compreender dinâmicas futuras e informar a formulação, a implementação, o monitoramento de políticas de uso da terra e processos de planejamento.

Ainda não são conhecidas alternativas que propuseram, mesmo porque é uma tarefa que consome tempo e recursos; todavia, é muito interessante a percepção que tiveram no

sentido de que analisam cenários prévios e não aqueles que podem ser observados a partir de dinâmicas estabelecidas.

Essa discussão intermediária ajuda a perceber que existe uma tensão entre as atividades oligopólicas, que são aquelas em nível global, visando a um equilíbrio em maior nível de agregação, e as decisões individuais, em nível local; e, por fim, o papel da política pública.

Já foi discutido anteriormente o problema da distância institucional, devido a questões trazidas pelo tele-acoplamento. E é justamente quando há a necessidade de instituições, que se deve pensar em Governança.

## **2.5 Governança Global**

A primeira ideia de uma Governança Global do uso da terra é que a governança, ou, simplesmente, as regras do uso da terra estão mudando para “centrada em fluxos”; estes fluxos são de bens e serviços ambientais, que, podem, por exemplo, ser observados através de certificações, devido à competição mais intensa, por exemplo.

Sikor *et al.* (2013) começam com uma provocação filosófica, que, vale muito a pena destacar. Segundo os autores, não tem muito sentido em se falar em ‘governança global do uso da terra’, uma vez que não existe uma organização em nível global com um mandato abrangente para governar o uso da terra, nem mesmo a FAO. Todavia, a governança global não é o domínio de organizações supranacionais isoladamente, mas envolve múltiplos atores, que são governos, empresas, ONG’s movimentos sociais, e outros; e vai além de regras isoladas em nível global.

Portanto, a Governança Global pode ser melhor definida como “sistemas de regra em todos os níveis da atividade humana – da família à organização internacional – na qual a persecução de objetivos através do exercício de controle tem repercussões transnacionais”. (2013:522). Dessa forma, há três proposições estudadas no artigo.

A primeira diz respeito a mudanças na governança global que facilitaram e responderam às radicais revalorizações da terra. A segunda que será explorada neste capítulo é a controvertida, e não menos complexa, questão da mudança nas regras para a governança do uso da terra para centrada em fluxos; esta se refere a objetivos direcionados a fluxos de bens ou recursos, tais como: certificações de produtos agrícolas ou madeireiros. A terceira é a resultante exclusão social, desigualdade e simplificação ecológica devido à intensificação

da competição sobre a (áreas de) terra combinada com a tal mudança para a centralidade em fluxos.

No que tange à primeira parte, Sikor *et al.* (2013) definem revalorização como o processo de atribuir valor diferente do que já existe. Esses valores devem ser monetários ou então políticos e culturais. No primeiro caso, pode ser a criação de novas *commodities* ou mudando os termos de comércio. No último caso, um novo sentido ou significado é atribuído à terra. (2013:523).

A seguir, os autores enumeram essas formas de revalorizações. Segundo Sikor *et al.* (2013), entre 2000-2010 mudanças na produção agrícola global é um dos processos mais visíveis de revalorização da terra. Em sequência, indagam como se viabilizou a aquisição de terras. Em síntese, o surgimento da OMC, os Acordos internacionais, o comércio global de terras, entre outros, é uma explicação. (Idem).

Entendem que a aquisição de terras se viabilizou pelo desenvolvimento de um comércio agrícola sob os auspícios da Organização Mundial do Comércio (OMC), políticas nacionais sobre alimentos, agricultura e comércio entre governos, e a emergência de mercados de terras comerciais, em nível global e outros mecanismos que garantissem ou impedissem o acesso dos investidores a terras agrícolas. (Idem).

De forma semelhante, a demanda por fontes alternativas de energia direcionou as aquisições de terra para a produção de biocombustíveis. Adicionalmente, a agricultura é, hoje em dia, concebida como indispensável na provisão de um conjunto de serviços culturais, ambientais e sociais da terra. (Idem).

Coisa semelhante se deu nas cadeias globais de valor de mineração e hidrocarboneto, a Demanda para esses recursos aumentou como resultado do crescimento econômico, em economias emergentes levando à demanda por materiais para construção e bens de consumo, e a volatilidade econômica global direcionando a demanda por investimentos, visto como mais seguro que as moedas; e a mudança tecnológica que aumentou o valor de alguns depósitos geológicos.

Diversos mecanismos de governança facilitaram a extensão da extração de recursos naturais, que são de uma amplitude desde o âmbito internacional ao local, e incluem: mercados de ações, que permitem “companhias de recursos naturais” terem acesso a investimentos de capital; reformas de política nacional, facilitando a aquisição de terras e direitos sobre o subsolo de indústrias extrativas; instrumentos de responsabilidade social projetados para assegurar a licença para operações; e reformas fiscais concebidas para assegurar o interesse local na extração de recursos. (2013:523).

De 2000 a 2009, as florestas passaram a ter reconhecida sua função nas dinâmicas globais de carbono e de água, o que fez que passassem por uma revalorização radical, também. Não foi mais apenas um enfoque sobre o fornecimento de madeira e conservação da biodiversidade. (Idem).

O desenvolvimento – firme – das florestas de carbono aconteceu através de milhares de projetos de pequena escala de reflorestamento e de proteção, no “setor voluntário”, dentro dos quais, os produtores do Sul e os compradores do Norte realizavam suas transações de maneira descentralizada; de forma que apenas recentemente o carbono florestal se tornou um tópico muito importante para os negociadores globais, que foi quando iniciaram suas ações no *Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation* (REDD+). (Idem).

Mesmo assim, as regras emergentes em nível global sobre o REDD+ mostram influência direta dos atores da sociedade civil, que não agem na sala de negociações; da mesma forma que que a experiência de centenas de projetos de demonstração foram implementados mundo afora, ainda que continuem a haver protestos contrários a alguns aspectos da referida Iniciativa. (Idem).

Outro aspecto realçado no texto é que as interações da mudança da governança com revalorização global forçam a mudança do uso da terra. Juntas, as mudanças em nível local, nacional e global assumem uma dimensão global, contribuindo para aumentar a intensidade sobre a terra. (2013:523).

A segunda tendência abordada pelos autores é justamente que a Governança do uso da terra (*Land Governance*) se moveu gradualmente de arranjos de gestão territorial para arranjos centrados em fluxos, que, de acordo com os autores, não é nenhuma novidade para a governança. Tomam como exemplo, as companhias de comércio do tempo colonial e os monopólios. No caso do Brasil, segundo Caio Prado Jr., Sérgio Buarque de Hollanda e Celso Furtado, havia a especialização do litoral – costa – e do interior – silva – em produtos com características especiais voltadas para o comércio exterior – ou seja, com a Metrópole, a Coroa Portuguesa.

Muito embora, as formas clássicas de governança baseadas em território continuem a ter um papel significativo na governança do uso da terra, uma vez que governos continuam *inter alia* a estabelecer áreas protegidas para a conservação da biodiversidade, iniciar reforma agrária e a realizar zoneamentos, novas formas de governança do uso da terra emergiram centradas em fluxos particulares de recursos e bens, como, por exemplo, padrões de produção na cadeia de valores, regulação voluntária na atividade de mineração, foram

conscientemente criadas por uma gama de *stakeholders* e coalizões, alguns almejando a ultrapassar as restrições de uma governança baseada em território, e outros buscando estabelecer novas formas de supervisão. (2013:524).

Ademais, a governança territorial lança mão de novos instrumentos, em particular, novos mecanismos de financiamento, tais como taxas, impostos, subsídios e pagamentos. Nesse sentido, a experiência de Pagamento por Serviços Ecosistêmicos oferece particular *insight*. Atualmente, pesquisas reconhecem que há necessidade do envolvimento do Estado para a sua força territorial, no caso de tomar a forma de programas de larga escala. (Idem).

Essas reinvenções de governança podem ser parelhas com a ascendência dos arranjos por fluxos. Na agricultura, a concentração nas cadeias globais de mercadorias levou ao estabelecimento de padrões de produção e sustentabilidade, que é um exemplo de governança por fluxos. Outros exemplos são certificações de ONG's, etc. (Idem).

Por fim, nesta perspectiva de novas tendências, ainda há o dilema da governança das florestas tropicais: REDD+, Certificação ou controle dos governos centrais.

Por um lado, se a Iniciativa Global REDD+ desenvolver mecanismos de financiamento com enfoque exclusivo na redução de emissões de carbono, muito da futura governança florestal pode se parecer muito com os programas de certificação montados para promover a gestão responsável de florestas pelo mundo. Porém, se a Iniciativa assumir uma abordagem de baixa emissão “baseada em paisagem” de floresta sustentável, podem se tornar mais importantes instrumentos clássicos de governança territorial como reforma agrária e plano de manejo, e, assim, levando novamente à centralização do controle nas mãos de governos centrais. (Idem).

De modo geral, existe uma mudança de discernimento de arranjos territoriais para a centralidade dos fluxos, com vários exemplos encontrados na Ásia. (Idem).

O exposto anteriormente apresentou uma descrição das novas tendências, assim como, em determinadas circunstâncias, a coexistência entre as formas mais tradicionais de governança do uso da terra, sob o enfoque territorial e por fluxos.

A predominância dos arranjos de governança centrado em fluxos particulares de recursos tem efeitos materiais no suprimento de outros recursos ou serviços ecossistêmicos; por exemplo, aumento nos preços agrícolas ou rendimentos pode levar a mais desmatamento. Outro exemplo é a expansão na produção de alimentos ou mudança na dieta europeia pode causar aumento de Gases-de-Efeito-Estufa. Uma terceira possibilidade é a plantação de matérias-primas para biocombustíveis que pode reduzir a biodiversidade, causar erosão do solo e aumentar as emissões de carbono. E um último exemplo demonstra que o estoque de

carbono via REDD+ pode ser nocivo para a biodiversidade, produção agrícola, fornecimento de água doce (...), revalorizações, etc. (2013:524).

Os autores prosseguem na narrativa alertando que esses arranjos de governança por fluxos podem causar exclusão social de pequenos produtores, como resultado de condições comerciais desfavoráveis no mercado de insumos e *commodities*, padrões de produção ou desapropriação de terras. Isso pode incluir a marginalização de minorias étnicas. Citam o exemplo de acordos comumente empregados pelas empresas transnacionais de mineração, que mostram que podem levar involuntariamente a mudanças culturais, como, por exemplo, a monetização das economias dos indígenas, a individualização de direitos de propriedade, outrora comuns; e os esquemas de certificação podem ter problemas em acomodar formas locais de gestão de recursos, ainda que sejam projetados para promover a produção sustentável. (2013:525).

Consequentemente, mecanismos de *flow based governance* têm sido usados para enfraquecer ou impedir esforços para se instituir mecanismos de governança ambiental e baseadas em território, de forma que comprometem os direitos do investidor ou introduzem vantagens comerciais para determinados usuários de recursos, em particular. Depreende-se, pois, que a mudança em direção a uma governança *flow-based* está, frequentemente, ligada a lutas políticas, como se pode observar nas manifestações feitas em torno do “direito à comida” em vários níveis: local ao global. Elevação do preço dos alimentos tem provocado “revoltas por comida”, e resistência da sociedade civil à promoção de biocombustíveis em níveis local e nacional, o que também levou a esforços para que se institucionalizasse o alimento como um direito humano em níveis internacional e local. (Idem). Por fim, entre as implicações, está que a mudança de uma forma de governança para outra, que governa a competição, favorece alguns usos por outros.

Esta parte, que discorreu sobre a governança global do uso da terra, merece uma apreciação preliminar no conjunto da heurística da LSS até aqui.

A heurística da LSS vem progredindo no sentido de observar a fenomenologia natural que resulta e também provoca interações, o que levou ao desenvolvimento de métodos de observação e monitoramento. Contudo, por pressão das circunstâncias, os pesquisadores passaram a robustecer seus estudos com base empírica, o que trouxe complexidades adicionais à LSS. As respostas e orientações às políticas públicas foram se tornando incertas. A centralidade do uso da terra passou a sofrer interferência das sociedades, e, de modo particular, do conhecimento gerado sobre o funcionamento dos ecossistemas e do bem-estar

humano. As organizações econômicas privadas (firmas) e os grupos de interesse também participaram da problematização dos sistemas de uso da terra.

Todavia, parece que a questão da escala tem sido fundamental, tanto do ponto-de-vista da fenomenologia natural, tele-acoplamentos inclusive, como da competição entre firmas e possibilidades de colaboração entre setores da sociedade, governo e organizações, o que torna cada vez mais complexa a modelagem. E orbitando em torno desses desenvolvimentos encontram-se os aspectos das instituições e a governança.

Como discutido anteriormente, o caso da distância institucional, muitas decisões sobre o uso da terra, mesmo sob o argumento da sustentabilidade são tomadas por oligopólios em nível mundial, e, não raro, estas iniciativas constroem decisões locais e individuais.

O maior problema no desenvolvimentos das pesquisas sobre governança está no fato de que há uma mudança de tendência no sentido de se recorrer menos às formas clássicas e tradicionais de governança territorial, para o recurso a uma governança baseada em fluxos, o que envolve, entre outras coisas, certificação.

Em casos assim, iniciativas e decisões como o REDD+, a reforma agrária e outros projetos de reflorestamento afetam o processo de “revalorização” radical da terra, mas, ao mesmo tempo, podem provocar vários problemas graves como exclusão social, marginalização étnica e mudança artificial na tradição cultural, como, por exemplo, a monetização da economia indígena.

O dilema da sustentabilidade esbarra nos significados atribuídos à terra, trazendo a centralidade dinâmica para o social *vis-à-vis* o ambiental.

Dessa forma, a LSS chega em um ponto em que os problemas só aumentam, e o sistema vai ficando mais complexo. Para cumprir o seu propósito de explicar e indicar meios de combater os crescentes problemas, a Agenda da LSS vai buscar abordagens, que possam mimetizar alguma solução.



## 2.6 Arquitetura do Uso da terra

Um desses novos aportes é a **Arquitetura de uso da terra**. De acordo com a *Global Environmental Change* (2013), a definição de sistemas de uso da terra, ‘*land systems*’ é mosaicos de uso e cobertura da terra, e são sistemas humano-ambientais. (2013:395).

A definição proposta não se afasta de como tem sido apresentado e discutido até aqui; porém, traz consigo uma caracterização que mostra, por um lado, afinidades com o monitoramento e, por outro lado, os sistemas sócio ecológicos.

O objetivo do editorial do periódico é enfrentar o desafio de se adaptar e mitigar a mudança ambiental global, e para isso os sistemas de uso da terra serão utilizados na construção das estratégias para fazer face ao problema proposto.

Assim, a premissa é que mudanças no sistema de uso da terra são a causa da perda de *habitat* da biota, e contribuiu para a emissão dos gases de efeito estufa na atmosfera e pode ter originado a perturbação para as mudanças climáticas, no período Holoceno. Lembrando que o sistema de uso da terra, especialmente a agricultura, é a principal fonte de nitrogênio biologicamente ativo na atmosfera, e também são fontes críticas e sumidouro de carbono, e também o principal componente do ciclo hidrológico. E as mudanças no sistema de uso da terra também afetam o clima regional, as funções dos ecossistemas e a matriz de serviços ecossistêmicos que provêm. (2013:395). Portanto, são uma característica central de como a humanidade se relaciona com a natureza. (2013:395).

Com estas considerações preliminares, então passamos a definir Arquitetura dos Sistemas de Uso da terra. *Land Systems Architecture* é apresentada como uma superação da ciência da mudança do uso da terra – já referida em Verbug *et al.* (2015:30) – contendo claras ligações com a ecologia da paisagem e arquitetura de paisagem e se refere à composição e a estrutura espacial do mosaico de unidade de terra através de uma área de avaliação, que consiste de diferentes coberturas e usos da terra, suas dimensões, formatos, distribuição e conectividade. (2013:395).

A Arquitetura dos Sistemas de uso da terra expande o alcance da arquitetura de paisagem, além dos ambientes construídos dos centros e dos perímetros urbanos e os interesses locais de comunidades planejadas, ligando às dimensões espaciais da ecologia de paisagem, mas com uma atenção aos resultados humanos, que vão além dos impactos das mudanças nos serviços ecossistêmicos, por si só. (Idem).

Portanto, o conceito aborda o mosaico de interações de unidades de terra, que estão dentro, e também através das áreas urbanas, rurais e matas nativas e vida selvagem; suas interações e implicações para os sistemas humano-ambientais. (Idem).

E o que mais chama atenção na definição que vai sendo construída é a afirmação de que a “Arquitetura de sistemas de uso da terra é o principal determinante da função ecossistêmica e a capacidade de fornecer serviços ecossistêmicos.” (Idem).

Tendo isto como base, a Arquitetura de sistemas de uso da terra pode ser usada para mitigar a mudança climática, ou para otimizar conjuntos de *trade-off* ambiental relativos aos desejos e necessidades socioeconômicas. A razão é que pode e também será modificada de acordo com a resposta aos forçantes socioeconômicos e ambientais, incluindo o clima. (Idem).

Assim, a Arquitetura de Sistemas de uso da terra vai se tornar um elemento crítico no controle das respostas de adaptação e, portanto, seu sucesso. (Idem).

Tendo sido feitas as considerações preliminares e a apresentação do conceito, é possível melhorar a compreensão sobre o que se aprende com esta abordagem.

Em revisão, a pesquisa em Arquitetura dos sistemas de uso da terra tem, atualmente, colocado mais enfoque em um ou dois atributos da arquitetura: o tipo e a quantidade de diferentes unidades de terra e um ou dois resultados ambientais. (Idem).

Por exemplo: fragmentação de *habitats* e efeitos de borda têm mostrado influência sobre a dinâmica de queimadas e mudanças na composição de espécies em florestas tropicais. De maneira semelhante, o tipo, a quantidade e a localização das unidades de terra traz consequências sobre a capacidade de os ecossistemas fornecerem os serviços esperados. Mudanças nesses atributos têm demonstrado afetar a dinâmica de precipitação em escalas local e regional no sul da Flórida, e na Amazônia. Por outro lado, o risco de enchente é influenciado não apenas pelas mudanças na cobertura da terra, mas, especialmente, pela localização das mudanças no sistema de uso da terra, que parece ser determinante para as características de escoamento. (Idem).

O sistema climático global é afetado de modos diferentes pelo uso da terra, dependendo de onde as mudanças estão situadas nos trópicos, ou como estão alocadas entre os trópicos ou latitudes médias-altas. (2013:395).

Por outro lado, uma consideração mais completa da Arquitetura de Sistemas de uso da terra expande a compreensão sobre as dimensões do sistema humano-ambiental, em, pelo menos, quatro vias: (a) aumenta o número de serviços ecossistêmicos e enfrenta claramente as consequências para o bem estar humano, identificando os *trade-off's* e sinergias que

surtem de configurações alternativas da Arquitetura de Sistemas de uso da terra; (b) representa as consequências da interação espacial e sua relação com os *trade-off's*, como sendo afetada tanto pela forma como pelos arranjos de diferentes tipos de unidades de terra; (c) considera as interações espaciais entre diferentes escalas de avaliação, por exemplo: escalas em nível micro, meso e macro. Justificam essa via com a reflexão sobre que mérito poderia haver em projetar uma arquitetura de sistema de uso da terra sustentável local, sabendo-se que as consequências almejadas vão se manifestar além da arquitetura da região, da bacia hidrográfica ou do continente; (d) examina explicitamente as estratégias de mitigação e de adaptação recolhidas dessas avaliações. Nesse caso, um exemplo de arquitetura visando à mitigação, é o redesenho de coberturas e usos da terra nas montanhas *Catskill* para suprir a cidade de *Nova York* com água potável de qualidade, mais que construir uma infra-estrutura cara. (2013:396).

O texto conclui com comentários que remetem aos melhoramentos trazidos pelo avanço das técnicas de observação, repercutindo positivamente sobre o monitoramento; e explorando a disponibilidade ampla de ferramentas de modelagem para explorar os impactos dos sistemas de uso da terra sobre o sistema humano-ambiental. Tais modelos compreendem desde ferramentas para avaliação de impacto direto a processos de abordagens que permitem a avaliação de *trade-off's* entre os caminhos alternativos de desenvolvimento, considerando a gama de serviços ecossistêmicos. (2013:396).

Estas considerações, então, permitem que possamos tratar de outro passo para o desenvolvimento operacional da LSS, que é a modelagem.

## **2.7 Modelagem da LSS**

Brown *et al.* (2013) afirmam que modelos têm sido importantes para a LSS, em geral modelos de padrões, mudança e dinâmica no uso e cobertura da terra. Esses modelos são importantes para a ciência da mudança do uso da terra e a ciência do sistema de uso da terra e suas aplicações. Os modelos de mudança do uso da terra (LCM's) se prestam a uma variedade de propósitos e vêm em diferentes formas. (2013:452).

Um desafio identificado nas primeiras revisões dos LCM's é como representar as decisões humanas nos modelos como um mecanismo por que as mudanças no uso da terra são feitas. (Idem).

Na primeira década dos anos 2000, os modelos dirigiram o foco para representar as tomadas de decisões humanas acopladas entre os sistemas ambiental e humano, e enfrentando desafios sobre sustentabilidade ambiental por meio de modelos acoplados.

Então, revisões mais recentes forneceram cobertura mais completa que integra os sistemas humano e ambiental e representam explicitamente como os atores humanos se comportam nesses sistemas, e também apresentam quais são os avanços que melhoram a adequação dos LCM's para enfrentar os desafios da sustentabilidade ambiental. (2013:452).

Os autores definem que a modelagem é fundamentalmente um processo que gera uma plataforma para codificar formalmente relações inferidas ou deduzidas (através de lógica). Enquanto muitos modelos conceituais podem ser puramente descritivos em sua natureza, o foco dos autores é em modelos que expressam em uma forma tal que permita simulação ou projeção, que, geralmente, são formas que contêm alguma expressão matemática ou algoritmos. Os modelos usados para mudança da terra variam desde aqueles que são fortemente orientados para padrões descritivos, independente de se a razão para os padrões e as dinâmicas são baseados na teoria da mudança da terra, até àqueles que exprimem a dinâmica como processos que mimetizam aqueles que devem gerar mudanças nos padrões baseadas em observações no campo e na teoria.

Modelos ajudam a exprimir o conhecimento das ciências sociais por métodos qualitativos; por outro lado, modelos em ciências naturais são mais frequentemente quantitativos; todavia, há expressões qualitativas sob a forma de estruturas frasais na condicional (*IF...Then...Else*), que permitem descrever sensivelmente ações humanas. (2013:452).

Uma vez que os modelos foram formalmente expressos, eles fornecem ferramentas que podem sustentar uma variedade de objetivos da ciência e aplicações, que podem ser arranjados conforme sua ênfase recaia sobre projeção ou explicação.

A projeção é definida como a estimativa da quantidade e /ou alocação espacial do uso da terra e a explicação é a identificação da melhor teoria de decisão do uso da terra ou se a interação de variáveis produz não-linearidade. (2013:453).

Ambos os objetivos, projeção e explicação, são almejados simultaneamente quando “os modelos são usados para avaliar cenários no sistema que visa a algum resultado” (sic). Por exemplo, modelos para avaliação de política, em geral, necessitam representar por que as mudanças estão acontecendo, enquanto também fazem projeções sobre os efeitos da política. (2013:453).

A seguir, os autores passam a discorrer sobre abordagens de Modelagem e assim identificam cinco tipos de abordagem sobre modelagem, que estão baseadas em sua relativa ênfase em padrões x processos e envolvendo projeção x explicação.

O primeiro é a abordagem conhecida como aprendizagem da máquina, *Machine Learning*, que inclui alguma modelagem estatística, com grande enfoque sobre a projeção de padrões, e confia em algoritmos que codificam relações entre mudanças do uso da terra e as características dos lugares onde mais provavelmente vão ocorrer, e representam variáveis espaciais, tais como qualidade do solo e a distância para estradas e as cidades. A seleção de variáveis é guiada pela teoria e por métodos, que incluem redes neurais artificiais, classificação e árvore de regressão, e regressão logística para o caso de variáveis contínuas, como um tipo de cobertura. (Idem).

O segundo tipo é a abordagem celular, que simula mudanças no decorrer do tempo, que combina mapas de probabilidade com efeitos de interação espacial, e, algumas vezes, informação sobre forçantes da demanda em uma escala maior. (Idem).

Esses modelos representam processos de mudança baseados em lugares e frequentemente constroem esta representação baseados nas relações de padrões observados e são limitados em sua capacidade de representar os processos de tomada de decisão. (Idem).

A partir daí, dois tipos diferentes de modelos são usados para descrever a mudança do uso da terra como um processo de mercado, e são distinguidos primariamente por escala em que operam. (Idem).

O terceiro tipo são os modelos econômicos baseados em setores, que enfoca insumos, produtos e comércio entre as regiões e setores para identificar diferentes tipos de demanda por terra. Normalmente, são modelos estruturais, que representam explicitamente oferta e demanda de forma a contribuir para os estados de equilíbrio dos mercados. (Idem).

O quarto tipo são os modelos econômicos espacialmente desagregados, que são concebidos de acordo com a teoria microeconômica para ajudar aos pesquisadores a entender as mudanças de cobertura e uso da terra, como resultado de decisões individuais, e contemplam, algumas vezes, abordagens econométricas. (Idem).

Finalmente, o quinto tipo são as abordagens dos modelos baseados em agentes. Esses modelos são estruturais, cuja forma e conteúdo são desenhados pelo modelador, a fim de representar os processos e as interações que acreditam estar acontecendo para gerar as mudanças no uso da terra.

Enquanto muitos modelos baseados em agente foram criados de acordo com a teoria econômica, sua flexibilidade permite a incorporação de quase qualquer teoria de tomada de decisão e mudança do uso da terra, que possa ser expressa sob a forma de algoritmo. (2013:453).

A partir da revisão dos cinco tipos de modelo, o próximo tópico abordará o alinhamento das abordagens de modelagem com os objetivos do modelo.

Os autores argumentam que os modelos precisam ser cuidadosamente alinhados com os objetivos para os quais eles são postos, porque as abordagens de modelagem têm diferentes estruturas e acomodam diferentes níveis de detalhes do processo e tem diferentes necessidades de dados. Por exemplo, *Machine Learning* tende a ser útil para extrapolações sob os pressupostos do *business-as-usual*, porque estão baseados nas tendências de observações do passado, ao passo que abordagens estruturais são mais úteis para a exploração de processos causais e possíveis efeitos de choques externos ou intervenções políticas, uma vez que são baseados em especificações de atores e seus respectivos processos decisórios. Portanto, os contextos científicos e de aplicação ditam a utilidade de qualquer abordagem de modelagem. (2013:453).

Prosseguem esclarecendo que qualquer que seja a aplicação dada, esta vai expressar o planejamento da política e o processo de avaliação de maneira única, com *feedbacks* e interações entre diferentes passos. Contudo, os esquemas (passos do modelo) idealizados são úteis para se distinguir quatro papéis principais para os modelos em aplicações de sustentabilidade ambiental: identificação do problema, desenho da intervenção, pré-avaliação e avaliação. Nos primeiros estágios da identificação do problema, quando é necessário se compreender a natureza dos padrões e das tendências, e a compreensão dos detalhes do processo ainda é frágil, a abordagem de *Machine Learning* e celular são particularmente úteis. Na etapa de se desenhar as intervenções (p. ex.: política regulatória, política fiscal, ou remédios baseados em mercado), abordagens econômico-estruturais e baseada em agentes, que descrevem a natureza das interações entre os atores no sistema se torna mais útil. Esses dois tipos de modelos são úteis, por exemplo, em planejamento de transportes e podem ser usados para explorar possíveis interações não-lineares e consequências fortuitas das políticas. (Idem).

Após discutirem abordagem e aplicações da modelagem, a última consideração se refere à avaliação dos modelos de mudança da terra. Os autores opinam que quatro tópicos devem ser desenvolvidos e adotados na prática da aplicação dos modelos – ou modelagem, que são: análise de sensibilidade, validação de padrões, fontes de incerteza e validação estrutural. (2013:455)

A análise de sensibilidade examina a variação na saída do modelo como resposta à variação em um conjunto de elementos do modelo, e deve ser construída para considerar

variações na saída do modelo devido a diferenças nos dados de entrada, parâmetros do modelo, condições iniciais, condições de contorno e a estrutura do modelo.

A abordagem mais comum para avaliar o desempenho do modelo é validação dos parâmetros, nas quais a saída parametrizada do modelo para alguns casos históricos, frequentemente na forma de mapas, são comparadas com observações para o caso.

As fontes de incerteza incluem estrutura de parâmetros, processos e interação de processos, variáveis de entrada ou condições de contorno.

Por fim, a validação estrutural enfoca a combinação de medidas qualitativas e quantitativas se faz necessária para a validação estrutural.

Algumas abordagens quantitativas para a validação estrutural estão disponíveis, tais como, estimativas empíricas dos parâmetros do modelo, exame quantitativo dos pressupostos mantidos no modelo e a quantificação da variabilidade espacial através de múltiplas rodadas do modelo; mas, ainda é preciso mais trabalho. Por fim, concluem seu artigo mencionando que é preciso melhorar e disseminar o uso das abordagens de avaliação de modelos. (2013:456).

Convém ressaltar que o objetivo do presente capítulo teórico é apresentar como a LSS vem evoluindo, especialmente, no aspecto epistemológico como no operacional, e apresentando suas dificuldades de progredir à medida que a pressão por pesquisas com maior base empírica faz com que o método se torne mais rigoroso para inferir sobre relações, *trade-off's* e *feedbacks* e também oferecer a melhor perspectiva em termos de cenário e também de técnicas que desenhem as melhores combinações e possibilidades. Este é o caso, por exemplo, da Arquitetura. Já no que se refere a buscar regras e tentar fazer funcionar o uso da terra conforme os objetivos da economia e da sustentabilidade, a governança do uso da terra é que se faz representar neste capítulo. Por fim, a modelagem e suas várias formas e técnicas é útil para representar realidades que podem ser construídas em se levando em consideração os objetivos postos e / ou conquistados com os aportes já mencionados neste texto. Como visto, a modelagem permite simulações também com aspectos qualitativos que dizem respeito à política, à sociologia, à economia e à cultura ou representações culturais, que também influenciam o valor da terra.

Nagendra *et al.* (2013) comentam que há pouca compreensão sobre como os processos por meio de que as alterações da biodiversidade induzidas pela mudança da cobertura do uso da terra impactam o funcionamento dos ecossistemas.

Segundo os autores que desde o início da era do Holoceno, 12.000 anos atrás, os seres humanos têm tido um crescente impacto na cobertura da terra, no uso da terra e na

biodiversidade. As atividades humanas, particularmente, nos últimos 50 anos forçaram mudanças fundamentais na cobertura do solo, aumentando, assim, as categorias de cobertura da terra; por exemplo: agricultura, e cidades; assim como causando impactos sobre a cobertura através de processos de mudança da cobertura da terra, como a degradação florestal, intensificação do uso da terra, fragmentação e recuperação vegetal, e seu recrescimento, que recebeu menos atenção que a mudança da cobertura da terra. (2013:503)

Essas mudanças e modificações são os forçantes dominantes da perda de biodiversidade. As mudanças, em última análise, afetam a estrutura e o funcionamento dos ecossistemas e alteram sua capacidade de prover Serviços Ecossistêmicos sustentados para que a humanidade se beneficie. Entretanto, pouco se sabe como as alterações na biodiversidade vão impactar os Serviços Ambientais. (Idem).

Recentemente, essas abordagens se expandiram para incluir maneiras mais sofisticadas de se relacionar a cobertura da terra com Serviços Ecossistêmicos, como, por exemplo, através de **modelagem hidrológica** das propriedades, tais como: propriedades do solo e atenuação da velocidade do vento, que varia através de diferentes categorias de cobertura da terra. Novas abordagens também se desenvolveram, como a Avaliação Integrada de múltiplos Serviços Ecossistêmicos gerados por diferentes tipos de cobertura, permitindo estimativas de *trade-off's* sob diferentes cenários. (Idem).

Cumprir o objetivo de fazer o *link* entre biodiversidade e Serviços Ecossistêmicos dependerá de como a biodiversidade será abordada. Também pouco se sabe sobre os *links* entre os Serviços Ecossistêmicos e o bem-estar humano, que não tenha valor atribuído pela economia. Por exemplo: através da confiança sobre os Serviços Ecossistêmicos culturais. (2013:504).

Durante a década do ano 2000, muitos esquemas conceituais foram propostos para que se explorassem os *links* entre biodiversidade, Serviços Ecossistêmicos e bem-estar humano, que podem ser úteis para que se explore as consequências da mudança da terra; porque representam os fluxos da biodiversidade através das funções ecossistêmicas até os Serviços Ecossistêmicos. (Idem).

Outras ligações foram conhecidas recentemente, de sorte a demonstrar como os elementos da estrutura da biodiversidade podem se ligar diretamente aos Serviços Ambientais e seus benefícios sem serem mediados por função ecossistêmica. Contribuições recentes do pensamento sobre o arquétipo dos Sistemas Sócio-ecológicos, adicionaram um destaque para as contribuições ofertadas pelo aspecto social. (Idem).



Enquanto estes arquétipos explicitam os *links* hipotéticos entre todos os componentes, as provas de tais ligações são esparsas. Por exemplo: enquanto se coligiram muitos trabalhos e dados sobre a relação entre a biodiversidade e o funcionamento dos ecossistemas, e entre os Serviços Ecossistêmicos e seus benefícios - maiormente econômicos. (Idem).

Outro desafio tem sido relacionar os forçantes – em múltiplas escalas – das mudanças do uso da terra e da cobertura, com as informações extraídas de estudos sobre a mudança da biodiversidade, no funcionamento dos ecossistemas, e os Serviços Ecossistêmicos. (Idem).

Esses estudos são feitos em nível de escalas local, de paisagem e bacia hidrográfica. A natureza desses estudos compreende experimental, manipulável (ajustamento de parâmetros, análise de sensibilidade e cenários) e observacional. E, além da diferença de escalas, o desafio de se relacionar as tais informações também residem no fato de que, frequentemente, esses dados (informações) interagem com *feedbacks loops* (ações de reforço ou refreamento dos efeitos após perturbação no estado inicial dos serviços ecossistêmicos, dos ecossistemas e da biodiversidade), que levam, como resultado final, a efeitos complexos e não-lineares. (Idem).

Assim, é possível identificar dois desafios imediatos: o desafio de se fazer os *links* e o desafio de realizar a transição para se medir e modelar as funções ecossistêmicas e a biodiversidade.

No primeiro caso, um desses desafios é melhorar o uso atual da base de evidências sobre os *links* entre a biodiversidade, os serviços ecossistêmicos, e o funcionamento dos ecossistemas, que se encontram em muitas áreas de estudo, e também em gestão da biodiversidade, usadas para a avaliação de Serviços Ecossistêmicos, que contam com *proxies* geográficas facilmente acessíveis para as funções de produção ecológica, como cobertura da terra e tipos de vegetação. (Idem).

No último caso, complementarmente, ao primeiro, o desafio repousa em se por maior enfoque em se avançar a partir de trabalhos existentes, que faz a medição e a modelagem a função ecossistêmica e a biodiversidade que lhe dá suporte. Além disso, um dado ponto em particular correspondente a uma localização, ou então um valor médio para os Serviços Ecossistêmicos em um tipo de cobertura da terra é, com frequência, extrapolado para grandes áreas, sem que leve em conta as variações na distribuição de espécies e no contexto social e biofísico, que impacta a distribuição de Serviços Ecossistêmicos dentro de uma dada categoria de cobertura da terra. Por fim, a escassez de dados, alguns estudos podem, com

frequência, confundir tipos de cobertura da terra tão diferentes como pomares e florestas em uma simples e única categoria. (2013:504).

Ainda mais perigoso, é que conclusões potencialmente errôneas podem induzir as políticas de mudança do uso, da cobertura da terra e Serviços Ecossistêmicos; motivo por que alguns autores chamam a atenção para que se trate com mais cuidado o cálculo da distribuição e da variabilidade em escala local dos Serviços Ecossistêmicos. (Idem).

O atual nível de conhecimento ainda não permite que se teste as implicações da mudança da terra para os Serviços Ecossistêmicos com maior nível de segurança, apesar das abordagens que podem ser úteis para se compreender e predizer o impacto da cobertura da terra sobre a biodiversidade, através da modelagem. Essas lacunas podem afetar políticas associadas a Serviços Ecossistêmicos, mas há perspectivas para avanço e estudos que podem ajudar são em escala local, e são de alto nível nas áreas da biodiversidade e da ecologia, que podem ser relevantes para se medir melhor e gerenciar o *link* entre biodiversidade e Serviços Ecossistêmicos, porém, como assinalado acima, são em escala local. (Idem).

Ademais, algo essencial é reconhecer que os Serviços Ecossistêmicos não são independentes entre si, e que a gestão do uso da terra envolve *trade-off's* entre os Serviços Ecossistêmicos, uma vez que diferentes tipos de gestão, especificamente, objetivam grupos seletos de Serviços Ecossistêmicos. Reconhecemos, também, como um dos principais riscos ao planejamento do uso da terra, os *trade-off's* na biodiversidade, muito embora, seja preciso reconhecer que não sabemos claramente em quais contextos e escalas acontecem relações positivas, negativas ou nenhuma. (2013:506).

Para que se tenha políticas efetivas, será útil desenvolver modelos mais focalizados, em escala local, que possam identificar *trade-off's* potencialmente menores no uso da terra, que possam prover grandes benefícios nos Serviços Ecossistêmicos, como, por exemplo, a manutenção ou restauração de pequenos talhões florestais próximos a plantações de café para polinização. (Idem).

Por fim, as pesquisas sobre Serviços Ecossistêmicos precisam se estender além de sua ampla abordagem descritiva para extrair uma compreensão mais profunda acerca das funções ecológicas que suportam a capacidade de os ecossistemas fornecerem Serviços Ecossistêmicos sustentavelmente. E o conceito de grupos e *trade-off's* entre as funções dos ecossistemas podem apoiar maiores avanços neste campo. É preciso considerar também, tal como expresso, na Convenção da Diversidade Biológica, os Serviços Ecossistêmicos **culturais** também têm muita importância. (Idem).

Uma compreensão mais mecanicista da influência das alterações da biodiversidade relativas às mudanças do uso da terra sobre os conjuntos de Serviços Ecossistêmicos atendendo a diferentes setores da sociedade pode fortalecer o conhecimento sobre as conexões, conformando os forçantes da mudança da terra e os resultados relativos à biodiversidade e Serviços Ecossistêmicos, especialmente em termos de igualdade e bem-estar humano. (Idem).

Ademais, abordagens baseadas em local fornecem outra perspectiva sobre as variações dependentes do contexto em prioridades sociais, que, por sua vez, estarão de acordo com diferentes conjuntos de Serviços Ecossistêmicos, o que pode fortalecer o conhecimento sobre os *links* entre mudança de uso da terra, alterações no funcionamento da biodiversidade e dos Serviços Ecossistêmicos, e as consequências para o bem-estar humano e a sustentabilidade. (Idem). Isso equivale a depreender que é preciso usar os Sistemas Sócio-ecológicos para se criar políticas públicas mais efetivas. (2013:506).

De toda forma, tudo isso converge para que a utilidade da abordagem teórica acima referida no campo epistemológico da LSS seja que os Sistemas Sócio-ecológicos se tornem funcionais para medir os serviços ecossistêmicos e sirva para auxiliar em sua evolução, inclusive com repercussões acerca de seu desenvolvimento operacional, como discutido ao longo deste capítulo, especialmente monitoramento e modelagem (Turner *et al.*, 2008; Verbug *et al.*(2013); Brown *et al.*(2013) e Verbug *et al.*(2015).

Nesse sentido, Reyers *et al.* (2013) se apoiam no antigo axioma de Galileu “contar o que pode ser contado, medir o que pode ser medido e medir aquilo que não é mesurável” para referir que este se tornou central para a ciência da sustentabilidade e para a política pública em que houve esforços para aumentar a capacidade de se medir a biodiversidade e a pobreza, de maneira a fixar metas de política e medir o progresso em alcançar tais metas, como as encontradas na Convenção sobre a Diversidade Biológica e os Objetivos do Milênio. (2013:268).

Apesar de ter havido algum progresso na medição, subsistem ainda, em princípio, dois grandes obstáculos, quais sejam: dados inadequados com que se possam medir mudanças na biodiversidade, pobreza e outros componentes relevantes para as metas das políticas; e, conceitos complexos que atrapalham a medição da política pública (p.ex.: biodiversidade, pobreza e bem estar). A má definição atrapalha os objetivos da política. (Idem).

Não obstante, foram desenvolvidos arquétipos teóricos para se operacionalizar os Serviços Ecossistêmicos, sobretudo a valoração econômica. A natureza dinâmica e

interconectada dos Serviços Ecossistêmicos no Bem-estar humano não deixa a medição indicar as consequências da mudança; e impede de se conhecerem os *trade-off's* da política de sustentabilidade e das decisões. (2013:269).

Diante disso, a abordagem de Sistemas Sócio-ecológicos amplia o conceito da função de produção ecológica em ambientes antropizados, fatores sociais e tecnologia. Nesse sentido, um exemplo citado pelos autores é a produção de cereais, cuja modelagem necessita incorporar condições biofísicas do solo e precipitação pluvial, bem como a aplicação de tecnologias como irrigação e fertilização, mais os talentos do produtor. Não obstante há alguns poucos serviços que dispensam fatores sociais em sua produção, como, por exemplo, infra-estrutura para serviços de água, a capacidade social para gerir e fazer a governança, especialmente no que diz respeito à produtividade dos recursos comuns. (Idem).

Os Serviços Culturais têm particularmente fortes fatores sociais envolvidos em sua produção, como, por exemplo, infra-estrutura recreacional e preferências locais de tradição sagrada e gerenciamento, os quais não foram exitosamente modelados, usando funções de produção ecológicas. (Idem).

Assim, o melhor ponto de partida para a abordagem dos Sistemas Sócio-ecológicos é o uso da terra, que reflete as interações entre as características biofísicas da terra e o seu gerenciamento por parte dos humanos. De forma que se pode começar a explorar as funções de produção ecológica e já está incluída em muitas funções de produção atualmente em uso, tais como: regulação das cheias, e retenção sedimentar. (Idem).

Porém, no caso de alguns Serviços Ecossistêmicos, ainda é preciso se trabalhar mais para que se identifique os fatores sociais e suas interações com fatores ecológicos para se desenvolverem funções de produção sócio ecológicas para que se modele a produção desses serviços de maneira satisfatória. (2013:269).

Os autores começam uma inflexão no texto para tentar enquadrar a abordagem dos Sistemas Sócio-ecológicos no contexto da medição, que podem ter seus limites e razão de ser questionados. O que pretendem é direcionar ou definir os Sistemas Sócio-ecológicos para, senão medir, observar como os benefícios reais (econômicos, sociais e culturais) obtidos pelas pessoas fluem para diferentes grupos de beneficiários. Nesse sentido, defendem que é preciso ir além da medição de benefícios em uma área, e isso requer aprofundar a compreensão da abordagem de Sistemas Sócio-ecológicos, que, conforme sugerem, almejam identificar os benefícios associados com um conjunto de serviços interativos. É dessa forma que se pode observar o fluxo de benefícios para os beneficiários. (2013:270).

Para que se avaliem as consequências das mudanças em Sistemas Sócio-ecológicos para o Bem-estar Humano é preciso que se entenda as mudanças nos conjuntos de Serviços Ecosistêmicos. E prosseguem indicando que uma avaliação significativa de *trade-off's* entre os Serviços Ecosistêmicos requer avaliação do benefício líquido das mudanças de fluxo para o Bem-estar humano, e isso é mais importante que se avaliar simplesmente mudanças em serviços específicos. (2013:270).

Reyers *et al.* (2013) ponderam que o Bem-estar humano também é um conceito complexo, e muitos programas de Serviços Ecosistêmicos apenas medem os benefícios fornecidos pelos serviços. Entretanto, para se compreender os impactos desses benefícios sobre o bem-estar humano através de diferentes grupos de beneficiários é central para muitas escolhas de políticas e de gestão. Assim como Serviços Ecosistêmicos, Bem-estar humano é um conceito multivariado e complexo, que depende não apenas de serviços ecosistêmicos, mas de uma plêiade de outros fatores sociais e ecológicos e suas interações. (Idem).

Enquanto muitos *frameworks* fazem o link para o Bem-estar humano, poucos avançaram no sentido de melhorar a nossa capacidade de medir o Bem-estar humano e de decompor suas ligações em direção aos Serviços Ecosistêmicos, mantendo as atuais práticas atreladas ou à valoração econômica ou a conceptualizações mais amplas sobre o Bem-estar. (Idem).

## **2.8 Sistemas Sócio-ecológicos**

A abordagem de Sistemas Sócio-ecológicos esclarece a necessidade de: estipular que grupos de beneficiários são considerados, identificar e medir as dimensões relevantes do Bem-estar humano; e ligas mudanças em diferentes dimensões do Bem-estar humano aos fluxos de benefícios a partir dos conjuntos de Serviços Ecosistêmicos. A abordagem do Sistema Sócio-ecológico também realça a necessidade de se expandir além das mudanças no Bem-estar humano para se explorar como essas mudanças se retroalimentam para influenciar a governança e a política pública, e, por conseguinte, os próprios Sistemas Sócio-ecológicos e seus serviços. (Idem).

Trabalhos existentes exigem simples monitoramento dos forçantes indiretos da mudança (p.ex.: sociopolítico e econômico) ou indicadores de governança e gestão (p. ex.: tamanho da área protegida, quantos programas de recuperação implementados) sem uma compreensão do que força tais mudanças e quais são os constituintes do bem estar que são mais importantes na motivação das mudanças em nível de governança e de políticas públicas. Uma compreensão melhor de como se atingir essas mudanças para se incentivar

uma gestão mais sustentável do Sistema Sócio-ecológico foi identificada como uma lacuna importante na transição para trajetórias mais sustentáveis. Essa lacuna na compreensão prejudicará o progresso nos processos de aprendizado, que são fundamentais para se erigir a resiliência e enfrentar a incerteza no Sistema Sócio-ecológico. (2013:270).

A abordagem dos Sistemas Sócio-ecológicos, conforme vem sendo descrita até este ponto, representa um esforço para se medir os Serviços Ecossistêmicos através da integração de fatores sociais e ecológicos, a geração, o fornecimento e a gestão de tais serviços, bem como o Bem-estar humano, em um ciclo interativo a partir de interligações.

Representa um esforço, porque não é tão simples, como pode ser constatado, construir um indicador trivial, quantitativo e abrangente. A característica mais pronunciada é analisar aspectos dos ecossistemas e fazer uma comparação com outro aspecto – de difícil mensuração – relevante, que é o Bem-estar humano, haja vista que se relaciona, com alguma dependência, com a sustentabilidade.

Nesse sentido, outro tópico que os autores vão dando forma, é sobre a governança e o gerenciamento dos fatores sócio ecológicos, que dão suporte aos Serviços Ecossistêmicos.

Começam lembrando que a presente abordagem revela a necessidade de se relacionar a governança e o gerenciamento das mudanças dos Sistemas Sócio-ecológicos, que dão suporte à geração de Serviços Ecossistêmicos, o que é crucial para se avaliar a efetividade e sugerir caminhos para se melhorar as políticas relacionadas aos Serviços Ecossistêmicos, à tomada de decisão e ao gerenciamento. (2013:271).

Diferencia-se governança dos Sistemas Sócio-ecológicos, que inclui os processos sociais e políticos de se definirem objetivos, para solucionar *trade-off's*; e o gerenciamento dos Sistemas Sócio-ecológicos, que, por sua vez, são definidos como “as ações tomadas para se atingir tais objetivos”. (Idem).

Muitos indicadores da ligação entre a governança e o gerenciamento dos Sistemas Sócio-ecológicos, e os fatores sociais e ecológicos que dão suporte aos Serviços Ecossistêmicos enfocam atualmente os forçantes da mudança nos Sistemas Sócio-ecológicos, como, por exemplo, mudanças na cobertura da terra, níveis de poluição. O problema é que mesmo se sabendo o tamanho da área desmatada ou o nível de poluição em um rio, isso não indica necessariamente – e nem com precisão – uma perda de Serviços Ecossistêmicos, ou até mesmo como se pode reagir a tais mudanças. (Idem).

Diante disso, sugerem que uma abordagem de Sistemas Sócio-ecológicos deva ser: (1) conectada explicitamente com as mudanças no gerenciamento e governança dos Sistemas Sócio-ecológicos e (2) convertida em medidas de impacto nos fatores sociais e ecológicos

relevantes na função de produção dos Serviços Ecossistêmicos mais importantes. Por exemplo: uma abordagem de Sistemas Sócio-ecológicos aplicada ao indicador, comumente usado, “aumentos na cobertura de área protegida” propõe um *link* explícito para a política pública que levou a tal incremento, assim como um *link* para os impactos de tal incremento nos fatores sociais ou ecológicos, que suportam os Serviços Ecossistêmicos, de forma a ajudar a determinar quais formas de governança funcionam para melhorar os Serviços Ecossistêmicos. (2013:271).

Progredindo no desenvolvimento da abordagem dos Sistemas Sócio ecológicos, e, em particular, tendo-a na perspectiva da medição, o próximo tópico que os autores aprofundam é a aplicação da aprendizagem dos Sistemas Sócio-ecológicos, que varia de indicadores difíceis de serem analisados ou tratados a indicadores eficientes.

Nesse sentido, o atual plano estratégico da Convenção sobre a Diversidade Biológica é considerado pelos autores como um “campo minado” para visões concorrentes, missões concorrentes e, também objetivos para se implementar capacidades para selecionar e medir progressos. A sugestão dos autores é que a abordagem que sugeriram anteriormente, (1) e (2), pode ser útil para implementar aquelas capacidades a partir de três mecanismos: (a) explorar as políticas de conservação e os respectivos programas de monitoramento, (b) identificar possíveis lacunas, conflitos, e redundâncias nas metas das políticas, e (c) ajudar na decomposição e apreciação dessas complexas metas em grupos de indicadores para se avaliar o progresso. (Idem).

O terceiro mecanismo, (c), pode ser aplicado à meta nº 14 da Convenção sobre a Diversidade Biológica, que é mal formulado e difícil de se implementar, muito embora seja uma das poucas metas que reconheça os fatores sociais e ecológicos dos Serviços Ecossistêmicos. Consequentemente, o conjunto atual de três indicadores propostos para se medir esta meta, quais sejam: saúde, bem-estar e biodiversidade, para alimentação e medicamentos, e segurança hídrica estão subdesenvolvidos e vinculados e dependentes dos dados existentes sem se considerar quais medidas são necessárias para avaliar o progresso. (2013:272).

A abordagem de Sistemas Sócio-ecológicos poderia identificar um conjunto de diferentes medidas, o que permitiria discriminar a complexa meta nº 14 em suas partes componentes, e começaria a desenvolver o necessário conjunto de medidas para se avaliar o progresso. (Idem).

A vantagem é que colocando o foco em um grupo específico de beneficiários contido naquela meta, por exemplo, **mulheres vulneráveis**, pode-se criticar e eleger como

prioridade dimensões relevantes do Bem-estar humano (p.ex.: materiais básicos, saúde e segurança). Essas dimensões podem, por sua vez, ser ligadas aos necessários fluxos de benefícios (p.ex.: abastecimento doméstico de água, alimentos, combustível, fibra, proteção contra desastres naturais, como enchentes; e segurança dos recursos). Neste exemplo, o benefício prioritário selecionado é a “abastecimento doméstico de água”, por causa de sua relevância para mulheres em contexto de pobreza, e isso se liga a duas dimensões do Bem-estar humano: necessidades materiais básicas e saúde; contudo, a abordagem dos Sistemas Sócio-ecológicos para outros fluxos de benefícios também. (Idem).

A utilidade em ser explícito sobre o benefício (abastecimento doméstico de água) é que ajuda a identificar os serviços essenciais a que se referem a respectiva meta, que, no caso, inclui abastecimento de água (quantidade), regulação de água (tempo) e purificação da água (qualidade), assim como os serviços de controle da erosão. (Idem).

Esta abordagem de Sistemas Sócio-ecológicos também reforça a importância de outros serviços no conjunto de serviços relevantes para o Bem-estar humano de mulheres em situação de vulnerabilidade (p.ex.: produção agrícola, produção de madeira para combustível), que são necessárias para quantificar os *trade-off*s com os serviços da água e as suas consequências para o Bem-estar humano. Da lista final de serviços relevantes, torna-se possível relacionar os fatores sociais e ecológicos para cada serviço ecossistêmico que exigirá medições, assim como a governança e as intervenções de gerenciamento, que aumentarão ou degradarão estes fatores. (Idem).

Contudo, a abordagem de Sistemas Sócio-ecológicos, quando aplicada através das metas em geral, irá realçar as medidas de relevância para outras metas, e, dessa forma, ajudar a assegurar programas de monitoramento mais eficientes e de desenvolvimento de indicadores. (Idem).

Concluindo, os autores ponderam que considerando o atualmente limitado conhecimento a respeito dos Serviços Ecossistêmicos e Bem-estar humano deve ser considerada como uma “auspiciosa hipótese” para que seja testada, e não tanto uma “prescrição garantida de sucesso”. Sugerem, por conseguinte, que um engajamento mais próximo com os estudos sobre Sistemas Sócio-ecológicos permitirá expandir a compreensão dos fatores ecológicos e sociais relevantes para os Serviços Ecossistêmicos e Bem-estar humano, e irá fornecer uma compreensão mais abrangente e com algumas nuances das interações entre humanos e a natureza no âmbito dos ambientes dominados por humanos. (Idem).



A força de uma abordagem baseada em Sistemas Sócio-ecológicos reside em sua habilidade em medir os Serviços Ecossistêmicos ao integrar fatores sociais e ecológicos, geração, entrega e gerenciamento de serviços, assim como Bem-estar humano, em um ciclo interativo interligado. (Idem).

Com base em erros e acertos do passado, os pesquisadores podem contribuir para que um Sistema Sócio-ecológico possa dispor de capacidade para se adaptar e conformar mudanças, o que é um atributo importante para a resiliência de um Sistema Sócio-ecológico. (2013:273).

Todavia, esta abordagem nova introduziu a temática na perspectiva da medição. Medição dos Serviços Ecossistêmicos, dos *trade-offs* e, especialmente, evidenciar os *links* entre os Serviços Ecossistêmicos e o Bem-estar humano, o que geraria indicadores, que ajudariam a orientar políticas públicas, tomada de decisões e outras dimensões.

Muito embora seja inovadora em suas dimensões, a abordagem oferece indicadores – ou formulação de indicadores – que não são tradicionais, especialmente, não contém unidades de medidas, e nem dele se diz adimensional. Os indicadores a que a abordagem apresentada aludem são de natureza qualitativa e descritiva. Seu mérito está em evidenciar as ligações entre as dimensões que existem entre os Serviços Ecossistêmicos e o Bem-estar humano, tarefa, que é facilitada pela explicitação das metas, por exemplo, presentes na Convenção da Diversidade Biológica.

Portanto, é um tipo de abordagem válida para orientar o presente trabalho de Tese, quando as modelagens revelarem a melhor proporção entre consumo de água para irrigação da cana de açúcar e área demandada para expansão da cultura canavieira na região de estudo, visando à produção do etanol, e, portanto, ajudará, em alguma proporção, a elaborar uma política pública contribuinte com a governança. Sendo assim, trataremos dos desafios.

Rounsevell *et al.* (2012) sustentam que o sistema de uso é central para a compreensão da relação entre as pessoas e o meio ambiente, e a provisão sustentável de bens e serviços depende criticamente do gerenciamento de recursos sem provocar danos à base natural de recursos. E a transição para o desenvolvimento sustentável necessita que a ciência que lhe vai dar o devido suporte compreenda melhor como o uso da terra afeta o meio-ambiente e como isso, por sua vez, retroalimenta as estratégias de manter seus estoques de alimentos ou influencia a vulnerabilidade de pessoas e lugares. (2012:899).

Dessa forma, é preciso que se compreenda muito melhor como o uso da terra se relaciona com as outras dimensões da humanidade (alimentação) e o estado natural dos

lugares (paisagens, plantações e Serviços Ecossistêmicos), a fim de que se complete a transição para um desenvolvimento sustentável.

Após mencionarem os projetos pioneiros que a comunidade internacional de pesquisa conduziu e fez concluir que o uso da terra é indispensável para o Sistema Terrestre e ter ajudado a compreender a dinâmica e as consequências do uso da terra, apontam que as interações entre tomada de decisão, estruturas de governança, produção e consumo, tecnologia, serviços ecossistêmicos e mudança global ambiental influenciam a atividade humana em nível local e em escala regional também, e retroalimentam e são influenciadas em nível de escala global; e dá forma às trajetórias das interações entre humanos e meio ambiente nos sistemas de uso da terra. (2012:900).

Portanto, a pesquisa sobre o sistema de uso da terra tem que lidar com o desafio substancial da multidisciplinaridade e interdisciplinaridade, para pavimentar a divisão sociedade-natureza, e agora já é possível se compreender alguns dos tópicos que afetam a ciência do sistema de uso da terra, e isso inclui o comportamento das pessoas e da sociedade, e o caráter multinível de tanto os tomadores de decisão e de unidades de terra, os caminhos por que as pessoas e as unidades de terra estão conectadas a um mundo maior dentro do qual existam, e o aspecto do tempo, tanto passado como futuro. (Idem).

Antes de apresentarem o estado-da-arte da LSS, lembram que a Ciência do Sistema de Uso da terra se refere ao:

“...campo interdisciplinar, que procura entender a dinâmica da cobertura e uso da terra como um sistema acoplado humano-meio ambiente, com o caráter de alcançar as relevantes teorias, conceitos, modelos e aplicações para os problemas ambientais e sociais, incluindo a intersecção de ambos, social e ambiental.”  
(2012:900).

O trabalho de Rounsvell *et al.* (2012) foi estruturado em torno de um conjunto de questões metodológicas que surgiram há pouco tempo, a medida que a LSS fazia progressos, a saber:

- Como a análise de dados empíricos e históricos do uso da terra pode fornecer *insights* para as interações humano-meio ambiente;
- Como a modelagem integrada e o conceito de Serviços Ecossistêmicos contribuem para a testagem de hipóteses sobre o funcionamento do sistema de uso da terra e o processo de tomada de decisão;
- Como o atual entendimento dos sistemas de uso da terra podem informar as escolhas que a sociedade tem a respeito de futuras paisagens.

A primeira é a análise empírica das interações humano-meio-ambiente. Essas se dão dentro do sistema acoplado humano-meio-ambiente e compreende mudanças nas práticas do uso da terra, mudanças associadas na cobertura da terra (aflorestamentos e desflorestamento) e mudanças no clima e nos fluxos de dióxido de carbono entre a superfície da terra e atmosfera, assim como os efeitos potenciais da mudança ambiental global sobre a agricultura, alimentação, fibras e produção e consumo de biomassa, qualidade e segurança alimentar; e o funcionamento dos ecossistemas. (2012:900).

A cobertura da terra é co-determinada por fatores naturais e ambientais e suas interações. As abordagens atuais da LSS, que estão baseadas na caracterização e análise de parâmetros biofísicos através de sensoriamento remoto não são suficientes para que se desenvolva uma ampla compreensão das mudanças nas funções socioeconômicas da terra. Então, o papel dos processos biofísicos e dos fluxos socioeconômicos de materiais e energia são críticos para que se analise e se compreenda as trajetórias da mudança do uso da terra. Os aspectos culturais dos padrões da paisagem e seus efeitos sobre os processos de tomada de decisão, assim como as estruturas de governança e instituições envolvidas no gerenciamento da terra. A análise empírica das mudanças do uso da terra, tanto no passado como no presente, tem um importante papel para fornecer *insights* nos processos socioeconômicos e biofísicos, que dão forma às transições de uso da terra. (Idem).

As mudanças no metabolismo sócio-ecológico (fluxos de material e energia nos sistemas humano e natural), a mudança no uso da terra, mudanças na governança e nos processos de comunicação foram identificados como um dos principais temas para pesquisa, ao passo que tais interdependências sistêmicas são, em princípio, crescentemente reconhecidas, as interdependências específicas no espaço e no tempo entre os processos de tomada de decisão para diferentes escalas, estruturas institucionais, contextos socioeconômicos e padrões de sistemas de uso da terra ainda não estão bem compreendidos. (2012:900).

O próximo desafio identificado na literatura apurada pelos autores é a modelagem da dinâmica dos sistemas de uso da terra. Conforme Rousesvell *et al.* (2012) modelos têm tido um papel relevante na LSS em empreender análises estruturadas de complexas interações no âmbito do sistema de uso da terra, onde experimentos na vida real não são possíveis. Os modelos fornecem experimentos artificiais para que se consiga explorar o comportamento do sistema, além disso os modelos também permitem avaliações prévias de políticas e fornece *inputs* para o processo de planejamento. O futuro do uso da terra será fortemente determinado por mudanças na política, tais como reformas na política agrícola, liberalização do comércio e conservação da natureza, mas, também, por mudanças fundamentais na

política energética e novas medidas que se relacionem com a adaptação e mitigação às mudanças climáticas. (2012:901).

Mesmo assim, os esforços de modelagem têm direcionado seu foco para aspectos específicos do sistema de uso da terra, como análise *ex-ante* baseada no setor agrícola usando modelos da economia agrícola, outros modelos elegeram os processos de urbanização. No nível do estudo de caso, foram desenvolvidos modelos de tomada de decisão de inteligência humana, mas são raramente aplicados em um contexto de política e planejamento. (Idem). Alegam que tanto o foco *Top-Down* e *Bottom-up* não são suficientes para capturar a complexidade das interações através de diferentes escalas. (Idem).

O contexto no nível macro dos processos locais de tomada de decisão é comumente capturado na LSS, através de modelos macroeconômicos de grande escala ou então modelos de avaliação integrada. Enquanto tais modelos provaram sua capacidade de enfrentar a mudança do uso da terra, as características herdadas e os processos detalhados do sistema de uso da terra são largamente ignorados por conta de um alto nível de simplificação. (Idem).

Ainda em termos de modelos econômicos, a terra é normalmente implementada como uma constante na produção de *commodities* intensivas em uso da terra e a concorrência econômica de diferentes tipos de produção dentro de um setor, que é normalmente representada endogenamente. A simulação de diferentes tipos de gerenciamento, assim como a competição por terra e água entre setores diferentes é apoiada pela estrutura de tais modelos, mas, apenas em um nível espacial agregado. (2012:901).

Outro desafio apontado por Rounsevell *et al.* (2012) é o conceito de Serviços Ecossistêmicos e avaliação de *trade-off's*. Conforme os autores, diversos estudos propuseram a análise da distribuição espacial dos múltiplos Serviços Ecossistêmicos em escala global, regional ou em nível de paisagem para apoiar as políticas, gestão e planejamento do uso da terra. Tais análises poderiam ajudar a compreender os forçantes do fornecimento dos múltiplos Serviços Ecossistêmicos, a modelagem da mudança do sistema de uso da terra e o planejamento para o uso sustentável da terra. (2012:902).

Outra abordagem foi aplicada aos modelos biofísicos para diferentes funções ecossistêmicas, permitindo projeções dos Serviços Ecossistêmicos para os ecossistemas através de mapas que demonstrem a incorporação de tais efeitos. (Idem).

A utilidade dos serviços ecossistêmicos para um dado nível de funções ecossistêmicas pode depender de fatores econômicos ou sociais, como, por exemplo, a distância para estradas, fazendas ou mercados, acesso à água, porque diferentes grupos de *stakeholders* podem expressar e desenvolver preferências para a provisão de bens e serviços, a partir do

uso da terra e estas preferências podem também ser diferentes entre os serviços, setores e regiões. (Idem).

Há várias abordagens também para a importante tarefa de analisarmos os *trade-off's* dos Serviços Ecológicos, por exemplo para se integrar as percepções e interesses dos *stakeholders* em um processo participativo, existe a Análise Multicritério (MCA), cuja aplicação tem sido aplicada. A MCA espacial fornece um portfólio mais amplo de análises, que vê os *trade-off's* não apenas entre os padrões de uso da terra em diferentes escalas geográficas e diferentes horizontes temporais a partir de cenários, mas também entre os interesses e objetivos dos *stakeholders*. (2012:902). Do uso de cenários decorre um aspecto importante, que vale a pena refletir, que são os futuros sistemas de uso da terra.

Os cenários são usados para explorar incertezas das ações humanas sobre o meio-ambiente, e podem ser divididos entre *Storylines*, que são os cenários exploratórios e cenários normativos. No primeiro caso, existem dois pontos fracos: não são direcionados a questões das políticas e não proveem uma estrutura analítica de *trade-off's* entre objetivos sociais e políticos concorrentes. (2012:903).

Os métodos para os cenários normativos descrevem caminhos para os resultados futuros, ou visões, que, potencialmente terão maior relevância em termos de políticas públicas, e incluem objetivo específico de uma política e os caminhos para seu atingimento (*backcasting*) e uma sequência de medidas projetadas para construir um futuro desejável e superar potenciais barreiras, em um processo colaborativo (*roadmaps*). (Idem).

Em avaliação ambiental, os cenários normativos são usados para avaliação de políticas, mas, também possui duas desvantagens: *roadmaps* estruturados ainda não foram desenvolvidos ou estruturados para gestão integrada de recursos para sistemas de uso da terra. Tais abordagens, contudo, se beneficiariam da integração de cenários exploratórios, que poderiam refletir possíveis usos futuros da terra com visões normativas, que identificassem os usos futuros desejáveis da terra. (2012:903).

Esta análise remete a elaboração sobre o futuro da LSS, a partir dos desdobramentos de suas limitações, que estão representados por lacunas do conhecimento e questões-chave.

Nesse sentido, Rounsevell (2012) pensam que há três questões científicas, especialmente no âmbito da observação e da modelagem dos processos dos sistemas de uso da terra em diferentes escalas, uma vez que abordagens estruturadas podem se beneficiar com a incorporação de visões de um conjunto de *stakeholders* responsáveis pelo planejamento do uso da terra e políticas de gestão dos recursos naturais, além da tomada de decisão,

estabelecendo metas dinâmicas para a gestão sustentável dos ecossistemas e gestão dos recursos, de forma que isto leva àquelas três questões mencionadas anteriormente, que são:

- Visões inovadoras podem ser formuladas para uma futura gestão de recursos, e também para o desenvolvimento de políticas de uso da terra sob uma variedade de condições ambientais e de gerenciamento;
- Quais são os processos socioeconômicos e ecológicos que conformam as transições do uso da terra;
- De que maneira as ferramentas de modelagem *bottom-up* e *top-down* podem ser aprimoradas e utilizadas em uma avaliação abrangente de limiares críticos para o gerenciamento de recursos, tendo como referência a mudança do uso da terra e os Serviços Ecossistêmicos.

Com essa proposta de reflexão, Rounsevell *et al.* (2012) passam a discutir aspectos de cenários e modelagem, de modo mais descritivo, a saber: identificam três vantagens de pesquisas baseadas em modelagem, que são, em primeiro lugar, o fato de que pesquisas baseadas em “visões” podem ser utilizadas para restringir o infinito espectro de possíveis decisões de política a uma “largura de banda” de opções e escolhas relevantes e sustentáveis de gestão do uso da terra. Em segundo lugar, as pesquisas em processos poderiam analisar a base empírica e de outras evidências de mudanças do uso da terra e a variabilidade geográfica dos processos que causam tais mudanças. Por fim, pesquisas sobre avaliação que utilizem modelos são necessárias para que exploremos a dinâmica e os *feedbacks* através das escalas espacial e temporal na identificação de caminhos críticos para uma futura gestão do uso da terra. (2012:903).

## **2.9 Roadmaps**

A outra reflexão recai sobre os desafios para a pesquisa a partir de *roadmaps*. Considerando que muito embora os *roadmaps* sejam principalmente dirigidos às tecnologias e também sejam ferramentas de gerenciamento para a indústria, também podem ser usados para identificar uma variedade de caminhos alternativos, que levem a futuros usos da terra. São eles: (a) incorporação das incertezas associadas com as projeções de longo prazo, (b) visões de futuro acerca do uso da terra, que sejam plausíveis e desejadas, não obstante a existência de diversos estágios comuns de elaboração que podem ser identificados. O primeiro estágio consiste em definir o escopo e as condições de contorno; o segundo é o desenvolvimento; e o estágio final é o *follow-up*, que envolve a revisão do *roadmap*, que é usado para dar suporte à implementação de políticas.

Como mencionado acima, é bastante incomum a utilização de *roadmaps* para o uso da terra; por essa razão, Rounsevell *et al.* (2012) entendem que há cinco desafios a serem enfrentados, como se segue.

O primeiro desafio é um cenário estruturado ligando a visão de futuro desejável a modelos numéricos, com incertezas e projeções incorporadas. O foco do segundo desafio é a identificação de caminhos críticos para se atingir os resultados desejados. O terceiro desafio se refere ao engajamento dos *stakeholders* nos cenários, nas visões, *trade-off's* e desenvolvimento do *roadmap*; o quarto desafio se refere aos melhoramentos metodológicos para que se possam analisar os *trade-off's* e as sinergias na provisão de todos os serviços ecossistêmicos sob cenários alternativos de gestão de uso da terra. O último desafio consiste em definir um *roadmap* que possa explicitar recomendações de políticas.

Dessa forma, consideram que o papel mais central em todos esses desafios é o engajamento dos *stakeholders*, a fim de que se adquira entendimento na gama de futuros que se desejam entre diversos grupos de *stakeholders*. Por exemplo, políticos, formuladores de políticas, ONG's e líderes empresariais, com interesses no uso da terra e nos serviços que são providos para a sociedade. (2012:904).

Por fim, no que se refere aos métodos quantitativos, sua vantagem é a possibilidade de utilização em sinergias e *trade-off's*, em caminhos alternativos que levem o mais próximo possível ao futuro desejado. Assim, os *roadmaps* poderiam ser usados para avaliarmos as consequências de tais escolhas no espaço e no tempo, ao explicarmos os processos fundamentais e identificarmos as decisões cruciais, usando uma narrativa interpretada, o que geraria um processo de apoio a tomada de decisões para usos futuros do uso da terra, que seria cientificamente rico, embora altamente focado. (Idem).

Existem ainda dois desafios a serem abordados: pesquisa empírica e mudança do uso da terra e modelagem em sistemas de uso da terra.

No primeiro caso, a pesquisa empírica precisa de uma melhor compreensão conceitual dos processos de tomada de decisão, particularmente aqueles de gestão do uso da terra que forçam as mudanças do sistema de uso da terra em escala local, regional e global. De modo semelhante, *feedbacks* entre forçantes e inibidores ecológicos e socioeconômicos altamente interligados, mas que são muito mal compreendidos; especialmente quando se considera os papéis e os elos de interligação de diferentes campos da política, como, por exemplo, a crescente integração em nível global, as transformações socioeconômicas, a cultura, as disparidades de gênero e seus efeitos sobre a inconstante demanda pelos serviços ecossistêmicos. (2012:904).

No segundo caso, modelagem do sistema de uso da terra, seus desenvolvimentos podem levar a uma melhor compreensão dos fatores forçantes e dos processos críticos que fundamentam a dinâmica no sistema de uso da terra, baseada no uso de métodos quantitativos e modelos. Também pode ajudar no projeto e na estrutura operacional para a avaliação e interpretação de usos futuros utilizando um novo entendimento dos processos de mudança do uso da terra, a partir da pesquisa empírica. (2012:905).

Assim, passam a tratar das perspectivas, onde entendem que um tópico que sustentou muito do pensamento no sistema de uso da terra é a observação dos padrões de uso da terra e de mudança do uso da terra podem ser usados para inferir acerca dos processos fundamentais que levaram a esses padrões, mas que não se aplica a sistemas de uso da terra complexos. Isto porque muitos caminhos que surgem de múltiplos forçantes e são controlados por diferentes processos, podem levar aos mesmos padrões de uso da terra, o que, por sua vez, significa que a observação isolada de tais padrões não são suficientes para se explicar como e por que certo estado surgiu. (2012:906).

A partir daí, os autores propuseram uma mudança de paradigma para utilizar modelos acoplados com diferentes métodos de sistemas de uso da terra, porque se podem explorar potenciais metodológicos enquanto se supera seus pontos fracos, além disso, a acoplagem de diferentes modelos em escalas diferentes pode fornecer novos *insights* dos processos de sistemas de uso da terra, que são observados em diferentes escalas. (Idem).

Ao concluírem seu trabalho, Rounsevell *et al.* (2012) defendem que a modelagem integrada, baseada no conceito de serviços ecossistêmicos pode contribuir substancialmente para a testagem das hipóteses sobre o funcionamento do sistema de uso da terra e o processo de tomada de decisão, assumindo-se que a interação é construída entre os *stakeholders*, aplicações de modelo e saídas dos modelos. (2012:907).

Afirmam também que as escolhas que a sociedade tem sobre o futuro das paisagens pode ser conhecido de um modo inovador, que é o *roadmap* e as técnicas de predição que podem orientar as transições de uso futuro da terra. (Idem).

As estratégias de uso sustentável da terra se beneficiariam por serem respaldadas por um salutar processo para compreender como as políticas afetam o uso da terra e os Serviços Ecossistêmicos, e vice-versa; além disso, também mostrariam como *trade-off's* e sinergias entre si (uso da terra e serviços) funcionam na prática.

Rousenvell *et al.* (2012) entendem, que essa mudança de paradigma que apresentaram em seu texto sobre os desafios da LSS oferece uma oportunidade singular de



se conectar as ciências naturais e sociais, com o objetivo de se criar uma gestão mais sustentável do sistema de uso da terra. (2012:907).

A partir deste ponto, trataremos de recortar as aplicações da LSS em diferentes níveis de escala, mas contemplando-se seu direcionamento mais objetivo, visto que os conceitos, avanços, limites e desafios da LSS no campo epistemológico e operacional foram, praticamente, exauridos nos textos discutidos e apresentados ao longo deste capítulo teórico. Nesse sentido, o primeiro nível é a América Latina.

Boillat *et al.* (2017) informam que o item Monitoramento na América Latina diversificou notavelmente o seu escopo para além dos dados binários Floresta/não-Floresta, abrindo oportunidades para se abordar a mudança do uso da terra em relação aos processos sócio ecológicos que se tornam visíveis em nível de biomas. Por outro lado, as mudanças econômicas do meio rural desafiam a transformação em direção aos usos da terra, mais sustentáveis, o que é incrementado também por alta urbanização e a revalorização (Sikor *et al.*, 2013) da terra devido à demanda global.

Historicamente, na América Latina, o monitoramento da mudança do uso da terra esteve concentrado na distinção Floresta/não-Floresta, mediante o uso de imageamento satelitário, particularmente da geração *Land-Sat*, que começou em 1972. E o primeiro sistema de monitoramento de grande escala na região foi o *Project for Estimating the Annual Gross Deforestation* (PRODES) na Amazônia Legal Brasileira, que foi implementado em 1988, e contribuiu para despertar a atenção do público em geral e apoiar políticas públicas, porque gerou dados especializados e quantitativos sobre o desmatamento florestal. Já o monitoramento de curto prazo começou em 2004, e mais tarde incluiu as estimativas de degradação. (2017:37).

Os dados do PRODES também foram combinados aos dados socioeconômicos para se testar os forçantes humanos do desmatamento florestal. Estudos recentes produziram dados que vão além da referida classificação binária Floresta/não-Floresta e então uma matriz mais ampla de classes de uso da terra para áreas desmatadas está sendo desenvolvida pelo projeto TerraClass. Não obstante, permanece um importante desafio realizar a distinção de “assinaturas espectrais” para discernir diferentes usos da terra, uma vez que as características estruturais que informam os dados de sensoriamento remoto são similares. (Idem).

Boillat *et al.* (2017) também oferecem um conceito de Sistemas Sócio ecológicos com algumas nuances. Compreender e testar a mudança do uso da terra através da

perspectiva de sistemas sócio ecológicos é outro importante desafio para a LSS na América Latina, bem como outros lugares. (2017:39).

Sugerem o termo Sistemas de Uso da Terra Sócio Ecológicos (SELS) para que se torne um conceito unificador, com cada SELS definido e caracterizado por suas configurações particulares de condições sociais e ambientais, padrões de assentamento, dinâmicas de uso da terra e fatores presentes em cada contexto. (2017:39).

Uma compreensão dos padrões de SELS e da dinâmica exige conhecimento sobre arrendamento de terra e processos de aquisição. As questões de arrendamento se tornaram particularmente relevantes à luz das atuais revalorizações da terra e o conseqüente potencial de conflitos agrários. Ao passo que privatizações e concentração fundiária foram historicamente associadas com a colonização europeia e sua apropriação de antigos bens comuns. (2017:39).

Em alguns lugares, esses processos sofreram resistência por pressões sociais e a promoção, por parte do Estado, de políticas de devolução e descentralização, e isso permitiu o controle territorial por parte de grupos indígenas e pequenos proprietários de terra em uma escala sem precedentes; assim como uma limitação do mercado de terras e da concentração de terras, conforme mostram as evidências em países com forte tradição agrária, como México, Guatemala, Peru e Bolívia. (2017:39).

Outro desafio discutido por Boillat *et al.* (2017) se refere à elaboração de sistemas de uso da terra socialmente inclusivos. O desenho de arquiteturas ótimas, ou seja, que maximizam os *trade-off's* positivos foi identificado como uma problemática particular que enfrenta a LSS. (2017:41).

Contudo, à medida que a complexidade do mosaico das paisagens regionais aumenta, a divergência sobre como tais sistemas são percebidos e valorizados por diferentes usuários da terra, e grupos de interesse relacionados, tornando a definição de “ótimo” dos sistemas de uso da terra um desafio social. (Idem).

Nesse sentido, encerram uma observação crítica no sentido de que, raramente, as iniciativas participativas da população deixam de se colocar o foco sobre pequenas populações rurais, uma vez que as decisões tomadas nas cidades têm enorme influência sobre o meio rural, tanto em termos de processos disruptivos (*sic*) como estabilizadores. (Idem).

Ademais, indicam que um grande foco de pesquisa para a América Latina é a compreensão de mecanismos e caminhos dessas conexões rural-urbanas, no nível nacional e internacional. (Idem).

O desafio de governar sistemas de uso da terra teleacoplados se refere ao fato de que a estrutura teórica dos teleacoplamentos focaliza a emissão, o recebimento e os sistemas de transbordamento. Além de fluxos, agentes, causas e efeitos relacionados a SELS podem ampliar as opções locais para a transferência de capital e conhecimento, mas também desafia a governança de comunidades, de governos locais e regionais, especialmente, quando há incompatibilidade de escalas entre regulação local, forçantes globais e *feedbacks* da mudança da terra. Como grandes exportadores de *commodities* e mão de obra, alguns SELS da América Latina são fortemente afetados por forçantes e processos globais, cujos exemplos variam de efeitos como remessa de imigrantes sobre a América Central e México, aos efeitos do colapso da União Soviética sobre a crise de Cuba aos múltiplos impactos da crescente demanda por produtos agrícolas, assim como as pressões internacionais para a conservação do meio ambiente. (2017:41).

Sendo assim, a Revisão da Literatura, a partir deste ponto, tem como objetivo explicar como a mudança do uso da terra associada a expansão da cana de açúcar com base na LSS, no que se refere aos aspectos de sustentabilidade tais como: (1) boas práticas de gestão da terra e políticas que estimulem aqueles objetivos; (2) os benefícios econômicos; (3) cenários de expansão da terra para a cana; e (4) avanços gerenciais e tecnológicos.

No primeiro artigo, Lapolla *et al* (2015), trata de como o uso da terra é pervasivo no Brasil, isto é, de como vincula, pelo menos, seis processos, dos mais concretos e sensíveis como a separação entre agricultura e desmatamento a mais ponderáveis e em nível de decisão política, como reflexões sobre novos paradigmas do uso da terra, para que seu uso seja mais sustentável. A cana-de-açúcar é abordada, mas não de forma exclusiva, e, portanto, aprofundada.

Por sua vez, o segundo texto, de Jaiswal *et al* (2017) é mais característico de usos da terra para a cana de açúcar e contempla em seus cenários a demanda por alimentos e chama a atenção para um benefício econômico, que é o desenvolvimento da infraestrutura rodoviária no Brasil.

Em termos de boas práticas, Lapolla *et al* (2015) defendem que a gestão do uso da terra precisa de um planejamento lógico, com novos conhecimentos, técnicas aperfeiçoadas e informações precisas, de modo que o seu resultado fosse fornecer serviços ecossistêmicos mais eficientes, sem prejuízo da produtividade das culturas, que já são técnicas propostas e testadas em fazendas experimentais, contudo, sem uma extensa aplicação na agricultura comercial. Jaiswal *et al* (2017) restringem este aspecto a áreas adicionais para pasto e alimentos, e dão ênfase à produção de grãos e cereais.

Os benefícios econômicos em Lapolla *et al* (2015) são perceptíveis no processo de comoditização da terra, em que soja, cana-de-açúcar e milho no âmbito das grandes lavouras comerciais representavam 83% do Valor Bruto de Produção do Setor, também no intervalo de 21 anos. Por outro lado, como visto anteriormente, Jaiswal *et al.* (2017) chamam a atenção para um benefício econômico, que é o desenvolvimento da infraestrutura rodoviária no Brasil.

Em termos de políticas, Lapolla *et al* (2015) exaltam a conjuntura econômica e política, que diminuiu a disponibilidade de terras ao sul da Amazônia, aumentando a intensificação da agricultura e evitando a ampliação de danos ambientais. Também indica a importância de se observar o código florestal, para combinar produção agrícola e assentamentos com conservação de recursos naturais. Por sua vez, Jaiswal *et al* (2017) propõe três cenários de políticas públicas de meio ambiente: (a) restringir a expansão da cana de açúcar em conformidade com o Zoneamento Agroecológico; (b) realiza sua projeção considerando não apenas o Zoneamento, mas áreas particulares e área adicional necessária para o plantio de alimentos e matéria-prima animal; (c) diferencia-se do (b) por incluir uma área de vegetação natural a ser convertida em plantação, na forma da lei.

Esses dois trabalhos serão detalhados a seguir, especialmente no que se refere às suas projeções e seus cenários; e, ao final, serão discutidos outros textos que abordam as práticas gerenciais e tecnológicas que poderão influir nos cenários de expansão da cana de açúcar, com menor pressão sobre os recursos naturais, especialmente, os hídricos.

Como vimos, quatro paradigmas fundamentam a Ciência do Uso da Terra – *Land Use System Science* (LSS): o monitoramento nos sistemas de uso da terra, o conceito de Sistemas Sócio agroecológicos, sistemas de uso da terra socialmente inclusivos e governança de sistemas de uso da terra teleacoplados.

A adoção deste marco teórico à pesquisa é expressa pelo fato de que o Brasil assumiu compromissos em sua *National Determined Contribution* (NDC), no sentido de aumentar a participação de energias renováveis até 2030. Nesse sentido, a mais importante fonte de energia limpa é o etanol de cana-de-açúcar, de modo a contribuir de forma emblemática à meta de não superar em 2.0 ° C o aumento da temperatura do planeta até 2100.

Para que o papel do estado de Goiás seja avaliado neste contexto, devemos considerar as diversas etapas da mudança do uso da terra, que vinculam processos ambientais e processos sociais. Para tal, é fundamental definirmos qual dimensão tecnológica melhor contempla a sustentabilidade contida na LSS. Sendo assim, apresentaremos um cenário onde a expansão de cana de açúcar não será o principal processo do sistema de uso da terra em

Goiás. Então devemos considerar as tecnologias disponíveis para resiliência e havendo expansão da cana de açúcar, quais tecnologias cumprirão o papel de sustentabilidade em escala local.

O texto de Lapolla *et al.* (2015) explica que o uso da terra no Brasil é pervasivo, pois influencia seis processos:

- (1) separação entre agricultura e desmatamento;
- (2) *commoditization* do uso da terra;
- (3) conjuntura política e econômica, que levou a uma escassez de terras nas áreas de Fronteira, como a porção sul da Amazônia e a maior intensificação da agricultura naquelas regiões;
- (4) prejuízos sobre a concentração fundiária;
- (5) as interações bidirecionais com a mudança climática, uma vez que o uso da terra é considerado tanto causador como susceptível à mudança climática;
- (6) uma reflexão sobre possíveis cenários que poderão se resumir em um novo paradigma de uso da terra, que pode significar um uso mais sustentável.

A Política Nacional de Conservação do Solo, Água e Biodiversidade devia ser concebida em um cenário cujas projeções indicam que a produção de alimentos em proporções mundiais precisa aumentar entre 60% e 110% até 2050 (Lapolla *et al.*, 2015).

Nesse cenário, o Brasil prefigura como um grande contribuinte para este fim. Estas são as bases para um novo paradigma de uso da terra para países tropicais, que se caracterizam por uma forte dependência da agricultura, mas também salvaguardam uma importante fração da biodiversidade mundial em florestas intactas e savanas.

O processo de Mudança do Uso da Terra prospectivo (futuro) tem que ser orientado por princípios de sustentabilidade, dado que a segurança alimentar e energética, e a conservação da biodiversidade estão em perigo. Parte da solução está na intensificação da agricultura através de melhoramentos tecnológicos confiáveis e boas práticas de gestão. A fim de evitar a degradação ambiental, é preciso uma gestão da terra na qual as interações da agricultura e dos ecossistemas, comuns em um manejo do uso da terra, tenham como resultado um equilíbrio mais complexo. Os ecossistemas naturais devem ser distinguidos a partir dos serviços ecossistêmicos que claramente possam prover (2015:32).

A gestão do uso da terra iria, além da mera preocupação acerca do manejo de uma cultura afetar negativamente o meio ambiente biótico e natural e passaria a um planejamento lógico, apoiado em novos conhecimentos, técnicas aperfeiçoadas e informações precisas. Sendo assim, forneceria serviços ecossistêmicos mais eficientemente sem prejuízo da

produtividade das culturas ali implantadas e tratadas em todo o seu ciclo: temporário ou perene.

Essas técnicas foram propostas por muito tempo e amplamente testadas em fazendas experimentais pelo país e não têm sido extensivamente aplicadas nos estabelecimentos agrícolas comerciais. As soluções, do tipo *win-win*, evitam a erosão dos solos, aumentam os solos compostos com carbono, diminuem as externalidades ambientais, e, finalmente, aumentam a produtividade. Tais técnicas não se restringem ao uso de cobertura vegetal, eliminação do fogo, restauração de vastas áreas de pastagem degradadas e a adoção de sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta.

A intensificação da agricultura e sua conversão em fornecedora de mercadorias agrícolas em larga-escala pode aumentar a pressão pela expansão das áreas agricultáveis e expulsar proprietários menos capitalizados da terra. Há o exemplo da governança forte e das políticas orientadas ao setor, que se tornaram a condição *sine qua non* para preveni-la.

Nesse contexto, é importante que o Código Florestal seja rigorosamente observado, particularmente no que tange à conservação de mata nativa ao lado das propriedades rurais e outras políticas, como a Agricultura de Baixo Carbono. Segundo Lapolla *et al.* (2015), o uso da terra no Brasil deve atender a alguns critérios como:

(1) deve-se implantar amplamente nos estabelecimentos rurais do Brasil as práticas de gestão da terra orientadas à sustentabilidade;

(2) as políticas que estimulem este objetivo devem ser incentivadas e efetivadas;

(3) o Código Florestal brasileiro e mecanismos complementares devem ser fortemente levados a efeito, como uma forma de garantir paisagens ecologicamente equilibradas, que possam combinar produção agrícola e assentamentos com conservação de recursos naturais;

(4) devem-se resolver os antigos problemas de posse da terra a fim de que se tenha segurança jurídica em termos de direitos de propriedade.

Apesar das complexidades institucionais e políticas é fundamental que as instituições políticas e as organizações da sociedade compreendam as necessidades apontadas nas sugestões acima. O uso da terra no Brasil significa uma forte e inextrincável combinação de avanços tecnológicos, gerenciais e governança, como uma forma de assegurar a minimização dos indesejáveis efeitos colaterais, já tratados anteriormente em seu texto. (2015:33).

O texto de Jaiswal *et al.* (2017) pode ser caracterizado com base na LSS, no setor “monitoramento do uso da terra”, que é a primeira forma de alcançar os objetivos apresentada no texto de Boillat *et al.* (2017).

O Sistema de Uso da terra tratado no artigo de Jaiswal *et al.* (2017) é o sistema de etanol de cana de açúcar brasileiro. O monitoramento da mudança do uso da terra se dá através de áreas adicionais disponíveis para a cana-de-açúcar até 2045 no Brasil.

As projeções levam em conta áreas adicionais para alimentação animal (pasto) e alimentos, especialmente produção de grãos e cereais, além de três cenários de políticas públicas (ambientais); também tem a peculiaridade de assumir em suas simulações o deslocamento de áreas de passagens dentro das áreas delimitadas pelo Zoneamento Agroecológico da Cana-de-açúcar. (2017:02).

Admite-se, porém, que haverá compensação com a intensificação de pasto fora da demarcação do Zoneamento. O modelo também não considera a necessidade futura de mais terra para produção de alimentos dentro das áreas demarcadas pelo Zoneamento. Esta expansão é esperada em virtude da maior demanda doméstica e global. (2017:02).

Para compreender a dinâmica contida nessas projeções, construíram-se três cenários de política ambiental, como mencionado anteriormente, que consistem em: (1) a expansão da cana de açúcar fica restrita às áreas de pasto conforme o Zoneamento Agroecológico da Cana de Açúcar para o Brasil; (2) considera além do ZAE, todas as áreas particulares para realizar a projeção e também leva em conta a área adicional necessária para o plantio de alimentos e para o matéria-prima animal. Neste cenário, consideramos que haverá redução da área de pastagem, visto que a intensificação reduzirá também a sua “pegada”. Por fim, o cenário adota como premissa que a área que não for necessária para outras culturas será liberada para a expansão da cana de açúcar.

Finalmente, o cenário (3) tem as mesmas características que o anterior, contudo, tem o diferencial de contemplar uma área de vegetação natural e seminatural que poderá ser legalmente convertida em plantação. (2017:02).

Todos os três cenários incluem áreas ambientalmente sensíveis, tais como a Amazônia e o Pantanal. Como resultado final, depois de considerar as áreas já ocupadas por cana-de-açúcar, a área adicional disponível para novos canaviais, especialmente, visando ao etanol, os valores alcançados são: 41.9, 37.5 e 116 x 10<sup>6</sup> ha. (2017:02).

Dependendo do local, as mudanças climáticas podem ter um efeito tanto positivo como negativo na produção. Por meio do programa de modelagem computacional, BioCro, que possui muitos pontos positivos, mas também algumas limitações como, por exemplo, a

resolução do *pixel* de cerca de 30 metros, distorção de escala, extrapolação obrigatória conforme a Regressão Linear para a escala nacional, especialmente os dados climáticos. (2017:02).

Pode ser que a linearidade tenha a ver com os pressupostos. A simulação do crescimento das áreas ocupadas com cana-de-açúcar no Brasil para mudanças climáticas futuras, conforme projetadas nos cinco maiores Modelos de Circulação Global para o intervalo 2040-2050 parece razoável. A premissa é que os gases-de-efeito-estufa continuarão aumentando em escala global. (2017:02)

No que se refere às mudanças climáticas, o impacto da mudança climática na cana-de-açúcar foi avaliado por meio da subtração dos valores históricos e dos valores futuros projetados com o referido programa de Modelagem, o BioCro. (2017:02).

Todas as projeções sugerem um gradiente no sentido norte-sul, com perdas significantes de produção ao Norte. Ao sul as perdas são menores e a produção aumentará ligeiramente em áreas meridionais e situadas perto do litoral. (2017:02).

As perdas projetadas são atribuídas principalmente à diminuição das chuvas, o que poderá ser parcialmente compensado pela elevada concentração de dióxido de carbono, e temperaturas mais altas no sul. Embora exista potencial para irrigar, aproximadamente, 29 milhões de hectares de terra no Brasil (Loiola e Sousa, 2001 *apud* Jaiswal *et al.* (2017)), a análise parte da premissa de que toda a produção futura de cana-de-açúcar será desenvolvida com forçante pluvial, assumindo que haverá prioridades mais altas para o uso da água no futuro. (2017:02).

O modelo projeta que a área média ponderada de canaviais irá variar de - 5% a + 26% (cenário 1); - 3% a 19% (cenário 2) e, no caso das estimativas de área no cenário 3, entre - 12% a 6%. (2017:02).

Estas projeções resultam em uma biomassa total após a moagem para todo o país, nos cenários 1, 2 e 3, respectivamente, de 1,25 a 1,68; 1,01 a 1,25; e de 2,79 a 3,36pgr. Isso explica que a amplitude no âmbito de um cenário reflete a diferença nas projeções das condições do tempo no futuro, de acordo com os cinco modelos de circulação global. (2017:02).

O volume de etanol e a correspondente compensação em CO<sub>2</sub> que poderão resultar, foram calculados após considerarem a projetada contribuição do Brasil para a demanda global de açúcar. A base de tais cálculos foram os coeficientes de eficiência técnica da tecnologia de etanol tanto de primeira como de segunda geração. (2017:02).



Assim, a abrangência de volume de etanol e de compensações do dióxido de carbono são 3,63 a 12,77 milhões de barris diários de petróleo-cru equivalente, e de 0,55 a 2,00 Gigatons de CO<sub>2</sub>, respectivamente, considerando a produção do etanol de segunda geração, cujas estimativas de produção foram rodadas com base nos Modelos Hard-GEM2 – ES e NorESM1-M). (2017:02).

A contribuição do etanol de segunda geração a partir da celulose e hemicelulose varia de 48% a 52% do total da produção. E isso é ligeiramente maior que estimativas anteriores, porque se partiu da premissa de que, em adição ao bagaço, 50% das pontas e folhas deixadas ao solo, seriam colhidos e usados como futuras matérias-primas. As projeções mais e menos favoráveis dos cinco modelos de circulação global considerados aqui são, respectivamente, o HadGEM2-ES e o NorESM1-M. (2017:02).

Na projeção do primeiro modelo, com as projeções climáticas e de mudança do uso da terra no Cenário 3, o Brasil poderia suprir etanol suficiente para deslocar 13,7% do consumo global de óleo cru e compensar 5,6% das emissões globais de CO<sub>2</sub>, ambos referidos ao ano 2014. (2017:02).

No caso das projeções do segundo modelo, as mudanças de uso da terra sob os cenários 1 e 2 resultaram, respectivamente, em 48% e 35% da produção de etanol estimada no Cenário 3. Dessa forma, mesmo a mudança de uso da terra mais conservadora no Brasil ainda seria suficiente para deslocar entre 4% e 6% do consumo de petróleo cru. (2017:02).

No período de tempo considerado, a mudança climática, mesmo se assumindo como premissa que o crescimento econômico será contínuo assim como as emissões (RCP 8,5), não teria um impacto severo, ainda que a produção precisasse se deslocar dentro do país. Claramente, com mais emissões na segunda metade do século, o potencial de produção de cana projetado para o norte do país se expandiria em direção mais ao sul. Todavia, se o Acordo de Paris for cumprido, maior crescimento contínuo na produção e deslocamento de combustíveis fósseis seriam possíveis.

A análise considerou apenas o gás de efeito-estufa CO<sub>2</sub>, que contribui para cerca de 80% do total das emissões daqueles gases. (2017:02). Contribuições relativamente menores, em torno de 20%, de outros gases como Metano e Óxido Nitroso nas operações relacionadas à cana de açúcar poderão diminuir com a eficácia da legislação que proíbe a queima pré-colheita, e crescente e contínua eficiência na produção tanto de primeira como de segunda geração de etanol. Não é provável que a emissão de gás metano aumente, porque o solo de terras altas serve como sumidouro. (2017:03).

Não obstante, para a eficiência de uso típica de Nitrogênio na produção brasileira de cana-de-açúcar, que é de, aproximadamente, 60%, as emissões de óxido nitroso poderiam cancelar em até 30% da compensação projetada de CO<sub>2</sub>. Entretanto, se continuarem os melhoramentos agrônômicos e o potencial de produção alcançados nos últimos 40 anos, podemos esperar um aumento da eficiência do uso de Nitrogênio e uma diminuição das emissões de N<sub>2</sub>O. (2017:03).

No estudo de Jaiswal *et al.* (2017), a futura expansão de terra para a cana-de-açúcar considerou a crescente demanda por alimentos baseados nos dados da série histórica do Brasil, sem levar em conta mudanças imprevistas na plantação de alimentos, ou mudanças bruscas no comércio de produtos agrícolas em escala global. Dessa forma, todas poderiam afetar o uso futuro da terra. Ademais, a infraestrutura rodoviária terá um impacto na localização de novas usinas / destilarias, que os autores esperam que se situem perto das estradas que já existem. Em longo prazo, os benefícios econômicos associados com a expansão da cana-de-açúcar poderão acelerar o desenvolvimento da infraestrutura rodoviária no Brasil. (2017:03).

Bergstold *et al.* (2017) trabalha a mudança indireta do uso da terra para a produção de etanol de cana-de-açúcar no Cerrado brasileiro. Embora recepcione os conceitos e os aportes evolutivos da LSS, há algumas peculiaridades que devem ser exploradas.

A mudança indireta do uso da terra se refere aos deslocamentos de produção em dado local, mas com efeitos de deslocamento também em outras áreas, mesmo distante daquela originalmente afetada.

Bergstold *et al.* (2017) citam quatro diferentes tipos de mudança indireta do uso da terra, a saber: (a) espacial, (b) temporal, (c) mudança de uso e (d) mudança de atividade deslocada e uso. Em seu estudo, os dois principais tipos de mudança indireta do uso da terra são: espacial e temporal. (2017:444).

A mudança espacial ocorre quando a produção de cana-de-açúcar, como um novo uso da terra desloca o uso anterior da mesma para outra localidade. E a mudança temporal se verifica quando a terra foi limpa para um uso anterior, que, posteriormente, foi utilizado para a produção de cana-de-açúcar. (Idem).

O propósito dos autores é examinar os fatores socioeconômicos envolvidos na parte agrícola da produção de etanol e fatores relacionados à políticas públicas que influenciam a mudança indireta do uso da terra, que decorre da expansão da produção da cana-de-açúcar para a produção de etanol no Cerrado brasileiro. Muitos estudos focalizam ILUC em escala global ou regional para a produção de biocombustíveis, o que resulta em uma ILUC muito

afastada de onde a atividade agrícola foi originalmente deslocada. Também pode ocorrer na área contígua onde as atividades agrícolas estão sendo deslocadas, como o caso da expansão da cana-de-açúcar nos estados de Goiás e Mato Grosso. (2017:452)

Portanto, os formuladores de políticas públicas que examinam a mudança indireta do uso da terra, ILUC, como resultado do aumento da demanda por etanol e produção de matérias-primas para os biocombustíveis, devem reconhecer que pode resultar também em maior intensificação da produção no local, embora também devam continuar focalizando seus efeitos negativos, como desmatamento florestal, distante do local de origem do deslocamento das atividades agrícolas. (2017:453)

Os impactos ambientais adversos podem incluir também ameaças a *habitats* de vida selvagem e à biodiversidade no bioma Cerrado. (Idem).

Além disso, ILUC também pode resultar em maior expansão agrícola, com potencial para produzir impactos sobre o fornecimento de Serviços Ecossistêmicos e elevando o risco da biodiversidade. (Idem).

A intensificação das práticas agrícolas também pode dificultar a necessária manutenção de terras que não entrarão no processo produtivo. Também pode reduzir qualquer benefício advindo da mitigação das emissões de gases-de-efeito-estufa e sequestro de carbono, que são algumas das vantagens apresentadas para se estimular a produção de biocombustíveis. (Idem).

Dessa forma, no presente capítulo traçamos um panorama da literatura em que esta tese se apoia. No capítulo 3, buscaremos fazer uma análise dos aspectos envolvidos na política de ordenamento do território, que consiste no Zoneamento Agroecológico da cana-de-açúcar para Goiás, que deixou aquela área exposta a diversos impactos ambientais.

## Capítulo 3 – Avaliação de Políticas Públicas: Zoneamento

### Agroecológico da Cana.

O presente capítulo se refere à Avaliação de Políticas Públicas, em especial, da Política de ordenamento territorial chamada Zoneamento Agroecológico da Cana-de-Açúcar para o estado de Goiás, que trataremos no contexto da governança do uso da terra. Do capítulo 2, marco teórico, o presente recepciona a discussão sobre governança, em cujo âmbito o zoneamento se inclui. Sikor *et al.* (2013) sugerem que a governança global pode ser melhor definida como “sistemas de regra em todos os níveis da atividade humana – da família à organização internacional – na qual a persecução de objetivos através do exercício de controle tem repercussões transnacionais”. (2013:522).

Em seu artigo, estudam três proposições, sendo que a primeira delas é que as mudanças na governança global facilitaram e responderam às radicais revalorizações da terra. A revalorização como o processo de atribuir valor diferente do que já existe. Esses valores devem ser monetários ou então políticos e culturais. No caso, pode ser a criação de novas *commodities* ou mudando os termos de comércio. (2013:523).

A seguir, os autores enumeram essas formas de revalorizações. Sikor *et al.* (2013), apontam que entre 2000-2010 mudanças na produção agrícola global é um dos processos mais visíveis de revalorização da terra. Em sequência, indagam como se viabilizou a aquisição de terras. Em síntese, o surgimento da OMC, os Acordos internacionais, o comércio global de terras, entre outros, é uma explicação. (Idem).

Entendem que a aquisição de terras se viabilizou pelo desenvolvimento de um comércio agrícola sob os auspícios da Organização Mundial do Comércio (OMC), políticas nacionais sobre alimentos, agricultura e comércio entre governos, e a emersão de mercados de terras comerciais, em nível global e outros mecanismos que garantissem ou impedissem o acesso dos investidores a terras agrícolas. (Idem).

De forma semelhante, a demanda por fontes alternativas de energia direcionou as aquisições de terra para a produção de biocombustíveis. Ademais, a agricultura é, atualmente, concebida como indispensável na provisão de um conjunto de serviços culturais, ambientais e sociais da terra. (Idem). E é o objetivo de ampliação da oferta de

biocombustíveis, no caso, o etanol de cana-de-açúcar que motivou, primordialmente, a adição de áreas para implantação de novos canaviais em Goiás na porção sul do território.

Podemos discutir, ainda, certa modalidade de governança do território, que se apoia em impostos e taxas, e usa também o tipo de pagamento por serviços ambientais. Se este for o caso, essa governança funcionou para concentrar a monocultura, pois, foram ofertados Incentivos Fiscais para atrair usinas para aquele estado, conseqüentemente, induzindo ao aumento de área plantada de cana-de-açúcar.

Muito embora, para Sikor *et al.* (2013) as formas clássicas de governança baseadas em território continuem a ter um papel significativo na governança do uso da terra, uma vez que governos continuam *inter alia* a estabelecer áreas protegidas para a conservação da biodiversidade, iniciar uma reforma agrária e a realizar zoneamentos, novas formas de governança do uso da terra emergiram centradas em fluxos particulares de recursos e bens (...) alguns almejando a ultrapassar as restrições de uma governança baseada em território, e outros buscando estabelecer novas formas de supervisão. (2013:524).

A partir daí, podemos iniciar uma avaliação da Política Pública do Zoneamento Agroecológico da cana-de-açúcar no estado de Goiás, em que se buscará compreender possibilidades de explicação da persistência da expansão da cana-de-açúcar sobre áreas vedadas pelo Decreto que regulamentou o referido Zoneamento, e possíveis hipóteses se relacionam com uma parte da Teoria Institucional, que é Dependência Histórica, ou *path dependence*.

O problema central da pesquisa é a persistência da ocupação da cana de açúcar em terras de alta aptidão agrícola, com elevado potencial de uso. O objetivo-geral é analisar as trajetórias institucionais que determinam a persistência da expansão da cana-de-açúcar sobre áreas vedadas por Decreto, a partir da Avaliação sobre a política pública ambiental do Zoneamento Agroecológico da Cana-de-açúcar em Goiás no período 2009-2016. Os objetivos específicos são: (a) realizar uma revisão de literatura abrangente sobre a expansão da cana de açúcar, políticas públicas correlatas e os processos ambientais anexos à expansão, de modo a compreender o atual estado das tensões e incertezas sobre cana de açúcar e meio-ambiente em Goiás; (b) ressignificar a eficácia do Zoneamento vis-à-vis às trajetórias institucionais que levaram ao problema estudado; (c) discutir a possibilidade de *path dependence* como explicação para o problema. O marco teórico selecionado é a Avaliação em Profundidade, que se encontra tratada em Lejano, porém é subsidiada por outros textos (Megginson et al, (1998), Greene, (2001); Lejano, (2006)). Nesse sentido, o método peculiar é comparar o texto da política, isto é, a declaração formal dos objetivos, escopo e período de

execução da política pública sob exame, e o contexto da política, também. Este último se refere a um conjunto de circunstâncias que interferem na execução do programa de ações e realização de projetos de que a tal política consiste. Para o presente trabalho, o contexto a ser observado será aquele envolvendo tantas outras políticas públicas de meio ambiente, sejam anteriores e até coetâneas, que concorreram de alguma maneira para os resultados apreciados no momento da realização desta avaliação. A metodologia consiste em uma pesquisa qualitativa, que, resumidamente, desdobra-se em uma Revisão de Literatura e observação das trajetórias institucionais. Trata-se de uma pesquisa exploratória, com dados primários (geo-espaciais) e secundários (estatísticas), com as respectivas análises e discussão. Na revisão da literatura, estarão presentes outros elementos da pesquisa qualitativa, tais como: estudos de caso, pesquisa-ação e teoria de base (*ground-based theory*). A revisão da literatura propiciou a extração de um pressuposto, que auxilia na explicação final do problema estudado: *Path Dependence*. Isto porque se percebe que existe uma dependência em relação às vias que foram utilizadas para estimular a expansão canavieira, tanto por parte dos modelos de negócio como das políticas públicas. Então, foram usadas duas abordagens para se fazer a discussão. A primeira abordagem útil é a historicidade (narrativa a partir do presente de fatos já ocorridos) e a outra é o conceito de Afinidades Eletivas. Como resultados da discussão, a eficácia do ZAE precisa ser relativizada porque dependeria da ação das demais políticas, e que se trata de um caso típico de dependência do caminho historicamente percorrido pelas políticas e pelos empreendimentos, além de que o texto da política (artigo 3º do Decreto) restringe o erário público e não prevê nenhuma sanção para fontes privadas de financiamento dos projetos de investimento e dos empreendimentos em desacordo com a normativa.

O capítulo é dividido em seis partes. A primeira é esta introdução, que encerra também o problema de pesquisa, os objetivos geral e específicos, a justificativa e o marco teórico. A Parte 2 examina o ZAE Cana de açúcar de Goiás. A Parte 3 é a metodologia. A Parte 4 se refere à Avaliação da Eficácia do ZAE. A seguir, a quinta parte, encaminha a fase da Discussão do que foi observado e cotejado. A Parte 6 são as Considerações Finais.

O problema central da pesquisa que orientou a avaliação é a persistência da ocupação da cana de açúcar de terras de alta aptidão agrícola, com elevado potencial de uso. Assim, a questão posta é o que explica a persistência da expansão da cana de açúcar sobre áreas de alta e média aptidão agrícola.

Analisaremos as trajetórias institucionais a partir da Avaliação sobre a política pública ambiental do Zoneamento Agroecológico da Cana-de-açúcar em Goiás no período 2009-

2016, que determinam a persistência da expansão da cana-de-açúcar sobre áreas vedadas por Decreto.

Marta Arretche (2003) afirma que no Brasil, o Campo da Avaliação está consolidado, e isso é confirmado no estudo de Crumpton *et al* (2016). Os autores realizaram uma pesquisa bibliométrica, de acordo com a qual, entre 2005 e 2014 o número de artigos publicados sobre avaliação no Brasil somou 100, praticamente metade dos publicados nos EUA, que somam 220 (2016:990). No mesmo estudo, Crumpton et al. (2016) apontam que apenas 3% (3 artigos) das avaliações de políticas foram pra ambiental e 11 artigos nos EUA (5%) (idem:991), dando margem para se ampliar o Campo.

Ademais, a literatura tem tratado o fenômeno da expansão da cana de açúcar, especialmente no estado de Goiás, sem levar em conta as abordagens que se encontram presentes no Campo das Políticas Públicas, sobretudo no que se refere a Avaliação em Profundidade, que analisa a inter-relação do texto (objetivos da política) e dos contextos (circunstâncias formais) em que a mesma é praticada.

Rodrigues (2008) realizou a primeira tentativa de sistematizar as dimensões para se avaliar em profundidade uma Política Pública, em quatro eixos: (a) Análise de conteúdo do programa com atenção a três aspectos (formulação, bases conceituais, coerência interna); (b) Análise de contexto da formulação da política; (c) Trajetória institucional de um programa; e(d) Espectro temporal e territorial.

A autora reconhece que há muita dificuldade em se atingir todos os eixos e dimensões analíticas e também a disponibilidade ainda maior de tempo, sobretudo em relação aos prazos desejados pelas instâncias que demandam ou se interessam pela Avaliação. Assim, Rodrigues (2011) entende que a legitimação dessa proposta metodológica acontecerá na medida em que outros pesquisadores realizarem suas investigações e análises através dessa forma de avaliação.

Finalmente, Rodrigues (2008) salienta que o sentido atribuído à expressão "Avaliação em Profundidade" é "o de abarcar a um só tempo as dimensões dadas tanto no sentido longitudinal – extensão no comprimento – como latitudinal – extensão na largura, amplitude."

Estes tipos de Avaliação são informados também por conhecimentos, que estão presentes nas Ciências Sociais, e na Antropologia; em particular, a etnografia. As abordagens para se interpretar a avaliação de políticas, por exemplo, empregam o método etnográfico como um instrumento privilegiado de análise (Greene, 2001; Lejano, 2006).

A Avaliação em Profundidade, como abordaremos mais adiante, está de acordo com o Paradigma Pós-construtivista, no sentido de evitar o foco da Avaliação sobre/exclusivamente a eficácia de uma Política Pública dada.

A caracterização inicial desse novo Paradigma é a **Análise de políticas: contexto, a experiência e a complexidade**. (Lejano, 2012). A Contextualização é definida como o “processo pelo qual os agentes políticos e as comunidades tomam as políticas que podem ter sido concebidas em qualquer lugar e as tornam como suas” (2012:25), que deveria levar a algum sentido de que a política se ajusta cada vez mais e melhor às necessidades particulares, às motivações e aos significados relevantes para um contexto (idem:25). “O problema começa quando a análise vem de outra direção, que força uma situação política complexa a se enquadrar em nossos esquemas analíticos que foram pré-construídos”. (Idem, idem).

Prossegue no aprofundamento de sua reflexão declarando que “(...) colocamos o problema político em termos de separação de texto e contexto, que (...) em sua forma mais imediata pode ser visto em um regime político formulado pelo Estado ou outro centro de conhecimento e autoridades e (...) transportado para longe (...) imposto à população.” (Idem, idem). E isso ocorre, especialmente, por causa da incorporação de determinados pressupostos epistemológicos em vários modelos de política (...) a política **real** não pode ser entendida como a geração de um sinal e a fidelidade por que é transmitido, pois a política pode estar constantemente mudando de significado e aplicação.” (Idem:26).

A política é um texto construído por autoridades, pessoas com poder e que tomam decisões. Esse **texto político** (...) pode literalmente ser um texto (estatuto novo), moldado em alguns *loci* de decisão e aplicado a diferentes situações, em que é implementado: o texto é criado longe do contexto de sua aplicação. A separação entre **texto** e **contexto** é problemática sob muitos aspectos, mas o que está faltando é um mecanismo pelo qual a consideração pode influenciar ou guiar a formulação do texto.

Chegamos assim ao aspecto experiencial do Paradigma Pós-construtivista. O motivo mais simples para a observação deste aspecto é a distância entre a análise e seu campo de aplicação, de que decorre uma análise política potencialmente abstrata. (2012:205). Nesse sentido, a experiência pode ser descrita como o “modelo de experiência da pessoa ou grupo, que está inserido na situação política. (Idem, idem). Portanto, é um modelo que respeita a contextualidade e presume que não há análise fora do contexto. Além disso, o modelo respeita também o conhecimento, os sentimentos e a autoridade moral



daqueles que estão inseridos na situação política, qual um peixe nadando no oceano. (Idem: 205-206).

Sabemos que os efeitos da política mudam, e que a política se desenvolve dentro e participa de um contexto. Sendo assim, a solução poderá contemplar a complexidade e a amplitude do contexto político que envolve comunidades, contingências e processos dinâmicos reais (2012:227). Devemos compreender também que a política deve ser eficiente e se manter em uma situação, ou seja: *encaixar-se* naquela situação observada. Denominamos isto de “Encaixe Institucional” ou **coerência**, isto é, como a política pode ser incorporada ao lugar (governança, estruturas sociais e comunidades).

Podemos resumir então as Perspectivas Teórico-metodológicas e modelar uma Avaliação em Profundidade (cf. Rodrigues, 2008, 2011), como se segue:

(I) O contexto de formulação, conjuntura política e socioeconômica articuladas entre as instâncias local, regional, nacional e internacional, modelos político, econômico e social, articulação entre políticas, marcos legais; (II) A trajetória institucional dos programas, com a análise do grau de coerência e dispersão do programa ao longo do seu trânsito pelas vias institucionais; (III) O espectro temporal e territorial, as propostas das políticas públicas confrontadas com as especificidades locais e distintas historicidades<sup>9</sup>.

Assim, demonstramos que o Paradigma Pós-positivista, de que o Pós-constructivismo é uma das tipologias – e em que a linguagem, a crítica, a ética e a coerência institucional estão bastante ativas e em que a Avaliação é muito mais complexa que a mera aferição quantitativa de resultados específicos - é um Modelo em evolução, contudo representa uma fase ampla, abrangente e multidimensional de um percurso paradigmático da Avaliação, que, também, é multifacetada e não é apenas sujeita a medições, aferições. Mais que isso, a avaliação considera aspectos tão diferentes entre si, como as trajetórias institucionais dos atores, da própria política observada, enfim do contexto. Por isso mesmo, a Avaliação é um Campo complexo e exige igualmente uma sistemática para lidar com tais complexidades, que são sua própria natureza e definição.

Ademais, nem todas as dimensões e categorias de análise são mensuráveis e algumas delas têm diferentes compreensões e dependem de quem as observa e avalia. Como as categorias de sustentabilidade, crescimento econômico, estratégias industriais e geração de empregos.

---

<sup>9</sup> Historicidade aqui é usada no sentido de uma narrativa da história, quando ainda se encontra no tempo presente.

A mais controversa e complexa dessas dimensões é a sustentabilidade, que ora pode ser medida<sup>10</sup>, ora pode ser avaliada segundo outras perspectivas. Sendo assim, é arriscado afirmarmos alguma Política como sendo sustentável apenas por seu texto. Em sentido estrito, o ZAE é sustentável, mas sob a ótica de outros atores como o agronegócio, a indústria, pode ser menos ou não ser. Por isso, o contexto econômico, social, comunitário, individual e laboral deve ser considerado.

Não podemos ignorar, contudo, a importância conceitual e o valor fundamental que os princípios dos 3 E's possuem nas atividades de avaliação, especialmente, em Administração Pública. Megginson et al,1998 apontam que:

"eficiência é a capacidade de 'fazer as coisas direito', é um conceito matemático: é a relação entre insumo e produto (input e output). Um administrador eficiente é o que consegue produtos mais elevados (resultados, produtividade, desempenho) em relação aos insumos (mão-de-obra, material, dinheiro, máquinas e tempo) necessários à sua consecução. Em outras palavras, um administrador é considerado eficiente quando minimiza o custo dos recursos usados para atingir determinado fim. Da mesma forma, se o administrador consegue maximizar os resultados com determinada quantidade de insumos, será considerado eficiente" (Megginson et al,1998, p. 11).

Por outro lado, "eficácia é a capacidade de 'fazer as coisas certas' ou de conseguir resultados. Isto inclui a escolha dos objetivos mais adequados e os melhores meios de alcançá-los. Ou seja, administradores eficazes selecionam as coisas 'certas' para fazer e os métodos 'certos' para alcançá-las" (1998:11). O princípio da efetividade é relativamente mais novo, e também mais complexo. Para Torres (2004), "a preocupação central é averiguar a real necessidade e oportunidade de determinadas ações estatais, deixando claro que setores são beneficiados e em detrimento de outros atores sociais".

### **3.1 O ZAE Cana de açúcar de Goiás.**

O Zoneamento Agroecológico da cana- de- açúcar foi instituído pelo DECRETO N° 6.961, de 17 de SETEMBRO de 2009 e saiu publicado no Diário Oficial da União, Seção 1, página 1 de 18-09-2009.

Dessa forma, o Zoneamento Agroecológico da cana- de- açúcar será referido no presente trabalho por Zoneamento Agroecológico ou ZAE.

---

<sup>10</sup> Nagendra *et al.* (2013), Reyers *et al.* (2013); conforme visto no Capítulo 2.

A finalidade do Zoneamento Agroecológico é essencialmente proteger áreas de nascentes, reservas ambientais, terras indígenas e terras férteis, que poderão ser utilizadas com menor custo por outras culturas, além de áreas urbanas e de mineração. Porém, podemos afirmar que seu propósito precípua é orientar a difusão dos canaviais de forma a melhorar seu rendimento. Isto porque foi realizado com base em características edafoclimáticas, topografia, e situação da cobertura vegetal.

Muito embora a Sustentabilidade seja um conceito realmente controverso e de difícil operacionalização, sendo muito mais um Tipo Ideal, é uma aproximação (*Proxy*) para a Avaliação em Profundidade.

A avaliação da política do ZAE nos leva a uma observação que reduz a definição de sustentabilidade a um sistema de interações, disciplinado por uma Geografia Física. O primeiro problema reside aqui. Não obstante o Zoneamento seja uma Política que vise a disciplinar o uso da terra, seu fim último é a proteção do meio-ambiente. Por essa razão, é que não se pode afastar do ZAE o problema de se assegurar que a preservação dos Serviços Ecossistêmicos no período 2009-2016.

Entretanto, há problemas de ordem prático-conceitual-teórica mais relevantes que o discurso acima esboçado. Sabemos que é difícil uma interação harmoniosa de uma Política Pública que resulte em algum equilíbrio entre o Bem-estar Humano, o Desenvolvimento de setores da Economia e ainda a preservação, conservação e manutenção dos ciclos bióticos e abióticos, numa extensa região territorial, e por prolongados períodos intergeracionais de tempo.

No caso particular do Estado de Goiás, mais de um autor (Miziara, 2009; Castro, 2010) já apontaram que a expansão das áreas plantadas com cana-de-açúcar induziu ao deslocamento de diversas outras culturas, levando a cultura canavieira a se estabelecer em terras de aptidão agrícola, cujo uso anteriormente era para leguminosas, grãos, e outros vegetais, além de terras usadas para pastagem e para manutenção da cobertura vegetal do bioma Cerrado e as porções de outros biomas como o Pantanal e Amazônia, principalmente, e franjas de Mata Atlântica, que lhe são vizinhos, além de terras com declividade superior a 12%, áreas com cobertura vegetal nativa; as áreas de proteção ambiental; as terras indígenas; remanescentes florestais; dunas; mangues; escarpas e afloramentos de rocha; reflorestamentos; as áreas urbanas e de mineração.

Isso vai causando efeitos indiretos e imediatos sobre o emprego, a renda, o número de domicílios rurais permanentes, entre outros indicadores. E isso desafia à conquista da Sustentabilidade.

### **3.2 Avaliação da ZAE:**

A indisponibilidade de certas características da Pesquisa Etnográfica, Pesquisa Qualitativa e Pesquisa-ação restringe a presente Avaliação à Revisão de Literatura, tratamento qualitativo de alguns dados, e observação da trajetória institucional.

A Revisão da Literatura comporá o estado-da-arte da narrativa sobre os processos ambientais envolvendo a expansão da cultura canavieira, especialmente, pela motivação econômica das Corporações e Grupos de Interesse. O tratamento dos dados poderá corroborar parcialmente a narrativa. E a trajetória institucional, seja da Política ou dos seus formuladores e implementadores explicará sua situação. A vantagem da revisão da literatura é permitir uma historicidade, que posicionará o leitor em uma perspectiva geral da história, criando as condições para que acompanhe futuros nexos e desdobramentos a partir daquele estado.

Quando fizermos uma Avaliação em Profundidade, de acordo com o Paradigma Pós-construtivista de Avaliação sobre a Política do ZAE, vai além da eficácia. É preciso ampliar o seu escopo de instrumento de Comando e Controle da Política Ambiental e procurar seu significado no contexto da Sustentabilidade, isto é: fazer a Fusão do Texto da Política do ZAE com o Contexto da Sustentabilidade.

Este contexto terá que ser decomposto e delimitado em aspectos relevantes, inclusive os conflitos. Estes aspectos compreendem atores, significados, objetivos das políticas, dinâmicas legal, econômica, institucional e corporativa, entre outros, conforme cada caso. A metodologia afinal permitirá um resultado extraído do cotejo de duas formas de Avaliação: positiva (Eficácia) e Pós-positivista (em profundidade).

### **3.3 Processos Ambientais e Conflitos na Expansão Canavieira em Goiás.**

A Avaliação do ZAE quanto à Sustentabilidade, ou seja, como interage com a Sustentabilidade, ou, ainda, sua contribuição à Sustentabilidade, conduziu a que o ZAE delimitou como áreas para conter a expansão da cana de açúcar, uma vez que seu avanço indiscriminado, com manejo inadequado, pode levar a problemas de empobrecimento do solo, infiltração tóxica para águas subterrâneas, contaminação de cursos d'água, entre outros. Ocorre, entretanto, que o avanço da cana de açúcar, historicamente, se deu sobre áreas agricultáveis e, em determinados municípios, as áreas de expansão da cana de açúcar foram

previamente selecionadas por empresas e um dos critérios mais relevantes foram as condições de fertilidade do solo, além da moderada atividade, e proximidade viária, criando, na prática, um Zoneamento, digamos, quase exclusivo. Conforme o Projeto de Conservação e Utilização Sustentável da Diversidade Biológica Brasileira (PROBIO), em todo o Cerrado, os períodos 2007-2008 e 2008-2009, os maiores aumentos de área foram, respectivamente, 62,71% e 45,09% sobre áreas que em 2002 ostentavam agricultura, o que sugere que houve significativa substituição de culturas. No que se refere às áreas de pastagem classificadas como propícias à expansão da cana de açúcar, o aumento intertemporal foi de 21,61% e 7,12%; e o de pastagens em geral apresentam indicadores um pouco maiores: 30,28% e 46,74%. Isto nos mostra que a cana de açúcar avançou sobre áreas de pastagens inapropriadas para o seu cultivo, seja do ponto-de-vista ambiental onde há solos menos férteis, seja do ponto-de-vista legal, porque avançou sobre áreas de proteção permanente. Houve também pequenos incrementos, 38% e 5,59%, respectivamente, sobre áreas apeadas como remanescentes em 2002. Dados do Sistema de alerta de Desmatamento (SIAD) informam que nesse período uma franja daquelas áreas de remanescentes está praticamente nos mesmos pontos que o SIAD detectou, ou seja, o avanço da cana de açúcar provocou o desmatamento de áreas que o ZAE viria a vedar, embora já fosse proibido desde 1965.

Dessa forma, o Zoneamento, atualmente, muito embora seja possível observar a ocorrência da categoria "expansão" em áreas destinadas pelo Decreto, é insuficiente para conter problemas concorrentes pela falta de Instrumentos de Controle (impossibilidade prática de fiscalização) e a consequente sanção, quando for o caso.

Isso se explica por que os modelos de negócio que contemplam a Sustentabilidade Corporativa são implementados pelas empresas cujos investimentos são menos subsidiados, pois têm capacidade de financiar através de captações no mercado internacional, e, não raro, por meio de Bancos Corporativos ou Industriais. Então, ficam dispensadas do crédito oferecido pelo Governo. Também por considerarem uma visão mais ampla das interações biofísicas e os impactos ambientais sobre o meio biótico e o comprometimento das funções ecossistêmicas, pois não são modelos que contam com informações precisas e detalhadas sobre aquelas interações.

Convém ressaltar que o ZAE não é original e nem inovador: é um instrumento que reúne e organiza dispositivos legais presentes em diversas legislações, como o Código Florestal e procura orientar o desenvolvimento do território agricultável conforme aquelas diretrizes. É preocupante o fato de o ZAE ser incapaz de corrigir problemas passados e não

dispor de mecanismos de controle para evitar os efeitos imediatos de etapas anteriores do avanço da cana de açúcar, especialmente, porque são transfronteiriços e o fato de estarem distribuídos espacialmente em todo o bioma Cerrado pressiona o avanço no estado de Goiás.

Concluimos, portanto, que é necessária uma nova geração de instrumentos que desonere os instrumentos de comando e Controle e permita ao ZAE - que é um elemento indispensável de Política Ambiental, porque tem a missão de ordenar o desenvolvimento territorial sustentável - se articular a outros instrumentos e a outras Políticas Públicas de meio-ambiente de forma a alcançar graus menos limitados de Sustentabilidade.

### **3.4 Expansão das Fronteiras Agrícolas - um modelo teórico.**

Para compreendermos os processos ambientais, assim como certos conflitos associados à expansão da cultura canavieira, é preciso de premissas sólidas e delimitações claras. Por essa razão, a melhor literatura disponível e consultada nos mostra que o ponto-de-partida deve ser a compreensão do fenômeno: “Expansão das Fronteiras Agrícolas”, que começou em 1975, em Goiás. O Modelo Teórico “Expansão das Fronteiras Agrícolas” é muito citado por Carrijo, Miziara e Ferreira, 2008, Miziara, 2009, Abdalla e Ribeiro, Borges, 2011, Barbalho, Silva e Castro, Souza, 2013; Campos, Caliari e Silveira, 2014; Abdalla, Ribeiro e Ferreira, 2016 nos trabalhos que procuram compreender as dinâmicas agrícolas, ambientais, econômicas, corporativas e políticas de Goiás.

O ponto-de-partida é a percepção da ocupação de terras por atividades produtivas agrícolas, onde ainda não haviam chegado. Este deslocamento, algumas vezes, provoca desmatamento. Então, a expansão das fronteiras agrícolas tem sido associada à modernização tecnológica. Miziara (2009) – autor do modelo - entende que o mesmo deve ser olhado em uma perspectiva mais ampla e sugere que a questão tecnológica é apenas mais um dado da equação que explica a incorporação de novas áreas à atividade humana.

### **3.5 Goiás: Expansão, Cana de açúcar e os processos ambientais**

Partindo desse modelo teórico, o autor então explica que o processo expansionista em Goiás se iniciou com a vinda de agricultores de outras regiões do país, onde já haviam obtido experiência com o novo padrão tecnológico. Esses agricultores trabalham principalmente com o diferencial de preços das terras na região. Principalmente pelo fato de comprarem terras que não eram aproveitadas pela agricultura tradicional: os chapadões.

Contudo, o processo ambiental precisa de uma *proxy* para ser explicado e o uso do solo, inicialmente, deve ser considerado. Miziara (2009) detalha que se por um lado temos uma ocupação de núcleos antigos que vem desde o fim da mineração, por outro temos uma

incorporação de terras ao processo produtivo que continua ao longo de todo século XX, caracterizado pela ocupação no sentido Sul – Norte. Assim, as regiões do estado situadas mais próximas aos centros dinâmicos da economia nacional são primeiramente ocupadas, e as regiões ao norte do território goiano somente serão plenamente ocupadas nas décadas de 1970 e 1980. Observa, ainda, que a pecuária é o elemento central no uso da terra, enquanto as pastagens ocupavam cerca de 70% das áreas disponíveis, de modo lento as lavouras temporárias aumentavam a sua participação, que o autor atribui à consolidação da infraestrutura de transportes. (2009:10).

Por fim, as questões ambientais são atribuídas à competição pelo uso dos solos de melhor qualidade, devido ao avanço das lavouras de cana de açúcar sobre as lavouras temporárias. Entretanto, essa estabilidade sofrerá uma ruptura nos primeiros dez anos do século XXI, quando surge uma nova demanda por álcool devido ao desenvolvimento de motores que funcionam tanto com gasolina como etanol, a partir de 2003. (2009:14-16;19-20).

O que se segue a isso é descrito por Barbalho, Silva e Castro (2013), ao referir que as áreas de plantio de cana-de-açúcar ocorreram, preferencialmente, nas microrregiões Sudoeste de Goiás, Vale do Rio dos Bois e Meia Ponte, entre 2001 e 2006, sendo que esta última já em 2004 inicia um processo crescente de aumento da área plantada ultrapassando a microrregião de maior produção até então, a Sudoeste. A partir de 2006, outra microrregião ganha destaque: Quirinópolis. Em 2010, estava entre as três microrregiões com maior área de produção do estado (2013:100-101). Duas políticas públicas influenciaram nessa dinâmica espacial: (a) Proálcool e (b) Plano Nacional de Agroenergia. O primeiro teve um efeito residual, e o último, um pouco mais significativo, visto que recomendava que as áreas para a expansão da produção deviam estar localizadas em regiões menos desenvolvidas, entre as quais estão as terras do Cerrado, uma vez que a tecnologia industrial e de produção agrícola, viabilizando a transformação dos solos, que passaram a ostentar maior aptidão agrícola. (2013:99).

A microrregião de Quirinópolis está localizada no Sul Goiano, que desde 1997, e, especialmente, nos anos 2006 e 2007, concentra cerca de 70% dos projetos de investimentos em Usinas de Açúcar e Álcool no estado. Especialmente, no município de Quirinópolis, capital da microrregião, tem havido uma rápida transformação das áreas utilizadas pela agropecuária em canaviais, particularmente, a partir de 2004. Contudo, são desconhecidos os impactos sobre o meio físico e biótico, além dos sociais e econômicos da expansão. O que se conhece, entretanto, são a oferta logística e o alto potencial para o cultivo da cana de

açúcar naquela área. (Camelini, 2011). Nesse ponto, há uma peculiaridade que merece ser observada: o licenciamento ambiental é obrigatório exclusivamente para as usinas, mas não para as áreas agrícolas, de forma que há possibilidade de os impactos ambientais estarem sendo retro-alimentados nas áreas onde há cana de açúcar própria das usinas, e mais ainda em áreas arrendadas e de fornecedores. Devem ainda estar acontecendo impactos indiretos, como, por exemplo, induzir os agricultores e pecuaristas – que venderam ou arrendaram suas terras – a investir em novas áreas, na mesma microrregião ou não, mesmo aquelas que apresentem menor aptidão agropecuária, repetindo-se então todo o ciclo vicioso dos impactos (Borges, 2011). Contudo, essa expansão não é um movimento comandado diretamente pelo governo, como fora o Proálcool. Podemos dizer o mesmo da seleção das áreas para a expansão da cana de açúcar, que, embora apoiada por uma política pública (Plano Nacional de Energia, 2006-2011) é motivada por decisões principalmente da iniciativa privada (Borges, 2011). As usinas induzem a um novo modelo de uso e ocupação das terras agricultáveis nas áreas onde se instalam, que, além de reconfigurar as paisagens, introduzem transformações territoriais, que também estão vinculadas ao desenvolvimento de grandes complexos agroindustriais (2011:24). Isto permite inferir que teria ocorrido um zoneamento induzido pelas usinas e que os novos cenários vão sendo produzidos pela intervenção direta do capital no espaço, como, por exemplo, o PROALCOOL fez em São Paulo tempos atrás. (2011:25). Nesse contexto, tudo teria começado com a seleção de áreas preferenciais de expansão induzidas pela instalação das usinas, que poderia ser caracterizado como um “zoneamento induzido com a aquisição, arrendamento e contratos de fornecedores, localizados nas melhores terras, tendo como segura a oferta real e potencial da logística e subsídios estaduais” (2011:211).

Podemos observar um contraste, no entanto, com a Mesorregião Norte do Estado, que, aparentemente, apresenta certa prosperidade e isso se deve, sobretudo, à organização industrial e à dinâmica de criação de vantagens competitivas através de transações no pólo – ou *cluster* de empresas, atividade agrícola, fornecedores e prestadores de serviços. Conforme Castiblanco e Wander (2016), uma das características mais notáveis é a iniciativa da Usina Jalles Machado de manter uma política de investimentos em Ciência e Tecnologia, que contribuiu para a alta produtividade do *cluster*, e acabam protegendo em relação às deficiências como o volume de chuva e os solos empobrecidos da região e as ameaças como as variações nos preços da gasolina ou o alto ICMS do estado de Goiás.



### **3.6 Políticas Públicas, Capitalização e Competitividade.**

Conforme Zopelari (2011), Os programas governamentais promoveram a capitalização da agricultura, e lhe proporcionaram mais estabilidade e menos incertezas, como o PROAGRO – Programa de Seguro Rural – instituído em 1973, o PRODECER – Programa Cooperativo nipo-brasileiro - e o POLOCENTRO – Programa de Desenvolvimento das Áreas do Cerrado – este criado em 1975 e teve por fim o desenvolvimento e a modernização das atividades nas áreas com cobertura vegetal predominante de Cerrado, e induziu ao aumento da produção, da produtividade, afinal tornando a agricultura regional competitiva, porque fornecia crédito subsidiado e assistência técnica aos produtores, possibilitando o aproveitamento em escala empresarial (Shiki, 1998; Gobbi, 2004), muito embora os pequenos produtores tenham ficado à margem dos benefícios que foram gerados e auferidos. Nas década de 2000, os investidores em cana de açúcar passam a operar com outra lógica, já que o mercado de commodities paulatinamente vai deixando de ser a principal referência: o aumento de demanda pelo álcool para diversos usos, mas, principalmente o uso combustível, como ampliação da frota de carros movidos àquele combustível, e a novidade dos automotores *flex-fuel* ensejam novos arranjos.

O Orçamento do Programa PRODUZIR foi estabelecido em Goiás no ano 2000, como substituto do FOMENTAR (Lei n° 9.489, de 19/07/1984). Sua instituição se deu com a publicação da Lei n.º 13.591, de 18 de janeiro de 2000, que visa a incentivar a implantação, expansão ou revitalização de indústrias, assim estimulando a realização de investimentos, a renovação tecnológica e o aumento da competitividade do estado, enfocando a preocupação com a geração de emprego, renda e também a redução das desigualdades sociais e regionais.

O PRODUZIR e o subprograma Microproduzir são formas de financiamento das parcelas mensais de ICMS, imposto que é devido pelas empresas implantadas, o que visa a tornar o custo da produção mais barato e seus produtos mais competitivos no mercado.

### **3.7 Avaliação da Eficácia do ZAE.**

Nesta seção, faremos a observação direta das imagens (cena) que mostram o comportamento da categoria “expansão” definido pelo serviço de monitoramento da safra de cana de açúcar por satélite do INPE (CANASAT).

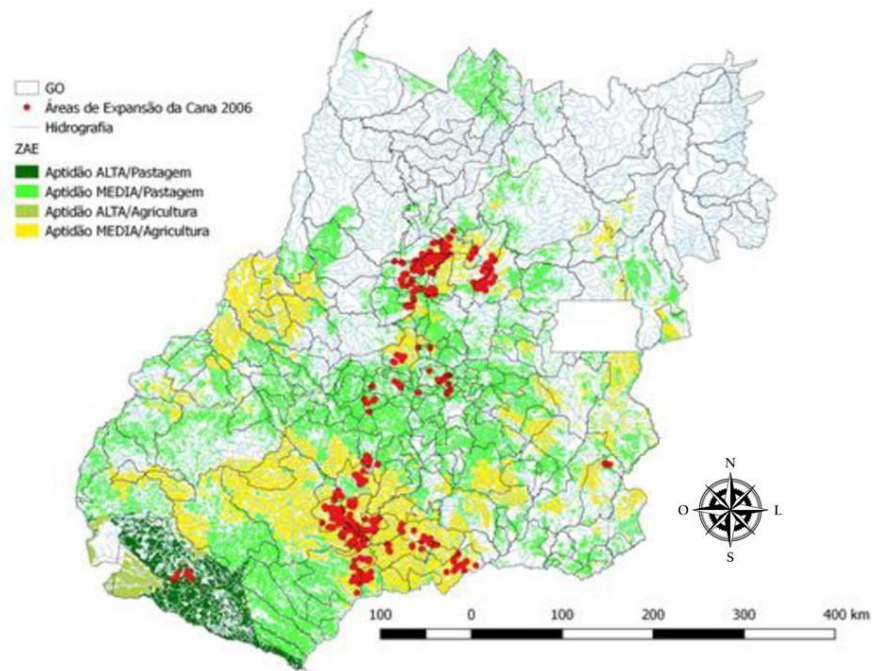
Rudorff et al. (2010) apresentaram a metodologia do Projeto CANASAT – Área, que, posteriormente, foi institucionalizada como produto do Serviço CanaSat do Instituto

Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Nele, as ocorrências são classificadas em quatro categorias: soca, em reforma, reformado e expansão.

Resumidamente, a categoria Soca significa que ocorrerá uma nova colheita (safra) no mesmo ponto da anterior, visto que o corte da cana de açúcar deixa no solo a porção mínima da planta para que haja a rebrota. Em reforma e Reformado se traduz em um manejo dos canaviais em um prazo de até 18 meses, que pode, ou não, incluir substituição das cana-plantas. Finalmente, a Expansão representa um acréscimo de área plantada com novos canaviais. O Decreto foi assinado em 2009, por isso, vale a pena observar a partir do ano de 2011.

A Figura 15 foi construída realizando-se a operação de intersecção das áreas classificadas pelo ZAE (2009) e a categoria “Expansão” da Cana-de-açúcar (2011) no estado de Goiás, a fim de verificar se os novos canaviais ocorreram sobre as áreas delimitadas conforme ZAE.

Figura 15 – Mapa mostrando a expansão da cana em Goiás no ano 2011.



Fonte: Embrapa (2009), CanaSat (2011).

Na Figura 15, observa-se que ocorre alguma expansão sobre as áreas não determinadas pelo ZAE, especialmente no Sudeste Goiano, e uma discreta expansão em áreas permitidas mais ao sudoeste goiano. É com essas condições presentes que o zoneamento sugere o cultivo da cana de açúcar, pois, por parecer uma área de pastagem degradada, os impactos ambientais peculiares à cultura canavieira e seu manejo terão menor potencial esperado.

Para ser eficaz, do ponto-de-vista do paradigma positivista, a expansão teria de estar ocorrendo dentro das áreas delimitadas pelo Decreto do ZAE. Sob este aspecto, podemos afirmar, que o Zoneamento não está sendo eficaz. Porém, pelo lado do Paradigma Pós-Contrutivista, deve haver a fusão do texto (objetivo) da política do ZAE com o contexto (sustentabilidade). Este contexto é provido pela ação das outras políticas, que influenciaram a expansão da cana de açúcar, visto que tais programas tinham foco nas energias renováveis e produção de alimentos. Incidentalmente, Lima (2003), examinando as inovações financeiras no agronegócio brasileiro, anota que as estratégias tecnológicas e financeiras das empresas oligopolistas são eminentemente globais ou mundiais. Nos anos 1990, houve a emergência de um número significativo de setores oligopolizados à escala mundial. Contudo, isso contrasta com uma trajetória institucional do financiamento aos investimentos, que representa uma fragilidade frente ao cenário global (2003:57). Para compreendermos esta trajetória desvantajosa, não ter uma base organizada de intermediação de poupanças domésticas representa um fator de atraso no desenvolvimento do sistema interno de crédito. A fragilidade da base financeira doméstica contínua está relacionada à insuficiência das escalas dos grupos empresariais brasileiros em face da globalização. (Idem: idem). Daí podemos constatar que não há um sistema doméstico de crédito e de financiamento de longo prazo, que não precisava, necessariamente, ser provida pelo Tesouro, como foi o caso da Caderneta de Poupança Rural (1987), os Fundos Constitucionais (1988), que eram compostos com 3% do Imposto de Renda e sobre Produtos Industrializados, o Fname Agrícola (PIS /PASEP e FAT), as CPR's "de gaveta" (contratos de comercialização de soja verde negociados no mercado de futuros) (2003:62), que poderiam ter assegurado, via políticas públicas setoriais, a competitividade do agronegócio brasileiro, sobretudo aquele que não pertencesse ao oligopólio mundial (via associação para privatizações e outros negócios, por exemplo); e isso é a sua maior fragilidade. Para conciliar competitividade e políticas financeiras utilizaremos o conceito de investimento estratégico, um marco teórico que ajuda a compreender que as políticas financeiras dessas empresas passam a ser fatores diretos da competitividade, quando são transformadas em estratégia de "funding" (2003:01). Dentro da realidade da área de estudo deste artigo, o estado de Goiás, Zopelari (2011) identificou cinco companhias globais que realizaram Investimentos Externos Diretos em 11 empresas, cooperativas e firmas locais e com participação internacional, que, no total, ano-base 2008, atualizados com IGP-DI para 2011, fruíam R\$ 10.068.666.354,26 de Crédito Fiscal e realizavam R\$ 2.834.577.919,92 de investimentos em Projetos (2011:156); a maior

parte destes investimentos eram financiados via captação no mercado internacional de capitais.

Assim sendo, mesmo que a avaliação não seja sobre a eficácia do ZAE, como um fim em si mesmo, mas *vis-à-vis* o contexto da Sustentabilidade provido pelas outras políticas, a conclusão de que não é eficaz precisa ser relativizada. Porque o Zoneamento é lançado em um contexto difuso, e em que, recentemente, os programas de financiamento governamentais não são tão decisivos para os empreendimentos, afinal o texto do Decreto (artigo 3º) faz alusão exclusivamente a concessão de crédito rural e agroindustrial, que se destina à produção e industrialização de cana-de-açúcar, açúcar e bicomustíveis. Portanto, apenas uma vertente do erário público.

### **3.8 Discussão.**

A fim de realizar uma discussão sobre o problema e tentar extrair alguma explicação, é importante construirmos um método de discussão. Inicialmente, precisamos de um método que parta de um problema posto no presente, que possa ser cotejado com as trajetórias institucionais, iniciadas no passado, que possa então oferecer alguma lógica explícita. Um termo que parece servir bem a este propósito é a historicidade. Outra forma de se fazer a discussão com o mesmo objetivo é buscar extrair algum elemento – histórico ou não – no âmbito das Políticas Públicas que possa ter atraído todas as trajetórias para o estado atual, que põe em xeque a eficácia do ZAE. O termo pesquisado que melhor se ajusta a esse norte é Afinidades Eletivas. Tanto no primeiro caso, como no segundo, notamos que existe alguma dependência dos modelos de negócios e das políticas também em relação às vias percorridas para estimular a expansão da cana de açúcar. Não existe um marco teórico *a priori* que indique como tratar em uma Avaliação em Profundidade o que foi observado. Portanto, este fato se transforma em um pressuposto da discussão, que, afinal, renderá a explicação almejada. A Literatura oferece o conceito de *Path Dependence* para descrever o fato acima referido.

### **3.9 Path dependence.**

Resumidamente, *path dependence*, significa que uma vez que se adote uma solução, ou um conjunto de procedimentos para uma solução, ou seja, um caminho, pode ser custoso sair daquela rota.

A expressão *path dependence* foi apresentada por David (1985) em um artigo sobre a disposição das letras e tipos em máquinas de escrever, que procura explicar como uma particular configuração do teclado se tornou fixo e o padrão. Tenta explicar também porque

mesmo tendo havido alternativas mais eficientes persistiu este resultado e quais circunstâncias levaram à persistência desse resultado. Para tal, ilustra vários casos de como mudanças incrementais na tecnologia, uma vez que iniciam aquela rota, podem levar a uma solução tecnológica que supere outras. E isso se dá mesmo quando esta rota tecnológica mostra ser menos eficiente que a rota que fora superada.

O argumento de que pequenos eventos históricos podem levar à seleção ou à escolhas tecnológicas sobre outras, foi, primeiramente, desenvolvido por W. Brian Arthur (1983). Seus argumentos valem para o Campo da Economia. Noutro trabalho, Arthur (1988), pensou em quatro mecanismos que mutuamente se retroalimentam, reforçando o sentido um do outro: (a) altos custos fixos (configuração); (b) efeitos de aprendizagem (diminui custos ou melhora o produto à medida que vai prevalecendo no mercado); (c) efeitos de coordenação (gera vantagens com a cooperação com outros agentes econômicos, que agem parecido); (d) adaptação das expectativas (que faz aumentar o prevalecimento no mercado e impulsiona a crença em que este prevalecimento se estenderá ainda mais) (1988:10). A partir desses mecanismos temos uma consequência, que se caracteriza por quatro propriedades: (1) múltiplo equilíbrio (um número de soluções possíveis e resultado indeterminado), (2) possíveis ineficiências (uma tecnologia melhor não prevalece porque não teve sorte de obter aderência), (3) *lock-in* (uma vez que uma solução prevaleceu, é difícil sair de sua rota), (4) *path dependence* (a consequência de pequenos eventos e circunstâncias casuais pode determinar soluções que, uma vez que prevaleçam, levam a um caminho particular). Para transpor ao campo da Nova Economia Institucional, North (2007), utiliza o exemplo da *Common Law*, que ajuda a compreender a mudança institucional, porque é um elemento crítico para se reduzir as incertezas entre partes contratantes, porque dá continuidade e previsibilidade essencial a todos os envolvidos. (2007:96). É uma definição muito complexa, estruturada e às vezes, de certa forma, abstrata.

Segundo North (2007), uma vez que um modelo de desenvolvimento e é posto em prática, as externalidades da rede, os processos de aprendizagem das organizações e modelagem subjetiva derivada historicamente das questões, reforçam o curso que o desenvolvimento estiver seguindo. No caso do crescimento econômico, um caminho eficiente para adaptação é o que permite um número máximo de escolhas sob incerteza, com vários métodos de julgamento para as atividades. Ao mesmo tempo, um eficiente mecanismo de *feedback* para identificar e eliminar as escolhas relativamente ineficientes. Os crescentes retornos que caracterizam um conjunto inicial de instituições, que acabam desencorajando as atividades produtivas, levarão à criação de organizações e grupos de interesse, que

buscarão formatar a Política conforme seus interesses, para reverter aquelas restrições. Disso resultará que a economia fará com que evoluam políticas que reforcem os incentivos existentes e as organizações. Como toda economia possui instituições que criam tanto oportunidades para atividades produtivas como improdutivas, então a história de qualquer economia irá refletir uma miríade de resultados, que não serão homogêneos.

Então, a *path dependence* significa que a história é importante. Dessa forma, não podemos compreender as escolhas atuais sem reconstruir a evolução incremental das instituições. A mudança tecnológica e a mudança institucional são as chaves para a evolução econômica e social, e ambas ostentam características de *path dependence*. (2007:103).

Ademais, podemos depreender que há custos elevados para se realizar uma inflexão total do modelo até aquele dado momento. Uma mudança total teria de ser precedida da construção de novas instituições, e isso dependeria de novas interações dentro e entre grupos de interesse e organizações, e, especialmente, uma nova composição dos custos de adaptação, possivelmente, de coleta de informações, tratamento de informações, contratos, monitoramento desses contratos e um novo tipo de relação do Estado com os atores privados. Dessa nova interação é que surgiriam novas políticas públicas criando incentivos para atividades produtivas, levando, em tese, ao crescimento econômico e desenvolvimento social, também.

Mediante esta construção, tentaremos enquadrar os fenômenos do problema examinado sob a condição de historicidade (narrativa tentando explicar os fatos passados a partir de um problema posto no presente, buscando sua trajetória). Se a explicação exigir um pouco mais de clareza, proporemos acoplar outro conceito e tentar tornar a *path dependence* mais operacional.

Preliminarmente, cabe lembrar que a historicidade foi realizada, de certa forma, com a revisão da literatura, que, em si mesma, por sua peculiar natureza, consegue cumprir este papel sem maiores esforços. Todavia, discutiremos que o concerto dos pressupostos do modelo teórico da “expansão das fronteiras” com os vários aspectos do modelo de “mudança institucional”, essencialmente trabalhado aqui, revelou que há uma trajetória institucional da Política Pública Zoneamento Agroecológico da Cana-de-açúcar, que foi instituída sob o modelo de um Decreto. Entretanto, diversas outras políticas foram instituídas por meio de lei (Código Florestal, Política Ambiental, Lei das águas, Proálcool, etc.) e que não obstante enfrentaram alguma dificuldade para serem eficazes em toda sua plenitude. Outra questão que merece nota é que os adjacentes instrumentos de comando e controle, os instrumentos econômicos, são custosos e, por isso, nem sempre tornar caro permanecer ilegal é efetivo. A

busca de retorno por auferir renda da terra, conforme as diversas variáveis, isoladamente, não explica a expansão da cana de açúcar fora das áreas determinadas no referido decreto.

As várias mudanças institucionais que ocorreram com a emergência de novos atores e novas opções de políticas públicas (especialmente, do ponto de vista do financiamento indireto), em vários e diversos momentos também não bastam para explicar o que observamos. De qualquer forma, deduzimos que sob os auspícios do Modelo de “Expansão de Fronteiras” houve um “zoneamento induzido com a aquisição, arrendamento e contratos de fornecedores, localizados nas melhores terras, tendo como segura a oferta real e potencial da logística e subsídios estaduais” e que as mudanças que se seguiram através da história descrita ao longo do presente trabalho, incluindo as estratégias das empresas, das usinas e dos proprietários de talhões canavieiros geraram uma plêiade de instituições com custos gravosos para a produção no caso de se ter recomeçar a história do avanço da cana de açúcar em Goiás no período recente. Dessa forma, depreendemos que é um caso de dependência do caminho historicamente percorrido, ou *path dependence*, e não podemos afirmar que a Política do ZAE não foi eficaz.

As trajetórias institucionais que levaram ao problema parecem consistentes e coerentes como historicidade. Todavia, este método de discussão não se mostra capaz de demonstrar as correspondências entre as políticas públicas e o problema essencial do trabalho. Isto nos leva a crer que a historicidade precisa de algum complemento ou algo que possa ser acoplado para que a narrativa seja mais claramente operacionalizada.

Por esse motivo, compreendemos que existe um conceito-mediador que melhora a concepção de *path dependence* e a torna mais operacional, no sentido de que se torna factível construir uma ideia concreta e tangível do caso analisado neste trabalho: Afinidades Eletivas.

Originalmente, ‘*afinidades eletivas*’ vem do alemão *Wahlverwandtschaft*, concebido por Hermannus Boerhaave em um trabalho sobre elementos químicos, em 1724. Neste trabalho, *Elementa Chimiae*, o autor literalmente explica que “*particulae solventes et salutae se affinitate sue naturae colligunt in corpora homogenea*”. a afinidade é a força em virtude da qual duas substâncias diversas “se procuram, unem-se e se encontram” em um tipo de casamento. No ano de 1775, o químico sueco Torbern Olof Bergman, em seu livro *De Attractionibus Electivis*, apresenta o termo *attractionis electivae*, cuja tradução alemã, em 1782, vai trazer, enfim, o termo *Wahlverwandtschaft*, isto é: afinidades eletivas.

Max Weber (2004) aplica ao termo um sentido sociológico, na obra clássica “A Ética Protestante e o Espírito do Capitalismo”, na qual se propõe a “analisar de perto (...) reconhecer “afinidades eletivas” entre certas formas de fé religiosa e certas formas de ética

profissional (...) serão precisados (...) o modo e a direção geral do efeito que, em virtude de tais afinidades eletivas, o movimento religioso exerceu sobre o desenvolvimento da cultura material.” Talvez, Webber tente mostrar a existência de elementos convergentes e análogos entre uma ética religiosa e um comportamento econômico.

Assim, depreendemos que *afinidades eletivas* não são uma relação de causa e efeito entre fenômenos da vida social (religião, economia, ética e moral, progresso material) quotidiana, mas assume uma conotação de confluência, atração e combinação. Mesmo sem poder ser sujeita ao rigor dos testes estatísticos, existe uma relação interna, que é rica e significativa entre duas configurações. E o resultado apreciado dessas configurações pode até ser aleatório ou casual, mas sem a presença dos elementos envolvidos, o fenômeno, o resultado não teria sido produzido.

A afinidade eletiva, para os fins do presente trabalho, é o compartilhamento ou o uso comum de uma determinada *Proxy* pelas variadas políticas públicas federais que interferiram nos processos de expansão da cana de açúcar em Goiás.

São essas afinidades que podem ter levado a um estado de dependência histórica, em decorrência do círculo vicioso que se formou com o repetir de cada uso inapropriado da terra, sem aplicação dos instrumentos de controle do Estado, em cada etapa de expansão da lavoura canavieira no estado de Goiás, especialmente em sua região Sul.

A tabela 4 representa uma tentativa de ‘mapear’ essas afinidades e tentar demonstrar como pode ter se instalado a *path dependence* no caso observado.



**Tabela 4 – Políticas Públicas Federais x Mudança do Uso da Terra, com ênfase na expansão da cana em Goiás.**

Temporalidade	Proxy Mudança do Uso e Cobertura da terra						Política Pública	Fontes
Ano do início da conversão	Tamanho da área (ha).	Uso anterior (Cultura Sucedida)	Tipo de solo	Declividade	Relevo	Preço da Terra (valores ano-base 2009)	Programas	
1985	275.545	Vegetação Nativa e Cerrado	Latossolo Vermelho	< 9%	Ondulado/ Suave Ondulado	R\$ 3.422,03/ha a R\$ 5.701,96/ha	Prodecer II	Macedo (2013) <sup>b</sup> FNP <sup>c</sup> IBGE
1975		Cerrado		< 9%			Polocentro	
1975	#####	Cerrado; através da década de 1980, também os grãos (esp. milho e soja).	Latossolo Vermelho Latossolo Vermelho-amarelo Gleissolos Cambissolos	< 9%	Ondulado/ Suave Ondulado/ Plano	R\$ 3.422,03/ha a R\$ 5.701,96/ha	Proálcool	Barbalho, Silva e Castro (2013)
XXXXXXX	XXXXXXXXXX	XXXXXXXXXX	XXXXXXXXXX	XXXXXX	XXXXXXXXXX	XXXXXXXXXX	XXXXXXXXXX	XXXXXXXXXX
2006	#####	Cerrado; remanescentes de vegetação nativa, Grãos (esp. milho e soja).	Latossolo Vermelho Latossolo Vermelho-amarelo Gleissolos Cambissolos	< 9%	Plano/ Suave Ondulado	R\$ 4.862,76/ha a R\$ 8.065,67/ha	PNA	Barbalho, Silva e Castro (2013)
							ProReno	Nova Cana

Fonte: Fonte: diversas fontes referidas na última coluna desta tabela, à direita.

Na tabela 4, os dados da expansão canavieira precisam estar relacionados diretamente à entrada em vigor da tal política pública, além de as variáveis selecionadas possuírem coerência, isto é, fazerem razoável sentido para a análise, e possuir consistência mútua, ou seja, que tanto os seus valores como o indicador que representam sejam representativos do quadro que se pretende apresentar, ainda que de modo bastante resumido. Isto foi razoavelmente possível até certo momento; contudo, de um ponto pra adiante, este empenho mostrou-se absolutamente impraticável, porque as formas de financiar os investimentos dos projetos se tornaram muito diversificadas (desembolsos federais, *funding* externo, reestruturação, renúncia fiscal de políticas estaduais, incentivos municipais), além de movimentos de fusão, aquisição, compras de cooperativas e usinas antigas, substituição de canaviais com variedades melhoradas tecnologicamente, arrendamentos e reformas de talhões canavieiros, compreendidos nas mesmas áreas, e, por vezes, na mesma época em que mais de uma política pública vigoravam.

Poderíamos também ter incluído algumas outras políticas públicas que produziram algum efeito sobre o aumento da área plantada da cana de açúcar, como, por exemplo, o ModerFrota e o PAISS, contudo, isso só aumentaria o problema de não se conseguir vincular os efeitos sobre a expansão da cana de açúcar com a vigência de tais políticas públicas, como apontado no parágrafo anterior. Para se buscar operacionalizar estas Afinidades Eletivas, precisamos que as políticas públicas examinadas tenham um elemento comum de atração.

O contexto da política do Proálcool, por exemplo, é produzir maiores volumes de álcool combustível, o mesmo se pode dizer do PNA. Entretanto, o contexto dessas políticas tomadas como exemplo, na verdade, é a expansão da cana-de-açúcar.

Para se produzir álcool, foi preciso aumentar a área plantada com cana-de-açúcar, visto que aquelas políticas não previam qualquer incentivo para se construir alcooldutos para, por exemplo, trazer o produto do oeste paulista para Goiás. Então, foi preciso gerar uma expansão das áreas com lavouras canavieiras para se obter o objetivo de tais políticas. Contudo, para se expandir a cana de açúcar, precisamos promover a mudança do uso e cobertura da terra<sup>11</sup>; por isso, esta variável deve ser o elemento afim, isto é, a *Proxy*, para a investigação da *path dependence*.

A mudança do uso e cobertura da terra pode ser descrita a partir das seguintes variáveis discretas: tamanho da área, uso anterior, tipo de solo, declividade, relevo, preço da terra.

---

<sup>11</sup> Considerando-se que antes da conversão, havia Cerrado, então, essa *Proxy*, infelizmente, é o desmatamento.

### 3.9.a Considerações Finais.

A Análise em Profundidade das Políticas Públicas Federais que influenciaram o avanço da cana de açúcar no estado de Goiás e colocando-as na perspectiva da política regulatória de ordenamento territorial: Zoneamento Agroecológico da Cana-de-açúcar em Goiás, uma vez que a aplicação do ZAE encontrou muitas dificuldades no período 2009-2016. foi realizada de acordo com o Paradigma Pós-construtivista - que propõe a fusão do **texto** da política do ZAE *vis-à-vis* o **contexto** das diversas políticas públicas de meio-ambiente, crescimento econômico e ocupação. A primeira conclusão que podemos depreender é que tal se deve à dependência do caminho historicamente percorrido, caminho esse que foi pavimentado por uma miríade de políticas públicas de meio-ambiente, de estímulo ao crescimento, de competitividade, de ocupação, associadas à sistemática extração de renda diferencial à seleção de rotas tecnológicas e às estratégias empresariais e reduziu severamente as opções de políticas públicas para enfrentar os problemas ambientais, particularmente, aqueles associados à cana de açúcar.

Devemos notar que o contexto das diversas políticas são anteriores a 1981 ou são contemporâneas. Considerando que a Política Nacional de Meio Ambiente (Lei 6938, de 31 de agosto de 1981) ainda não estava tão equipada para abranger tantos problemas, sobretudo em escala local, a referida dependência histórica está relacionada com *lato senso* a própria construção do Estado. Observamos que somente na década de 1990 é que podemos constatar uma institucionalização das questões ambientais no Brasil por meio da criação do Ministério do Meio Ambiente e uma Agenda iniciada com a Conferência das Nações Unidas para o Desenvolvimento Sustentável, no Rio de Janeiro, em 1992. Antes, as políticas eram focais, e não sistêmicas. Este fracionamento inibia a percepção de que outros impactos associados àquela expansão estavam sendo gerados.

A cana de açúcar não tem mais se expandido tanto ultimamente por motivos alheios à política pública: desaceleração da demanda e da oferta de carros *flex*, e, especialmente, à proximidade do fim do prazo final de concessão de incentivos fiscais do Orçamento do Programa PRODUZIR, responsável por cerca de 70% da atração dos investimentos entre 2007 e 2010 (cf. Zopelari, 2011).

Dessa forma, podemos citar os problemas de solo resultantes do manejo inapropriado da cultura, os efeitos indiretos do deslocamento de áreas de pastagem e a questão hídrica, que pode ser subdividida em duas: (a) necessidades de irrigação e (b) ciclo de *feedbacks* na oferta hídrica inicial das áreas sobre as quais terá se expandido.

Sendo assim, algumas soluções poderão ser tentadas, tais como: (a) uma política pública regulatória, que apoie e estimule a adoção de algumas rotas tecnológicas poupadoras de água (Etanol 1G x 2G); (b) um controvertido programa de incentivos fiscais para que novas culturas se projetem sobre áreas mais apropriadas; (c) estímulo ao consorciamento de culturas; (d) indução de *Clusters* à moda Goianésia, mas com incentivo fiscal; (e) programa de compras governamentais, que expanda a aquisição de coprodutos da cana de açúcar, que se estabeleça em novas áreas mais adequadas; (f) PSA – Pagamento por Serviços Ambientais para reflorestamento, que pode se combinar com (c).

Sua trajetória institucional não é cooperativa, sequer entre os entes federados. E entre estes e os grupos de interesse, ou empresas comerciais, industriais, financeiras, imobiliárias e associação de fornecedores. Então, ao invés de eficácia, é um problema de Encaixe Institucional.

Se mantivermos a expansão dentro das condições de contorno fixadas pelo ZAE, podemos construir uma transformação que gere uma *Policy Capacity*<sup>12</sup>, isto é, a habilidade de o Estado coordenar um programa integrado de Política Orientada à Missão Sustentabilidade.

No capítulo 3 demonstramos como o foco diversificado de outras políticas que tinham influência sobre a expansão da cana de açúcar, associado a grupos de interesse, decidiu a falta de encaixe institucional do Zoneamento, levando a que pouco poder tivesse. No capítulo 4 faremos referência a dois momentos da política de irrigação.

---

<sup>12</sup> Kanishka, Painter & Pierre (2005). Resumidamente: Capacidade de uma política articular outras para atingir um resultado comum.

## **Capítulo 4 - Meta-avaliação: Política Nacional de Agricultura**

### **Irrigada; Lei nº 6662/1979.**

No presente capítulo abordaremos a meta da avaliação da política de agricultura irrigada. Os aspectos a serem observados serão restringidos às trajetórias institucionais, à coerência ou encaixe institucional, aos elementos que possam ter relação com a eficácia e os diversos contextos durante sua evolução ao longo dos períodos, e sua função na governança (transferência de gestão, fornecimento de água e emancipação).

Sendo assim, a mais importante diferença – para os fins de avaliação – da Política de Agricultura Irrigada e a de Zoneamento é que esta última era determinada por um decreto, que é um instrumento legal relativamente simples. Já a que será apresentada neste capítulo é uma lei, que já foi muito emendada, regulamentada outras tantas vezes, além de possuir uma trajetória maior, porque é muito mais antiga (1979x2009).

Com isso, a própria política foi criando diferentes contextos, porque seus resultados possuem repercussão sobre todo o sistema de uso da terra, cujo processo objetiva influenciar. Por exemplo: se em dado momento, seu contexto é o enfrentamento das consequências estruturais da seca (estiagem prolongada e ausência de saneamento), o financiamento para aquisição de equipamentos influencia na concentração fundiária, sob um ou outro aspecto. Porém, se o contexto for buscar viabilizar a produção de alimentos (fruticultura), o processo que será influenciado será o da organização dos produtores e conformação de mercados, através de contratos, preços pagos e logística. Estes poucos exemplos bastam para demonstrarmos que os contextos da política também mudam, seja de acordo com as trajetórias institucionais, seja conforme a correlação de forças políticas do lugar.

Para realizarmos a meta-avaliação fizemos uma consulta às principais bases de pesquisa e dos resultados retornados, selecionamos um texto singular, que é o único que se dedicou a realizar uma Avaliação da Política Nacional de Irrigação.

Trata-se do Relatório A irrigação no Brasil: situação e diretrizes, inicialmente preparado como trabalho de Consultoria sob o Projeto de Cooperação Técnica BRA/00/007 – Implementação das Ações de Irrigação, sob os Novos Marcos Legal e Conceptual – desenvolvido pelo Ministério da Integração Nacional (MI) em parceria com o Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura (IICA). E foi desenvolvido pela DEL GIUDICE ASSESSORIA TÉCNICA LTDA. (DELGITEC), e entregue em fevereiro de 2007; posteriormente revisado por três consultores especializados abril de 2008. Finalmente,

o Ministério da Integração Nacional fez a revisão de alguns pontos e elaborou o Relatório Final. Este **Relatório Final** possui sete itens, que apresentaremos a seguir.

Esta meta de avaliação foi dividida em oito partes: esta Introdução, o Relatório Final, Pontos críticos e novas posturas entre 2008 e 2013, a Política atual, a Lei nº 12.787, de 11 de janeiro de 2013, Avaliação Tradicional, um novo contexto em 2018 e, Avaliação a partir do Contexto.

#### **4.1 Meta avaliação – Definição**

Segundo Worthen, Sanders e Fitzpatrick (2004), o objetivo da meta-avaliação é qualificar o que estiver sendo avaliado, empoderar os interessados e gerar informações para contínuo aprimoramento técnico. O *Joint Committee on Standards for Educational Evaluation*, que em 1994 publicou *The Program Evaluation Standards* propõe a meta-avaliação como forma de controle para avaliações. Esta proposta sugere uma preocupação envolvendo técnicas de aprimoramento inserido num campo do saber em construção desde a segunda metade do século XX.

Por outro lado, para Schwandt (1989), a meta-avaliação se define como um método para certificar a qualidade, tanto na percepção do rigor, quanto na execução da aplicação da avaliação e isso exige um conjunto de procedimentos, padrões e critérios para o seu julgamento, o que significa emitir uma nova avaliação sobre o estudo avaliativo.

A definição proposta por Scriven (1991) sugere que a realização de uma meta-avaliação, ou a avaliação da avaliação, é poder se verificar a qualidade da avaliação com base em critérios que foram organizados por um profissional, no caso um meta-avaliador, acerca do relatório final de uma avaliação.

Segundo Elliot (2011), há duas razões para a realização de meta-avaliação. A primeira: tornar possível verificar a aplicação de um código de comportamento adequado durante a realização do estudo, ou seja, as questões éticas relacionadas aos avaliadores, se existiram, e como foram tratadas durante a avaliação. A segunda razão diz respeito a identificar a meta-avaliação com uma forma de reflexão a respeito dos procedimentos usados na avaliação, favorecendo a geração de novos conhecimentos tanto para os meta-avaliadores, como para os avaliadores originais.

Neste estudo utilizamos a abordagem somativa de meta-avaliação (Elliot, 2011), visto que esta avaliação acontece depois da conclusão de todo o processo avaliativo. Nesse tipo de abordagem, o meta-avaliador trabalha com relatórios prontos e também pode utilizar um banco de dados coletados, documentação analisada, registros, depoimentos. Todo o

material que se encontrar disponível, que espelhe a avaliação realizada. Segundo Stufflebeam (2001), as meta-avaliações somativas ajudam os interessados a conhecer tanto os pontos fortes, o mérito e o valor, como ainda as fragilidades da avaliação.

#### **4.2 O Relatório Final de A irrigação no Brasil: situação e diretrizes**

O referido Relatório começa com um panorama histórico da irrigação no Brasil, depois, a evolução institucional, monitoramento, questões ambientais, projetos de irrigação pública, irrigação privada e a visão oferecida pela empresa que realizou a avaliação sobre como deveria ser a política de irrigação, e foi desenvolvido em sete partes: panorama histórico, evolução Institucional, monitoramento das políticas de irrigação, a irrigação e a questão ambiental, a implantação de projetos públicos de irrigação, a irrigação privada e a concepção da nova visão.

##### **I. Panorama histórico.**

Conforme Brasil (2008), o primeiro projeto de irrigação no Brasil começou de maneira indireta em 1881, no Rio Grande do Sul, com a construção do reservatório Cadro para permitir o suprimento de água a ser utilizada na lavoura irrigada de arroz, com início efetivo de operação em 1903, e logo após, em 1912, em Cachoeira do Sul também no Rio Grande do Sul, e para o cultivo do arroz. Ambos os projetos foram de iniciativa privada.

Quase meio século depois, em 1968, o Governo Federal instituiu o Grupo Executivo de Irrigação e Desenvolvimento Agrário (GEIDA), e, no ano 1970, lançou os contornos de uma política de irrigação para o Brasil, por meio do Programa Plurianual de Irrigação (PPI). (2008:09).

A maior parte dos investimentos do PPI foi destinada à região Nordeste, porque a irrigação era considerada um instrumento de promoção do crescimento econômico, tendo o DNOCS e a SUVALE (depois CODEVASF) como agências implementadoras. Em 1970 o Programa de Integração Nacional (PIN) contemplou o financiamento da primeira fase do Plano Nacional de Irrigação.

Em 1986 criou-se o Programa de Irrigação do Nordeste (PROINE), que promoveu mudanças institucionais nos estados, de forma que todos viessem a contar com infraestrutura, equipes técnicas e produtores rurais já familiarizados com práticas de irrigação. Em 1996, foi instituído, pelo Ministério da Agricultura, o Programa de Apoio ao Desenvolvimento da Fruticultura Irrigada no NE. Mais recentemente, o BN formulou o Programa dos Pólos de Desenvolvimento Integrado, muitos dos quais estabelecidos em perímetros irrigados. (2008:09).

Este pequeno histórico revela que um grande número de projetos públicos de irrigação foi iniciado, em vários estados do Semi-Árido Brasileiro, particularmente a partir da segunda metade dos anos 70, beneficiando a região Nordeste com avanços tecnológicos propiciados por modelos hidrológicos, e incluindo aquela região nos diversos estágios de desenvolvimento da gestão dos recursos hídricos. (2008:10).

Esta gestão foi realizada em três fases: (i) até 1940, quando a capacidade de provisão superava a demanda e as ações se concentravam no controle de inundações, na regularização dos cursos d'água, na produção de energia e na captação para abastecimento público; (ii) entre 1940 e 1970, sobretudo após 1950, quando o desenvolvimento acelerado das atividades industriais e agrícolas, aliada à expansão urbana e habitacional, implicou na manifestação dos primeiros conflitos entre oferta e demanda de água; (iii) a partir de 1970, quando a água passa a ser percebida como um recurso natural finito e, em muitos casos, escasso ou impróprio para o consumo. (2008:10). A seguir, o Relatório detalha como a política de irrigação se desempenhou no país.

O referido documento periodiza as ações em nível federal envolvendo os recursos hídricos, em geral, e a irrigação e drenagem, em particular, que já dura mais de 100 anos de ação pública federal. De acordo com o Relatório, esse período pode ser dividido em quatro fases, que se caracterizam por particularidades acentuadas. A primeira fase, iniciada na última década do século XIX, estendeu-se até a metade da década de 1960. Nela, a atuação governamental no domínio da irrigação e drenagem agrícola, ficou assim caracterizada (2008:10):

- Estruturou-se em termos de ações isoladas e tópicas, dirigidas para alvos específicos em termos setoriais (por exemplo, arroz, no Rio Grande do Sul) e espaciais (região semiárida do Nordeste), sem apresentar uma correspondente estrutura de políticas ou de programas nacionais;
- Manifestou alto grau de concentração na esfera federal, onde confinou-se, em órgãos e agências caracterizadas por baixíssimo grau de ação interinstitucional;
- Submeteu as atividades desse subsetor a estratégias de combate e redução da pobreza. Neste sentido, as diferentes administrações federais funcionaram como responsáveis diretas pela implantação de projetos de irrigação, precedida por uma fase de iniciativas quase que exclusivamente dirigidas à construção de açudes, em lugar do apoio direto às atividades produtivas e aos



serviços por essas requeridas (conhecimento e tecnologia, crédito, informação de mercado, formação de recursos humanos, e outros).

A primeira fase, bem como as fases subsequentes caracterizaram-se pela descontinuidade das ações governamentais relativas ao desenvolvimento da irrigação e drenagem agrícola. (2008:11).

A segunda fase, iniciada em fins dos anos 1960, teve como um de seus marcos fundamentais a criação do Grupo de Estudos Integrados de Irrigação e Desenvolvimento Agrícola (GEIDA), com orientações que produziram efeitos até o final da primeira metade dos anos 1980. Em essência, as características relevantes desta fase podem ser assim sintetizadas (Idem):

- Buscou-se uma concepção intervencionista com a ampliação do conhecimento global sobre os recursos naturais disponíveis e pela concepção e implementação de programas nacionais de largo espectro, a exemplo do Programa Plurianual de Irrigação (PPI), em 1969 e do Programa de Integração Nacional (PIN), em 1970;
- Criaram-se oportunidades para a manifestação da iniciativa privada na esfera da irrigação e drenagem agrícola, até então preterida, como simbolizaram o Programa Nacional para Aproveitamento Racional de Várzeas Irrigáveis (PROVÁRZEAS), o Programa de Financiamento de Equipamentos de Irrigação (PROFIR) e a concepção de “lotes empresariais” nos projetos públicos de irrigação;
- Estabeleceram-se objetivos, diretrizes e metas de um variado conjunto de iniciativas nos domínios da irrigação consolidados no Projeto do I Plano Nacional de Irrigação, calcado em ações comandadas pelo setor público, mas claramente pautadas pelo estímulo à iniciativa privada.

A terceira fase, iniciada com a chamada Nova República, a partir de 1985, caracterizou-se pela instituição de importantes programas como o Programa de Irrigação do Nordeste (PROINE) e o Programa Nacional de Irrigação (PRONI), ambos em 1986 e a implementação do Projeto Subsetorial de Irrigação. (Idem).

Essa fase foi marcada por decisões adotadas em função de prioridades claramente estabelecidas pelo governo federal, em articulação com o setor privado. Passou a haver uma divisão de papéis mais clara entre ação governamental e privada no desenvolvimento de programas de irrigação, restringindo-se a ação do governo à execução de obras coletivas de

uso comum e indutoras da prática de irrigação em áreas potenciais (transmissão e distribuição de energia elétrica e macrodrenagem) e a ações de suporte, cabendo à iniciativa privada as demais providências para a consecução das atividades produtivas. (Idem).

O objetivo geral indicava “desenvolvimento, validação e estabelecimento das bases estruturais, conceituais, regulatórias, operacionais e financeiras, com enfoque na região Nordeste, para a implementação de um Novo Modelo de Irrigação”. Já os objetivos específicos do projeto eram apresentar políticas e estratégias que viabilizassem: (a) estimular o investimento privado em todas as fases do agronegócio da irrigação; (b) orientar a produção para as oportunidades de mercado; (c) redirecionar a participação do governo na atividade, dando prioridade aos papéis de indução, orientação, regulação e promoção. (Idem).

Objetivava, ainda, gerar sinergia entre a iniciativa privada e as esferas governamentais, garantir eficiência no uso e na gestão da água para irrigação, identificar novas fontes e modelagens de financiamento e propor mecanismos para geração de informações e controle dos impactos ambientais e sociais. (Idem).

Em um período mais recente, devemos destacar a aprovação da Lei nº 11.079, de 30/12/2004, que institui normas gerais para licitação e contratação de parceria público-privada no âmbito da administração pública, permitindo a iniciativa privada atuar em obras de infraestrutura. (2008:13).

O relatório também menciona o esforço do Ministério da Integração Nacional, em parceria com outras instituições, em procurar acelerar o processo de mudança do marco regulatório da irrigação (Projeto de Lei nº 6.381/2005), que continha recomendações do Novo Modelo de Irrigação e do estudo do Banco Mundial (Impactos e Externalidades Sociais da Irrigação no Semi-árido Brasileiro). (2008:13).

## II. Evolução Institucional

O primeiro ordenamento jurídico sobre irrigação no Brasil ocorreu em 25 de junho de 1979, com a edição da Lei nº 6.662, denominada Lei de Irrigação, que foi o marco referencial legal para a implantação de sistemas de irrigação. Surgiu da necessidade de se disciplinar as relações entre o Estado e os agentes beneficiados diretamente com os projetos. (2008:15).

Ainda em vigor, seu principal objetivo é o estabelecimento de normas para o aproveitamento de solos e água, respeitada a legislação sobre recursos hídricos, para a construção dos denominados projetos públicos de irrigação. (Idem).

A Lei só foi regulamentada pelo Decreto nº 89.496, de 29 de março de 1984. Posteriormente foi alterada, sucessivamente, pelos decretos n.º 90.309, de 16/10/84, 90.991, de 26/02/85 e 93.484, de 29/10/84. Esses três últimos foram revogados pelo Decreto nº 2.178, de 17/03/97. Mais tarde, em 21 de maio de 1993, foi editada a Lei nº 8.657, que acrescenta parágrafos ao artigo 27 da Lei de Irrigação. (2008:16).

Por sua vez, no que se refere ao marco institucional, o Relatório informa que a instituição responsável pela formulação e condução da Política Nacional de Irrigação é o MI, através de sua Secretaria de Infraestrutura Hídrica, de acordo com o Decreto 5.487 de 14 de julho de 2006. No Anexo II está descrito o marco institucional vigente, indicando organograma, competência e diretrizes. (2008:20).

Conforme o Relatório, a história da gestão da irrigação no Brasil ou, mais apropriadamente, da implantação de projetos de irrigação, mostra a instabilidade das instituições no País. (Idem).

Nos primórdios do programa de irrigação a entidade gestora máxima era uma comissão – Grupo Executivo – de caráter interministerial, e a execução era centralizada no Ministério do Interior e entidades a ele vinculadas.

A gestão da irrigação foi transferida em numerosas ocasiões para diferentes unidades da administração federal, e chegou a receber “status” de Ministério Extraordinário. Atualmente (em 2008), encontra-se localizada no nível de um departamento. (2008:21)

Nesse sentido, analisando-se a trajetória de cada uma das instituições envolvidas na execução do programa, observamos que, independentemente de sua localização dentro do organograma federal vigente em diferentes épocas, pouco mudou na sua forma de ação, e as mudanças foram muito mais por opção da própria instituição, do que em obediência à orientação política e às diretrizes emanadas da entidade gestora. (Idem).

Mais do que executoras de uma única política definida por um poder central, o principal objetivo de cada uma daquelas instituições ainda é sua própria preservação dentro do conglomerado de instituições públicas, voltando-se mais para suas próprias visões. (Idem).

Até a instalação da presente administração do MI, em 2006, essas instituições agiam, de certa forma, sem coordenação e segundo a visão e influência política dos seus dirigentes. (2008:21).

De acordo com Brasil (2008), na tentativa de melhorar o desempenho dos projetos públicos de irrigação e diminuir o aporte de recursos governamentais na fase produtiva,

optou-se pela transferência de responsabilidade da gestão, basicamente o fornecimento de água e a manutenção das estruturas aos usuários, denominada de “emancipação”. (2008:63).

Estruturou-se o Programa de Emancipação (PROEMA) que, em tese, levaria todos os projetos públicos à independência administrativa e financeira. Segundo Brasil (2008), faltou um estudo mais aprofundado e uma preparação adequada, pois seria preciso considerar o fato de que poucos projetos tinham, até então, alcançado a auto-suficiência financeira, indispensável para realizar uma verdadeira emancipação. (Idem).

Brasil (2008) explica que no Brasil introduziu-se um modelo híbrido, em que se torna difícil distinguir claramente a extensão das responsabilidades dos usuários e do poder público, mas que também não funciona adequadamente. Prossegue alegando que:

“A experiência internacional, até agora acumulada, indica que a transferência da gestão sem que existam as condições apropriadas tem, em numerosos casos, provado ser mais prejudicial do que a permanência das entidades públicas na operação. Registram-se custos elevados, deterioração da infraestrutura e maior desperdício de água, quando as associações de usuários não estão suficientemente preparadas. Detectou-se que as mesmas podem aprender”. (2008:65).

Desde o final de 2004, o MI realiza um importante esforço para acelerar o processo de transferência da gestão. Foram elaborados, como primeiro passo, diagnósticos da maioria dos projetos públicos de irrigação. Para cada projeto foram formuladas recomendações visando facilitar o processo de transferência da gestão para os usuários. (2008:65).

Com o PROEM, o foco foi transferido do suprimento hídrico para a organização e capacitação dos produtores, mas o principal fator para atingir-se a autogestão e a independência financeira não foi suficientemente considerado. (Idem).

Para os técnicos ouvidos pela empresa que realizou a avaliação, a DELGITEC, no DNOCS, a transferência da gestão é meramente uma figura retórica, pois os recursos públicos são repassados ao distrito de irrigação na suposição de que ele é autônomo para realizar a gestão. Se isto não acontece, como se verificava à altura da avaliação, não haverá gestão independente, pois não há uma necessária autonomia financeira. (Idem).

Para a CODEVASF a emancipação funcionou para uma parte dos seus projetos, mas há algumas controvérsias. Os custos de administração, operação e manutenção, bem como aqueles de reposição normal e emergencial de equipamentos e estruturas devem ser cobertos pela tarifa volumétrica (K2), que não é o caso da CODEVASF. Os recursos provenientes da arrecadação da tarifa fixa (K1) são reinvestidos no projeto, de forma a cobrir, precariamente, as necessidades de reposição e recuperação dos sistemas. (Idem).

Brasil (2008) faz lembrar que desde o final de 2004, o MI realiza um importante esforço para acelerar o processo de transferência da gestão. Foram elaborados, diagnósticos da maioria dos projetos públicos de irrigação, mas isso como primeiro passo. Para cada projeto foram formuladas recomendações visando a facilitar o processo de transferência da gestão para os usuários. (2008:65).

### III. Monitoramento das políticas de irrigação.

A monitoria e a avaliação são atividades de vital importância no desenvolvimento de qualquer programa. Não existe no setor público do Brasil, de uma maneira geral, uma cultura para monitorar e avaliar ações em desenvolvimento. A DELGITEC – empresa que realizou a Avaliação, que é base do presente Relatório - entende que o país está desprovido dos seguintes procedimentos, que lhe permitam auferir o grau de confiabilidade na execução eficiente de seus projetos de irrigação (2008:22):

- Carência de informações totalmente confiáveis sobre o desempenho da irrigação, pública e privada;
- Ausência de indicadores para permitir a aferição dos investimentos realizados, se estão produzindo algum retorno e de que tipo, para a sociedade brasileira; deficiência de metas para o programa de irrigação que hoje se restringem às áreas implantadas, isto é, metas físicas;
- Inexistência de uma sistemática para quantificar os parâmetros de geração de emprego e renda, e para o rendimento, em termos de produção e de valor econômico, de um metro cúbico de água.

Em resumo, a empresa afirma que por não existir uma entidade voltada para a gestão integral do Programa, com estrutura e orçamento próprio, os dados disponíveis sobre a irrigação no Brasil sempre terão nível de confiabilidade reduzido, tanto para a execução física como para a financeira. Segundo a mesma, “é praticamente impossível, na situação vigente, que o poder executivo federal possa prestar contas de forma adequada aos contribuintes, sobre as realizações das instituições relacionadas com a irrigação”. (2008:23).

Reconhece, não obstante, os esforços da SIH/MI no aprimoramento da modelagem institucional do programa nacional de irrigação por meio de diversos estudos, diagnósticos e proposições. (Idem).

Ainda no que se refere à disponibilidade de dados, sem, contudo, discutir sua confiabilidade, segundo o Plano Nacional de Recursos Hídricos, a vazão média anual dos rios em território brasileiro é de 179 mil m<sup>3</sup>/s (5.660km<sup>3</sup>/ano). Esse valor corresponde a

aproximadamente 12% da disponibilidade mundial de recursos hídricos, que é de 1,5 milhões de m<sup>3</sup>/s. (2008:28)

Levando-se em consideração as vazões oriundas de território estrangeiro que entram no País (Amazônica – 86.321m<sup>3</sup>/s, Uruguai – 878m<sup>3</sup>/s e Paraguai – 595m<sup>3</sup>/s), essa disponibilidade hídrica total atinge valores da ordem de 267 mil m<sup>3</sup>/s (18% da disponibilidade mundial). (Idem).

#### IV. A irrigação e a questão ambiental

Segundo Brasil (2008), a atividade agrícola causa diversos impactos ao meio ambiente devido à intensiva utilização dos recursos extraídos da natureza. O desmatamento, o desenvolvimento de processos erosivos, o assoreamento de rios e reservatórios e o uso indiscriminado de fertilizantes e pesticidas, exemplos dos efeitos nocivos, mostrando que as críticas de muitos ambientalistas são, muitas vezes, procedentes. (2008:43).

Testezlaf *et al.* (2002) argumentam que a irrigação precisa ser operada de forma eficiente e adequada sob o ponto de vista ambiental por todos os agentes que se relacionam à técnica, sendo um fator que contribui para o aumento da produção agrícola, tais como: irrigantes, projetistas, fabricantes, pesquisadores, para não se tornar um elemento gerador de problemas oriundos da produção intensiva. (2008:43).

Por outro lado, a Resolução CONAMA nº 001, de 23/01/1986, estabeleceu a exigência de elaboração de Estudo de Impacto Ambiental - EIA e respectivo Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) para permitir o licenciamento de diversas atividades modificadoras do meio ambiente, inclusive irrigação, assim como definiu as diretrizes e atividades técnicas para a sua elaboração.

Para implantação de um projeto de irrigação é necessário o licenciamento ambiental específico para cada fase, a saber (2008:44):

- Licença prévia (LP): necessária para a fase de planejamento que, normalmente, envolve a elaboração dos projetos básico e executivo;
- Licença de instalação (LI): necessária para a construção da infraestrutura do projeto;
- Licença de operação (LO): necessária para o funcionamento ou operação do projeto.

Obedecendo ao que foi estabelecido pelo CONAMA, quando da elaboração dos projetos básico e executivo de um sistema de irrigação, as recomendações dos organismos ambientais estaduais necessitam ser atendidas, bem como as do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), e da Agência Nacional das Águas

(ANA), quando se tratar de utilização de águas federais. (2008:46). Tais recomendações se traduzem nos denominados “projetos ambientais”. (Idem).

A evolução da irrigação nos últimos anos introduziu uma série de inovações tecnológicas que possibilitaram o preciso controle da aplicação da água e de fertilizantes e pesticidas, diminuindo, por um lado, a drenagem e, por outro, os perigos de contaminação. Isto se reflete em um processo produtivo mais eficiente e ambientalmente mais saudável. Adicionalmente, os novos sistemas de irrigação elevaram os rendimentos, possibilitando a maximização dos benefícios socioeconômicos. (Idem).

A Agenda 21, fruto da Conferência Mundial sobre o Meio Ambiente, a RIO 92, contempla dois capítulos que têm implicações na consolidação da agricultura irrigada: capítulo 14 – Promoção do desenvolvimento rural e agrícola sustentável; e o 18 - Proteção da qualidade e do abastecimento dos recursos hídricos: aplicação de critérios integrados no desenvolvimento, manejo e uso dos recursos hídricos. (2008:79).

Tais capítulos detalham minuciosamente proposições e recomendações do ponto de vista operacional, contudo há uma questão que ficou pouco evidenciada na opinião da empresa que realizou a avaliação, base do presente relatório. Para a DELGITEC, recomendações de medidas que visem à minimização de impactos indesejáveis, o que torna maior o desafio do setor para o uso racional dos recursos de água e terra. (Idem).

Assim, para Brasil (2008), o objetivo almejado pelo Capítulo 14 é criar as condições que permitam o desenvolvimento rural e agrícola sustentável. Nesse sentido, é patente a necessidade de efetuar importantes ajustes nas políticas para a agricultura, o meio ambiente e a macroeconomia, tanto no nível nacional como internacional, nos países desenvolvidos e nos países em desenvolvimento. (Idem).

O principal objetivo do desenvolvimento rural e agrícola sustentável é aumentar a produção de alimentos e, como conseqüentemente, incrementar a segurança alimentar. Isso envolverá iniciativas na área da educação, o uso de incentivos econômicos e também o desenvolvimento de tecnologias novas e apropriadas. (Idem).

Conforme Brasil (2008) essa será a forma para garantir uma oferta estável de alimentos nutricionalmente adequados e o acesso a essas ofertas por parte dos grupos vulneráveis, paralelamente à produção para os mercados, emprego e geração de renda para reduzir a pobreza e o manejo dos recursos naturais juntamente com a proteção do meio ambiente. (2008:79).

Em síntese, a Agenda 21 ressalta que segurança alimentar é uma questão de alta prioridade para muitos países, e que para isso é preciso desenvolver e aplicar tecnologias de

uso racional dos recursos naturais com capacitação, organização e incentivos para que o rurícola adote novos conceitos para agricultura, tanto irrigada como de sequeiro. (Idem).

#### V. A implantação de projetos públicos de irrigação

Conforme Brasil (2008), até o ano de 2002 a construção de sistemas públicos de irrigação foi o principal objetivo, explícito ou não, do Programa de Irrigação e Drenagem. No ano seguinte, visando a ampliar a visão do poder público sobre o setor, mudou-se o nome do referido programa para “Desenvolvimento da Agricultura Irrigada”, mudando-se também seus objetivos. (2008:47)

Segundo Brasil (2008), a idéia central era deslocar o foco do componente “obras” para o componente “crescimento da agricultura irrigada”, sem diferenciar entre público e privado, no que tange ao papel que poderia assumir a irrigação no desenvolvimento regional do País. (Idem).

Ainda conforme Brasil (2008), a responsabilidade pela implantação dos projetos públicos de irrigação tem correspondido, quase que exclusivamente, à CODEVASF e ao DNOCS, com uma breve participação do extinto DNOS. As três instituições, ao longo de suas trajetórias, têm estado sob o comando de diversos ministérios, mas não mudaram sua forma de intervenção, que é caracterizada por uma ação voltada para a seleção através da elaboração de planos diretores e/ou estudos de pré-viabilidade de áreas propícias para a implantação de sistemas de irrigação. Estas áreas se caracterizam, fundamentalmente, pela coincidência, mais ou menos favorável, de solos irrigáveis e uma fonte de suprimento hídrico. (2008:48).

Após a seleção da(s) área(s), segue-se um rito já definido, que compreende estudo de viabilidade, projeto de engenharia (projetos básico e executivo) e implantação das obras, para, a seguir, definir-se o universo de irrigantes para depois estabelecer-se a produção agrícola sob a tutela do Estado. (Idem).

A sistemática, com poucas variações de um órgão para outro, praticamente, não consultava mais nada além dos dois parâmetros acima mencionados: solos e água. Sempre se constituiu numa típica ação “de cima para baixo”, onde os níveis estadual e municipal não participavam da tomada de decisão sobre a conveniência ou não da implantação das obras. Na opinião de Brasil (2008), os estudos de viabilidade, muito mais do que aferir o verdadeiro potencial socioeconômico de um empreendimento hidroagrícola no local escolhido, sempre foram dirigidos pelo organismo empreendedor para respaldar uma decisão tomada antes da contratação do estudo. (Idem).



Procurar quantificar ou avaliar os resultados da implantação dos projetos públicos, em termos de recursos dos contribuintes investidos versus retorno socioeconômico, é bastante difícil. O único estudo formal ao respeito é o realizado pelo Banco Mundial, antes citado. (Idem).

#### VI. A irrigação privada

Para Brasil (2008), quando se pretende apresentar um panorama passado ou atual da agricultura irrigada privada no país constata-se não ser uma tarefa fácil, pois não existem dados que possam ser classificados como “oficiais” e não existem razões para se confiar plenamente naqueles que são difundidos, a exemplo do que já foi discutido anteriormente. O cadastramento dos irrigantes, salvo uma iniciativa parcialmente bem-sucedida por ocasião do PRONI, nunca foi realizado, a não ser como já mencionado, o que está sendo executado na bacia do São Francisco. (2008:71).

Ainda de acordo com Brasil (2008), é usual, quando se trata de estabelecer a área irrigada no País, se referir ao trabalho desenvolvido por Christofidis, que é uma das poucas, senão a única, fonte de informação disponível. Dessa forma, se aceita que a área irrigada pela iniciativa privada deve ser de, aproximadamente, 3.200.000 ha. Além desta informação, o citado autor menciona, nos seus trabalhos, a área irrigada segundo cada método de irrigação, por estado. (Idem).

O manejo integrado e eficiente dos recursos hídricos está intimamente relacionado com a agricultura irrigada. Nesse contexto, estabelecer políticas e programas que preconizem o manejo sustentável da água na agricultura irrigada deve integrar a política dos organismos responsáveis pelo fomento da agricultura. (2008:79).

Durante a elaboração do Plano Plurianual (PPA) - 2004-2007, e como forma de iniciar uma mudança na visão do setor público, além de reestruturar o Programa de Irrigação e Drenagem como anteriormente foi mencionado, criou-se o Programa de Otimização da Eficiência da Agricultura Irrigada que aparece em [www.integracao.gov.br](http://www.integracao.gov.br) como Eficiência da Agricultura Irrigada, integrando o elenco de programas da SIH/MI.

#### VII. A concepção da nova visão

A DELGITEC – empresa que realizou a avaliação da política de irrigação, que serviu de base para o Relatório - considera que a “nova visão” para a agricultura irrigada no País, compreende os seguintes postulados básicos (2008:81).

- A agricultura intensiva, de alta produtividade, é uma das bases sólidas do crescimento econômico e do desenvolvimento regional;

- Evitar aceitar, em termos de política de expansão da agricultura irrigada, a divisão entre “agronegócio” e “agricultura familiar”;

- Os produtos da agricultura intensiva devem contar com um mercado garantido, caso contrário não se justifica produzir nestas condições;

- Aumentar a produtividade das terras já incorporadas à produção como forma de retardar o avanço da fronteira agrícola sobre a região amazônica;

- Estabelecer como objetivo de médio prazo no Brasil, alcançar o nível de segurança alimentar considerado adequado (3.000 kcal/habitante/dia), tendo em vista a situação vigente (menos de 2.500 kcal/habitante/dia);

- A irrigação, como técnica destinada a suprir as necessidades hídricas dos cultivos na quantidade certa e no momento oportuno, via de regra, permite, em combinação com outras técnicas e insumos, viabilizar a produção agrícola intensiva, podendo gerar os benefícios advindos do estabelecimento de empreendimentos agrícolas de alta produtividade;

- A produção agrícola irrigada em áreas de propriedade privada não exime o poder público de sua obrigação de zelar pela utilização sustentável de solo e água, exigindo-se a sua presença reguladora e moderadora na agricultura irrigada como um todo;

- O estabelecimento de áreas de agricultura irrigada deve obedecer a opções estratégicas para o desenvolvimento regional, mesmo que se trate de áreas privadas. De fato, a irrigação privada é passível de ser direcionada, estimulada ou desestimulada, através de políticas públicas de incentivos e crédito e, mesmo, subsídios, considerados no comércio internacional como heresia, mas abertamente praticados pelos países desenvolvidos, já que segurança alimentar sobrepõe-se aos interesses do intercâmbio comercial;

- Planejar não é decidir sobre alocação de recursos. É a atividade fundamental do desenvolvimento socioeconômico. Infelizmente, a prática mais difundida se restringe a definir prioridades para alocação de recursos;

- O papel fundamental do governo, à luz dos postulados acima, é o de incentivador da utilização sustentável dos recursos hídricos na agricultura, obedecendo a estratégias e planos previamente concebidos, analisados em profundidade pelas diferentes instâncias públicas, e amplamente divulgados e debatidos com as comunidades que se pretende beneficiar. Em outras palavras, planejar a utilização da irrigação como garantia de alta produtividade agrícola e, em consequência, indutora do desenvolvimento regional;

Conforme Brasil (2008), o planejamento da implantação de sistemas de irrigação deve estar incluído dentro do objetivo maior do desenvolvimento regional, não podendo

constituir um exercício somente de “especialistas”, mas de equipes de planejamento integrado interdisciplinar com a indispensável contribuição de especialistas (2008:82).

- Obras são absolutamente indispensáveis, mas, quando realizadas com recursos públicos, não devem significar risco por análise deficiente de investimentos que poderão tornar-se improdutivos.

Assim sendo, se houver risco de natureza significativa na construção de sistemas públicos é preferível realizar investimentos que viabilizem e estimulem a implantação de sistemas de irrigação por parte da iniciativa privada (Idem);

- O conteúdo social dos projetos públicos de irrigação, de forma semelhante a qualquer investimento realizado com o dinheiro da sociedade, não pode ser meramente assistencialista, visto que está comprovado que esta filosofia não traz resultado econômico positivo. Eventualmente, pode ser aceito que a sociedade realize investimentos considerados necessários para aliviar situações prementes sem esperar o retorno econômico, mas nunca que os supostos beneficiários continuem a depender indefinidamente dos contribuintes;

Recursos despendidos em estudos, além de ser de menor vulto, são, na maioria das vezes, muito mais produtivos do que aqueles empregados em obras sem garantia de rápido retorno socioeconômico (2008:83);

- A agricultura irrigada não é uma atividade auto-suficiente. Investimentos em atividades de suporte – pesquisa, capacitação, assistência técnica, crédito, organização dos mercados, transportes, etc. – são tão importantes quanto a obtenção de altos rendimentos, exigindo-se, portanto, a ação do setor público para garantir que os investimentos necessários para viabilizar tais atividades integrem, como parte inseparável, a política nacional para o setor;

- As regiões pobres devem ser contempladas com ações que viabilizem tanto a agricultura familiar como a de maior escala de modo harmonioso, capaz de distribuir melhor a renda e reduzir as disparidades regionais. Para tanto, é necessária determinação e vontade política, acompanhada de mecanismos de aferição de desempenho (2008:83).

#### **4.3 Pontos críticos e novas posturas entre 2008 e 2013.**

A partir da resenha acerca da avaliação da Política Nacional de Agricultura Irrigada, de 1979, antes de realizar o cotejo com a política atual (2013), convém discutir os dois principais pontos críticos que o Relatório indica: a disponibilidade /confiabilidade de dados e os investimentos maiores em equipamentos que para a agricultura irrigada.

Sendo assim, para o primeiro caso, devemos começar com um dos pontos fracos mais importantes que o Relatório permite depreender: a precária institucionalização no Ministério da Integração Nacional de um sistema de monitoramento e base de dados.

Conforme Brasil (2008), desde aquela época o Ministério da Integração Nacional envidava esforços no sentido de estruturar um sistema de controle, que passou a se chamar Sistema de Suporte ao Monitoramento da Operação de Perímetros Públicos de Irrigação (SISMOPI). (2008:27).

Como o Sistema envolve a articulação com diversas instituições, com jurisdições específicas, precisa ser versátil e abrangente, a fim de que as informações sejam obtidas e usadas. (Idem).

Finalmente, em agosto de 2010, foram apresentados tanto o SISMOPI, acima referido, como o Sistema de Cadastro Geral de Irrigantes de Projetos Públicos de Irrigação (SICAGIPPI).

O primeiro provê indicadores de desempenho dos perímetros irrigados, permite o monitoramento, gerenciamento, acompanhamento e controle e sua operacionalização se dá pelo ambiente de tecnologia da informação do MI. Seu objetivo é analisar a maturidade dos perímetros para a transferência da gestão. Os dados do sistema são alimentados nos perímetros, conforme relação padronizada dos atributos, e isso torna possível que se forneça indicadores de desempenho, tais como: adimplência, amadurecimento do empreendimento, auto-suficiência financeira, inadimplência, qualidade dos serviços, rentabilidade do empreendimento, uso do solo, entre outros.

Já no que se refere ao SICAGIPPI, podemos conceituar como uma ferramenta, que é dirigida à administração dos perímetros irrigados, necessários tanto ao órgão público como à organização que gerencia o perímetro. O cadastro dos irrigantes está voltado mais à administração fundiária, no DNOCS e vem sendo desenvolvida pelo Grupo de Regularização Fundiária. O sistema foi desenvolvido sob a orientação do MI para que esse cadastro sirva à administração fundiária. O cadastro consiste de aspectos de identificação do irrigante e do lote, complementados por informações relativas à posse da área.

Em diferentes partes do Relatório apresentado por Brasil (2008), a verdadeira finalidade do projeto era a geração de riqueza através da produção agrícola irrigada e sua integração em uma ou várias cadeias produtivas, contudo, a ênfase vinha sendo posta em obras. (2008:50).

Um grande problema era a forma de implantação dos projetos, à moda *top down*, partindo-se da premissa de que estados e municípios seriam sempre beneficiados, porém,

não se esclarecia que benefícios seriam conquistados. Além disso, havia algo ainda mais delicado, que era a forma com que a decisão de se implantar os projetos era tomada. Quase invariavelmente, a sistemática era selecionar as áreas, realização dos Estudos de Viabilidade, caso em que, serviam para respaldar uma decisão previamente tomada, e tais Estudos eram dirigidos pelo organismo empreendedor. Seguiam-se o projeto de engenharia, e a implantação das obras. Finalmente, definia-se o universo de irrigantes, e, então, a produção agrícola passava à tutela do Estado. (2008:49).

Sob o aspecto jurídico, também há que se registrar que o projeto público de irrigação é conceituado de forma muito mais voltado para a desapropriação de terras e implantação de obras, que privilegiar a função do ente produtivo. (2008:17).

Entretanto, houve trajetórias diferentes no intervalo de tempo observado. Igualmente, não se espera que tenham sido enfrentados ponto a ponto, e de modo tão específico; mesmo porque os contextos variaram bastante, o que desvia as trajetórias institucionais, por vezes, até de maneira aleatória.

Nesse sentido, algo que pode representar diferentes processos convergindo para as informações como para privilegiar a agricultura sobre as obras, muito embora a construção de reservatórios possa ser considerada obras de infraestrutura.

A Lei nº 12.651/2012, que representa o Código Florestal, em seu Artigo 3º, inciso VIII define utilidade pública como sendo atividades similares, que sejam assim caracterizadas e com motivos fundamentados em procedimento administrativo próprio, desde que não exista atividade técnica e locacional alternativa ao empreendimento que foi proposto. Esta definição dar-se-á em Ato do Chefe do Poder Executivo, em qualquer dos três níveis federativos. Em seu inciso IX, acopla a definição de interesse social, que se exprime por implantação de instalações necessárias à captação e condução de água e efluentes tratados, que se destinam a projetos cujos recursos hídricos são parte integrante e essencial da atividade.

Essa base sustenta a noção de que qualquer reservatório provoca impactos ambientais negativos, daí porque se exige licença ambiental para a construção de reservatórios de água para a irrigação.

Assim, as obras de infraestrutura de irrigação, inclusive os barramentos de cursos d'água que causem intervenção ou supressão de vegetação em área de preservação permanente (APP), poderão ser consideradas de utilidade pública para efeito de licenciamento ambiental. Para isso, é necessário que o poder público federal declare que são essenciais para o desenvolvimento social e econômico.

Outra inovação institucional é o Comitê Interinstitucional de Agricultura Irrigada e Meio ambiente, criado pela Portaria n ° 546 de 25/09/2012, cujo objetivo é tratar das questões ambientais visando à regularização ambiental dos usuários de recursos hídricos na atividade agricultura irrigada. Entre suas competências estão: (i) atuar como órgão colegiado consultivo para analisar e aconselhar sobre as questões ambientais que interferem na expansão da agricultura irrigada no Brasil visando o desenvolvimento sustentável; (ii) avaliar as restrições à regularização ambiental da agricultura irrigada nacional e propor ações que o governo Federal e os governos Estaduais devam empreender de modo a fomentar a expansão do setor no país. Isto ajuda a reduzir a assimetria de informações, a diminuir o custo de transação e a alinhar a Agricultura Irrigada com a sustentabilidade.

O Comitê é formado por vários Ministérios, Autarquias e órgãos da Administração Direta, tais como ANA, IBAMA, CODEVASF e o DNOCS, da parte do Governo Federal; por sua vez os governos estaduais estão representados por 9 estados; e 7 representantes da classe dos Irrigantes mais a Organização das Cooperativas Brasileiras (OCB).

#### **4.4 A Política atual.**

Conforme apresentado no decorrer deste capítulo, diversas foram as trajetórias institucionais das diferentes políticas públicas que compuseram a política de irrigação e, de modo particular, a política visando a uma agricultura irrigada.

Assim, demonstramos que a preocupação e, mais ainda, a estratégia para o crescimento das atividades de irrigação na agricultura, especialmente, os agricultores familiares, nem sempre foi exprimida de maneira clara, e, muitas vezes, pareceu que o privilégio era de obras e da indústria de equipamentos.

Nesse intervalo de tempo, procuramos fazer ajustes e tentativas de corrigir rumos. Entre 1979 e 1995 um projeto de lei no Senado, o PLS 295/95, que, originalmente, segundo Brasil (2008), teve eliminados dispositivos, que assegurariam uma participação efetiva da iniciativa privada e os incentivos a seus investimentos, pois carecia de uma regulamentação mais clara sobre um setor cujos investimentos levam mais tempo para maturar; o que refletia um contexto de centralização política do Estado.

O dispositivo legal que regulamenta a concessão e a permissão da prestação de serviços públicos, e também o decreto que redefine o conceito de interesse social, como sendo aquele que é destinado ao reassentamento de populações desalojadas por força da construção e obra em área pública. Deu-se ainda a aprovação da Lei das Águas, três anos

depois, a criação da Agência Nacional de Águas. Entre 2004 e 2006, surgem leis e decretos que focalizam as Parcerias Público-Privadas (PPP's).

Todas essas trajetórias apontadas acima ajudaram a criar um contexto para que o Congresso promovesse alterações no bojo do projeto original do Senado, que foi retirado e modificado pelo Ministério da Integração Nacional e suas vinculadas, para incluir as conclusões e recomendações da Comissão Especial para o Desenvolvimento do Vale do São Francisco. (2008:123).

#### **4.5 Lei nº 12.787, de 11 de janeiro de 2013.**

Após todo o movimento das trajetórias apresentado, foi promulgada a Lei 12.787, que instituiu então a Política Nacional de Irrigação. O que nos chama a atenção por dois pontos complementares: (a) não é denominada Política de Agricultura Irrigada; (b) logo no segundo artigo começa fazendo alusão à Agricultura, ao definir os termos que vai utilizar e, parte deles, recepcionados da Lei de Agricultura Familiar. Portanto, os termos agricultor e agricultura passam a dominar as Disposições Preliminares da referida Lei.

Esta observação é importante, porque no curso do presente capítulo, discutimos mais de vez que um dos pontos fracos, por assim dizer, era justamente privilegiar obras e equipamentos em detrimento da agricultura irrigada. Todos os contextos produzidos pelas trajetórias institucionais alteraram o sentido da política e, finalmente, deu-se o devido destaque a esta atividade.

Dessa forma, o texto da política é fortemente caracterizado por sua coerência ao contexto do aumento da Agricultura Irrigada, afastando-se, assim, do estigma da política de 1979, que parecia privilegiar obras e equipamentos e tratar a produção agrícola, sua produtividade e objetivos estratégicos de maneira apenas marginal.

Um exemplo disso, nesse sentido, é o inciso IV do artigo 4º da lei que institui a política atualmente em vigor, que expressa entre os objetivos da Política a competitividade das cadeias produtivas dos produtos agrícolas, em especial.

*IV - concorrer para o aumento da competitividade do agronegócio brasileiro e para a geração de emprego e renda;*

Como vimos, a lei começa definindo alguns conceitos que são importantes nessa política, ou seja, agricultor irrigante, agricultor irrigante familiar, agricultura irrigada, projeto de irrigação, infraestrutura de irrigação, infraestrutura de apoio à produção, infraestrutura de unidades parcelares, infraestrutura social, unidade parcelar, serviços de irrigação, módulo produtivo operacional, e gestor do Projeto Público de irrigação.

Estas definições ordenadas da forma que estão sugerem, no contexto atual, um direcionamento à produção agropecuária e nem tanto mais às obras contra a seca. Não significa, contudo, que a seca esteja deslocada na Agenda de Políticas Públicas, tão pouco que não haja necessidade de um sistema que direcione esforços para as atividades de abastecimento de água para pessoas que habitam locais carentes desse recurso.

A seguir, no capítulo dos Princípios, mostraremos uma inclinação pela sustentabilidade, quando elencamos uso e manejo sustentável dos solos e dos recursos hídricos destinados à irrigação e integração com as políticas setoriais de recursos hídricos, de meio ambiente, de energia, de saneamento ambiental, de crédito e seguro rural e seus respectivos planos, com prioridade para projetos cujas obras possibilitem o uso múltiplo dos recursos hídricos. Por outro lado, a Política tem sido desenhada para fugir ao problema de encaixe institucional que afetou ao ZAE, no sentido de depender do funcionamento de outras políticas afins, mas que não buscavam se articular para atingir o mesmo fim. Nesse caso, podemos depreender tal característica através dos incisos III e IV:

III - articulação entre as ações em irrigação das diferentes instâncias e esferas de governo e entre estas e as ações do setor privado;

IV - gestão democrática e participativa dos Projetos Públicos de Irrigação com infraestrutura de irrigação de uso comum, por meio de mecanismos a serem definidos em regulamento.

No caso do inciso III, busca a integração e a articulação com políticas semelhantes. No caso seguinte, sinaliza o envolvimento de outros interessados e beneficiários da política nos Projetos Públicos de Irrigação.

Convém lembrar que no caso da política de 1979, conforme (Brasil, 2008:11), mencionado no item I (Panorama Histórico), em uma das fases do desempenho da política de irrigação, foi aberta à participação da iniciativa privada através dos lotes empresariais nos projetos públicos. Isto porque se registrava então uma percepção de que aquela era preterida. Desta vez, contudo, todas as partes interessadas podem influenciar na destinação dos recursos e nos modelos institucionais dos projetos públicos.

Finalmente, a política atual aponta para uma função dentro do Saneamento Básico e Saúde Pública, quando, no inciso V, expressa:

V - prevenção de endemias rurais de veiculação hídrica.

Temos, pelo exposto, uma Política de Irrigação mais aderente às complexidades da realidade, que poderão ser concertadas em um Sistema Sócio-ecológico.



No capítulo referente aos objetivos, a Política atual mostra sua aproximação com três grandes categorias: climático-ambiental, socioeconômica, desenvolvimento regional; e mais três *drivers*: competitividade do agronegócio e abastecimento, recursos humanos e tecnologia e promoção da iniciativa privada.

Há um detalhe que chama a atenção no texto da política, e se refere ao inciso IV, ou objetivo nº 4: concorrer para o aumento da competitividade do agronegócio brasileiro e para a geração de emprego e renda.

O Agronegócio, no Brasil, pelo menos desde meados da década de 1990, é internacionalizado, mesmo as pequenas cooperativas participam de organizações em rede ou arranjos com firmas estrangeiras, houve muitos processos de M&A, e conseqüente aumento da participação do capital internacional nas cadeias de produção agroindustrial, assim como a correlata cadeia de valores, com expressivo aumento da participação desse segmento nas Cadeias Globais de Mercadorias.

Essa articulação trouxe inovações tanto tecnológicas como financeiras, estas sobretudo, trouxeram vantagens competitivas para o agronegócio brasileiro, que agrega, a partir dos anos 2000, as questões sociais e ambientais, quando passam a buscar Selos e Certificações como ISO 14001, *Fair Trade* e outros.

E a geração de emprego e renda passa a derivar também de movimentos assim, embora não exclusivamente, conforme se observa nas Ocupações Rurais Não-agrícolas, presentes no Estudo “O Novo Rural Brasileiro” (Silva e Del Grossi, 1999).

O quarto – e último – Capítulo da Lei se refere aos **dez** instrumentos de que a tal política vai dispor para alcançar efetividade.

Dentre os instrumentos, há instâncias burocráticas, como, por exemplo, o Fundo de Investimento em Participações (9º) e o Conselho Nacional de Irrigação (10º). Há previsão de instrumentos fiscais, como tarifas de energia elétrica em regime especial (7º) e os incentivos fiscais, o crédito e o seguro rural (3º). Por outro lado, há as atividades de tecnologia (5º) e recursos humanos (4º), assim como, no mesmo sentido, a assistência técnica e a extensão rural (6º). No que se refere, por sua vez, a garantias de qualidade dos projetos, há a questão da certificação dos projetos quanto ao uso racional de recursos hídricos tanto quanto à água em si mesmo como à tecnologia de irrigação (8º), que é o que mais pode interessar à Tese; e o que pode compreender todos os anteriores é, naturalmente, os Planos e Projetos de Irrigação (1º). E o que causa mais preocupação, porque dele dependerá o funcionamento de, praticamente, todos os projetos, monitoramento e avaliação das políticas, que é o Sistema Nacional de Informações sobre Irrigação (2º).

#### **4.6 Avaliação Tradicional: eficácia.**

Na perspectiva de uma Avaliação tradicional, positivista, como discutida no Capítulo 3, Guba e Lincoln (2011) apontam três pontos fracos de tal modelo de avaliação, que são: (a) Tendência ao gerencialismo, (b) Incapacidade de acomodar o pluralismo de valores, (c) Comprometimento com o paradigma científico de investigação, que possui alguns desdobramentos, entre eles: (i) descontextualização/ mensuração quantitativa formal/confiabilidade e (v) Critérios pré-definidos de eficiência, eficácia e efetividade.

É justamente em relação a este último que Cavalcanti (2007) explicita que um dos critérios de avaliação do Modelo Positivista é a atividade ou os aspectos que são avaliados, nesse caso, destacam-se dois: (a) de elaboração de objetivos e metas e (b) de produto (eficácia, eficiência, efetividade).

Nesse sentido, haveria muita dificuldade em se proceder a uma Avaliação quanto à eficácia, conforme este modelo, porque a atual Política possui objetivos claros que correspondem à complexidade de erigir um programa de ações que enfrente e compreenda a realidade da agricultura irrigada. Por outro lado, a política carece de metas.

Não obstante, é preciso observar alguns resultados a partir da implementação de tal Política, o que é possível com os métodos tradicionais.

A primeira observação que pode ser extraída é em relação ao papel dos municípios. Brasil (2008) apontava que:

“A responsabilidade pública é muito diluída, com pouca ou inexistente ingerência do município na gestão dos recursos de água e solo. A participação efetiva das municipalidades será realidade e será fortalecida sempre que estiverem inseridas no processo desde a fase de planejamento, de modo a se produzir mecanismos e meios para o manejo sustentável e participativo, refletindo os interesses, as responsabilidades, atribuições, deveres e obrigações claramente definidos e endossados por todos os atores envolvidos”. (2008:24).

Do ponto-de-vista do texto da política atual, não houve alteração no papel dos municípios, visto que o artigo 24 faz a única menção a esse ente federado, citando-o como um dos que poderão custear os Projetos Públicos de Irrigação, que, de acordo com o mesmo artigo, poderão ser implantados diretamente pelo município.

Outro problema apontado em Brasil (2008) é que os órgãos competentes não seguem a mesma padronização de metodologia para apuração dos dados relativos à produção, operação e manutenção dos perímetros. Em alguns casos, os dados são inexistentes e bem

explorados em outros. Se esses dados fossem adequadamente coletados e tratados, seriam fornecidos ricos e confiáveis elementos para a formulação da política do setor. (2008:26).

Nesse sentido, o avanço mais significativo é o instrumento Sistema Nacional de Informações sobre Irrigação (SNIR).

O terceiro princípio básico do Sistema é o acesso da sociedade aos dados e às informações, observada a legislação que trata de sigilo.

E o primeiro princípio diz respeito à cooperação institucional para obtenção e produção de dados e informações.

A entidade federal responsável pelo SNIR são a Secretaria Nacional de Irrigação (Ministério da Integração) e duas de suas vinculadas: a Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Paranaíba (Codevasf) e do Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (Dnocs), que farão o gerenciamento dos dados. Entretanto, subsistem alguns problemas em relação ao sistema e aos dados.

Primeiramente, o SNIR ainda está com uma versão teste, apesar de ter sido lançado em 2014. Embora não seja possível estabelecer um nexo de causa e efeito, podem ser percebidas algumas dificuldades desde o cadastramento de usuários, até a busca por informações. Neste último caso, o problema está tanto na interface com o usuário como nas variáveis para que se filtrem os dados.

São muitas camadas e a busca é em estilo *booleano*, quase uma vinculação entre informações em nível micro, para os tipos de projeto, local e período. Para a área de interesse da presente tese, a busca não retornou resultados.

A explicação mais provável é que realmente não há dados cadastrados na base, de maneira que o mecanismo de busca pudesse encontrar os respectivos dados e informa-los ao usuário do SNIR. Todavia, isso só revela um defeito maior do SNIR, neste particular. Não é crível que, quase 5 anos depois de ser lançado, o Banco de Dados do SNIR não esteja suficientemente alimentado, apesar da cooperação institucional, que é o princípio básico nº1.

Outra crítica pertinente é que a interface burocrática, pois há muita dificuldade de grupos de interesse conseguirem até enviar dados para o SNIR por várias razões, umas menos relevantes, outras de maior monta, como o cadastramento.

O SNIR se propõe a disponibilizar produtos como as áreas irrigadas, as culturas exploradas, os métodos de irrigação empregados e o nível tecnológico da atividade; o inventário de recursos hídricos e as informações hidrológicas das bacias hidrográficas; o mapeamento de solos com aptidão para a agricultura irrigada; a agroclimatologia; a infraestrutura de suporte à produção agrícola irrigada; a disponibilidade de energia elétrica

e de outras fontes de energia para a irrigação; as informações socioeconômicas acerca do agricultor irrigante; a quantidade, a qualidade, a destinação e o valor bruto dos produtos oriundos de sistemas irrigados.

Nesse caso, é indispensável se estabelecer canais mais eficientes com os fornecedores de informações e dados, em todos os níveis, para que se alcance o êxito almejado.

Portanto, do ponto-de-vista da Avaliação tradicional, positivista, a Política atual ainda não está sendo eficaz, particularmente, quanto à disponibilidade de informações e dados.

Este é um ponto sensível, porque, muito embora a Política atual tenha sido desenhada para “funcionar” em escala local, em nível mesmo de unidades parcelares, possui um efeito de agregação. Por esse motivo, é um ponto que se não for rapidamente contornado, poderá causar prejuízos à eficácia em Escala Nacional, até ao ponto de se inviabilizar a mesma.

#### **4.7 Um novo contexto em 2018: hipoteca de unidades parcelares – veto à utilidade pública irrestrita – meio ambiente – funções ministeriais – Flores de Goiás (2016 x 1997-2014).**

Presumimos que os projetos de irrigação em Rio Verde, área de interesse do presente trabalho, sejam totalmente privados, porque não consta do site da SEGPLAN, órgão responsável pela coordenação dos projetos públicos de irrigação em Goiás, nenhum registro de projeto público. Assim, vai ficando bem demarcado o contexto da Política atual. Mostrando uma tendência histórica de reforçar a influência do capital sobre áreas selecionadas como visto em Vonedirce (2011), no Capítulo 3, ao se referir ao “zoneamento induzido”. E a preocupação com a distorção da finalidade de Política atual, manifesta no (PLV) 15/2018, com a transferência de competências técnicas de determinados órgãos e funções do Ministério da Integração Nacional para o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, o que poderia – de acordo com aquela visão – concentrar recursos no Agronegócio em vez de alocar capital onde deveria para corrigir distorções.

#### **4.8 Avaliação: Contexto.**

A atual Política Nacional de Irrigação se move no contexto de outras políticas, presentes e ainda por serem lançadas, que vão construir sua efetividade e, também auxiliar no encaixe institucional, a fim de que ela possa apresentar resultados semelhantes ao que se conhece por eficácia no Paradigma Positivista.

Nesse sentido, a primeira limitação que o contexto oferece é a informação. Apesar de aprimoramentos importantes na atual Política de Irrigação, o fato de não haver um Banco

de Dados completamente alimentado mais de cinco anos após a implantação do Sistema Nacional de Informações sobre Irrigação (SNIR), sob a responsabilidade da Secretaria Nacional de Irrigação constitui um obstáculo considerável para o bom êxito da política, pois permite, entre outras coisas, o monitoramento, a coleta de informações, que irá permitir ajustes quando os objetivos formais.

Especialmente, no que se refere ao envolvimento da Agricultura Familiar – e da Agricultura, como um todo, atividade sujeita a variações do clima e dos mercados à vista. Como a irrigação é importante contribuinte para o êxito das safras, e, particularmente, aquelas cuja produção não dependerão das condições do tempo, os responsáveis pela gestão da política pública poderão adotar diferentes providências, em diferentes níveis, de crédito a outorga.

Outra questão é acompanharmos o crescimento da área irrigada, sobretudo, aquelas sob a gestão da Iniciativa Privada. Os investimentos requeridos para tal empreendimento não são proibitivos, mas, igualmente, não são tão baixos. Embora, em termos econômicos, contem muito os custos irrecuperáveis, a Taxa Interna de Retorno e o prazo de amortização dos investimentos, que, no caso, são investimentos nos *equipamentos*, há também um diferencial de produtividade, capacidade de abastecimento, influências pontuais (em nível de paisagem) sobre o microclima e regulação de Serviços Ambientais.

O que se destaca de maneira pronunciada nessa nova política é o foco bem maior no benefício dos agricultores, e, por outro lado, menor participação da indústria de equipamentos. Apesar de ser uma política em continuação, podemos dizer que possui características de uma política de agricultura irrigada. Este é um contexto que vai permitir o *encaixe institucional*, promovendo o êxito desta Política em longo prazo.

No presente capítulo discutimos a inflexão das duas políticas de irrigação, mostrando que a atual está muito mais próxima da agricultura e do próprio produtor. No capítulo 5 discutiremos as relações hídricas no uso da terra.

## **Capítulo 5 - Relações Hídricas no Sistema de Uso da terra.**

### **5.1 A importância da água no sistema de uso da terra.**

A importância do elemento água no Sistema de Uso da terra repousa nas diversas funções ecossistêmicas em que participa. Entre elas, contribui para a regulação da temperatura à superfície do solo, do ar atmosférico, pratica sua capacidade de transporte, seu funcionamento na dissolução de certos compostos, na formação de biomassa, na ciclagem de nutrientes e na manutenção da umidade, além da formação de reservatórios naturais.

As funções acima referidas criam condições para serem desenvolvidas várias atividades ligadas ao uso da terra. Essas atividades podem ser a urbanização (sistemas de esgotamento sanitário, suprimento de insumos para concretagem, preparo do solo para remoção de massas, etc.), agropecuária onde o recurso hídrico colabora para dessedentação de animais, condicionamento do solo para o crescimento de culturas agrícolas, que são dependentes de água em seu ciclo, e controle da temperatura do ar atmosférico.

A água que se faz presente no sistema de uso da terra através da precipitação em forma de chuva, como por meio de dispositivos mecânicos capazes de conduzir através de dutos quantidades relativamente proporcionais às necessidades das culturas, denominado irrigação. Também podemos encontrar água em reservatórios e fluxos subterrâneos, que são os aquíferos, e lençóis freáticos. Além de rios, lagos, e mares.

No que se refere a agropecuária, a disponibilidade de água ou Oferta Hídrica concorre sobremaneira para disputas pelo uso da terra, com repercussões na economia local (especialmente, valorização das terras, como sobre o meio ambiente).

Neste capítulo, procuraremos discernir como a água tem sido utilizada pela agricultura, em particular, a cultura canavieira e discutir sua importância e algumas repercussões no sistema de uso da terra da Bacia do Rio Verde.

### **5.2 Evaporação, Evapotranspiração e Balanço Hídrico.**

A forma em que a água pode ser encontrada na natureza pode ser dividida em duas: evaporação e evapotranspiração. De acordo com Tucci e Beltrame (2012), a evaporação e a evapotranspiração ocorrem quando a água líquida é transferida, neste estado, para a atmosfera.

Ainda de acordo com os autores, o processo somente volta a ocorrer no sistema mediante reingresso de energia no sistema. Esta pode proceder do sol, da atmosfera ou de

ambos, e será controlado pela taxa de energia, na forma de vapor d'água, que se propaga da superfície da Terra. (2012:255).

Primeiramente, devemos compreender a evaporação, definida como o processo físico em que um líquido ou sólido passa ao estado gasoso, muito embora façam a ressalva de que, em Meteorologia, o termo se refere exclusivamente à mudança da água do estado líquido para o estado gasoso, devido à radiação solar e aos processos de difusão molecular e turbulenta. Há outras variáveis meteorológicas que interferem na evaporação, e destacam a temperatura do ar, a pressão de vapor e o vento. Tal observamos em particular em superfícies livres de água. (2012:255).

Por sua vez, a evapotranspiração é um fenômeno sistêmico, que acontece na relação solo-planta. Ocorre quando há perda de água através da evaporação, a partir do solo quando acontece a transpiração por parte da planta. (2012:269). A importância da evapotranspiração no Balanço Hídrico de uma Bacia, e, em particular, no Balanço Hídrico Agrícola, é permitir calcular as necessidades de irrigação. (Idem).

De acordo com os autores, os solos, as plantas e a atmosfera podem ser considerados como componentes de um sistema fisicamente interligado, e dinâmico, em que vários fluxos estão inter-relacionados. Consideram ainda que a quantidade evapotranspirada diariamente é grande em comparação às trocas de água. Isto permite que se considere permanente o fluxo através da planta, em curtos períodos de tempo. (Idem).

Em diferentes pontos do sistema solo-planta-atmosfera ocorre a diferença de potencial hídrico, que ocorre quando o fluxo vai dos pontos de maior potencial para o de menor potencial, que é a capacidade de a água se mover, ou ser transportada, de um ponto a outro. Essas diferenças de potencial são proporcionais à resistência do fluxo. A menor resistência é encontrada na planta e a maior se verifica no fluxo das folhas para a atmosfera, por causa da mudança do estado líquido para vapor. (Ibidem).

A água passa para a atmosfera através dos estômatos que se situam nas folhas, esse transporte até à atmosfera também ocorre por meio do processo de difusão de vapor, que é proporcional às variações da tensão do vapor d'água. E a umidade relativa, que pode ser entendida como a relação entre a tensão real e a de saturação do vapor d'água, aumenta muito com o potencial hídrico. Ou seja, quanto mais água passa para a atmosfera em estado gasoso, mais umidade passa a haver. (2012:270). Acrescentam, ainda, que a transferência de água de uma área cultivada, onde a umidade do solo não é escassa, ocorre de acordo com a intensidade potencial, e qualquer variação acontecerá apenas por diferenças nas condições meteorológicas, o que inclui os efeitos do transporte pelo vento.

Ponderam também que o controle que a vegetação exerce é através de sua estrutura, que vai afetar o quanto reflete o brilho solar e emite de volta para atmosfera, a rugosidade e o sistema de raízes. E, à medida em que a umidade do solo diminui, a transferência de água para a atmosfera, e passa a depender também das raízes das plantas, e não apenas das condições meteorológicas. Também passaria a depender de outras características, como o estado fitossanitário das plantas, e esta condição possibilita diferenciar Evapotranspiração potencial e Evapotranspiração real. (Ibidem).

Entendemos Evapotranspiração potencial (ETP) como a quantidade de água transferida para a atmosfera por evaporação e transpiração, na unidade de tempo, de uma extensa superfície completamente coberta por vegetação de porte baixo e com um bom fornecimento de água. Por sua vez, a Evapotranspiração real (ETR) é a quantidade de água transferida para a atmosfera, por evaporação e transpiração, contudo, nas condições reais, isto é, nas condições existentes de fatores atmosféricos e umidade do solo, e que, por isso mesmo, é menor ou igual à ETP.

Todavia, apontam que informações confiáveis sobre a ETR são escassas, e difíceis de se obter, porque é preciso um longo tempo de observação e são muito caras, porque é um processo complexo, que muda muito rápido, uma vez que envolve organismos vivos, como o solo e a planta. Por outro lado, a ETP pode ser conhecida através de modelos que se apoiam em leis físicas e relações empíricas, de modo rápido e relativamente precisos. Muito embora diversas teorias relacionem ambas ETP e ETR à disponibilidade de água no solo, não há ainda uma teoria nesse sentido que seja universalmente aceita. (2012:270).

Ante ao exposto, podemos discutir o Balanço Hídrico, que provê informações sensíveis e importantes para o clima, o meio ambiente e o gerenciamento agrícola. Primeiramente, no que se refere à Evapotranspiração, o Balanço Hídrico, normalmente, é elaborado para intervalos de tempo superiores de uma semana, pois não se consegue medir todas as variáveis necessárias; os dados normalmente disponíveis são precipitação e vazão. (2012:277).

Dessa forma, ressaltamos que o Balanço Hídrico é calculado visando também ao entendimento do funcionamento do sistema e à utilização racional dos recursos hídricos. Assim, os principais componentes do Balanço Hídrico são precipitação, evaporação, evapotranspiração e escoamentos superficial e subterrâneo. (2012:279).

O Balanço Hídrico total implica em quantificar variáveis macro e seu comportamento ao longo do tempo, e então podemos estudar os seguintes fatores: (a) precipitação; (b) umidade do solo; (c) evaporação; (d) vazão. Contudo, para longos períodos de observação,



ou uma sequência de anos, a análise de tais variáveis pode ser simplificada através de valores médios. Por outro lado, se a finalidade for uma análise mais detalhada, em intervalos de tempo menores, o indicado é utilizarmos modelos matemáticos hidrológicos. (2012:280).

### **5.3 Balanço Hídrico da Bacia do Rio Verde.**

O Balanço Hídrico sequencial foi obtido no site do Instituto Nacional de Meteorologia, através de um serviço denominado Sistema de Suporte à Decisão Agropecuária (SISDAGRO). Selecionamos o período de 1º de Novembro de 2018 a 21 de julho de 2019, por ser o período em que começam as chuvas, faz-se o plantio e se prepara o solo, totalizando 266 observações.

Tabela 5 – Balanço Hídrico Sequencial da Bacia do Rio Verde

DATA	PRECIPITAÇÃO	TEMPERATURA	ARM	ETo	ETR
01/11/2018	0	24,6	64,17	3,92	3,44
02/11/2018	7,8	23,1	68,91	3,06	3,06
03/11/2018	0,2	25	65,75	3,72	3,36
04/11/2018	0	22	64,45	1,50	1,30
05/11/2018	19	22,9	75,00	1,63	1,63
06/11/2018	6,8	22,5	75,00	1,39	1,39
07/11/2018	23,6	22,4	75,00	1,65	1,65
08/11/2018	27,2	21,7	75,00	1,37	1,37
09/11/2018	4,8	21,5	75,00	1,15	1,15
10/11/2018	8	22,4	75,00	1,86	1,86
11/11/2018	16	24,6	75,00	3,15	3,15
12/11/2018	0	26	71,04	4,07	3,96
13/11/2018	0	25,7	67,31	4,04	3,73
14/11/2018	2,6	24,4	67,36	2,55	2,55
15/11/2018	0	23,7	65,56	2,03	1,80
16/11/2018	14,6	22,9	75,00	1,74	1,74
17/11/2018	35,4	22,7	75,00	2,38	2,38
18/11/2018	7,6	23,6	75,00	2,14	2,14
19/11/2018	0,2	23,5	72,93	2,30	2,27
20/11/2018	1,2	22,6	72,98	1,15	1,15
21/11/2018	5,4	21,6	75,00	1,86	1,86
22/11/2018	0,4	24,1	72,42	3,02	2,98
23/11/2018	0	24,7	68,24	4,46	4,18
24/11/2018	6	21,6	72,84	1,41	1,41
25/11/2018	37,4	22,8	75,00	2,48	2,48
26/11/2018	0,2	23,3	72,35	2,89	2,85
27/11/2018	0	24	68,48	4,13	3,87
28/11/2018	0	24,5	64,39	4,62	4,09
29/11/2018	0	24,1	61,83	3,03	2,55
30/11/2018	0	22,8	60,31	1,87	1,52
01/12/2018	11,2	22,1	69,60	1,91	1,91

Fonte: INMET.

Por motivos dimensionais, a tabela ora apresentada se restringe ao período de 1º de novembro a 1º de dezembro de 2018. Os registros dos dados são: (a) precipitação; (b) temperatura; (c) armazenamento de água no solo; (d) Evapotranspiração potencial; (e) Evapotranspiração real.

Sendo assim, observamos que a ocorrência dos maiores volumes de chuva se deu nos dias 7,8, 17 e 25 de novembro de 2018. Observamos também, que a temperatura, praticamente, não variou no período apresentado na tabela parcial, mantendo-se entre 21º C e menos de 23º C. Por outro lado, o armazenamento máximo se concentrou em 11 dias, que foi registrado perto de ter ocorrido volumes de precipitação relativamente grandes, como, por exemplo,

23, 27, 35 e 37 mm. Isto demonstra uma capacidade importante de infiltração no solo, revelando, desde logo, que os tipos de solo que ocorrem naquela Bacia são apropriados para culturas que demandam água do solo.

Dessa forma, observamos que a amplitude da evapotranspiração, no período restrito da tabela parcial, é de, aproximadamente, 4 mm diários, em média. Como vimos, não é possível fazer uma correlação com a disponibilidade de água no solo e tampouco se recomenda associar com temperatura ou chuva, isoladamente. Porém, não podemos deixar de observar que os maiores valores de Evapotranspiração ocorrem quando diminui o volume de precipitação e as temperaturas estão subindo. Isto permite inferirmos que temperaturas mais altas e pouca chuva induzem a maiores valores de evapotranspiração, que, por sua vez, tendem a ser menores, quando tais registros se invertem.

Tabela 6 – Valores mensais de variáveis selecionadas do Balanço Hídrico Sequencial

Meses (2019)	Precipitação	Temperatura (média)	Armazenamento	ETO	ETR
Janeiro	155	24,09	2.058,95	102,56	92,34
Fevereiro	164,8	24,01	2.045,65	108,28	97,56
Março	235,60	23,48	1.968,22	83,90	77,57
Abril	184	23,41	2.160,36	73,05	68,98
Maiο	88	22,52	1.945,48	64,32	55,41
Junho	15,8	21,12	1.127,45	79,03	39,35
Julho	0,2	20,41	434,26	102,30	18,72

Fonte: INMET

Pelas mesmas razões dimensionais, a Tabela 6 foi construída a partir do acumulado mensal das mesmas variáveis da Tabela 5; exceto temperatura, que foi expressa através de sua média mensal.

Da Tabela 6 depreendemos que fevereiro e março foram os meses mais chuvosos, e que as temperaturas também se aproximaram dos valores máximos; também podemos inferir que foram observados valores elevados de armazenamento de água no solo. Por fim, a Evapotranspiração assumiu seus maiores valores em janeiro e fevereiro, no caso da Evapotranspiração potencial. Podemos afirmar o mesmo no que diz respeito à Evapotranspiração real.

#### **5.4 Lâmina, infiltração, escoamento.**

Considerando as Tabelas 5 e 6, observamos dados originários e, eminentes naturais, e não há instituições influenciando seu comportamento. A Tabela 7, entretanto, apresentará uma variável, que é produto da intervenção humana na natureza, com objetivos de modificar os resultados da combinação de variáveis no sistema de uso da terra. A referida variável que será introduzida é a lâmina de água por irrigação.

Dado o breve histórico de valores apresentados nas Tabelas anteriores, podemos perceber que as chuvas na Bacia do Rio Verde são, particularmente, bem distribuídas, e as temperaturas não mostram uma variação muito grande (20° C – 24° C), assim como as demais variáveis.

Dessa forma, a irrigação na Área de Estudo é realizada ocasionalmente, e, em teoria, nos dias e na época em que há diminuição do volume de precipitação pluvial. Este tipo de irrigação é chamado de Irrigação de Salvamento. A irrigação de salvamento visa a suprir quantidades complementares de água para que a planta possa se desenvolver normalmente.

Tabela 7 – Irrigação, Infiltração e Escoamento.

DATA	Lâmina de irrigação (mm.d <sup>-1</sup> )	Infiltração acumulada (mm) após 6 h em latossolo vermelho distrófico.	Escoamento Superficial (mm) {Precipitação - Infiltração}
01/11/2018	34,4	432,6	-432,60
02/11/2018	63,5	432,6	-424,80
03/11/2018	79,9	432,6	-432,40
04/11/2018	53,5	432,6	-432,60
05/11/2018	52,5	432,6	-413,60
06/11/2018	8,7	432,6	-425,80
07/11/2018	48,5	432,6	-409,00
08/11/2018	52,5	432,6	-405,40
09/11/2018	37,2	432,6	-427,80
10/11/2018	79,7	432,6	-424,60
11/11/2018	45,5	432,6	-416,60
12/11/2018	4,1	432,6	-432,60
13/11/2018	72,5	432,6	-432,60
14/11/2018	52,3	432,6	-430,00
15/11/2018	58,4	432,6	-432,60
16/11/2018	57,8	432,6	-418,00
17/11/2018	47,3	432,6	-397,20
18/11/2018	0,5	432,6	-425,00
19/11/2018	59,6	432,6	-432,40
20/11/2018	43,4	432,6	-431,40
21/11/2018	28,4	432,6	-427,20
22/11/2018	4,3	432,6	-432,20
23/11/2018	45,8	432,6	-432,60
24/11/2018	39,2	432,6	-426,60
25/11/2018	73,3	432,6	-395,20
26/11/2018	52,0	432,6	-432,40
27/11/2018	59,7	432,6	-432,60
28/11/2018	10,8	432,6	-432,60
29/11/2018	26,4	432,6	-432,60
30/11/2018	12,5	421,4	-432,60
01/12/2018	77,9		

Fonte: INMET

A Tabela 7 demonstra os valores diários para a quantidade de água complementar aplicada ao solo para permitir que a planta absorva água o bastante para se desenvolver (Lâmina de irrigação). A infiltração, que é a capacidade que um dos tipos de solos que ocorrem na Área de Estudo, e, por fim, o escoamento superficial, que são as quantidades de água (especialmente da chuva) que não são infiltradas, isto é, absorvidas pelo solo, e, por conseguinte, se transportam por sobre a superfície até alcançarem um local onde possam ser

absorvidas, ou acumuladas e, dependendo das condições meteorológicas e climáticas, evaporadas.

A Tabela 7 permite depreendermos que a complementação de água se dá em dias de moderada precipitação pluvial e temperaturas mais altas, o que permite inferirmos que é feita uma aplicação maior que a evapotranspiração, que, novamente, é o que a planta transfere para atmosfera, talvez porque em longo prazo a cultura – no caso, canavieira – necessite de mais água; contudo, é uma decisão do produtor.

A Tabela 8 apresenta os valores médios mensais. A média é uma boa medida para a Evapotranspiração, porque esta variável não é acumulativa, ou seja, todos os dias, independentemente das condições meteorológicas, acontece tanto a evaporação como a transpiração, embora em maior ou menor proporção. Por este raciocínio, a lâmina de irrigação também deve ser observada através da média, porque, como explicado anteriormente, trata-se de uma complementação hídrica, e, portanto, é aplicada com o objetivo de repor o que a planta, ou melhor, o sistema “perde” para a atmosfera, também diariamente. Igualmente, não faz nenhum sentido determinar a soma para o escoamento superficial, por, pelo menos, duas razões: (a) estoque de água que não se infiltra mas não é transportada, empoçamento; (b) dado o relevo da área, e as declividades, embora pequenas, não se espera que o empoçamento das águas atinja valores significativos.

Tabela 8 – Médias mensais.

Meses (2019)		Lâmina de irrigação (mm.d <sup>-1</sup> )	Infiltração acumulada (mm) após 6 h em latossolo vermelho distrófico.	Escoamento Superficial (mm) {Precipitação - Infiltração}
Janeiro		38,0	432,6	-427,3
Fevereiro		38,7	432,6	-424,2
Março		33,0	432,6	-426,7
Abril		42,9	432,6	-429,7
Mai		38,6	432,6	-432,1
Junho		43,9	432,6	-432,6
Julho		39,1	432,6	-432,6

Fonte: INMET.

A Tabela 8 consiste dos valores médios das três variáveis estudadas nesta seção. Como dito anteriormente, após cessar a precipitação pluvial, poderemos constatar a quantidade de água que foi absorvida pelo solo, processo conhecido como infiltração. A infiltração é uma

característica principalmente do tipo de solo da área observada, mas, pode variar conforme outras características como relevo, declividade, obstrução de outros materiais na região causando algum represamento, entre outros. Pode variar também em cada talhão, isto é, em cada área plantada dentro do mesmo terreno, em área contígua. Além de considerável porção desses solos em áreas de plantação estarem em propriedade privada, o que torna a medição por um órgão governamental impraticável e também não estão disponíveis tecnologias de imageamento por satélite, cujos sensores sejam capazes de realizar a leitura do espectro de cores, que identifique níveis de infiltração. Além disso, nessa hipótese, haveria ainda o obstáculo de nuvens, que por refletirem sinais satelitários, poderiam prejudicar tais leituras à distância, ou, mais apropriadamente, telemetrias.

Por isso mesmo, tal como acontece no caso da Evapotranspiração real, discutido no item 2 deste capítulo, não é tão simples medir sob as diversas condições existentes, o nível de infiltração do solo, daí porque se deve confiar em modelos experimentais para deduzir a quantidade de água que se infiltrou no solo. Uma representação prática dessa condição é uma ampla área com solos agrícolas expostos, que apresenta tendência de transferir muito mais água disponível no solo para a atmosfera.

Nesse sentido, colhemos dados de Bono e seus colaboradores (2012), que realizaram um estudo para o sudoeste dos Cerrados, sob diferentes usos e manejos, onde ocorre o mesmo tipo de solo da Área de Estudo do presente trabalho. Os valores a que chegaram foram, então, replicados para o modelo utilizado nesta Tese, que é de 432,6 mm.

Foram associados dados obtidos no Balanço Hídrico Sequencial (INMET), que, juntos, permitem uma visão particular de como se comportam as relações hídricas na Bacia do Rio Verde, conforme observado na Tabela 8.

Ao verificarmos os indicadores de escoamento, notamos um valor negativo, cujo módulo, em valor absoluto, é elevado. A leitura mais apropriada é que aqueles solos possuem uma capacidade de absorver água maior que o volume de precipitação pluvial que ocorre. Porém, somente com um manejo com problemas sérios é que se espera que ocorra escoamento na área de estudo.

Ante ao exposto, podemos depreender que a área permaneceu com água disponível em seus solos a maior parte do tempo registrado no intervalo. Isto acrescenta uma oferta hídrica incremental, especialmente, para as culturas que possuem demanda elevada.

Essas podem ser consideradas as condições iniciais para o Sistema de uso da terra na Bacia do Rio Verde.

Considerando, todavia, um período mais amplo, é possível obtermos uma noção de como a mudança do uso da terra pode ter se refletido nas condições da Bacia. Assim, a Tabela 9, com variáveis selecionadas, apresentará as médias anuais históricas das *entradas* e *saídas* do sistema de uso da terra, nomeadamente: a precipitação pluvial, a média das temperaturas máximas, a médias das máximas da umidade relativa do ar, a evaporação anual média, e os volumes médios de evapotranspiração, para cada estágio fenológico das culturas havidas naquela Bacia, e, calculadas, evidentemente, por métodos diferentes por causa de seus objetivos.

Os dados primários foram coletados a partir dos registros da estação meteorológica nº 83470, instalada na cidade de Rio Verde, sudoeste do estado de Goiás, abrangida pela Região de Planejamento Sul Goiano. Por serem estações antigas e com falhas no registro dos dados, foi necessário aplicar um Algoritmo de Preenchimento de falhas de chuva, que opera com alguns métodos, como interpolação de vizinhança

Tabela 9 – Relações Hídricas com variáveis selecionadas: 1980-2016



Ano	Precipitação	tmax	urmax	CC	Evap	ETo_BlaneyCridle	ETo_hargreaves	ETo_PenmanMonteith	ETo_PenmanMonteith2
1980	4,09	29,46	67,26	4,74	3,98	5,75	4,37	3,86	3,44
1981	4,55	29,28	67,60	5,24	4,09	8,90	4,36	4,04	4,27
1982	5,13	29,03	69,48	5,54	3,71	8,77	4,29	3,87	4,09
1983	5,63	28,98	70,42	5,24	3,32	8,30	4,26	3,77	3,86
1984	4,2	29,5	66,6	4,6	3,8	9,2	4,4	4,0	4,2
1985	4,1	29,8	64,4	5,1	4,3	9,5	4,7	4,1	4,2
1986	4,1	29,8	64,4	5,1	4,3	9,5	4,7	4,1	4,2
1987	3,9	29,8	71,4	5,1	3,2	10,4	4,6	3,9	4,4
1988	2,0	31,9	65,1	5,4	3,8	13,1	6,5	5,1	5,3
1989	2,0	31,1	67,9	6,2	3,5	12,7	4,9	4,2	5,1
1990	2,0	31,3	79,5	6,3	3,3	12,8	5,1	4,4	5,2
1991	2,6	30,68	93,40	0	0	12,38	4,22	4,01	5,21
1992	4,0	30,7	93,4	0	0	12,4	4,2	4,0	5,2
1993	8,0	30,7	93,4	0	0	12,4	4,2	4,0	5,2
1994	8,1	30,7	93,4	0	0	12,4	4,2	4,0	5,2
1995	8,5	30,7	93,4	0	0	12,4	4,2	4,0	5,2
1996	7,4	29,76	79,11	5,14	5,55	10,15	4,37	3,89	4,31
1997	4,1	30,0	64,6	4,8	4,7	8,7	4,5	4,1	4,1
1998	3,8	30,7	65,0	4,9	4,8	8,6	4,7	4,3	4,2
1999	3,2	30,3	60,9	5,1	5,3	9,4	4,7	4,1	4,0
2000	6,1	29,7	65,4	5,2	4,4	8,8	4,5	4,0	3,9
2001	4,0	30,0	66,0	5,3	4,5	8,9	4,8	4,2	4,0
2002	3,6	30,6	61,2	5,4	5,5	9,4	4,6	4,5	4,6
2003	4,3	29,7	64,2	5,4	5,1	9,0	4,6	4,1	4,0
2004	5,2	29,6	65,2	5,6	4,9	8,9	4,6	4,1	4,0
2005	4,2	29,8	66,2	5,9	4,8	8,5	4,4	4,1	4,1
2006	4,6	29,6	66,3	5,6	4,5	8,7	4,8	4,2	4,1
2007	4,0	30,6	60,8	4,9	5,6	9,6	5,4	4,7	4,5
2008	4,8	30,0	63,4	5,4	4,8	9,0	4,8	4,3	4,2
2009	4,8	29,8	66,7	5,7	4,1	8,6	4,4	4,0	4,0
2010	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1
2011	4,5	29,9	65,5	5,3	4,5	9,6	4,7	4,2	4,3
2012	4,5	30,4	64,3	5,3	5,8	9,6	4,8	4,3	4,2
2013	4,81	30,6	66,02	5,55	4,98	9,47	4,81	4,29	4,31
2014	5,5	30,8	67,9	4,9	7,1	9,8	4,9	4,2	4,1
2015	4,42	30,6	65,98	4,82	8,30	9,47	4,78	4,03	3,91
2016	4,16	30,78	79,23	4,98	4,25	10,91	4,40	3,93	4,50

Fonte: Balanço Hídrico INMET corrigido pelo Algoritmo de Preenchimento de Falhas

Ao examinarmos as variáveis selecionadas na Tabela 9, observamos uma peculiar estabilidade hídrico-climática na Bacia nos 36 anos de observações através das estações pluviométricas.

As temperaturas variaram dentro de um intervalo entre 29° C e 31° C, mas, o ano 2010 deve ser considerado um *outlier*, por conter muitos erros de coleta de dados e não ter sido possível interpolar com vizinhança, e, portanto, são valores incongruentes; devendo, pois, ser desconsiderado.

Entretanto, as chuvas foram maiores entre 1993 e 1996, e nos anos subsequentes voltaram aos níveis que variavam no intervalo entre 4 e 5 mm, em média, revelando chuvas bem distribuídas. Esses fatores contribuíram para que a média alcançasse valores inferiores foram meses de estiagem e com baixo volume de precipitação, que predominaram nos respectivos anos. A umidade relativa do ar também se manteve estável, sem maiores considerações a serem feitas.

A Capacidade de Campo, que é o nível de umidade do solo bastante para que as culturas comecem o seu ciclo, também se manteve estável, revelando que ter havido permanentemente condições de crescimento de culturas como grãos, por exemplo, que predominam naquela área, o que atraiu muitos produtores.

Particularmente, para as culturas irrigadas, o estudo da Evapotranspiração é muito importante, especialmente, porque corresponde à quantidade de água que deverá ser aplicada artificialmente, com o objetivo de reposição.

Dessa forma, existem diferentes métodos para se estimar esta variável, e, embora não seja possível afirmar, cada um dos valores apresentados nas colunas sobre a Evapotranspiração pode ter sido a base para se estimar a Evapotranspiração Real, em cada estágio fenológico das plantas.

O método de cálculo de Evapotranspiração Blaney-Criddle utiliza somente dados de temperatura; por outro lado, o método Hargreaves utiliza a temperatura do ar e amplitude térmica para, preferencialmente, clima seco; e o método Penman-montieth, baseado nas resistências ao transporte de umidade da superfície para a atmosfera sofreu algumas adaptações, e é empregado pela ONU.

Dessa forma, as anotações nas quatro colunas sobre Evapotranspiração mostram haver uma estabilidade, o que permite boa previsão no planejamento da irrigação, que, como será visto, no próximo capítulo, depende também da tecnologia utilizada para este fim.

Diante disso, a Área de Estudo se transforma em uma área concorrida para a produção agrícola, o que leva a conflitos de uso, que trataremos no próximo capítulo, e mudança do uso da terra envolvendo pastagem, agricultura e floresta. Os problemas passam a ser, a partir deste quadro, relacionados à produtividade e à viabilidade econômico-financeira dos projetos agropecuários em uma região de Cerrado antropizado.

No capítulo 6 discutiremos as mudanças no uso da terra, os conflitos por seu uso e os métodos de irrigação.

## Capítulo 6 – Resultados: Monitoramento: Mudança do Uso da terra.

### 6.1 Mudança de Uso e Cobertura da terra: 1984-2005-2018.

A primeira fase do processo de Mudança de Uso e Cobertura estudado no presente trabalho se estende até ao ano de 1984. No mapa de Cobertura e Uso, representado na Figura 16, podemos observar áreas de Cerrado, Cerrado Denso, Cerrado Típico, Cerradão e mata de galeria. Observamos também focos de queimada, bem como uma agricultura incipiente e uma área de solo agrícola exposto.

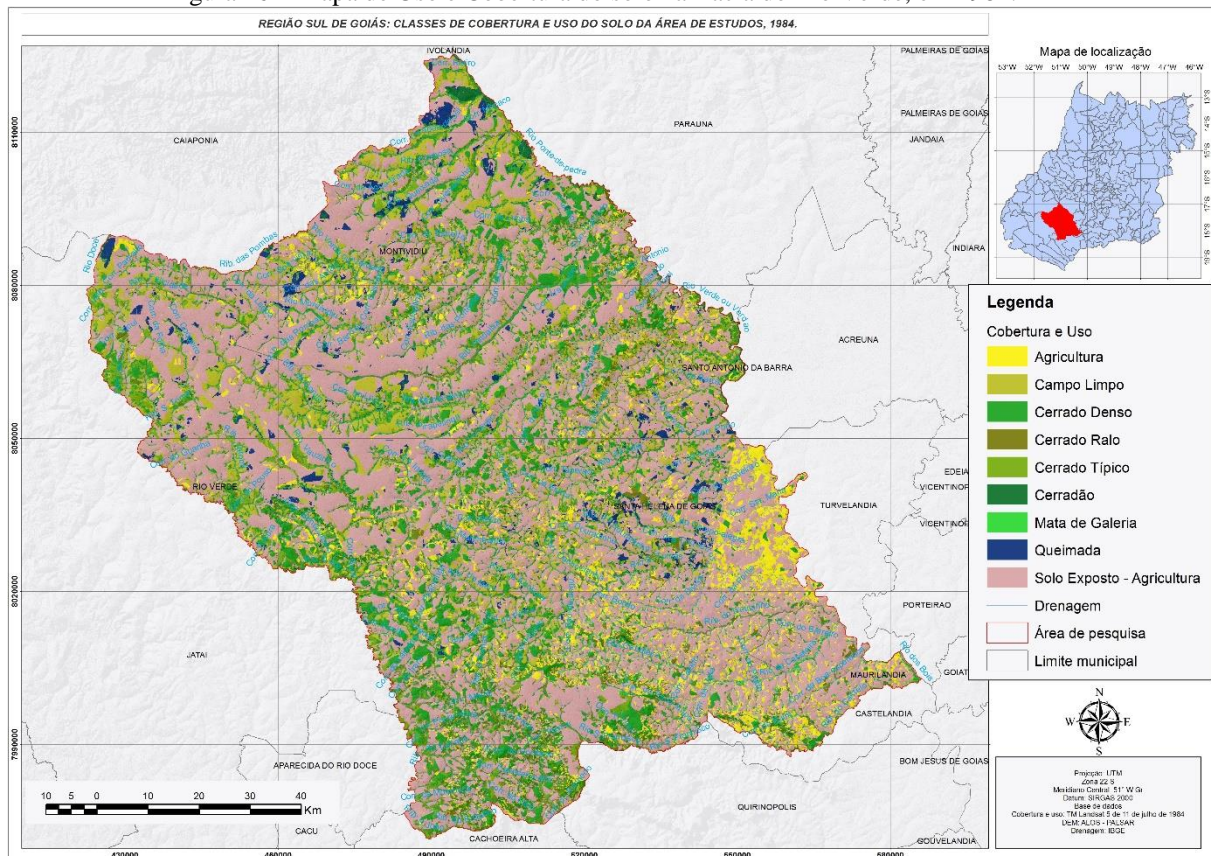
A partir deste ponto, é importante termos em mente que a classe solo agrícola exposto não significa, necessariamente, desmatamento: as imagens foram coletadas no período da entressafra e o solo está sendo preparado para novos plantios.

O resultado dos processos históricos que os mapas exprimem é o conflito pelo uso da terra entre as culturas, a partir da remoção da cobertura vegetal e florestal típica do Cerrado.

#### Quadro 1 - Sistema órbita-ponto da imagem do LandSat 5 para o Mapa de Cobertura e Uso em 1984.

Imagem	Órbita	Ponto	Data
LT05_L1TP	2222	072	06-05-1984
LT05_L1TP	2222	073	11-07-1984
LT05_L1TP	2222	072	08-10-1984
LT05_L1TP	2222	073	08-10-1984

Figura 16 – Mapa de Uso e Cobertura do solo na Bacia do Rio Verde, em 1984.



Fonte: TM Landsat 5, de 11 de julho de 1984.  
 Elaborado pelo Nunes, Elizon D.

Primeiramente, o período observado ainda abrange os movimentos da “Expansão da Fronteira Agrícola”, como visto no Capítulo 3. Este processo de ocupação de áreas no Centro-Oeste, e, em Goiás, particularmente, por agricultores com experiência no uso de tecnologias e formas de manejo em outros pontos do território nacional, especialmente, as regiões Sul e Sudeste, considerados o centro dinâmico da economia brasileira. Como vimos, este é um processo que vem desde, pelo menos, a década de 1970 e culmina com a ocupação do Cerrado.

O autor do modelo explicativo acima referido anota que “esses agricultores trabalham principalmente com o diferencial de preços das terras na região. Principalmente pelo fato de comprarem terras que não eram aproveitadas pela agricultura tradicional: os chapadões.” (Miziara, 2009).

Miziara (2009) detalha que se por um lado temos uma ocupação de núcleos antigos que vem desde o fim da mineração, por outro temos uma incorporação de terras ao processo produtivo que continua ao longo de todo século XX, caracterizado pela ocupação no sentido

Sul – Norte. Assim, as regiões do estado situadas mais próximas aos centros dinâmicos da economia nacional são primeiramente ocupadas, e as regiões ao norte do território goiano somente serão plenamente ocupadas nas décadas de 70 e 80. Observa, ainda, que a pecuária é o elemento central no uso da terra: enquanto as pastagens ocupavam cerca de 70% das áreas disponíveis, de modo lento as lavouras temporárias aumentavam a sua participação, que o autor tributa à consolidação da infraestrutura de transportes. (2009:10). Contudo, nada disso autoriza afirmar que as imagens contidas no Mapa 1 sejam resultado do processo de “Expansão de Fronteiras”.

O crescimento populacional passa a ser relacionado às transações com terras; nesse sentido, as vendas de terra registradas em cartório nos municípios que ostentaram as maiores taxas de crescimento populacional foram relativamente pequenas. Este levantamento foi feito nos cartórios de Goiás, Rio Verde e Morrinhos.

O referido levantamento mostra ainda que essas transações em Rio Verde tiveram participação significativa de outros estados, principalmente Minas Gerais, São Paulo e Santa Catarina e que “do total investido em terras, 42% foram oriundos de fora do município”. (Idem). Todavia, todo esse processo aconteceu em período muito anterior ao processo de “Expansão de Fronteiras”, pois se deu entre 1850 e 1910.

Não podemos falar em um processo adjacente, mas, sim um processo anterior. Uma espécie de pioneirismo na abertura de frentes agrícolas, visto que mesmo hoje em dia há apenas manchas urbanas (Mapa Cobertura e uso, Figura 7).

A mudança do uso da terra na região traduzida através da remoção de vegetação nativa do Cerrado por culturas agrícolas, mesmo em pequena escala, está associada e pode ser explicada justamente pelo aspecto logístico, como as ferrovias e, mais tarde, o automóvel.

Dessa forma, não há comunicação entre os dois processos, porém, por ser uma região que, como será visto logo a seguir, só foi “descoberta” (sic) no início do século XXI, pode ter iniciado seu processo antes.

Portanto, os processos históricos foram mutuamente influenciados e pode ser que tenham se encontrado muito mais tarde, ou seja, houve um pequeno processo de “expansão de fronteiras” na Bacia do Rio Verde, que começou no século XIX, mas que pode ter ficado despercebido.

A segunda fase do processo de mudança de uso e cobertura do solo não pode ser dissociado de um contexto muito mais amplo, complexo e abrangente, que, em verdade, são dois processos diferentes, independentes, mas que acabaram se somando para produzir o resultado apreciado: (1) fixação do nitrogênio na raiz da soja e (2) a “agroindustrialização”.

O primeiro processo permitiu o desenvolvimento da cultura nos solos do Cerrado, atraindo assim maior número de produtores e aumentando os investimentos na região. E a instalação da agroindústria – ou como preferem alguns, dos Complexos Agroindustriais, permitiu a formação de cadeias produtivas com o fornecimento, então, não apenas de matérias-primas, mas, também de máquinas e serviços de tecnologia, e de comercialização.

## **6.2 Fixação do Nitrogênio**

De acordo com Brasil (2016), A cientista tcheca naturalizada brasileira Johanna Döbereiner empreendeu na década de 1960 uma pesquisa que mudou o panorama da agricultura nacional e economizou bilhões para o país. A equipe liderada por Johanna desenvolveu um modo de a soja obter nitrogênio e fixá-lo no solo. Macronutriente considerado fundamental para o desenvolvimento de plantas, o nitrogênio tinha de ser aplicado em grandes quantidades para viabilizar plantações, especialmente no Cerrado brasileiro.

A tecnologia aprimorada pela pesquisadora conhecida como fixação biológica de nitrogênio (FBN) viabilizou a expansão da agricultura no Cerrado, além de poupar bilhões de dólares ao Brasil em importações do insumo. (Idem).

Segundo Hungria, Campo e Mendes (2001), as plantas absorvem mais facilmente os fertilizantes nitrogenados, porém há problemas de ordem energética e ambiental, porque são gastos seis barris de petróleo por tonelada de  $\text{NH}_3$  produzido, além da poluição gerada. Notam igualmente que sua baixa eficiência é notória para as plantas, pois raramente ultrapassam 50%; a outra metade é perdida em função da lixiviação, da desnitrificação, e volatilização. Os fertilizantes nitrogenados ainda podem contaminar os aquíferos, causando sérios riscos de saúde à população.

Fageria (1989) ensina que a fixação deste nitrogênio pode ocorrer de maneira biológica e não biológica. A biológica ocorre de duas maneiras, a primeira é a simbiótica que ocorre com as bactérias do gênero *Rhizobium* em simbiose com plantas leguminosas durante o seu crescimento. A segunda é a assimbiótica e essa fixação se dá por bactérias de vida livre no solo, no entanto a quantidade fixada por essas bactérias não são expressivas, a fixação não biológica de nitrogênio ocorre devido a descargas elétricas, combustão e vulcanismo. (FAGERIA, 1989).

De acordo com Fageria (1989), a primeira etapa da formação dos nódulos é a liberação de produtos químicos pelas raízes na zona do sistema radicular da planta, e isso atrai as bactérias fixadoras. O principal produto químico é o triptofano. A fixação se dá por uma

estrutura especializada, o nódulo, que é o enrolamento do pelo radicular envolvendo as bactérias em seu interior.

A inoculação e a reinoculação são práticas essenciais no processo de fixação, pois os solos de cerrado originalmente não possuem tais bactérias, contudo após alguns ciclos, principalmente no sistema de plantio direto (SPD) é estabelecida uma população dessas bactérias no solo, mas nem sempre essa população é suficiente, e por isso a necessidade da inoculação e da reinoculação. Os nódulos têm em média de 8 a 10 semanas de ciclo, porém somente a partir da segunda semana é que eles começam a fixar nitrogênio utilizando-se dos carboidratos da planta hospedeira. (FAGERIA, 1989).

De acordo com Beulter & Centurion (2004), o desenvolvimento do sistema radicular é condição *sine qua non* para uma boa fixação de N. “A melhor distribuição do sistema radicular na condição de solo solto está relacionada a maior porosidade e menor impedimento mecânico ao desenvolvimento radicular”.

Segundo Vargas *et al.* (1994), a expansão da soja nos Cerrados se iniciou no ano de 1973, motivada pelo aumento de preços no mercado internacional. Contudo, as primeiras tentativas malograram, em virtude da má nodulação das plantas. E isso se deveu a dois fatores: a variedade IAC-2, que era a utilizada em solos de Cerrado de primeiro cultivo, apresentou alta especificidade hospedeira; e também foram frustradas devido a baixas doses de inoculante, cujas quantidades eram semelhantes às aplicadas no sul do Brasil. Depois, em 1979, foram lançadas estirpes capazes de estabelecer uma simbiose com a variedade IAC-2, que eram a 29 w e a 587. (1994:15).

Embora a literatura não se refira desta maneira, mas, sim, pode-se dizer que houve outra fase da expansão da soja para o Cerrado, a partir de 1980, quando os inoculantes comerciais passaram a conter apenas as estirpes 587 e 29W; e quanto à estirpe 566, que, originariamente, fora obtida a partir do inoculante americano, que era produzido pela firma *Dixie Inoc*, foi utilizada em inoculantes brasileiros até 1978. Por fim, anotam que sua ocorrência em solos onde nunca antes havia sido introduzida pode ter sido transportada, principalmente, por sementes oriundas do sul do país, região tradicional de cultivo, entre outros vetores diretos. (1994:35).

Antes de encerrarmos este tópico, é importante observarmos como esse movimento está dissociado do “Expansão de Fronteiras”; e tão pouco pode ser relacionado com o movimento mais antigo propiciado pela chegada dos modais.

Portanto, trata-se de um **bólido** que está se formando, e que vai se somar aos vetores da agroindustrialização, permitindo seu reforço com o aparecimento de agentes econômicos



com mais capacidade de financiar seus investimentos e poder de encadeamento, como as agroindústrias.

### 6.3 A Agroindústria

O processo de formação dos Complexos Agroindustriais ou Agroindustrialização resulta de outro processo, que é a modernização agrária, que, talvez remonte à década de 1930, após a crise do modelo primário-exportador. Entretanto, para fins históricos, a conformação específica dos Complexos Agroindustriais se deu na década de 1970.

Kageyama. (1990) explica que foi concluída a implantação do DI industrial, que é Departamento de bens de capital e insumos para a agricultura, ou a industrialização de base. A existência dos CAI's pressupõe, logicamente, a presença no mínimo de dois setores integrados - agricultura (industrializada) e o industrial. Este representado pelas indústrias de insumos e processadoras, sendo as últimas possuidoras de maior ascendência sobre a agricultura. Várias indústrias de equipamentos mecânicos de diversos tipos tiveram importante papel sobre o setor agrário, inclusive com intensas repercussões regionais. Segundo Kageyama (1990:151):

“A história das empresas fabricantes de implementos, mais do que a de tratores e colhedoras, desenvolveu-se num espaço acentuadamente regional como uma espécie de proteção, permitindo que a mecanização atingisse áreas que não atingiria, pelo menos tão precocemente.” (Kageyama, 1990).

Para Wilkinson (2009), a agroindústria brasileira pode ser entendida como agricultura, insumos, maquinaria e serviços agrícolas, bem como as atividades de pós-colheita, processamento e distribuição e dispõe de um dos maiores e mais dinâmicos mercados domésticos. Embora descrito como um setor tradicional, o seu crescimento se deve em grande parte a uma maior intensidade de CT&I, seja na genética, na maquinaria, nos processos industriais ou na logística. O setor se destaca pela sua integração na economia de serviços no aumento de consumo fora de casa, gerando um setor de alimentos-serviços em forte expansão e na integração com a gastronomia e o turismo. Esse crescimento é associado ao avanço da fronteira agrícola e à adoção de novas economias de escala tanto na agricultura quanto nos setores industriais a montante e a jusante. Passou por uma acelerada transnacionalização das suas empresas líderes, sobretudo nos seus segmentos industriais, mas que agora se estende para a agricultura. No entanto, esse crescimento também permitiu a transformação de empresas brasileiras regionais em nacionais e que agora acenam para o desafio de transnacionalização. Por outro lado, o setor deve muito ao dinamismo da sua agricultura familiar. A isso soma-se também a crescente atuação de micro e pequenas

empresas em novos nichos de qualidade tanto no mercado doméstico quanto nas exportações.

Entre os investimentos das agroindústrias na região, podemos, por exemplo, destacar a inauguração do Centro de Difusão Genética da SADIA, tanto no município de Videira, em SC; e Rio Verde, GO para inseminação artificial, em 1998; e, em 2001, a ampliação das operações no Complexo de Rio Verde, GO.

Em 1996, a Perdigão S.A. se instalou na cidade de **Rio Verde**, que, àquela altura, já era uma grande produtora de soja e milho, além de outras potencialidades. Em 2003, inaugurou o Complexo Agroindustrial de Aves e Suínos, ou *Cluster*, na cidade. Foram realizados investimentos de R\$ 700 milhões. Produzindo cerca de 60 mil toneladas de frango e 30 mil de suínos, além de 90 mil toneladas de produtos industrializados por ano. O agronegócio avícola de corte de Goiás apresenta maior dinamismo na microrregião sudoeste e está mais concentrado em dez municípios: Rio Verde, **Aparecida do Rio Doce**, Montividiu, Santo Antônio da Barra, Santa Helena de Goiás, Maurilândia, **Quirinópolis**, **Cachoeira Alta**, Castelândia e **Jataí**. **Os municípios em negrito pertencem à área de estudo do presente trabalho.**

A estratégia empregada foi integrar os produtores a fim de ter fornecimento garantido de milho e soja, sorgo e outros grãos, cujos custos são mais baixos na região.

Estão presentes na região Sudoeste do estado de Goiás, fabricantes como GSI, Casp, Plasson, Tecnoesse e Big Dutchman, cujos produtos são de alta qualidade e impulsionam a demanda por uma agricultura moderna e competitiva.

Também no sul de Goiás, na cidade de Catalão, houve uma disputa por uma mina de fosfato entre Fosfertil- Fertifós, Companhia Vale do Rio Doce e Grupo Sul América. A exploração de uma nova mina de fosfato em Catalão (GO), conhecida como área 5, com reservas estimadas em 27 milhões de toneladas, foi negociada entre a Fosfertil e Copebrás, que concordaram em estudar a exploração comum da mina. O governo de Goiás deu apoio, porque tem interesse na instalação de fábricas de matérias-primas e misturadoras de adubo. (Lima, 2003). Na jazida que foi o pivô da disputa acirrada de Copebrás e Fosfertil, o teor de óxido de fósforo beira os 12% e o minério de apatita (que contém o fosfato) encontra-se mais próximo da superfície barateando o custo de exploração. (Idem).

Em 2000, as empresas brasileiras importaram 88% dos fertilizantes potássicos e 58% dos nitrogenados. Os principais mercados fornecedores de matérias-primas ao Brasil são a Rússia e os Estados Unidos para nitrogenados, e Rússia e Canadá para potássicos. Com um pouco mais de recursos naturais, as indústrias brasileiras adquiriram no mercado externo

43,1% dos produtos à base de fosfato, através dos fornecedores norte-americanos e africanos. Com maior potencial em fosfatos, os investimentos das indústrias nacionais concentram-se neste mercado. A rocha fosfática, principal matéria-prima para produzir fosfatos, é explorada no País pela Bunge Fertilizantes, Copebrás e Fosfértil/Ultrafértil. O domínio de novas jazidas de fosfato no Triângulo Mineiro e em Goiás é estratégico para os planos de expansão do processamento de matérias-primas de fertilizantes destinados ao crescente mercado formado pelo salto na agricultura dos cerrados do Brasil Central. (Lima, 2003).

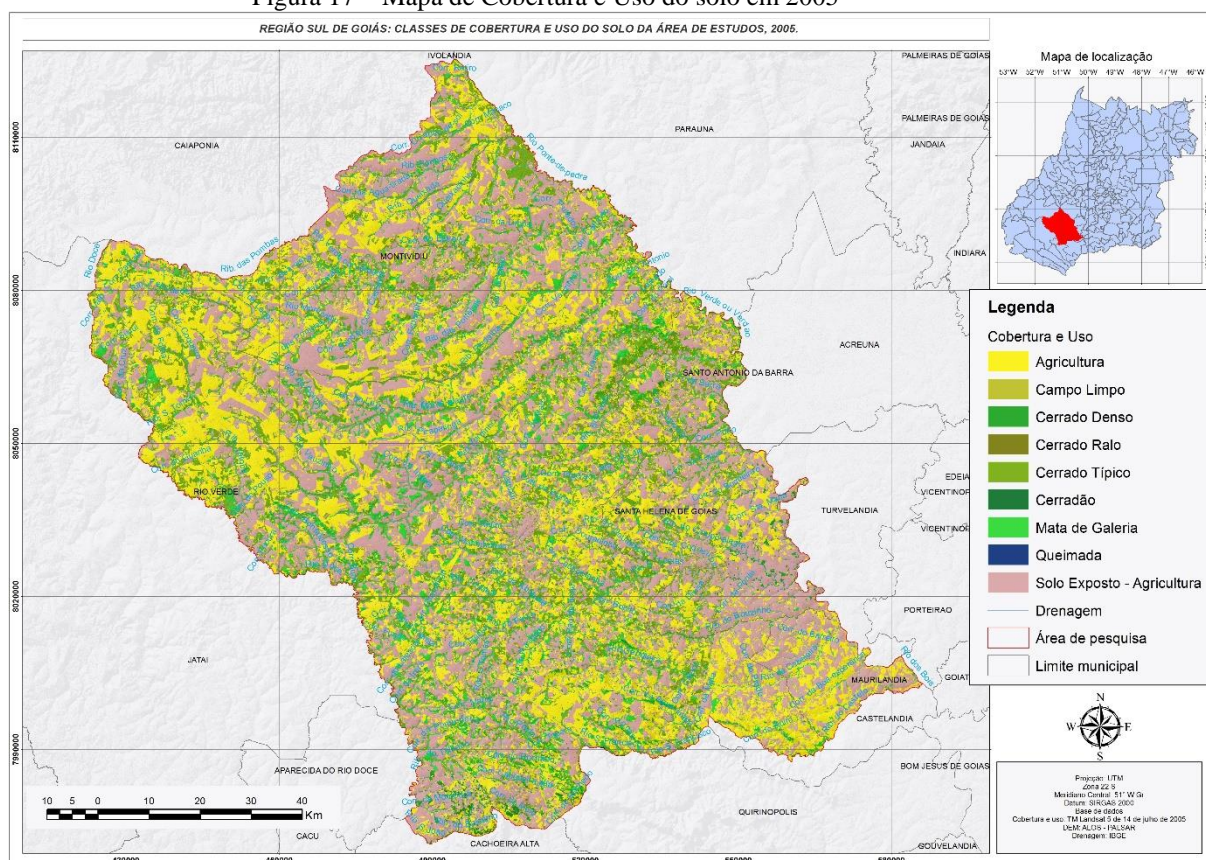
O período inaugurado no ano 2000 ficaria conhecido como o super ciclo de alta de preços das commodities, ou, simplesmente, *boom das commodities*. Este qualificativo traduz uma combinação de aumento de demanda, especialmente, por parte da China, com consequente alta nos preços internacionais de minério, petróleo e produtos agrícolas, com a perda de valor do dólar frente às principais moedas conversíveis no mundo.

Em 2008 uma crise financeira e de liquidez no mundo, conhecida como crise do *Sub-prime*, interrompeu ganhos financeiros de muitas companhias exportadoras, entre elas a SADIA, com repercussões de imediatos efeitos. Os reflexos da dinâmica descrita acima se fazem presentes na espacialização do aumento da cobertura agrícola representado no mapa da Figura 17.

Quadro 2 - Sistema órbita-ponto da imagem do LandSat 5 para o Mapa de Cobertura e Uso em 2005.

<b>Imagem</b>	<b>Órbita</b>	<b>Ponto</b>	<b>Data</b>
LT05_L1TP	2222	072	03-06-2005
LT05_L1TP	2222	073	03-06-2005
LT05_L1TP	2222	072	12-06-2005
LT05_L1TP	2222	073	14-07-2005

Figura 17 – Mapa de Cobertura e Uso do solo em 2005



Fonte: TM Landsat 5, de 11 de julho de 2005. Elaborado pelo Nunes, Elizon D.

A esta altura, não há dúvidas de que as Corporações empresariais, através de suas estratégias e capacidade de investimentos, são o vetor de mudança do uso da terra. Não há elementos que autorizem afirmar que seu avanço se dê em conflito com normativas que orientam as políticas públicas projetadas para proteger o meio ambiente; porém, é de se admitir que tais normas sejam respeitadas, porque são empresas que possuem em seus Relatórios Anuais e outros documentos da diretoria de Relações Institucionais e com Investidores, o capítulo Sustentabilidade e informem sobre Gestão Ambiental, mesmo porque são exportadoras e ficam sujeitas a barreiras não-tarifárias, entre elas, a ambiental.

De todo esse conjunto, a BRF (SADIA & PERDIGÃO; depois, só PERDIGÃO, que, por sua vez, em 2008, comprou a SADIA) parece se destacar. Sendo assim, seus resultados afetam a dinâmica da região sob vários aspectos, inclusive o uso da terra.

Dessa forma, a partir da *Debaclé* de 2008, toda a cadeia produtiva vem sofrendo os efeitos e reflexos do apogeu do ciclo de supervalorização das *commodities*, e dos efeitos das

variações cambiais no Sistema Financeiro Internacional. Nesse caso, por mais que empresas grandes que não apostaram nos contratos futuros em dólar, e no sistema de *Hedge* com sua peculiar variante para aqueles casos, tenham ficado preservadas dos problemas de insolvência e de endividamento, acabaram afetadas no curso do tempo devido à interdependência entre fornecedores, clientes e concorrentes.

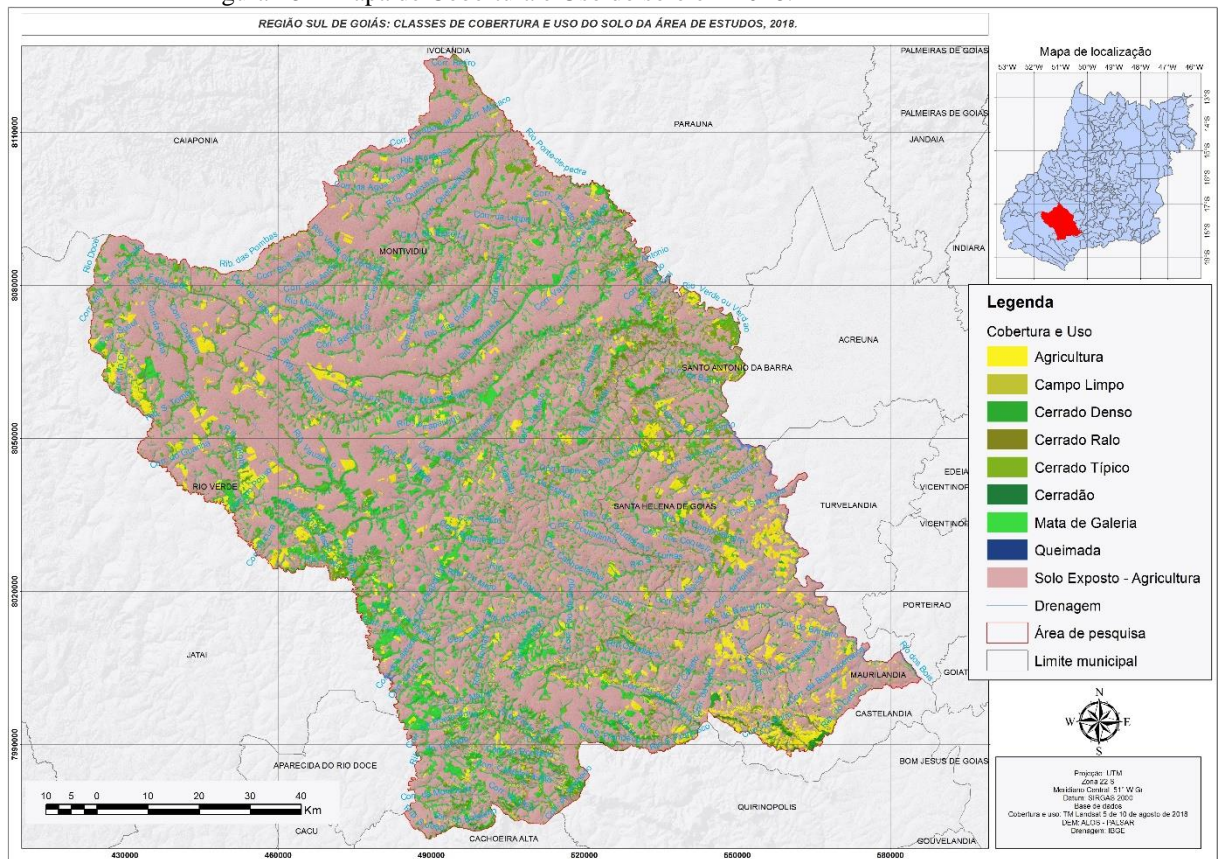
Visto desta forma, desde 2016, os Relatórios Anuais vêm apresentando variações negativas na Receita e nos lucros da BRF (PERDIGÃO), e, em 2017 e 2018, respectivamente, seus balanços indicam prejuízos muito graves.

Essa perspectiva pode influenciar a redução da cobertura vegetal de produtos agrícolas, especialmente milho, soja e cana de açúcar, como se vê na Figura 18 representando o Mapa de 2018.

**Quadro 3 - Sistema órbita-ponto da imagem do LandSat 5 para o Mapa de Cobertura e Uso em 2018.**

<b>Imagem</b>	<b>Órbita</b>	<b>Ponto</b>	<b>Data</b>
LC08_L1TP	2222	072	10-08-2018
LC08_L1TP	2222	073	10-08-2018
LC08_L1TP	2222	072	19-08-2018
LC08_L1TP	2222	073	19-08-2018

Figura 18 – Mapa de Cobertura e Uso do solo em 2018.



Fonte: TM Landsat 5, de 10 de agosto de 2018. Elaborado pelo Nunes, Elizon D.

O Mapa da Figura 18 revela, praticamente, o resultado da convergência dos processos anteriores. Sobretudo, revela os conflitos de usos da terra e o avanço da cana de açúcar sobre áreas de menor aptidão e solos que não são tão aptos para seu cultivo.

Existe uma forma de conflito na região, que é a organização dos produtores de grãos, especialmente, que, com apoio de autoridades públicas, conseguem inibir o avanço da cana de açúcar nas áreas do município de Rio Verde, contudo este fenômeno pode ser explicado melhor pela teoria das Redes de Poder (Souza, 2013).

A razão para o conflito são as características climáticas da região, pois, para o cultivo agrícola, em geral, e, da cana de açúcar, em particular, há um período com boas condições pluviométricas para o plantio, que costuma começar em setembro e vai até dezembro; e outro, entre maio e agosto, que é utilizado como uma espécie de *janela*, quando são aplicadas

lâminas de irrigação, o que permite maior produtividade, e, em alguns casos, mais de uma safra por ano.

Podemos afirmar então que há condições para a Agricultura Extensiva, dado o relevo, as condições climáticas, a disponibilidade de terras com aptidão agrícola, e grandes áreas com solos agrícolas; e também há condições para a Agricultura Intensiva, que é quando se aproveita o intervalo de tempo para o emprego de tecnologias de irrigação, permitindo resultados como mencionado acima.

Nesse sentido, de acordo com a Caracterização Climática do Estado de Goiás, as chuvas são bem distribuídas na Área de Estudo, costumam começar antes, e cessam mais tarde, algumas vezes, nos primeiros meses do ano subsequente.

Tabela 10 - Índice Pluviométrico Mensal para as cidades da Área de Estudo, exceto Santa Helena (mm).

Cidades	Maio	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
Rio verde	47,4	15,2	5,4	13,7	45,7	189	295,1	310,2
Santo Antônio	24,7	13,1	13,3	17,5	50,1	124	214,2	263
Maurilândia	38,4	7,5	2,6	20,7	41,9	137,7	214,4	314,8
Montividiu	42,3	20,1	9,1	20,2	36,1	126,7	181,3	251,5

Fonte: elaboração própria com base em GOIÁS (Estado). Secretaria de Indústria e Comércio. Superintendência de Geologia e Mineração.

Pela Tabela 10 acima, podemos constatar que o maior volume de chuvas acontece, historicamente, a partir de setembro, quando o volume de precipitação alcançou o valor de 45 mm. Anteriormente, os indicadores variaram negativamente até julho, mostrando um aumento em agosto, que, em todos os casos, representou, praticamente, a metade do que choveu em setembro.

O período de maio a agosto pode ser considerado a *janela* para a Agricultura Intensiva, isto é, aquela que se concentra em algumas áreas e é suprida com irrigação de salvamento, normalmente, o *Pivot Central*, especialmente, no caso da cana de açúcar.

Como podemos inferir ao se comparar mapas de solos e o de hipsometria, há poucas áreas com declividade a partir de 12%, sujeitas a escoamento superficial, e, portanto, ocorrem mais áreas úmidas facilmente. Essas características e outras levam a conflitos de uso do solo.

Trindade (2015) demonstra através da construção de indicadores de discrepância que 2010 foi o ano em que o conflito de uso apresentou o seu menor nível, subindo novamente em 2013. De acordo com o autor, isto significa que o processo de modernização agrícola predomina nas áreas de melhor aptidão agrícola, por causa do menor custo x benefício. Ainda conforme Trindade (2015), “O avanço da fronteira agrícola selecionou as melhores condições pedológicas e de relevo como garantia de investimento, predominando nas melhores áreas do Sudoeste Goiano.” (2015:168). E, também que se constata a presença de cana-de-açúcar em áreas não recomendadas, levando, possivelmente, a impactos ambientais.

Não podemos deixar de registrar nesta parte da análise a mudança do uso e cobertura da terra e a localização da área de estudo. Esta área se insere na Região de Planejamento Sul Goiano, que, por sua vez, geograficamente, fica próxima dos grandes eixos de escoamento de produção, inclusive para o exterior, tais como: Triângulo Mineiro, Oeste Paulista, Oeste da Bahia, São Paulo, Santos e Rio de Janeiro.

Por fim, ao analisarmos o Mapa acima, devemos considerar a época em que as imagens foram coletadas. Trata-se de uma época compreendida na *janela* para a Agricultura Intensiva. Este registro explica a maior parte da área no Mapa de 2018 apresentar significativas extensões de solo agrícola exposto. Ou seja, é o período que os produtores estão utilizando para executar o plantio e praticar, em determinados casos, a irrigação de salvamento, em especial, a Cana-de-açúcar.

Ainda não estatísticas disponíveis para 2018, para corroborar os movimentos acima descritos; contudo, para 2017, a área colhida de cana-de-açúcar se aproximou de 30 ha. (SIEG, 2018).

Portanto, é um movimento de utilização de terras para agricultura bastante intenso, e, como já discutido neste trabalho, muitas vezes não respeitam a legislação ambiental.

Finalmente, a configuração da expansão em Goiás se dá através do modo de interação entre o Estado e os atores privados, e nesse âmbito, acontece uma distribuição de *recursos de poder* constitucionais, organizacionais, jurídicos, financeiros, tecnológicos, políticos ou simbólicos, assim como a representação desses interesses. Essa “arena” onde tal distribuição de recursos se opera, gera interações, que dá origem às chamadas redes de poder. (Souza, 2013).

Dessa forma, a presente seção tratou a modelagem do Sistema de Uso da terra sob o enfoque do **Monitoramento**, aspecto presente no Marco Teórico adotado neste trabalho. A próxima seção, cuja modelagem será em *System Dynamics*, obedecerá ao segundo aspecto



do Marco Teórico, que é o **Sistema Sócio-ecológico**, pois envolve produtividade, geração de serviços ambientais e repercussões sobre o Bem estar humano.

#### **6.4 Sistemas e Métodos de Irrigação – definição.**

De acordo com Brasil (2006), Método de irrigação é a forma pela qual a água pode ser aplicada às culturas. Basicamente, são quatro os métodos de irrigação: por Superfície, Irrigação por Aspersão, Irrigação Localizada e Subirrigação.

Para cada método, há dois ou mais sistemas de irrigação, que podem ser empregados. Há muitos tipos de sistemas de irrigação, por causa da grande variação de solo, clima, culturas, disponibilidade de energia e condições socioeconômicas para as quais o sistema de irrigação deve ser adaptado. Podemos depreender que sistemas são a disposição das partes ou dos elementos de um todo, coordenados entre si, e que funcionam como estrutura organizada. No caso, tais sistemas compreendem equipamentos e as condições naturais para a prática da atividade. E método, essencialmente, é a maneira de agir ou fazer as coisas; modo de proceder.

No caso do primeiro, a distribuição da água se dá por gravidade através da superfície do solo. As principais vantagens do método de superfície são: (1) menor custo fixo e operacional; (2) requer equipamentos simples; (3) não sofre efeito de vento; (4) menor consumo de energia quando comparado com aspersão; (5) não interfere nos tratos culturais; (6) permite a utilização de água com sólidos em suspensão. Por outro lado, há desvantagens a saber: (1) dependência de condições topográficas; (2) requer sistematização do terreno; (3) o dimensionamento envolve ensaios de campo (4) o manejo das irrigações é mais complexo; (5) requer frequentes reavaliações de campo para assegurar bom desempenho; (6) se mal planejado, pode apresentar baixa eficiência de distribuição de água; (7) desperta pequeno interesse comercial, em função de utilizar poucos equipamentos.

No segundo método, Irrigação por Aspersão, jatos de água lançados ao ar caem sobre a cultura na forma de chuva (Figura 3). As principais vantagens dos sistemas de irrigação por aspersão são: (1) facilidade de adaptação às diversas condições de solo e topografia; (2) apresenta potencialmente maior eficiência de distribuição de água, quando comparado com o método de superfície; (3) pode ser totalmente automatizado; (4) pode ser transportado para outras áreas; (5) as tubulações podem ser desmontadas e removidas da área, o que facilita o tráfego de máquinas. Por sua vez, as principais limitações são: (1) os custos de instalação e

operação são mais elevados que os do método por superfície; (2) pode sofrer influência das condições climáticas, como vento e umidade relativa; (3) a irrigação com água salina, ou sujeita a precipitação de sedimentos, pode reduzir a vida útil do equipamento e causar danos a algumas culturas; (4) pode favorecer o aparecimento de doenças em algumas culturas e interferir com tratamentos fitossanitários; (5) pode favorecer a disseminação de doenças cujo veículo é a água.

No método da irrigação localizada a água é, em geral, aplicada em apenas uma fração do sistema radicular das plantas, empregando-se emissores pontuais (gotejadores), lineares (tubo poroso ou “tripa”) ou superficiais (microaspersores). (2006:03)

A proporção da área molhada varia de 20 a 80% da área total, o que pode resultar em economia de água. O teor de umidade do solo pode ser mantido alto, através de irrigações frequentes e em pequenas quantidades, beneficiando culturas que respondem a essa condição, como é o caso da produção de milho verde. (Idem).

O custo inicial é relativamente alto, tanto mais alto quanto menor for o espaçamento entre linhas laterais, sendo recomendado para situações especiais como pesquisa, produção de sementes e de milho verde. É um método que permite automação total, o que requer menor emprego de mão-de-obra na operação. Os principais sistemas de irrigação localizada são o gotejamento, a microaspersão e o gotejamento subsuperficial. (2006:04).

No que se refere aos sistemas, temos que, para a irrigação por superfície, o único sistema mencionado é o de sulcos, e o modo como serão construídos, dependerá da declividade do terreno. (2006:02)

No segundo método, os sistemas mais usados de irrigação por aspersão são: (a) Aspersão Convencional, (b) Autopropelido e (c) Pivô Central; além desses, também há o (d) Deslocamento Linear e LEPA.

O sistema (a) se subdivide em fixos, semifixos ou portáteis. Nos sistemas fixos, tanto as linhas principais quanto as laterais permanecem na mesma posição durante a irrigação de toda a área. Nos sistemas semifixos, as linhas principais são fixas (geralmente enterradas) e as linhas laterais são movidas, de posição em posição, ao longo das linhas principais. Nos sistemas portáteis, tanto as linhas principais quanto as laterais são móveis; os sistemas semifixos e portáteis requerem mão-de-obra para mudança das linhas laterais. São recomendados para áreas pequenas, geralmente com disponibilidade de mão-de-obra familiar. Todavia, é possível utilizar mini-canhões no lugar dos aspersores, o que permite a irrigação de áreas maiores, em condições de pouco vento e quando a uniformidade da irrigação não é crucial. (2006:03).

No caso do (b), um único canhão ou minicanhão é montado num carrinho, que se desloca longitudinalmente ao longo da área a ser irrigada. A conexão do carrinho aos hidrantes da linha principal é feita por mangueira flexível. A propulsão do carrinho é proporcionada pela própria pressão da água. É o sistema que mais consome energia e é bastante afetado por vento, podendo apresentar grande desuniformidade na distribuição da água. Produz gotas de água grandes que, em alguns casos, pode causar problemas de encrostamento da superfície do solo. Existe também o risco de as gotas grandes promoverem a queda de flores e pólen de algumas culturas. Presta-se para irrigação de áreas retangulares de até 70 ha, com culturas e situações que podem tolerar menor uniformidade da irrigação. (2006:03).

Figura 19 – Canhão Autopropelido



Fonte: Destilaria Vale do Paracatu (DPVA), 2011, 2013).

Crédito: Paula, Cristiano Hilário de.

O sistema (c) consiste de uma única lateral, que gira em torno do centro de um círculo (pivô). Segmentos da linha lateral metálica são suportados por torres em formato de “A” e conectados entre si por juntas flexíveis. Um pequeno motor elétrico, colocado em cada torre, permite o acionamento independente das torres. O suprimento de água é feito através do ponto pivô, requerendo que a água seja conduzida até o centro por adutora enterrada ou que a fonte de água esteja no centro da área. Pivôs podem ser empregados para irrigar áreas de até 117 ha. (2006:03).

O sistema (d) possui lateral com estrutura e mecanismo de deslocamento similar à do pivô central, mas desloca-se continuamente, em posição transversal e na direção longitudinal da área.

A descrição do sistema (e) indica que são sistemas tipo pivô central ou deslocamento linear equipados com um mecanismo de aplicação de água mais eficiente. No LEPA (*low energy precision application*), as laterais são dotadas de muitos tubos de descida, onde são conectados bocais que operam com pressão muito baixa. (2006:04)

A água é aplicada diretamente na superfície do solo, o que reduz as perdas por evaporação e evita o molhamento das plantas, e o solo deve ter alta taxa de infiltração ou ser preparado com sulcos e micro-depressões. Todas as torres deslocam-se com a mesma velocidade. O suprimento de água é feito através de canal ou linha principal, dispostos no centro ou na extremidade da área. (2006:04)

A água é succionada diretamente do canal ou mangueiras são empregadas para conectar hidrantes da linha principal à linha lateral. A bomba desloca-se junto com toda a lateral, o que requer conexões elétricas mais complicadas ou a utilização de motores de combustão interna. É recomendado para áreas retangulares planas e sem obstrução. (Idem).

Os sistemas relativos ao método de Irrigação Localizada se dividem em Gotejamento e Subsuperficial. No primeiro, sistema de gotejamento, a água é aplicada de forma pontual na superfície do solo. Os gotejadores podem ser instalados sobre a linha, ou ser manufaturados junto com o tubo da linha lateral, formando o que popularmente denomina-se “tripa”. A vazão dos gotejadores é inferior a 12 l/h.

Figura 20 – Sistema de Gotejamento Subsuperficial para irrigação da Cana-de-açúcar e cana desenvolvida.



Fonte: Canal Jornal da Bioenergia, 26/04/2016; Usina Jalles Machado (Janeiro, 2018).  
Crédito: Paula, Cristiano Hilário de.

A grande vantagem do sistema de gotejamento, quando comparado com o de aspersão, é que a água, aplicada na superfície do solo, não molha a folhagem ou o colmo das plantas. (2006:05).

Atualmente, as linhas laterais de gotejadores ou tubos porosos estão sendo enterrados, de forma a permitir a aplicação subsuperficial da água. (Idem) A vantagem desse sistema é

a remoção das linhas laterais da superfície do solo, o que facilita o tráfego e os tratamentos culturais, além de uma vida útil maior. (Idem) A área molhada na superfície não existe ou é muito pequena, reduzindo ainda mais a evaporação direta da água do solo. (Idem)

As limitações desse sistema são as dificuldades de detecção de possíveis entupimentos ou reduções nas vazões dos emissores. A instalação das laterais pode ser mecanizada, o que permite utilizar o sistema em grandes áreas. (2016:05).

O método de irrigação localizada é o que vem experimentando o maior número de inovações tecnológicas em todo o mundo. Suas características de uniformidade de aplicação e redução no consumo de água, o tornam extremamente atraente em tempos de um melhor aproveitamento da água em todos os seus usos. No Brasil, especificamente, o aumento da área irrigada anualmente por este método é facilmente perceptível (Cristofidis, 1999).

Em uma época em que o mundo se preocupa como melhor aproveitar a água e tornar eficientes todos os seus usos, o método de irrigação tem sido alvo de inovações nesse sentido. E o que o torna um atrativo são suas características de uniformidade de aplicação e redução no consumo de água.

A irrigação localizada consiste na aplicação de água diretamente na região radicular, em pequenas quantidades, através de um número variável de pontos emissores (gotejadores ou microaspersores), com alta frequência de irrigação, mantendo a umidade do solo próximo ao valor ótimo para o desenvolvimento da planta, pelo maior período possível, com o mínimo de perdas por evaporação e percolação profunda e sem necessidade de molhar toda a superfície do terreno (Gomes, 1997; Medina, 1985).

Conforme Bernardo (1995), a aplicação da água é feita através de tubos perfurados com orifícios de diâmetros reduzidos ou por meio de pequenas peças denominados gotejadores, conectadas em tubulações flexíveis de polietileno. As pressões de trabalho variam de 0,5 a 2,5 atmosferas, sendo que a pressão de serviço da maioria dos gotejadores está em torno de 1 atmosfera. Emissores utilizados em sistemas de irrigação por gotejamento aplicam vazões de 2 a 10 L.h<sup>-1</sup>, gota a gota (Pizarro, 1996).

A aplicação de pequenas quantidades de água e com alta frequência, abaixo da superfície do solo via capilaridade até a zona radicular da cultura é definida como gotejamento subsuperficial, Davis & Nelson citados por Hiler & Howell, (1973). Segundo Phene (1987) a definição do termo irrigação subsuperficial torna-se necessária quando este método é comparado com a subirrigação, em que, há a necessidade que ocorra elevação do lençol freático para a modificação do teor de água no solo, procedimento este possível somente quando se utilizam sistemas de drenagem na área em questão.

Este método também é eficiente em zonas que não são tropicais. Nesse sentido, Martinez e Reza (2014) realizaram um experimento de 3 anos de duração na Espanha, um país da Bacia do mediterrâneo, cuja região, produtora de olivas, apresenta um clima de baixa precipitação, e por isso mesmo reforçam que um manejo apropriado de sistemas de irrigação para que se atinja o nível de eficiência máximo do uso de água para irrigação.

Descrevem-no como aquele que aplica a água irrigada diretamente no interior do solo, ao invés de sobre a superfície, cujo procedimento apresenta a vantagem de reduzir a perda por evaporação do solo desde o bulbo molhado, já que não haverá água sobre a superfície, mais exposta ao clima.

Outra vantagem apresentada é o aumento da vida útil desses sistemas por não estarem sujeitos a vandalismo ou a degradação por radiação solar. E também a diminuição da ocorrência de doenças causadas por fungos. (2014:01) Todavia, os autores também visualizam problemas tais como: possíveis entupimentos nos emissores e a dificuldade de se detectar vazamentos e proceder a seu reparo. (2014:01).

O Sistema de Irrigação consiste de linhas laterais de gotejadores (tubos porosos), unidade de bombeamento, unidade de condução ou transporte de água, unidade de controle, unidade de aplicação de água.

Finalmente, no que se refere ao método da subirrigação, o lençol freático é mantido a uma certa profundidade, capaz de permitir um fluxo de água adequado à zona radicular da cultura. Geralmente, está associado a um sistema de drenagem subsuperficial. (2006:06).

### **6.5 Estudos de Referência.**

Analizamos alguns textos que trataram das vantagens das tecnologias de irrigação, especialmente, a gotejamento subterrâneo, que se apresenta como a mais vantajosa. Os textos se referem a variedades do cultivar, à regiões e suas características climáticas, à escala de produção, aos níveis de produtividade em relação a diversas variáveis, de custos e a especificidades de cada tecnologia aplicada. Porém, é interessante notar que estes podem ser generalizados, porque muito embora as condições de solo e de clima para o desenvolvimento da cana-de-açúcar variem muito no Brasil, e mesmo em zonas tropicais e subtropicais no mundo, há cultivares que atendem a estas diferenças, sem que isso represente um esforço dramático.

Abaixo, na tabela 11, resume as principais contribuições dos estudiosos do tema.

Tabela 11 – Contribuições de alguns estudiosos sobre os sistemas de irrigação de cana *vis-à-vis* alguns indicadores.

Autor	Estudo	Local	Detalhes	Detalhes	Detalhes	Resultados
Amorim <i>et al.</i> (2007)	Comparação direta entre três sistemas de irrigação de cana-de-açúcar	Bahia	O sulco de infiltração: R\$ 918,35 por hectare. Menores custos dentre os três. Menor eficiência na aplicação da água.	Gotejamento: melhor retorno. R\$ 998,88 por hectare e 101,52 t/ha. Investimento inicial elevado.	Pivot Central: Água (R\$ 610.996) Mão-de-obra (R\$ 48.077) Mecanização (315.490) Energia elétrica (192.233)	O <i>Pivot</i> é o mais custoso: R\$ 1.906, 16 por hectare
Andrade-Júnior <i>et al.</i> (2012)	Avaliar o crescimento da variedade de cana RB98710, irrigada por gotejamento	Piauí	Objetivo: definir níveis ótimos de irrigação, nitrogênio e potássio em estado líquido.	Aplicação via gotejamento subsuperficial em primeira soca (segunda produção da mesma planta).	Produzir nível máximo de colmos, açúcar e álcool, durante o ano agrícola 2008/2009.	Produtividade máxima dos colmos alcançada com aplicação total de água (chuva + irrigação): 1.154,0 mm, N = 114,2 kg ha <sup>-1</sup> e K <sub>2</sub> O = 60,1 kg ha <sup>-1</sup> de.
Uribe <i>et al.</i> (2013)	São Paulo	Comparar a utilização da água e do nitrogênio em soqueira sob irrigação e sequeiro	Variedad e SP80–3280 e o seu terceiro ciclo de produção	Sinergia entre a aplicação combinada de fertirrigação de nitrogênio e suplementação hídrica por		A rebrota alcançou a produtividade máxima de 140 Kg por hectare de Nitrogênio,

		para verificar o potencial de produção de colmos e de açúcar	o (segunda rebrota)	irrigação no método de gotejamento subterrâneo		utilizando-se o método de gotejamento subterrâneo.
Uribe <i>et al.</i> (2013)	São Paulo	Comparar a utilização da água e do nitrogênio em soqueira sob irrigação e sequeiro para verificar o potencial de produção de colmos e de açúcar	Variedad e SP80–3280 e o seu terceiro ciclo de produção (segunda rebrota)	Sinergia entre a aplicação combinada de fertirrigação de nitrogênio e suplementação hídrica por irrigação no método de gotejamento subterrâneo		A rebrota alcançou a produtividade máxima de 140 Kg por hectare de Nitrogênio, utilizando-se o método de gotejamento subterrâneo.
Uribe <i>et al.</i> (2013)	São Paulo	Comparar a utilização da água e do nitrogênio em soqueira sob irrigação e sequeiro para verificar o potencial de produção de colmos e de açúcar	Variedad e SP80–3280 e o seu terceiro ciclo de produção (segunda rebrota)	Sinergia entre a aplicação combinada de fertirrigação de nitrogênio e suplementação hídrica por irrigação no método de gotejamento subterrâneo		A rebrota alcançou a produtividade máxima de 140 Kg por hectare de Nitrogênio, utilizando-se o método de gotejamento subterrâneo.

Fonte: organizado pelo autor com base nos artigos revisados para a presente Tese.

Essas diferenças razoavelmente difusas, e mesmo pontuais, devem-se, essencialmente à variabilidade do regime de chuvas e da oferta de suplementos no local de observação. Nesse sentido, Amorim *et al.* (2007), realiza uma comparação direta entre três



sistemas de irrigação de cana-de-açúcar. O local do experimento é o município de Juazeiro, interior do estado da Bahia.

A referência do trabalho é uma empresa no Vale do São Francisco, que apresenta diferentes processos de distribuição de água por sua lavoura, como irrigação superficial, aspersão e gotejamento. Constatamos que o mais custoso é o *Pivot*, equipamento que funciona normalmente a *diesel*, produzindo custo de R\$ 1.906,16 por hectare, sendo a tecnologia que irriga por aspersão. Por outro lado, o método de irrigação superficial, sulco de infiltração, apresentando o valor de R\$ 918,35 por hectare, é aquele cujos custos foram os menores dentre os três.

Todavia, há uma desvantagem porque possui menor eficiência na aplicação da água, uma vez que se aplicam grandes quantidades de água, o que provoca grandes perdas e maior degradação dos solos. (2007:12).

O método de Gotejamento foi o que apresentou melhor retorno, considerando as variáveis produção (t) e custo (R\$/ha), cujas saídas foram R\$ 998,88 por hectare e 101,52 t/ha. A desvantagem, porém, é o investimento inicial elevado.

Considerando os três estudos, a produtividade média da cana de açúcar é de 90,74 ton/ha, considerada alta. Esse indicador não é resultado exclusivo das tecnologias de irrigação, também procede de pesquisas pedológicas, busca estudos dos atributos físico-hídricos, de atributos químicos, morfológicos e também mineralógicos. Há diversas variedades da cultivares que conseguem se adaptar à região ou serem melhoradas (2007:04).

Mais uma vez, no contexto deste projeto, não é maioria dos produtores no Brasil que dependem de irrigação para produzir a cana de açúcar; a maior parte se encontra em zonas com regularidade de chuvas e podem, portanto, realizar o seu sistema de uso da terra para a cana-de-açúcar no método sequeiro.

Dado os custos, dificilmente os produtores em sua totalidade estariam em condições de arcar com este dispêndio. O método de suplementação hídrica está sendo considerado como estratégia para aumentar a produtividade do cultivar, independente da variedade e da localização do sistema de uso da terra, com o intuito de contribuir para o aumento da produção de etanol até 2030, mas não é a única forma e nem o único propósito.

Andrade-Júnior *et al.* (2012), Uribe *et al.* (2013), Ferreira-Júnior *et al.* (2014), e Silva *et al.* (2015) realizaram seus experimentos em dois estados do nordeste e em um município do estado de São Paulo entre 2008 e 2012, levando em consideração diferentes tipos de solo, vários níveis de camadas de solo, assim como diversas técnicas de plantio. Os dois últimos se referem ao estado de Alagoas. Tais estudos, foram realizados e conduzidos pela mesma

equipe e tiveram por objetivo uma avaliação estritamente do ponto-de-vista agrônomo, sem a preocupação de comparar custos e produtividade em relação a outros sistemas de irrigação da cana de açúcar, assim como testar variedades específicas e evitar impactos ambientais negativos.

O caráter sistêmico das tecnologias de irrigação torna a ambos adequados ao presente trabalho, que se orienta pela perspectiva do sistema de uso da terra com sustentabilidade. A comparação final entre custos e produtividade *vis-à-vis* a sustentabilidade será construída durante a confecção de cenários, cujas simulações envolverão também políticas públicas de meio ambiente.

Andrade-Júnior *et al.* (2012) se propõem a avaliar o crescimento de uma variedade de cana de açúcar, a RB98710, que foi irrigada por gotejamento, mas em dois tipos de espaçamentos entrelinhas de plantio (EEP). Essa técnica de plantio, conforme Ferreira-Júnior *et al.* (2014), parece ser a mais sustentável em um sistema de uso da terra que use o gotejamento e a colheita mecanizada, com duas larguras, de tal modo que formem fileiras duplas, com espaçamento menor, e que sejam seguidas de um espaçamento maior; este tipo de configuração de plantio é conhecido por espaçamento duplo, combinado e alternado. (2014:799).

A produtividade agrícola da cana de açúcar (ton/ha) sem medir variáveis de qualidade do cultivar, como teor de açúcares recuperáveis totais, água, caldo, etc. - não foi influenciada pelo uso de espaçamentos entrelinhas de plantio simples ou combinado.

As variáveis de crescimento avaliadas (índice de área foliar, altura do dossel, comprimento dos colmos e número de plantas por metro quadrado) indicam que o EEP combinado não causa perda de produção em relação ao espaçamento único.

Silva *et al.* (2015) por sua vez determinaram a evapotranspiração máxima e real da cana-de-açúcar irrigada por gotejamento. Essas variáveis são fundamentais para que se calcule o volume de água necessário à irrigação.

Portanto, a adoção de uma tecnologia isolada, pode não ser satisfatoriamente generalizada e induzir à aceção acrítica de sua sustentabilidade, que pode não se verificar efetivamente.

Os produtores alagoanos têm tendido a substituir o método de aspersão que pode ser feito por meio de *Pivots*, pelo gotejamento subterrâneo, ainda que nem todas as dúvidas a seu respeito estejam sanadas. Para determinar a evapotranspiração real realizou-se experimento durante 3 ciclos de produção da cana-de-açúcar com quantidades diferentes de água, na região Tabuleiros Costeiros de Alagoas.

Esses três ciclos se estenderam de janeiro de 2009 a fevereiro de 2012. A região foi caracterizada por distribuição irregular de chuvas, e a probabilidade de exposição a *deficit* hídrico das plantas de método sequeiro era considerável, justificando o suprimento por irrigação, o que foi feito variando as lâminas conforme as necessidades calculadas.

A evapotranspiração real varia conforme os valores diferenciados das lâminas de irrigação aplicadas à cana de açúcar, conforme se reduz a lâmina aplicada, a transpiração real também diminui, o que pode ser explicado porque a contribuição da evaporação é menor em sistemas de irrigação por gotejamento, especialmente após a fase em que o dossel está estabelecido. (2015:855). Por outro lado, de acordo com o enquadramento proposto na literatura agrônômica, baseado no índice de satisfação das necessidades de água da cultura, o cultivo da cana-de-açúcar em regime de sequeiro, aquela região está exposta a médio risco climático.

Andrade-Júnior *et al* (2012) realizaram um experimento no estado do Piauí, também nordeste brasileiro, cujo objetivo foi definir níveis ótimos de irrigação, nitrogênio e potássio em uma variedade, RB867515, todos, em estado líquido, naturalmente, aplicados via gotejamento subsuperficial, em ciclo de primeira soca (segunda produção da mesma planta) para produzir nível máximo de colmos, açúcar e álcool, durante o ano agrícola 2008/2009.

Quando o experimento produziu nível de eficiência de 90% da irrigação, as doses de fertilizantes aplicadas ao solo aumentaram 10%. E essa variação nos níveis de irrigação de fertilizantes proporcionou diferenças significativas de colmos, açúcar e álcool. Em termos quantitativos, a produtividade dos colmos apresentou valores médios elevados: 150,5 Mg ha<sup>-1</sup>, o que, de acordo com os autores, indica o potencial da técnica de fertirrigação (irrigação com fertilizantes em forma líquida) na cultura de cana-de-açúcar.

Comparado ao tratamento testemunha, cujo valor médio foi de 101,0 Mg ha<sup>-1</sup>, igualmente, elevado, o valor médio do primeiro tratamento representou um ganho de 49%. O tratamento-testemunha (sem irrigação) alcançou um valor elevado, porque, entre outras coisas, foi favorecido pelo adequado suprimento hídrico do solo proporcionado pela precipitação e também pela moderada fertilidade natural do solo da área experimental. (2012:79). A produtividade média dos colmos da cana foi 115% maior que a média histórica da Usina. A produção de colmos aumentou à medida que se elevou a aplicação de fertilizantes até ao nível médio de irrigação. À aplicação de lâmina d'água de 767,5 mm, a produtividade máxima dos colmos da cana-de-açúcar alcançou o valor de 149,4. Com o acréscimo na disponibilidade de água no solo proporcionado pela lâmina total igual a 971,0 mm, a produtividade de colmos elevou-se para 170,1 Mg ha<sup>-1</sup>, com a aplicação de 121,3 kg

ha<sup>-1</sup> de N, e de 103,8 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, com registro de níveis ótimos de 92,2 kg ha<sup>-1</sup> e de N e de 100,5 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O.

Nessa condição hídrica, os níveis ótimos de N e de K<sub>2</sub>O foram superiores (31,6% e 3,3%, respectivamente) aos requeridos para o alcance da produtividade máxima de colmos, com a adoção da menor lâmina de irrigação. Os níveis ótimos de nutrientes para o alcance das produtividades máximas de colmos aumentaram com o acréscimo da aplicação da lâmina de irrigação. (2012:81).

No que tange ao açúcar e álcool, os valores de produtividade aumentaram para 22,5 Mg ha<sup>-1</sup> e 16,0 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, respectivamente, com mais água disponível no solo, com aplicação total de 971 mm de lâmina, mais a aplicação de 160,0 kg ha<sup>-1</sup> de N e 133,0 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O (óxido de potássio). Com a aplicação da lâmina total, mais elevada, de 1.154,0 mm, os níveis ótimos de N (90,0 kg ha<sup>-1</sup>) e de K<sub>2</sub>O (60,0 kg ha<sup>-1</sup>) reduziram-se, em comparação ao nível 808,0 mm.

Esse comportamento foi idêntico ao observado para produtividade de colmos e pode ser atribuído à lixiviação de N e K, com a aplicação da maior lâmina de irrigação. Com a aplicação da lâmina total, mais elevada, de 1.154,0 mm, os níveis ótimos de N (90,0 kg ha<sup>-1</sup>) e de K<sub>2</sub>O (60,0 kg ha<sup>-1</sup>) reduziram-se, em comparação ao nível de 808,0 mm, mas ocorreu ligeiro incremento na produtividade de açúcar (25,3 Mg ha<sup>-1</sup>) e de álcool (20,0 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>).

É importante ressaltar que a produtividade de açúcar e de álcool está estritamente relacionada à produtividade de colmos e à qualidade tecnológica do caldo obtido, principalmente quanto aos valores de percentagem de açúcar bruto (PCC). Outra importante observação é que o potássio tem papel fundamental na qualidade tecnológica do caldo, assim é que com as disponibilidades mínimas (404 mm) e médias (808 mm), os níveis de nitrogênio e potássio que levaram às produtividades máximas de açúcar e de álcool foram maiores que os níveis que tornaram possível alcançar-se o máximo de produtividade dos colmos, já que com aquelas disponibilidades, a qualidade tecnológica do caldo foi maior com a aplicação de doses maiores de nitrogênio e potássio. Provavelmente, a lixiviação desses nutrientes foi reduzida sob aquela condição hídrica no solo. Ao se elevar a disponibilidade de água no solo para os níveis máximos, 1.212 mm, pode ser que o processo de lixiviação desses nutrientes tenha sido maior, e isso pode ter reduzido a qualidade tecnológica do caldo. (2012:83).

Andrade-Júnior *et al* (2012) apontam que o nível máximo de produtividade dos colmos foi alcançado com aplicação total de água (chuva + irrigação), cujos valores são de 1.154,0 mm, e com aplicação de 114,2 kg ha<sup>-1</sup> de N e 60,1 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O. E a outra

conclusão é que a produtividade máxima de açúcar e de álcool foi obtida com a aplicação da lâmina total de água de 1.154 mm e com a aplicação de 90,0 kg ha<sup>-1</sup> de N e de 60,0 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O.

Uribe *et al.* (2013) realizaram seu experimento no estado de São Paulo, em 26 de setembro de 2008 e durou 365 dias. Visaram a comparar a utilização da água e do nitrogênio em soqueira (“segunda raiz” da cana) sob condições de irrigação e sequeiro, e assim poder verificar o potencial de produção de colmos e de açúcar (diferentemente do outro texto revisado, a produtividade do álcool não está presente) com diferentes doses de fertilizante de Nitrogênio, em manejo irrigado por gotejamento subsuperficial. Foram analisadas variáveis biométricas, tecnológicas, de matéria seca, e de produtividade entre os tratamentos. Estudaram a variedade SP80–3280 e o seu terceiro ciclo de produção (segunda rebrota). A frequência com que irrigaram variou de acordo com a oferta de água de chuva ao solo, e a demanda atmosférica, através da evapotranspiração da cana-de-açúcar.

Assim, alguns de seus resultados mostraram que a altura da planta, o diâmetro dos colmos e o número de plantas por metro, observamos não haver diferença estatisticamente significativa entre os tratamentos. O número de plantas mostrou valor elevado, diferentemente de estudos anteriores de outras equipes, e, no caso de Uribe *et al.* (2013), esse número elevado pode ser explicado pelo sistema de plantio em duas linhas, aumentando, por conseguinte, o número de plantas por metro.

Apesar de não ter havido diferenças estatisticamente significativas para as variáveis biométricas entre os tratamentos, houve uma tendência positiva na resposta da cana de açúcar irrigada, principalmente, para a altura das plantas e o seu número por metro (extensão da linha de plantio). Entretanto, não houve diferenças estatisticamente significativas para as variáveis tecnológicas, o que demonstra que a qualidade da cana de açúcar não se alterou com o sistema de irrigação por gotejamento subsuperficial. Já para a acumulação de matéria seca, houve um efeito significativo para a irrigação e a fertilização por nitrogênio, assim como a produtividade dos colmos e do açúcar para os diferentes manejos que foram comparados.

O valor da produtividade dos colmos foi mais alta no estudo de Uribe *et al.* (2013) que em estudos anteriores, de outros autores, porque, provavelmente, houve um efeito residual de fertilização de nitrogênio em épocas de plantio anteriores. De toda forma, salta aos olhos a eficiência do manejo de irrigação por gotejamento subterrâneo em relação ao sequeiro, mesmo quando não houve *déficit* pluviométrico o bastante para provocar severos níveis de estresse hídrico no período estudado. (2013: 1128).

Também é possível inferir que há um efeito sinérgico de fertilizante de nitrogênio aplicado juntamente com a irrigação de água, assim como açúcar e produtividade dos colmos. Também houve significativo efeito de fertilização com nitrogênio em relação à altura das plantas (2013: 1129).

Uribe *et al.* (2013) anotam que houve um efeito sinérgico entre a aplicação combinada de fertirrigação de nitrogênio e suplementação hídrica por irrigação no método de gotejamento subterrâneo. Porém, este método não alterou as características técnicas da cana, variedade SP80-3280. Outro ponto é que a rebrota da cana alcançou a produtividade máxima de 140 Kg por hectare de Nitrogênio, utilizando-se o método de gotejamento subterrâneo.

Ao se comparar os métodos gotejamento subterrâneo, se nota alguma discrepância de valores e na narrativa sobre o alcance generalizado de tal método, sobretudo, em Uribe *et al* (2013). A escolha da área e do período pode ter influenciado e não deve escapar o fato de que os demais experimentos observaram mais de um ciclo de produção, e este último, um ciclo único: o terceiro ou segunda rebrota.

De modo especial, em uma ciência como a LSS, que tem parentesco com a Teoria dos Sistemas, torna-se mais simples conceber o que é sustentável, porque se leva em conta as fronteiras do sistema e como aquela pode interagir através dos variados processos. Quando projetamos trazer para o sistema de uso da terra um conjunto de políticas públicas, a geração de sinergias e resultados satisfatórios, sobretudo, da perspectiva de sua capacidade de contribuir para o cumprimento de compromissos na NDC assumidos pode resultar em boa opção.

Após esta discussão sobre possíveis impactos dependendo da tecnologia de irrigação adotada, no capítulo 7, faremos uma análise apoiada nas modelagens desses diferentes tipos de tecnologia e o balanço hídrico da cultura canavieira.

## Capítulo 7: Modelagem Proposta

### 7.1 Definição

Modelagem, de forma geral, é a elaboração de um modelo para a representação de alguma coisa. Modelo é a representação de um sistema real ou imaginário usando uma linguagem, um meio, e segundo um posto de vista (Trivelato, 2003).

O aspecto mais importante de um modelo é a relação simplicidade versus fidelidade. Um modelo é a representação do conhecimento e a principal ferramenta para o estudo do comportamento de sistemas complexos. Modelar é o primeiro passo para a análise de um sistema de qualquer natureza e sob qualquer aspecto. (2003:07).

Ainda conforme, Trivelato (2003), quando o modelo é uma representação válida de um sistema, informações significativas podem ser retiradas sobre sua dinâmica ou seu desempenho. Nesse sentido, Modelagem é um processo complexo e, em vários campos, envolve a capacidade de dedução e inferência.

A modelagem de um sistema será mais fácil se: a) conhecermos as leis (físicas, etc.) pertinentes ao sistema, b) se for fácil obter uma representação gráfica ou simbólica do sistema, e, c) se as incertezas entre as entradas, parâmetros e saídas puderem ser quantificadas (2003:07).

Portanto podemos definir modelo como: “Uma representação física, matemática, lógica ou computacional qualquer de um sistema, processo, fenômeno ou entidade.” (Idem). Segundo a sua natureza os modelos são classificados em: físicos, matemáticos, lógicos e, recentemente, computacionais. (2003:07).

Diante disso, Santos, Figueredo e Correchel (2012) aduzem que o uso de ferramentas de modelagem como o STELLA<sup>®</sup> permite uma visão dinâmica do sistema modelado. Ou seja, à proporção que o modelo é simulado, os resultados de tais processos são úteis na reestruturação e melhoria do modelo inicial, o que torna possível divisar sua evolução no tempo. Desta forma, a perspectiva de se utilizar ambientes de modelagem computacional (cf. Trivelato, 2003:07) no estudo de tópicos relativos à interação entre Serviços Ecossistêmicos e Bem-estar humano (...) cria a oportunidade de se explorar a simulação que, com saídas gráficas e tabelas, viabilize a análise de como as variáveis afetam umas às outras (interação).

Diante disso, será possível compreender o comportamento do sistema em estudo como um todo. (Xavier e Santos, 2003).

## 7.2 Fonte de Dados.

Os dados tratados na pesquisa foram colhidos a partir das seguintes fontes:

- Inventário das estações fluviométricas – Agência Nacional de Águas
- Hidroweb – Agência Nacional de Águas
- Balanço Hídrico – Instituto Nacional de Meteorologia
- Caracterização Climática do Estado de Goiás – Secretaria de Indústria e Comércio – GO.
- Dados Climáticos 1971-1978 – Agência Nacional de Águas
- Algoritmo de Preenchimento de Falhas na série temporal de chuvas – 1980-2016.

## 7.3 Interação entre Serviços Ecosistêmicos

A qualidade do solo é definida como a capacidade específica de um tipo de solo de funcionar como um ecossistema natural ou manejado para sustentar a produtividade animal ou vegetal, manter a qualidade da água, do ar e suportar o crescimento humano (Doran & Parkin, 1994). Por sua vez, a qualidade do solo está relacionada com a sua capacidade em desempenhar funções, que interferem em sua produtividade de plantas e animais e no meio ambiente. Esta capacidade em desempenhar funções, como mencionado anteriormente, pode mudar com o passar do tempo, o que pode ser explicado pela ocorrência de eventos naturais ou antrópicos. (Embrapa, 2007; Carneiro *et al.*, 2009).

Devido à complexidade das interações existentes entre os atributos *do solo*, a análise de modo isolado pode levar a considerações equivocadas. Todavia, as avaliações sobre tais interações são de grande complexidade e de custos elevados. Portanto, o uso de modelagem em Sistemas Dinâmicos parece uma alternativa viável. Entre outras vantagens, possibilita que se compreenda o efeito do tempo nas variáveis, também diminui o custo, e unifica opiniões divergentes (Santos, Figueredo e Correchel, 2012).

## 7.4 Resultados: Análise e Discussão.

Inicialmente, o modelo foi construído com quatro componentes: estoques, fluxos, auxiliares e conectores. Há algumas restrições para sua configuração, como sejam: um estoque pode ser precedido exclusivamente por um fluxo. E este deve ser seguido por um auxiliar ou estoque. Um auxiliar pode ser seguido por outro auxiliar ou por um fluxo. E um fluxo deve ser seguido por um estoque. (Trivelato, 2003).



#### **7.4.1 Modelo de perda de solos**

A primeira modelagem visa à verificar o comportamento da perda de solo no sistema de uso da terra sob condições de manejo tradicional do solo e irrigação através de *pivot central*, com lâmina de irrigação de 60 mm.

Definição de *Pivot Central*.

Conforme Pereira (2004), o sistema de *pivot central* pode ser descrito como composto basicamente de diversos emissores fixados sobre uma tubulação de comprimento variável suportada longitudinalmente por uma série de torres que se movimentam sobre rodas ao redor de um ponto central denominado de ponto do pivô.

Cada torre do pivô central é movimentada por um conjunto motorreductor elétrico. O sistema de bombeamento recalca a água da fonte (rio, reservatório, córrego, entre outros) e pode utilizar motores elétricos ou movidos a óleo diesel.

Os sistemas de irrigação pivô central podem irrigar grandes áreas, geralmente superiores a 100 ha, e com isso demandam grande quantidade de energia para a sua operação.

Figura 21 – Sistema de *pivot* central em uma lavoura.

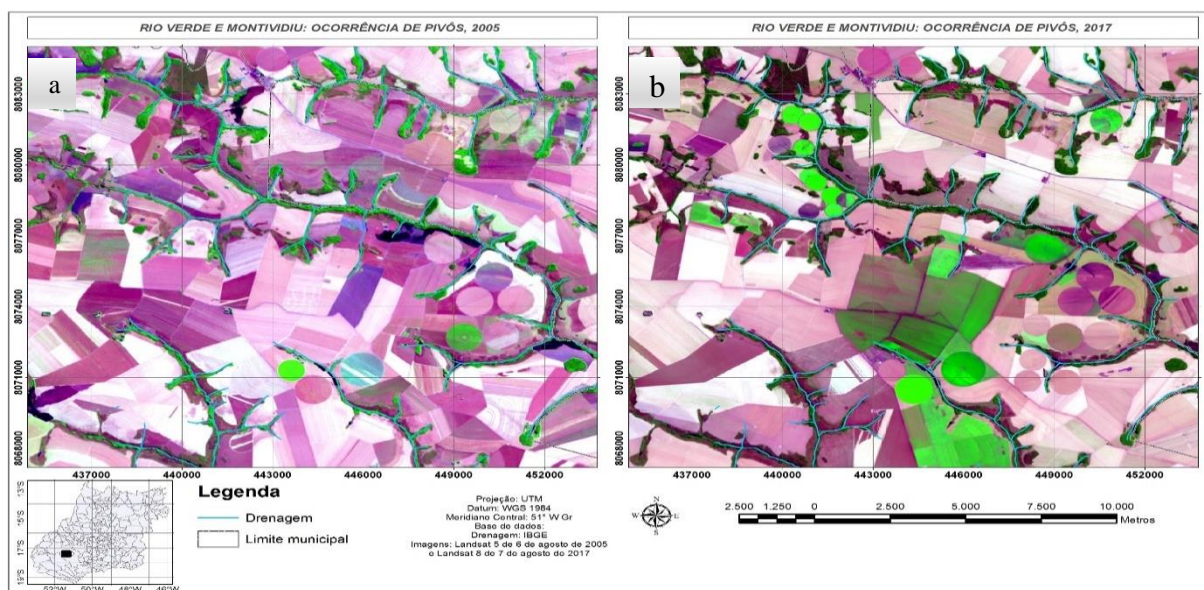


Fonte: Usina Jalles Machado (2018)

Crédito: Paula, Cristiano Hilário de.

A Figura 22 representa uma pequena bacia hidrográfica representativa do processo de expansão de pivôs com o cultivo de cana-de-açúcar. Dessa forma, na parte *a* podemos perceber que, em 2005 os pivôs estavam restritos à porção mais a montante da bacia. Já na parte *b* observa-se uma expansão para as áreas mais a jusante, sendo que a totalidade encontra-se margeando o canal de drenagem principal.

Figura 22 – Evolução dos pivôs centrais para cana-de-açúcar entre 2005 e 2017 em Rio Verde e Montividiu, Goiás.



Fonte: IBGE (drenagem) e *Land Sat 5 e Land Sat 8* (aquisição de imagens).

Elaborado por: Nunes, Elizon D.

Pela Figura 23, também é possível deprendermos que houve a expansão da quantidade de *pivôs* central, no intervalo de 2005 a 2017, nos municípios observados. Além disso, houve conversão de outras culturas para canaviais, a construção de um número considerável de reservatórios; especialmente, tais reservatórios foram instalados muito próximos dos cursos d'água. Diante dessas observações, os próximos desafios do presente trabalho consistirão em modelar a demanda x oferta hídrica na região em estudo.

Isso acontecerá mediante a relação precipitação x consumo de água nos processos de irrigação, observando também o excedente da oferta hídrica, bem como a capacidade do solo juntamente com o relevo e a cobertura e absorção do excedente.

Outras informações relevantes que a Figura 23 permite traduzir serão extraídas oportunamente, através do método da Classificação Intertemporal da Mudança do Uso e Cobertura da terra e Análise de Áreas Protegidas.

As condições iniciais do modelo são dadas pelas características da área de estudo que vai ser modelada, a saber:

Solo: predominantemente, Latossolos vermelhos, com textura argilosa média.

Tamanho da área: 8.379,659 km<sup>2</sup>; de que 13.861,99 ha ou 14 km<sup>2</sup> são cobertos por *pivot central*.

Temperatura Máxima média anual: 31,70° C.

Evapotranspiração: 3,80 mm.d<sup>-1</sup>

Volume de precipitação: 133 mm

Os dados lançados no modelo são os seguintes:

Variável	Estação Automática Rio Verde (acumulado out-dez 2018)	Estação Convencional Rio Verde (Acumulado out-dez 2018)	Fonte:
Precipitação (chuva)	569 mm	595 mm	INMET
Lâmina de irrigação	40 a 60 mm por ano		Informações internas das Usinas pesquisadas.
CAD	75		

Para a variável precipitação, ao invés de um valor constante, foi inserida uma série histórica e solicitado ao modelo que fizesse variar dentro de um dado intervalo, e o mesmo valendo para a lâmina de irrigação, que, via de regra, é complementar à precipitação pluvial.

Assim, podemos ter um valor mais fidedigno e não um valor padrão.

O modelo foi montado com o seguinte *script*:

```
IF(Agua_sobre_a_superfície_do_solo>Taxa_de_infiltração) THEN  
(Taxa_de_escoamento) ELSE (0)
```

O *script* traduz a seguinte condição:

Se a quantidade de água proveniente da chuva sobre a superfície do solo for maior que a taxa de infiltração, então, haverá escoamento superficial, a uma taxa determinada. Caso contrário, se a Taxa de infiltração for maior, então, praticamente o solo terá absorvido toda a água, e então, os lençóis freáticos, zonas de recarga e camadas subsuperficiais, terão sido abastecidas.

A importância do solo úmido é que a possibilidade de a raiz absorver a água que vai ser utilizada como fonte de energia para o crescimento da planta, e também nos processos de crescimento e regulação da cana de açúcar, assim como os processos hidrológicos do sistema de uso da terra, como o controle da umidade do ar, a temperatura do solo, a temperatura do ar em nível de paisagem, vai representar o serviço ambiental mais importante daquela paisagem.

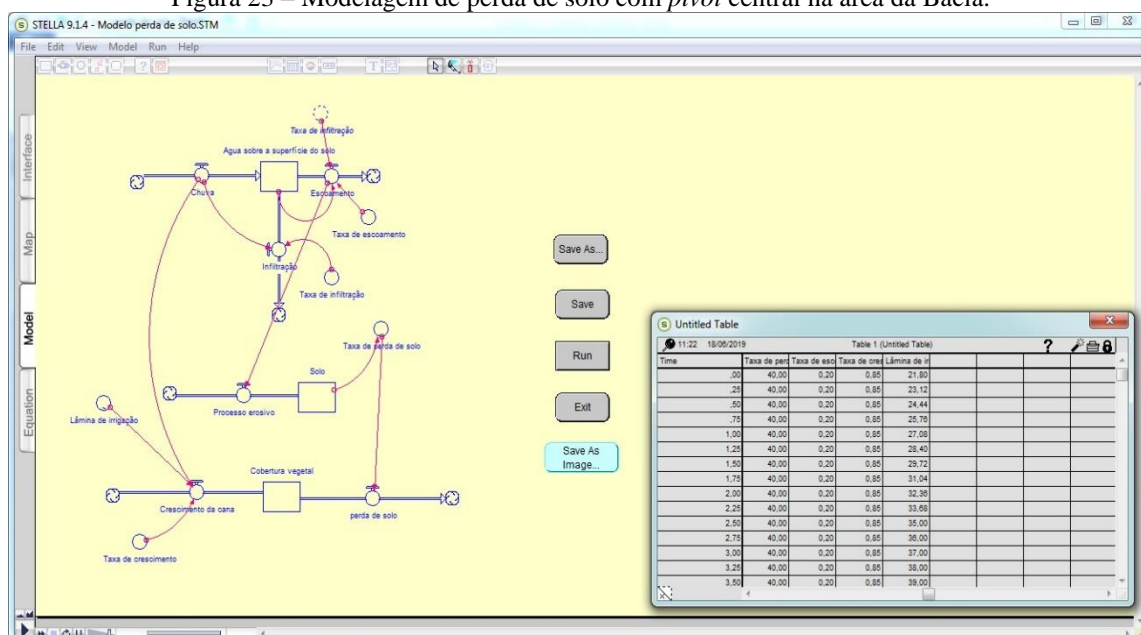
Nesse cenário, considerando área descoberta, padrão e também a área com cobertura vegetal (cana-de-açúcar), a Razão de Perda de Solo (RPS) ou taxa de perda de solo é de 40,0.

É um resultado coerente com estudos que a Literatura apresenta, como, por exemplo, Corrêa *et al.* (2016), que em um dos cenários encontraram 52 e no outro, 39, no estudo para o município de Rio Claro, em SP.

Perdas entre 39 e 52 toneladas por hectare por ano na área da Bacia é uma perda importante, e indica que deve haver um manejo muito melhor, com atenção aos problemas ambientais dele derivados.

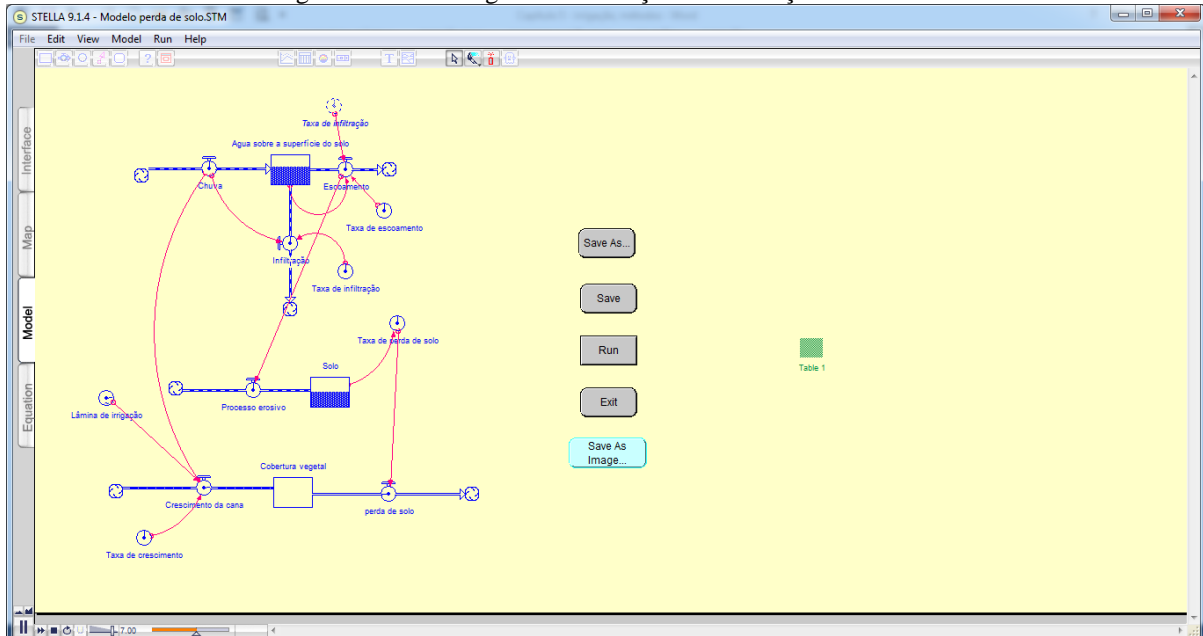
Portanto, não é suficiente variar a lâmina de irrigação para atingir o objetivo de diminuir a perda de solos, pois sequer é uma variável que integra a expressão da Equação Universal de Perda de Solos, concebida para glebas com dimensões agrícolas, mas, que para Bacias Hidrográficas precisa de outras ponderações (Stein *et al.*, 2003). É preciso mais. Um manejo sustentável com proteção do solo, plantio direto, diminuição da lâmina de água e controle da compactação do solo, o que afeta sua biodiversidade representa uma estratégia, que pode ser alvo de políticas públicas, como programa de microbacias, e produtor de água, por exemplo.

Figura 23 – Modelagem de perda de solo com *pivot* central na área da Bacia.



Fonte: modelo rodado no Stella com dados de diversas fontes.

Figura 24 – Modelagem em execução nas condições acima.



Fonte: modelo rodado no Stella com dados de diversas fontes.

CC - 0,245 - 0,293 m<sup>3</sup> Costa et al (1997), Casaroli & Van Lier (2008); considerando tempo médio para atingir a CC de 63 horas (p= 0,01).

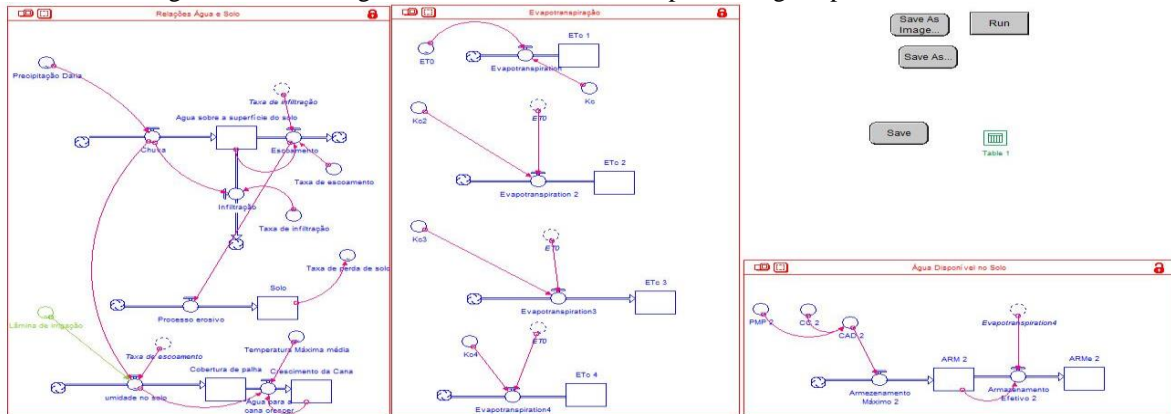
PMP - médio argiloso = 0,091; Hanks, Ronald J. (1980), com tensão a 15 bares.

#### 7.4.2 Modelagem do Balanço Hídrico Sequencial e crescimento da cana de açúcar

O objetivo do presente modelo é apresentar entradas, saídas e o consumo da água para a cultura canavieira na Bacia do Rio Verde. As condições iniciais do modelo são as mesmas apresentadas acima, nas Figuras 23 e 24.

Na figura 25, podemos observar as entradas, que são, essencialmente, a precipitação e a infiltração; também está incluída a lâmina de irrigação. O consumo é representado, basicamente, pela umidade no solo tanto no Ponto de Murcha Permanente, na Capacidade de Campo, que, combinados ao fator crítico, profundidade das raízes e massa específica do solo, vão informar a Capacidade de Água Disponível no solo, que deve equivaler ao Armazenamento inicial. E as saídas do modelo se resumem à Evapotranspiração, que é a quantidade de água que se desprende do solo, sob a forma de vapor de água; e também, após vencer resistências na planta, é liberado para a atmosfera através dos estômatos das folhas, que são a parte da planta que opõe a menor resistência ao fluxo.

Figura 25 – Modelagem do crescimento da cana-planta irrigada por *Pivot Central*.



Fonte: elaborado pelo autor com base no Balanço Hídrico Sequencial do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

O modelo representado acima foi dividido em três setores: Relações Água e Solo, Evapotranspiração e Água Disponível no Solo.

Estas subdivisões representam as partes de um mesmo todo, que é o crescimento da cana de açúcar sob a tecnologia de *pivot central*. Em verdade, o desenho escolhido acima se presta sobretudo para enfatizar algumas observações, que são importantes para os fins desta tese. Dessa forma, a evapotranspiração é a quantidade de água evaporada através do solo e a que é transpirada pela parte folhosa das plantas. Sendo assim, merece destaque central por apresentar variação em cada uma das fases de crescimento da cana de açúcar.

É importante notarmos que, no primeiro setor, existe a introdução de uma das formas de Boas Práticas, que é a cobertura de palha. Isso, em tese, diminui a necessidade de maiores lâminas de água do *Pivot Central*. Todavia, é importante também que saibamos que a palha, por ser parte da planta, irá sofrer degradação com a temperatura, a chuva e outras ações, inclusive antrópicas, e que, com isso irá se transformar em matéria orgânica junto ao solo que recobre, transferindo carbono para o mesmo.

Pelos motivos acima apontados, a referida umidade se reduzirá com o passar do tempo, por ação da temperatura, e até o vento, e que a soqueira da cana de açúcar irá utilizar tais quantidades para continuar seu ciclo fenológico. E isso, salvo em época de chuvas bem distribuídas e suficientes, irá requerer nova aplicação de lâmina de água por irrigação.

Assim, a ET<sub>0</sub>, ou evapotranspiração de referência, que, em princípio é o valor correspondente àquele de uma cobertura vegetal de grama, é corrigido por um Coeficiente de Cultivo (K<sub>c</sub>), que varia em cada estágio fenológico, ou de crescimento da cana de açúcar, que são, respectivamente, 0,5;0,8; 1,25 e 0,8.

A tabela 12 apresenta alguns valores de evapotranspiração por cada estágio fenológico na Bacia do Rio Verde.

**Tabela 12 – Evapotranspiração de Referência corrigida pelo Kc em Novembro de 2018.**

ETo	Kc Cana	ETo Ajustada 1º Estágio Fenológico	ETo Ajustada 2º Estágio Fenológico	ETo Ajustada 3º Estágio Fenológico	ETo Ajustada 4º Estágio Fenológico
3,92	0,5	1,96	3,13	4,89	3,13
3,06	0,5	1,53	2,45	3,83	2,45
3,72	0,5	1,86	2,97	4,65	2,97
1,50	0,5	0,75	1,20	1,87	1,20
1,63	0,5	0,82	1,30	2,04	1,30
1,39	0,5	0,70	1,11	1,74	1,11
1,65	0,5	0,82	1,32	2,06	1,32
1,37	0,5	0,69	1,10	1,72	1,10
1,15	0,5	0,57	0,92	1,44	0,92
1,86	0,5	0,93	1,49	2,32	1,49
3,15	0,5	1,57	2,52	3,94	2,52
4,07	0,5	2,04	3,26	5,09	3,26
4,04	0,5	2,02	3,23	5,05	3,23
2,55	0,5	1,28	2,04	3,19	2,04
2,03	0,5	1,02	1,63	2,54	1,63
1,74	0,5	0,87	1,39	2,18	1,39
2,38	0,5	1,19	1,90	2,97	1,90
2,14	0,5	1,07	1,71	2,67	1,71
2,30	0,5	1,15	1,84	2,87	1,84
1,15	0,5	0,57	0,92	1,43	0,92
1,86	0,5	0,93	1,49	2,32	1,49
3,02	0,5	1,51	2,42	3,78	2,42
4,46	0,5	2,23	3,57	5,57	3,57
1,41	0,5	0,70	1,12	1,76	1,12
2,48	0,5	1,24	1,98	3,10	1,98





0,245	0,091	1,4	70<Zr<100	15,09
0,245	0,091	1,4	70<Zr<100	15,09
0,245	0,091	1,4	70<Zr<100	15,09
0,245	0,091	1,4	70<Zr<100	15,09
0,245	0,091	1,4	70<Zr<100	15,09
0,245	0,091	1,4	70<Zr<100	15,09
0,245	0,091	1,4	70<Zr<100	15,09
0,245	0,091	1,4	70<Zr<100	15,09
0,245	0,091	1,4	70<Zr<100	15,09

Fonte: elaborado pelo autor com dados do Balanço Hídrico Sequencial do INMET.

A Umidade do solo é a principal variável nesta parte do modelo para o crescimento da cana de açúcar, uma vez que seu sistema radicular necessita desse recurso hídrico para sustentar o desenvolvimento da planta. Porém, essa umidade não é um dado, são níveis que vão sendo atingidos à medida que ocorre precipitação pluvial, irrigação, a água evapora através do solo e transpira através das folhas.

Assim sendo, a tabela demonstra que são constantes os valores de Capacidade de Campo e Ponto de Murcha Permanente.

A umidade do solo no ponto da Capacidade de Campo é a quantidade de água que a planta – no caso a cana de açúcar – requer para o seu crescimento. Essa quantidade de água vai sendo consumida até ao nível em que a planta não consiga mais água suficiente para continuar o seu crescimento, e, então, interrompa seu ciclo sem que consiga produzir. Então, este nível em que não há mais água disponível para o estágio fenológico seguinte da planta é designado como Ponto de Murcha Permanente.

Em princípio, a diferença entre um e outro forneceria a quantidade de água disponível, contudo é preciso levar em consideração outras duas variáveis: a massa específica do solo e o fator crítico, que é um intermediário para indicar que o solo, em si mesmo, necessita de hidratação.

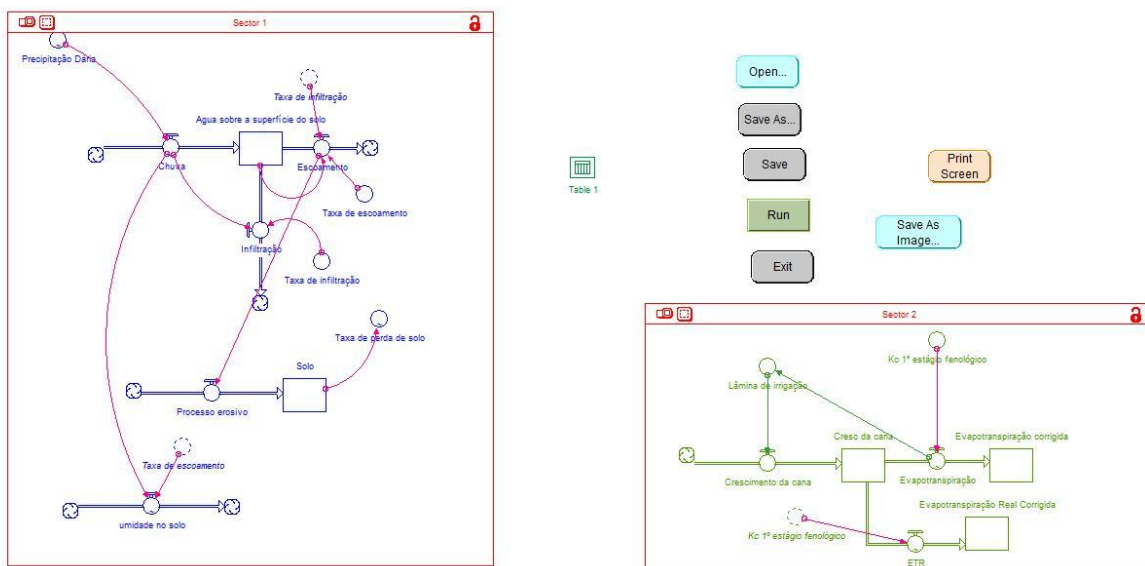
Assim, o CAD é dado pela diferença entre CC e PMP, multiplicado pela massa específica do solo e também pelo fator crítico. Essas são informações essenciais para o planejamento da irrigação da cultura canavieira.

Após concluído o ciclo da cana de açúcar, em geral, permanecem quantidades de água no solo, que serão ofertadas para um novo ciclo, ou uma nova cultura, ou mesmo vegetação; mas, em situações extremas, pode também ocorrer evaporação total, em virtude da exposição do solo agrícola, isto, sem qualquer cobertura vegetal ou florestal. E isto é um

dos fatores que propiciam a ocorrência de erosão no solo, e a consequente degradação da área.

No modelo da figura 26, por outro lado, esse tipo de preocupação é severamente reduzido, posto que a irrigação por gotejamento subsuperficial repõe 100% da água evapotranspirada, e a frequência com que a irrigação é feita, ou o turno de rega é diário; ressaltando-se dias em que ocorrem chuvas e as temperaturas não forem significativamente elevadas para provocar total evaporação. Essa é uma vantagem da irrigação por gotejamento, assim como sua contribuição para a produtividade.

Figura 26 – Modelagem de irrigação por gotejamento subsuperficial.



Fonte: elaborado pelo autor com base nos dados do Balanço Hídrico Sequencial, do INMET.

Pela figura 26, a lâmina de irrigação equivale à evapotranspiração. Nesse caso, o turno de rega é diário; a quantidade de água que é dosada para a raiz da planta de cana-de-açúcar é muito pequena e é liberada para a atmosfera apenas algumas horas após sua aplicação.

Este processo explica a necessidade de se realizar irrigação diariamente, a fim de que a cana de açúcar possa se desenvolver satisfatoriamente.

No caso da modelagem, a lâmina foi de 2,53 mm por dia, muitas vezes menor que o limite inferior de 40 mm do *Pivot Central*.

O modelo foi rodado, sobretudo, em sua parte central, considerando-se como variáveis de estoque o Armazenamento Máximo (ARM) e o Armazenamento efetivo (ARMe). Por sua vez, estas são informadas pelo Ponto de Murcha Permanente e a Capacidade de Campo.

O Ponto de Murcha Permanente é a umidade do solo em quantidades que inibem a evapotranspiração da planta. São valores constantes, fixos, mas que sofrem mudança de acordo com as condições climáticas e característica dos solos de cada região, assim como turno de rega. Para o caso do modelo, esse PMP é 0,091 mm<sup>3</sup>.

Por outro lado, a umidade do solo no nível da Capacidade de Campo é o ponto que permite que a planta extraia água para o seu processo de crescimento e maturação. Também é constante, podendo, pelas mesmas razões, variar conforme características e peculiaridades. No modelo, a CC é 0,245 mm<sup>3</sup>.

Convém ressaltar que a relação **CC>PMP** é a condição *sine quae non* para o crescimento da planta. Estas duas constantes devem ser combinadas à massa específica do solo ( $d_g$ ) e à profundidade radicular ( $Z_r$ ).

A massa específica do solo é determinada conforme a classificação do mesmo; neste caso, foi generalizada para toda a Bacia, a massa do Latossolo vermelho, com textura argilosa média, que, conforme o Mapa de Solos, apresentado no Capítulo 1 (Arcabouço Geológico), representa a maior parte dos solos da Bacia do Rio Verde. Para este caso, o indicador é 1,4.

Por sua vez, a profundidade das raízes corresponde a um indicador construído segundo Alfonsi *et al.* (1990). Nele a cana de açúcar pertence ao Grupo 4, cujo  $Z_r$  varia entre 70 e 100. No caso do modelo, este intervalo de variação foi programado, e, assim, o CAD variou entre 15 e 21 mm<sup>3</sup>.

No que concerne às saídas, a mais importante delas é o crescimento da cana de açúcar. Uma vez determinados o Ponto de Murcha e a Capacidade de Campo e estando o sistema em condições funcionais, a planta através de suas raízes inicia a extração de água para os sucessivos estágios fenológicos, isto é, o seu processo de crescimento.

Também de acordo com a sucessão dos estágios fenológicos, assim como as condições climáticas do local, ocorre uma mudança na evapotranspiração diária. Ademais, cada cultura tem uma peculiaridade para este processo, que se denomina Coeficiente da cultura,  $K_c$ .

Este  $K_c$  é diferente em cada estágio fenológico, na seguinte ordem: 0,5; 0,8; 1,25 e 0,8. Entretanto, a modelagem foi realizada apenas com o primeiro estágio fenológico.

Dessa forma, temos a saída Evapotranspiração ajustada pelo Coeficiente de cultura da cana de açúcar. No caso do modelo, a Evapotranspiração Potencial corrigida variou de 0,38 mm a 38,28 mm por dia.

Considerando todas as saídas, é possível afirmarmos que são liberados para a Bacia cerca de 519,8 mm após a cultura da cana de açúcar ter completado seu crescimento, considerando escoamento superficial, que vai alimentar cursos d'água e outros reservatórios, como lagos, infiltração que poderá aumentar a carga do lençol freático, a água disponível no solo, que poderá ser utilizada por outras culturas ou ser conservada com a cobertura de palha, por exemplo. Por fim, a evapotranspiração, libera água em forma de vapor para a atmosfera, que tem os seus próprios processos.

Ante ao exposto, percebemos que o papel da tecnologia está restrito ao consumo de água para irrigação, o que, por sua vez, pode contribuir também para a determinação da quantidade de água, que fica disponível na Bacia. Portanto, se o objetivo mais estratégico é reduzir o consumo de água para irrigação, a tecnologia tem o seu papel bem delineado.

Se o objetivo for diminuir as necessidades de irrigação, então, deverá existir um concurso envolvendo um programa de ações governamentais, regulamentação e produção legislativa, tecnologia, comportamento social e novos padrões de consumo. A fim de que, os diferentes microclimas se tornem adequados para as culturas, o que levaria a que a irrigação de salvamento poderia se dar em turnos de rega maiores, ou seja, o intervalo entre as irrigações fosse mais espaçado. Por outro lado, as Boas Práticas da Agricultura, incluindo, a cobertura de palha da própria planta de cana-de-açúcar sobre o solo, que evitaria sua exposição às variações de temperatura e pluvial, conservando-lhe a umidade e evitando riscos de erosão. Em qualquer caso, é uma decisão política, que envolve a sociedade, pois, trata-se de Bem estar Humano associado às funções ecossistêmicas, ou, com alguma controvérsia, serviços ecossistêmicos.

Quadro 4 – Comparação entre Resultados das tecnologias

Sistema	Lâmina	Capacidade de Campo	CAD
Pivot Central	40,00 mm	0,245 mm <sup>3</sup>	15-21 mm <sup>3</sup>
Gotejamento	2,53 mm	0,245 mm <sup>3</sup>	Não há

### 7.4.3 Condições reais de Evapotranspiração e Umidade do solo.

Como vimos, a Evapotranspiração real é aquela que pode ser observada diariamente nas condições do Campo. Os resultados da seção anterior são simulações realizadas no programa de Modelagem Stella® 10.0.

Nesta seção serão introduzidos dados reais, coletados em campo, na região da Bacia do Rio Verde. Os dados foram inseridos no programa de Modelagem Irriger® 6.1, de homônima fabricante, que possui *expertise* no serviço.

Inicialmente, o modelo foi calibrado com dados de campo da Usina Jalles Machado, município de Goianésia, norte de Goiás. Depois de validado, passamos a rodar com os dados do Balanço Hídrico Sequencial da Estação Convencional de Rio Verde e com os dados colhidos *in loco* de certa propriedade na Bacia do Rio Verde e o ciclo da cana de açúcar foi planejado para 14 meses. As condições iniciais se mantiveram praticamente as mesmas: latossolos vermelhos e solo médio argiloso, e o sistema de irrigação por *Pivot* Central.

Tabela 14 – Dados do Balanço Hídrico Sequencial e de observação *in situ*. – 1ª fase.

Data	(1) Fase	(1) Kc	(1) Precipitação (mm)	(1) ETc (mm)
13/04/2019	1	0,45	3,31	1,55
14/04/2019	1	0,45	1,99	1,44
15/04/2019	1	0,45	0	1,68
16/04/2019	1	0,45	0	1,82
17/04/2019	1	0,45	0	1,62
18/04/2019	1	0,45	0	1,91
19/04/2019	1	0,45	0	1,6
20/04/2019	1	0,45	0	1,53
21/04/2019	1	0,45	0	1,6
22/04/2019	1	0,45	0	1,43
23/04/2019	1	0,45	0	1,29
24/04/2019	1	0,45	0	1,33
25/04/2019	1	0,45	0	1,55
26/04/2019	1	0,45	0	1,44
27/04/2019	1	0,45	0	1,68
28/04/2019	1	0,45	0	1,82

**Fonte:** Balanço Hídrico Sequencial, Estação Convencional de Rio Verde; dados coletados em Campo.

Elaborado por: Peixoto, Alberto H. (Irriger), 2019.

Pela tabela 14, verificamos que o primeiro estágio de crescimento da cana de açúcar aconteceu entre os dias 13 e 28 de abril de 2019. Neste período, a precipitação pluvial foi muito baixa, variando entre 0 e 3 mm, conforme o dia.

A Evapotranspiração real (ETc) variou no intervalo de 1,29 mm (dia 23-04) a 1,82 mm (dia 28-04).

Tabela 15 - Dados do Balanço Hídrico Sequencial e de observação *in situ*. – 2ª fase.

Data	(1) Fase	(1) Kc	(1) Precipitação (mm)	(1) ETc (mm)
29/04/2019	2	0,46	0	1,36
30/04/2019	2	0,46	0	1,24
13/05/2019	2	0,53	0	1,28
14/05/2019	2	0,54	0	1,24
15/05/2019	2	0,54	0	1,39
16/05/2019	2	0,55	0	1,44
17/05/2019	2	0,56	0	1,35
18/05/2019	2	0,56	0	1,5
19/05/2019	2	0,57	0	1,46
20/05/2019	2	0,57	0	1,31
21/05/2019	2	0,58	0	1,44
22/05/2019	2	0,58	0	1,27
23/05/2019	2	0,59	0	1,19
24/05/2019	2	0,59	0	1,23
25/05/2019	2	0,6	0	1,34
26/05/2019	2	0,61	0	1,34
27/05/2019	2	0,61	0	1,36
28/05/2019	2	0,62	0	1,39
29/05/2019	2	0,62	0	1,42
30/05/2019	2	0,63	0	1,39
31/05/2019	2	0,63	0	1,18
13/06/2019	2	0,71	0	1,52
14/06/2019	2	0,71	0	1,37
15/06/2019	2	0,72	0	1,53
16/06/2019	2	0,72	0	1,6
17/06/2019	2	0,73	0	2,06
18/06/2019	2	0,73	0	1,54
19/06/2019	2	0,74	0	1,51
20/06/2019	2	0,74	0	1,39
21/06/2019	2	0,75	0	1,33
22/06/2019	2	0,76	0	1,46
23/06/2019	2	0,76	0	1,38
24/06/2019	2	0,77	0	1,55
25/06/2019	2	0,77	0	1,62
26/06/2019	2	0,78	0	1,57
27/06/2019	2	0,78	0	1,71
28/06/2019	2	0,79	0	1,38
29/06/2019	2	0,79	0	1,6
30/06/2019	2	0,8	0	1,83
13/07/2019	2	0,87	0	1,84
14/07/2019	2	0,88	0	2,02
15/07/2019	2	0,88	0	1,91
16/07/2019	2	0,89	0	1,6

17/07/2019	2	0,89	0	1,46
18/07/2019	2	0,9	0	1,48
19/07/2019	2	0,91	0	1,49
20/07/2019	2	0,91	0	2,04
21/07/2019	2	0,92	0	1,95
22/07/2019	2	0,92	0	1,76
23/07/2019	2	0,93	0	1,55
24/07/2019	2	0,93	0	1,53
25/07/2019	2	0,94	0	1,63
26/07/2019	2	0,94	0	1,65
27/07/2019	2	0,95	0	1,97
28/07/2019	2	0,96	0	2,03
29/07/2019	2	0,96	0	1,7
30/07/2019	2	0,97	0	1,8
31/07/2019	2	0,97	0	1,55
13/08/2019	2	1,04	0	1,81
14/08/2019	2	1,05	0	1,35
15/08/2019	2	1,06	0	1,64
16/08/2019	2	1,06	0	1,49
17/08/2019	2	1,07	0	1,91
18/08/2019	2	1,07	0	1,65
19/08/2019	2	1,08	0	1,63
20/08/2019	2	1,08	0	1,62
21/08/2019	2	1,09	0	1,67
22/08/2019	2	1,09	0	1,68
23/08/2019	2	1,1	0	1,63
24/08/2019	2	1,11	0	1,97
25/08/2019	2	1,11	0	1,9
26/08/2019	2	1,12	0	1,79
27/08/2019	2	1,12	0	1,67
28/08/2019	2	1,13	0	1,52
29/08/2019	2	1,13	0	1,41
30/08/2019	2	1,14	0	1,46
31/08/2019	2	1,14	0	1,85

**Fonte:** Balanço Hídrico Sequencial, Estação Convencional de Rio Verde; dados coletados em Campo.

Elaborado por: Peixoto, Alberto H. (Irriger), 2019.

Pela tabela 15, observamos que a fase 2, ou o segundo estágio fenológico, é mais longo, e durou entre 29-04-2019 a 31-08-2019.

Chama a atenção o fato de nada ter chovido, o que exige suplementação hídrica através de irrigação, o que, via de regra, é determinada pela necessidade de repor a água perdida pelo sistema solo-planta, representada pela evapotranspiração.

Novamente, em condições reais, a evapotranspiração variou entre 1,18 mm (31-05-2019) e 5,37 (dia 17-06-2019).



Tabela 16 – Dados do Balanço Hídrico Sequencial e de observação *in situ*. – 3ª fase.

Data	(1) Fase	(1) Kc	(1) Precipitação (mm)	(1) ETc (mm)
13/09/2019	3	1,2	0	1,25
14/09/2019	3	1,2	0	1,38
15/09/2019	3	1,2	0	1,54
16/09/2019	3	1,2	0	1,66
17/09/2019	3	1,2	0	1,67
18/09/2019	3	1,2	0	1,26
19/09/2019	3	1,2	0	1,32
20/09/2019	3	1,2	0	1,15
21/09/2019	3	1,2	0	1,47
22/09/2019	3	1,2	0	1,25
23/09/2019	3	1,2	0	1,47
24/09/2019	3	1,2	0	1,18
25/09/2019	3	1,2	0	1,03
26/09/2019	3	1,2	0	1,16
27/09/2019	3	1,2	0	1,07
28/09/2019	3	1,2	1,01	1,4
29/09/2019	3	1,2	0,97	1,62
30/09/2019	3	1,2	2,4	1,43
13/10/2019	3	1,2	0	2,12
14/10/2019	3	1,2	0	1,76
15/10/2019	3	1,2	0	2
16/10/2019	3	1,2	0	1,78
17/10/2019	3	1,2	1,47	1,55
18/10/2019	3	1,2	1,67	1,44
19/10/2019	3	1,2	1,69	1,66
20/10/2019	3	1,2	0	2,05
21/10/2019	3	1,2	1,3	2,3
22/10/2019	3	1,2	2,25	2,68
23/10/2019	3	1,2	2,65	2,59
24/10/2019	3	1,2	3,32	2,47
25/10/2019	3	1,2	4,31	1,97
26/10/2019	3	1,2	4,74	2,3
27/10/2019	3	1,2	3,96	2,46

28/10/2019	3	1,2	4,7	2,49
29/10/2019	3	1,2	4,81	2,99
30/10/2019	3	1,2	4,71	2,56
31/10/2019	3	1,2	3,92	2,6
13/11/2019	3	1,2	4,82	3,68
14/11/2019	3	1,2	4,18	4,28
15/11/2019	3	1,2	5,92	4,34
16/11/2019	3	1,2	6,65	5,09
17/11/2019	3	1,2	7,88	4,49
18/11/2019	3	1,2	7,92	4,61
19/11/2019	3	1,2	9,08	4,55
20/11/2019	3	1,2	7,67	4,82
21/11/2019	3	1,2	7,74	4,73
22/11/2019	3	1,2	7,82	4,99
23/11/2019	3	1,2	7,09	5,13
24/11/2019	3	1,2	7,67	4,31
25/11/2019	3	1,2	6,43	4,44
26/11/2019	3	1,2	4,67	4,58
27/11/2019	3	1,2	3,57	4,73
28/11/2019	3	1,2	3,46	4,37
29/11/2019	3	1,2	3,55	5,05
30/11/2019	3	1,2	4,53	4,87
13/12/2019	3	1,2	6,35	5,15
14/12/2019	3	1,2	6,52	4,99
15/12/2019	3	1,2	8,05	5,04
16/12/2019	3	1,2	8,58	4,72
17/12/2019	3	1,2	8,55	3,97
18/12/2019	3	1,2	7,45	4,42
19/12/2019	3	1,2	8,12	4,33
20/12/2019	3	1,2	6,24	6,17
21/12/2019	3	1,2	6,24	4,41
22/12/2019	3	1,2	6,34	4,85
23/12/2019	3	1,2	5,26	5,16
24/12/2019	3	1,2	7,52	4,8

25/12/2019	3	1,2	5,93	4,37
26/12/2019	3	1,2	3,85	3,66
27/12/2019	3	1,2	2,91	4,41
28/12/2019	3	1,2	1,43	4,78
29/12/2019	3	1,2	1,27	5,87
30/12/2019	3	1,2	1,17	5,03
31/12/2019	3	1,2	1,08	4,5
13/01/2020	3	1,2	5,23	4,98
14/01/2020	3	1,2	5,05	4,7
15/01/2020	3	1,2	5,26	4,58
16/01/2020	3	1,2	3	4,7
17/01/2020	3	1,2	3,57	4,44
18/01/2020	3	1,2	2,51	5,77
19/01/2020	3	1,2	3,44	4,22
20/01/2020	3	1,2	3,54	5,22
21/01/2020	3	1,2	3,44	4,16
22/01/2020	3	1,2	1,75	4,58
23/01/2020	3	1,2	1,9	4,64
24/01/2020	3	1,2	1,8	4,31
25/01/2020	3	1,2	1,68	4,7
26/01/2020	3	1,2	1,69	4,94
27/01/2020	3	1,2	1,78	4,96
28/01/2020	3	1,2	4,42	4,84
29/01/2020	3	1,2	4,52	4,69
30/01/2020	3	1,2	4,81	4,67
31/01/2020	3	1,2	4,83	4,01

**Fonte:** Balanço Hídrico Sequencial, Estação Convencional de Rio Verde; dados coletados em Campo.

Elaborado por: Peixoto, Alberto H. (Irriger), 2019.

Pela tabela 14, a terceira fase começou no dia 13-09-2019 e está planejada para se estender até ao dia 31 de janeiro de 2020.

De acordo com o que observamos, o modelo IRRIGER® indica que a menor perda de água por evapotranspiração aconteceu no dia 25 de setembro de 2019, e o maior, 6,17 mm, terá acontecido em 20 de dezembro de 2019. A terceira fase compreende também um período em que as chuvas começam a se distribuir e a permitir também a conservação da

umidade do solo. São observações que precisam ser consideradas no planejamento da irrigação, independentemente da tecnologia aplicada.

Tabela 17 – Dados do Balanço Hídrico Sequencial e de observação *in situ*. – 4ª fase.

Data	(1) Fase	(1) Kc	(1) Precipitação (mm)	(1) ETc (mm)
13/02/2020	4	1,13	1,52	3,78
14/02/2020	4	1,12	2,78	3,05
15/02/2020	4	1,11	1,93	3,61
16/02/2020	4	1,1	1,98	3,29
17/02/2020	4	1,08	4,41	3,66
18/02/2020	4	1,07	4,16	3,77
19/02/2020	4	1,06	4,98	4,06
20/02/2020	4	1,05	4,61	4,04
21/02/2020	4	1,04	4,62	3,74
22/02/2020	4	1,02	5,03	4,17
23/02/2020	4	1,01	5,35	3,43
24/02/2020	4	1	3,75	4,37
25/02/2020	4	0,99	4,39	3,96
26/02/2020	4	0,98	4,02	3,95
27/02/2020	4	0,97	3,94	3,66
28/02/2020	4	0,96	3,74	3,05
29/02/2020	4	0,94	0	3,6
13/03/2020	4	0,79	2,27	3,39
14/03/2020	4	0,78	2,11	3,35
15/03/2020	4	0,77	1,83	3,32
16/03/2020	4	0,76	2,59	3,32
17/03/2020	4	0,74	2,46	2,77
18/03/2020	4	0,73	2,62	3,09
19/03/2020	4	0,72	4,19	2,76
20/03/2020	4	0,71	3,35	2,68
21/03/2020	4	0,7	2,11	2,74
22/03/2020	4	0,69	2,9	2,7
23/03/2020	4	0,68	2,72	2,36
24/03/2020	4	0,66	2,05	2,55
25/03/2020	4	0,65	1,99	2,64
26/03/2020	4	0,64	2,58	2,21
27/03/2020	4	0,63	2,49	2,23
28/03/2020	4	0,62	0	2,57
29/03/2020	4	0,6	1,65	2,48
30/03/2020	4	0,59	3,26	2,19
31/03/2020	4	0,58	3,13	2,07

**Fonte:** Balanço Hídrico Sequencial, Estação Convencional de Rio Verde; dados coletados em Campo.

Elaborado por: Peixoto, Alberto H. (Irriger), 2019.

A Tabela 17 nos informa que a modelagem prediz, para fins de planejamento, que o último estágio fenológico da cana de açúcar se estenderá entre 13 de fevereiro de 2020 e 31 de março do mesmo ano.

Ainda de acordo com aquelas observações, a maior perda de água do sistema solo-planta, no caso, a cana-de-açúcar, através da evaporação e transpiração, ocorrerá em 24 de

fevereiro de 2020, alcançando o valor de 4,37 mm; e o mínimo poderá ser registrado no dia 31 de dezembro de 2020, atingindo o número 2.07 mm, naquela data.

Finalmente, o modelo também indica além de um período regularmente chuvoso, sob o ponto-de-vista das Funções Ecosistêmicas / Serviços Ambientais, que, em média, o manejo da cana de açúcar trabalhou com 30% de umidade no solo assim distribuídos: 30,77% de umidade no primeiro estágio fenológico, com desvio-padrão de 0,9%; no segundo estágio, o indicador apresentado foi 25,96%, com desvio-padrão de 3,84%; na fase 3, os valores observados no modelo são 26,82% e 4,18%; por último, na quarta fase, registrou-se 27,26% e 4,18%, média e desvio-padrão, de umidade no solo. Sendo as medições para a umidade do solo no nível da Capacidade de Campo e Ponto de Murcha Permanente iguais a 31% e 17% todos os dias do ciclo. Diferentemente da simulação, esses indicadores estão expressos sob a forma porcentual, porque a quantidade varia muito ao longo do ciclo, devido ao desenvolvimento do sistema radicular.

Tais resultados permitem deduzirmos que a atividade foi sustentável ao longo do ciclo, pois é possível inferirmos que não foi utilizada a maior proporção de água disponível no solo, de modo que outras atividades pudessem se beneficiar do solo úmido, o que também, impede a degradação dos solos pela via da evaporação sem a respectiva reposição através da irrigação.

Ainda sob o ponto-de-vista da sustentabilidade, há outro indicador que chama a atenção, que é a Precipitação Efetiva. Este indicador foi construído no modelo como sendo a diferença entre a Precipitação pluvial e o escoamento superficial, e a proporção da referida diferença que se infiltra no solo.

Em todas as observações do ciclo completo realizado na modelagem, os valores da Precipitação pluvial e da Precipitação efetiva se mantiveram rigorosamente idênticos. Isto permite deprendermos que não terá existido nenhum escoamento, e que, em um período de dias após as chuvas, os solos foram capazes de permitir a infiltração total daquele volume. Disso resulta, *inter alia*, ser muito baixa a expectativa de haver erosão hídrica dos solos e conseqüentemente comprometimento dos recursos hídricos a serem impactados. Finalmente, a modelagem acusou que se terá irrigado, em média, 5,5 vezes (desvio: 2,2) a quantidade perdida pra atmosfera, nos 24 dias que se fez irrigação de salvamento.

## **7.5 Políticas Públicas baseada na Modelagem**

O papel de algumas políticas públicas, especialmente aquelas *orientadas à missão*, como são classificadas as políticas de sustentabilidade, no caso em tela, é o de procurar

prover a proteção ambiental. Esta proteção não se restringe ao aspecto normativo, como é, por exemplo, o caso do Código Florestal.

Isso corrobora a justificativa para tratarmos nesta seção o fato de o Brasil ter apresentado sua Contribuição Nacionalmente Determinada (NDC, em inglês) na Conferência das Partes da Convenção – Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas, em 2015, a meta de restaurar e reflorestar 12 milhões de ha de florestas, para múltiplos usos, até 2030. (Brasil, 2015).

As políticas serão conduzidas em conformidade com a Política Nacional sobre Mudança do Clima (Lei 12.187/2009), da Lei de Proteção das Florestas Nativas (Lei 12.651/2012, o chamado Código Florestal), da Lei do Sistema Nacional de Unidades de Conservação (Lei 9.985/2000) e da legislação, instrumentos e processos de planejamento a elas relacionados.

Existem outras políticas que oferecem uma perspectiva mais delimitada e procuram atender a objetivos específicos no contexto da proteção ao meio ambiente, e que, de certa maneira, estão relacionadas àquelas apresentadas no parágrafo acima.

Podemos citar alguns exemplos: o Zoneamento Agroecológico da Cana-de-açúcar. Como já discutido no capítulo 3, possui um aspecto normativo, tem baixa capacidade de sancionar após infrações; contudo, apresenta dispositivos que buscam delimitar com bastante precisão as áreas onde a ameaça é maior, tais como: nascentes, solos com alta-média aptidão agrícola, áreas de proteção, entre outras.

A função de tais dispositivos, objetivamente, é evitar que progressivos danos ao meio ambiente, e, em particular, na fertilidade e na manutenção da disponibilidade de água. Outro exemplo, que deriva do Código Florestal de 2012, são os programas de microbacias e produtores de água. O principal objetivo disposto com natureza funcional é recuperação de matas ciliares, o que ajuda a conter processos erosivos e uso consuntivo de água de forma desregrada. Entretanto, é preciso lançarmos um olhar sobre a questão hídrica, presente nas preocupações de tais programas.

O Programa Produtor de Água (PPA) é um desdobramento da Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei 9433/97), e a sua operacionalização se dá através de apoio a projetos, cuja finalidade seja melhorar os recursos hídricos de uma determinada Bacia Hidrográfica, e quem os desenvolve são instituições públicas e privadas, que atuem na própria região. (ANA, 2018).

As propriedades particulares, cujos produtores rurais se habilitam no Programa devem passar por adequações em seu manejo, o que promoverá importantes adequações

ambientais, representando um impacto positivo para suas propriedades e também áreas que estejam situadas fora de seu perímetro.

Muito embora seja apropriado discutirmos a abrangência e o significado do termo Recursos Hídricos, vale muito mais a pena refletirmos sobre as formas em que a água se encontra presente no sistema de uso da terra na Bacia. Dessa forma, os modelos apresentados, sobretudo nas figuras 11 e 12, oferecem um bom ponto de partida para possíveis reflexões.

A forma mais comum de água na Bacia é a chuva, que, ao se precipitar sobre o solo alimenta – por infiltração – as camadas superficiais do solo, quando parte desta água drena para as camadas abaixo da superfície alimenta a carga de lençóis freáticos e aquíferos; ao ser drenada das formações em altitude mais elevada e relevos mais acentuados, forma e alimenta rios, lagos, lagoas e outros reservatórios. Por fim, a chuva depois de fornecer a água que fica disponível no solo e, ao escorrer superficialmente, alimentar os cursos d'água, assim como servir ao crescimento da vegetação e culturas agrícolas, retorna para a atmosfera sob a forma de vapor, cumprindo-se assim o Ciclo Hidrológico.

Diante disso, há diversidade de projetos que podem ser concebidos para a habilitação no PPA, visto que as instituições parceiras promoverão adequações nas propriedades habilitadas.

Em 2006, foram realizados dois experimentos com o PPA, um em Extrema-MG e o outro na Bacia Piracicaba-Capivari-Jundiá (PCJ). Nos anos seguintes, projetos assim rapidamente se multiplicaram por todo Bioma Mata Atlântica, e, em 2010, haviam 80 projetos identificados, principalmente para a conservação de recursos hídricos através da proteção e restauração de florestas ripárias.

Entretanto, é possível encontrarmos antecedentes de políticas públicas, por exemplo, na década de 1990, que é o Programa de Conservação e Manejo do Solo e da Água – PROSOLO, cujo *funding* era o Fundo para a Conservação do Solo, que foi instituído pela Lei nº 8510, de 28 de dezembro de 1991 e regulamentado pelo Decreto nº 1799/1992.

Em seu artigo 62 estava expresso que o Prosolo, subvencionará parte dos investimentos considerados prioritários à conservação e manejo do solo e da água na propriedade rural. E, no artigo seguinte, distinguia que os beneficiários do programa seriam todos os pequenos e médios proprietários rurais. Esta classificação era através de normas do Banco Central do Brasil. Exigia-se, ainda, que estivessem situados em área de ação de uma microbacia municipal, que fosse participante do projeto microbacias/BIRD, homologada pela secretaria executiva do projeto.

Portanto, existe uma trajetória de políticas públicas e um arcabouço normativo, cujo papel é criar as condições institucionais para que iniciativas livremente possam ser articuladas para a consecução do objetivo de proteção ambiental, de modo geral e preservação dos recursos hídricos, em particular.

Não obstante, o que não se divisa ainda é quais formas de água presentes no sistema de uso da terra podem ser o alvo de projetos e quais as finalidades de aproveitamento podem ser estabelecidas.

Pelo que foi exposto até este ponto nesta tese, uma finalidade é a irrigação e outra finalidade são os serviços ambientais de conservação da umidade do solo e liberação de menos quantidades de água sob a forma de vapor para atmosfera, que tem relação com o aumento da temperatura, por ser um dos Gases-de-efeito-estufa (GEE).

Projetos com esta perspectiva ambiental bem determinada e características funcionais na cadeia produtiva podem ser atendidos com a adoção da tecnologia de gotejamento subsuperficial, com todas as vantagens e desvantagens, que foram discutidas neste capítulo, na Tabela 1.

Entretanto, se o objetivo de certos projetos ou mesmo ação governamental, expressa ou não por meio de uma política pública for “produzir” água sob outras formas, especialmente, aquelas formas que permitirão que quantidades de água funcionem como recarga de lençol freático e aquífero; e, em menor grau de ambição, que através de escoamento superficial reabasteçam cursos d’água e quaisquer outros reservatórios na Bacia, será necessário um pouco de cautela. Em particular, se a meta for o curto prazo, que equivale a um ciclo da cana de açúcar, por exemplo.

Nesse sentido, vale citar um estudo para o Bioma Mata Atlântica, por Alvarenga *et al.* (2017). Seu trabalho é uma simulação, que procurou testar diferentes cenários contemplando diversas funções ecossistêmicas. Não há nenhuma dúvida de que, em qualquer circunstância, a preservação de zonas ripárias (ou mata ciliar, ou, ainda, mata de galeria) tem um papel importante na hidrologia do *Study Site*.

O problema que colocamos é quanto às prioridades que se deve estabelecer para o desenvolvimento de projetos sob o PPA.

De acordo com os autores, os cenários de cobertura do solo em que o percentual da Mata Atlântica foi aumentado, a partir da referência do modelo de controle resultaram em mudanças nas componentes hidrológicas na bacia hidrográfica, devido ao incremento da evapotranspiração e interceptação da precipitação e redução do escoamento total e escoamento superficial.



O referido estudo simulou seis cenários, sendo um (Cenário BAU) de referência ou controle. Os cenários, essencialmente, foram construídos com variações numéricas nas **cinco** componentes hidrológicas (evapotranspiração, interceptação da chuva, escoamento, fluxo total, e razão vazão fluvial/escoamento superficial), todas as variáveis medidas em milímetros, exceto a última, em percentual.

O modelo é sensível à mudança e crescimento de vegetação e seu objetivo é testar o comportamento das variáveis acima descritas com um cinturão de vegetação ripária e o passo de tempo (interações) do modelo é diário e mensal, também. Pelo quadro que apresentam, à medida que o cinturão de vegetação ripária vai se desenvolvendo, aumenta a evapotranspiração média diária (algumas vezes, o desvio-padrão das observações alcança 15%), também incrementos são registrados na interceptação pluvial (média diária de 3,9 mm; desvio-padrão de 30%); há pequena redução no escoamento total (média diária de 2,9 mm e desvio de - 15%); o fluxo total revelando quedas marginais, praticamente estável (média 1,2 mm e desvio de 20%. Como vimos, todas as quantidades apresentam alta variabilidade.

O importante no modelo dos autores é que a simulação da mudança e no crescimento da vegetação é concebido como um alargamento do cinturão de mata ripária, que significa partir de uma faixa de 30 metros até que toda a área de Mata Atlântica seja coberta pelas espécies (que não definem) autóctones.

Esse crescimento da vegetação ripária até cobrir toda a área de Mata Atlântica, na escala da Bacia, revelou mudanças nas componentes hidrológicas, tais como: aumento na evapotranspiração (de 2% para 14,99%), e na interceptação pluvial (de 2.2% para 28%); e uma redução no fluxo total (1,7% para 12,4%) e foi verificado um incremento de 2,5% na razão fluxo de base e escoamento, o que significa que as respostas hidrológicas da bacia à recuperação da mata ciliar, seguindo o disposto no Código Florestal Brasileiro se mostra positiva. (2017:101).

Todavia, em um trabalho muito anterior realizado no estado americano do Oregon, Elmore & Beschta (1987) discutem a percepção como elemento importante no êxito do projeto de reflorestamento ripário e concordam que a recuperação pode ser mais rápida em áreas mais baixas, atravessada por vales, onde os canais carregam expressivas quantidades de Silte durante as cheias; chamam a atenção para o fato de que à medida que a vegetação aumenta, as áreas podem parecer sistemas mais produtivos e estáveis novamente, mas, a expressão inicial da vegetação não deve ser confundida com sucessão da vegetação. Explicam que à medida que a sucessão vegetal progride, a diversidade de espécies nas zonas

ripárias também aumenta grandemente, e também mudam as características dos canais. Exemplificam quando canais largos e rasos são substituídos por canais mais estáveis, estreitos e profundos. (1987:62).

Porém, antes advertem que mudanças adversas nos cursos d'água e na vegetação ripária podem ser resultado de diversas causas: mudanças nos padrões de precipitação e climáticos, cheias mais frequentes, alteração na população de roedores castores, pastagens intensas às margens dos rios, córregos e cursos d'água, escoamento superficialmente (*Overland flow*) na bacia, ou declividades adjacentes, construção de estradas perto dos canais, entre outros.

De toda forma, é importante realizarmos a comparação entre dois tipos de estudos: um, simulação e, outro, observação. Este último acrescenta ponderações às expectativas trazidas pela simulação, pois, dado o caráter sistêmico e complexo da função ecossistêmica, não há como garantirmos que todos os fluxos e processos ocorrerão harmoniosamente, ao mesmo tempo, dentro do prazo esperado. A depender do comportamento do sistema natural, podemos ter uma situação em que mais água seja consumida antes de a recomposição ripária se completar, causando novo desequilíbrio no ciclo hidrológico.

Por sua vez, Honda & Durigan (2017) são mais assertivos ao dissociar restauração e produção de água. De acordo com estes autores, se o ecossistema ou o uso adequado da terra otimizam a capacidade de infiltração da água da chuva em toda bacia hidrográfica, a proporção de água, que poderá vir a ser recurso hídrico, dependerá da diferença entre a precipitação pluvial e a quantidade interceptada ou utilizada pelas plantas. (2017:320).

Ainda observam que, se, por um lado, a presença de vegetação desfavorece as perdas evaporativas da superfície do solo, por outro lado, favorece as demais formas de perda (interceptação e evapotranspiração). E concluem que a proporção de evaporação direta se torna ínfima em relação à quantidade total de água que o sistema perde. Citando outros estudos que esclarecem que a mudança na vegetação afeta significativamente a produção de água em uma bacia hidrográfica. Sendo assim, é necessário que tal mudança ocorra em, pelo menos, 20% de toda a bacia. Dessa forma, desmatar mais de 20% da bacia poderá aumentar a produção total de água; e plantar florestas em mais de 20% da bacia poderá diminuir o volume total de água dos rios. Ainda ressaltam que a ocorrência de mudanças em áreas menores normalmente não resulta em variação significativa de vazão dos rios, embora possam exercer forte influência sobre a qualidade da água. (Idem: idem).

Seguem afirmando que a conservação da água, tanto em quantidade como em qualidade, depende, primariamente, de práticas adequadas de conservação do solo em toda

a bacia que incluem também a localização correta de carregadores e estradas (Cf. Elmore & Beschta, 1987).

Os autores enfatizam ainda que, enquanto os efeitos benéficos das práticas de conservação do solo são percebidos imediatamente após a aplicação das técnicas os efeitos das funções de proteção aos recursos hídricos após as atividades de restauração só serão percebidos após o lento processo de crescimento da vegetação. A recuperação da vegetação deve ser entendida, portanto, como uma ação complementar. (Idem).

Os mesmos autores aduzem que as Áreas de Preservação Permanente - APP, somadas à Reserva Legal, geralmente não ultrapassam 20% da área de uma propriedade, proporção estabelecida pela lei como área mínima a ser protegida ou recuperada na maioria dos casos no Brasil (exceto na Amazônia). Dessa forma, a ação isolada de restauração florestal em APP's pode influenciar muito pouco o volume de água fornecido por uma bacia hidrográfica com base nos limiares já conhecidos, embora possa melhorar sua qualidade.

Ressalvam, todavia, que, em alguns casos, o plantio de árvores, mesmo em áreas pequenas, pode influenciar negativamente a produção de água. Citam como exemplo, a substituição equivocada de uma vegetação ripária de pequeno porte, com baixa superfície foliar e sistema radicular superficial (campos de altitude, campos úmidos, veredas, etc.), por árvores com alto índice de área foliar e sistema radicular profundo, com capacidade de acesso permanente à água subterrânea ou do próprio rio, pode acarretar aumento do consumo de água pela vegetação substituta, resultando em diminuição da produção hídrica na bacia hidrográfica. O plantio de floresta, nesses casos, não pode, portanto, ser considerado como uma ação de restauração. (Idem:321).

Os autores avançam no detalhamento, e, com isso, sugerem que a definição do papel da restauração florestal na produção de água em uma bacia hidrográfica deve se prender ao serviço ecossistêmico esperado e, então, não se deve esperar aumento da produção hídrica como um dos serviços prestados pela floresta. Mas, ao contrário, o decréscimo da produção hídrica devido à presença da floresta é o preço por ela cobrado pelos outros serviços ecossistêmicos prestados, como a fixação de carbono (idem:321).

Nesse sentido, os autores fazem recordar que entre os serviços ecossistêmicos mais importantes prestados pela floresta estão o controle da erosão superficial, a regulação do fluxo dos rios, da ciclagem biogeoquímica e do microclima e a melhoria da qualidade da água. (Idem: idem).

A eficácia da cobertura florestal no controle da erosão superficial e na diminuição da frequência de cheias em escala de microbacia hidrográfica pode ser observada, pois uma vez

que a água atinge o solo, espera-se que a vegetação restaurada estimule a sua infiltração, para evitar que escoe pela superfície, arrastando consigo os sedimentos, poluentes, contaminantes e detritos, ou desencadeando processos erosivos mais severos. Quanto maior a área restaurada, é de se esperar que seja maior a eficácia no controle de cheias e menor a frequência desses eventos. (Idem).

Ressaltam, porém, que a proteção oferecida pela floresta só é efetiva em eventos chuvosos de baixo a médio volume. Além disso, em se tratando de processos erosivos superficiais mais severos, como a erosão em sulcos ou voçorocas, ou no caso de erosão geológica, a vegetação florestal não é eficiente e nem evita a ocorrência de eventos extremos de movimento de massa. (Idem).

Por exemplo, se o benefício esperado é a qualidade da água, as intervenções de restauração devem priorizar a recuperação do solo e da vegetação nos locais mais frágeis, nas áreas descobertas e nos trechos da bacia sujeitos a maior escoamento superficial e, portanto, expostos a maiores riscos de erosão e assoreamento. Nascentes e terrenos inclinados devem ser, portanto, prioritariamente protegidos.

Para esta finalidade, florestas, savanas ou campos, se devidamente restaurados, podem igualmente exercer a função de proteção, que será mais efetiva quanto maior a largura da faixa restaurada ao redor do corpo d'água. Contudo, sabemos que as principais causas de erosão e assoreamento, não somente no Brasil, mas também em grande parte do planeta, são a localização inadequada das estradas rurais e rodovias e a falta de preocupação com o destino da água das chuvas por elas captadas. (Idem).

São problemas, todavia, que as intervenções de restauração são incapazes de resolver. Se o problema é a escassez local de água, o plantio de árvores pode contribuir pouco ou até mesmo agravar o problema, caso a ação de restauração seja equivocada, como está acontecendo em extensas regiões na China. (Honda & Duringan, 2017).

Não obstante, é necessário agirmos para proteger a vegetação nativa, como preconiza o Novo Código Florestal Brasileiro, (Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012, oriunda do Projeto de Lei nº 1.876/99), que é a lei brasileira que dispõe sobre a proteção da vegetação nativa, tendo revogado o Código Florestal Brasileiro de 1965.

Soares-Filho (2012) em pesquisa contratada pela SAE/PR constata que 62% do território nacional, ou seja, cerca de 530 milhões de hectares (Mha) são cobertos por vegetação nativa. Desse total, 40% se encontram em áreas de conservação de domínio público ou em terras indígenas; sendo que 91% desses 40% se concentram no bioma Amazônia - e os 60% restantes, em propriedades privadas ou terras públicas ainda sem

designação. Números, portanto, que apontam para a necessidade de esforços de conservação em larga escala dessa vasta cobertura de vegetação nativa que se encontra dispersa em fragmentos de vários tamanhos através de uma miríade de propriedades privadas. (SAE/PR, 2012).

### **7.5.1 Goiás: Legislação e Políticas para conservação do solo e da água.**

O Estado de Goiás não dispõe de uma legislação específica sobre o uso e conservação de seus solos. Os recursos hídricos e minerais são tratados no artigo 140, através do qual se compromete a elaborar e manter atualizado Plano Estadual de Recursos Hídricos e Minerais, em conformidade com o Sistema Nacional de Gerenciamento.

Dispõe ainda da Lei de combate à desertificação nº 16.316, DE 26/08/2008, e instituiu a Política Estadual de Combate e Prevenção à Desertificação e dá outras providências. Em seu Art.1º instituiu a Política Estadual de Combate e Prevenção à Desertificação, a qual tem por objetivos: inciso IV – instituir mecanismos de proteção, conservação e recuperação da flora, da fauna e de solos degradados, nas áreas de risco ou impactadas pela desertificação.

Vale criticar o fato de que o estado não dispõe de uma legislação sobre os usos e conservação dos solos; não obstante se propõe a combater a desertificação.

No artigo Art. 3º está estabelecido que cumpre ao Poder Público: (Incisos) II – diagnosticar as áreas cujos solos sejam susceptíveis à salinização e acúmulo de compostos de sódio; e III – estimular ações de recuperação de solos afetados por salinização e acúmulo de compostos de sódio.

Deve ser criticada também por se tratar de uma lei extremamente confusa, e inexecutável.

Há outra lei, que dispõe sobre a agricultura irrigada: Lei nº 18.995, de 03 /09/2015. Esta lei no seu Art. 3º institui a Política Estadual de Agricultura Irrigada, observada a legislação ambiental, em particular a Lei federal nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Em duas situações se refere tangencialmente aos solos.

A lei reger-se-á pelos seguintes princípios: I -uso e manejo sustentável dos solos e dos recursos hídricos destinados à irrigação. No Art. 4º, a Política Estadual de Agricultura Irrigada tem como objetivos: III – colaborar para o aumento da produtividade dos solos irrigáveis. Ou seja, em ambos os casos a irrigação se compromete a não causar danos aos solos irrigados. Assim sendo, constatamos que não havendo uma lei de Uso e a Conservação dos solos as legislações seriam complementares em verdadeira “colcha de retalhos”.

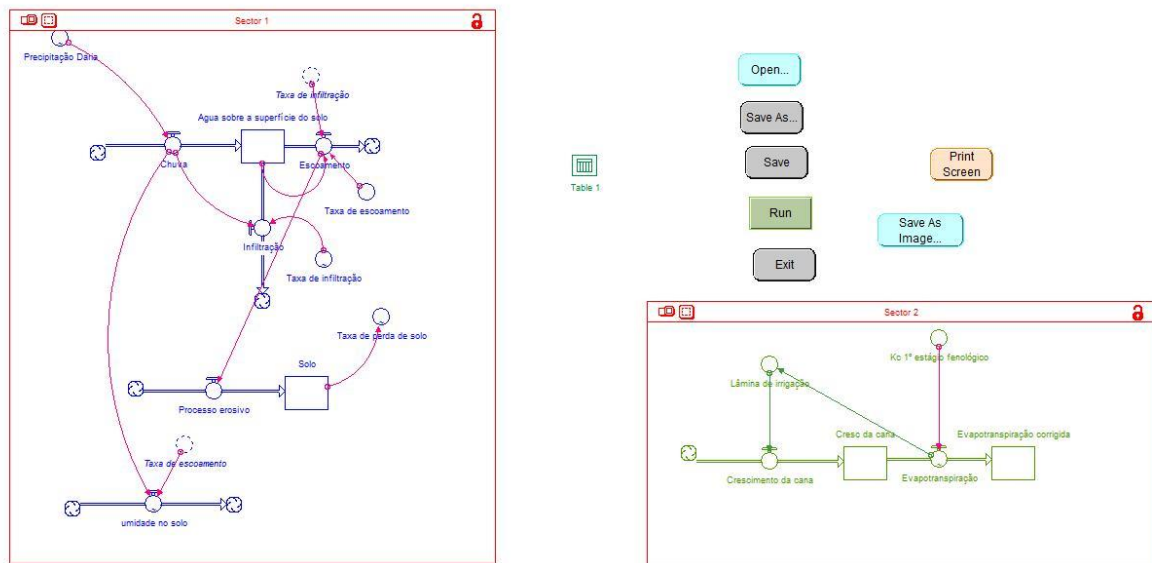
### **7.5.2 Simulação da implantação da Zona Ripária na Bacia visando à recomposição vegetal para diminuir a exposição da água contida nos solos agrícolas à atmosfera; portanto, aumentando o tempo em que permanece no sistema solo-planta. (Com irrigação subsuperficial).**

Conforme visto no Capítulo 1, a Bacia do Rio Verde possui alguns impactos ambientais, que não são exclusivamente decorrentes da cultura canavieira, mas, até por isso mesmo, merece ações de enfrentamento, visando à transformação (*Transformability*) em um sistema de uso da terra mais sustentável, como um dos atributos dos Sistemas Sócio-ecológicos.

Rio Verde, sendo uma das áreas prioritárias de conservação da biodiversidade, está ameaçada por Expansão agrícola, uso intensivo de defensivos agrícolas, desmatamento, resíduos. Como vimos, nesse sentido, no mesmo capítulo 1, que os municípios de Rio Verde e Santa Helena de Goiás apresentam considerável recolhimento de tais embalagens. Produzem toneladas de embalagens vazias e contaminadas, que, como consequência do uso e sua destinação inadequada, possuem grande potencial poluidor.

Corrigir o problema do desmatamento é bastante para justificar a adoção de projetos de reflorestamento; mas, ao fazê-lo, também se coíbe o descarte inadequado de embalagens e se pode, igualmente, criar circunstâncias para desestimular a intensificação do uso de defensivos. Assim, faremos uma simulação de implantação de espécies florestais do Cerrado. A tecnologia de irrigação usada na simulação será o gotejamento subsuperficial; entre outras razões, a escolha se justifica pelo fato de que (1) não é comum que espécies florestais sejam crescidas com irrigação de *Pivot* Central, por motivos de praticidade, investimento e produtividade; (2) porque realizar a simulação considerando as variáveis de umidade no solo no ponto da Capacidade de Campo e Ponto de Murcha Permanente, CAD, etc.

Figura 27 – Simulação do reflorestamento com três espécies do Cerrado.



**Fonte:** elaborado pelo autor, com base em Silva, C. A. (2012)

Considerando a necessidade de se implantar espécies para o reflorestamento, a fim de prolongar a umidade no solo, realizamos uma simulação com três espécies do Cerrado, que devem ser implantadas em áreas de preservação no interior de propriedades privadas, conforme o Código Florestal, e mesmo em áreas de domínio público próximas a cursos de água. Considerando, também, que a cana de açúcar não poderá mais ser implantada naquelas áreas, porque se trata de vedação decorrente do Zoneamento Agroecológico da Cana de açúcar, as espécies florestais irão suceder a cultura canavieira.

Nesse sentido, baseado em estudo de Silva, C. A. (2012) replicamos valores encontrados em seu experimento para três espécies: Jatobazeiro, Pitangueira e Baruzeiro. Consideramos os valores de precipitação da Bacia para o período novembro-dezembro de 2018, o mais chuvoso, e os valores de evapotranspiração e coeficiente de cultivo foram os lançados no referido estudo para cada espécie de reflorestamento, permitida nas Áreas de Proteção Permanente. As duas primeiras são muito comuns em matas ciliares, e o Baruzeiro ocorre em pastagens naturais e degradadas, pois servem de abrigo para animais, assim como fonte calórica e nutricional, em épocas quando a forragem não é de tão boa qualidade. (Brito *et al.*, 2018; Brasil, 2001 e SMAE, 2017).

O método de irrigação procurou repor 100% da evapotranspiração. Muito embora os solos da Área de Estudo sejam de baixa declividade, e com muita capacidade de absorver

águas pluviais, na simulação fizemos um ajuste para permitir que existisse algum escoamento superficial.

Dessa forma, as lâminas de irrigação e evapotranspiração registraram valores de 3,26 mm por dia; o escoamento superficial alcançou o valor máximo de 0,5 mm; e a evapotranspiração total corrigida variou de 1,56 mm a 10,53 mm por dia.

Por se tratar de tecnologia de irrigação de gotejamento subsuperficial, esperamos que a umidade do solo seja mantida prolongadamente, visto que não há exposição da água disponível no solo e, conforme a vegetação se desenvolve, aumenta a interceptação pluvial e a área de sombra.

O importante é que apreendamos que as políticas públicas de reflorestamento em área de mata ciliar têm de ser aplicadas conforme, ao menos, um objetivo factível. Neste caso, o Programa Produtor de Águas, que visa a remunerar a preservação de áreas de vegetação nativa, especialmente, próxima de cursos d'água, não tem capacidade (em nível de política pública) de gerar simultaneamente diversos serviços ambientais, entre eles criar água em estado líquido, de maneira generalizada, de forma a garantir o reabastecimento de aquíferos, lençóis freáticos, e mesmos lagos, açudes e rios. Seu objetivo, neste caso, será colaborar para evitar que a água armazenada no solo seja transferida para a atmosfera – através do processo de evaporação – uma vez que a cobertura vegetal tenha sido removida.

Por fim, cabe mencionarmos um Estudo que visa a conhecer os limites de crescimento de uma floresta, que, como discutido inicialmente nesta seção, apresenta funções ecossistêmicas variadas, entre as quais capturar e manter carbono na biomassa florestal. Acrescentar que florestas poderão ter limitada sua capacidade de render tantos serviços ambientais nos ajuda a entender que: (1) estão mais vulneráveis às variações abrangidas pelo que se denomina Mudanças Climáticas; (2) orientar a formulação e monitoramento de políticas públicas com objetivos mais específicos e mais refinados e localizados.

Nesse sentido, Fleischer et al. (2019) discutem que – no caso do bioma Amazônia – a limitação da capacidade de as espécies florestais absorverem fósforo disponível no solo pode, em certa medida, ser explicada pela elevação do carbono atmosférico (dióxido de carbono), considerada, no modelo, 200 ppm. Em seu estudo, os autores estimaram que, em 14 ecossistemas terrestres, a baixa disponibilidade de fósforo, reduz em 50% o crescimento da biomassa com carbono, para  $79 \pm 63 \text{ g C m}^{-2}$  por ano, em um período de observação de 15 anos, se comparado a modelos a partir de carbono e carbono-nitrogênio.

Consideram que a limitação da disponibilidade do fertilizante Fósforo no efeito do dióxido de carbono sobre a fertilização, em predições futuras, pode indicar que a floresta é



menos resiliente a altas temperaturas e a mudanças nos padrões de precipitação, que imaginado anteriormente. (2019:05).

Ante ao exposto, a Política Pública que vier a ser aplicada para atender ao disposto no “Novo Código Florestal”, deve contemplar não apenas as funções ecossistêmicas que são apresentadas na literatura, mas, os forçantes climáticos e o aporte de fertilizantes, no desenvolvimento das espécies florestais, em geral, e as da zona ripária, em particular.

### **7.5.3. Incertezas sobre degradação de solos agrícolas: Fator de Conservação e Manejo**

A Figura 28 vai representar a exposição ao risco de degradação dos solos da área, especialmente a partir dos fatores de uso e manejo do solo (C) e as práticas conservacionistas de suporte (P).

Os fatores C e P estão diretamente relacionados ao uso da terra e à cobertura vegetal, e de acordo com Borges (2009), podem variar ao longo dos anos como consequência das mudanças na forma e na intensidade do uso observado. Devido a essa interação, recomendamos que ambos os fatores sejam usados em combinação. Para Stein *et al.* (1987) só devemos usar separadamente, quando o objetivo do trabalho é definir formas mais adequadas de produção agrícola para a redução dos impactos gerados sobre o meio físico.

A tabela 16 informa os elementos necessários para a elaboração do Mapa do Fator de Manejo e Práticas Conservacionistas. Estes elementos consideram aspectos da cobertura vegetal e da atividade antrópica, que são contribuintes para o aumento do risco da degradação dos solos, o que pode ocorrer tanto como um *fluxo*, isto é, um estágio intermediário entre a remoção da cobertura vegetal ou florestal e os processos erosivos, que se completam com a perda de solo. Também podem ser vistos como *estoque*. Nesse caso, a perda de solo já está instalada e necessita de ações de recuperação do solo.

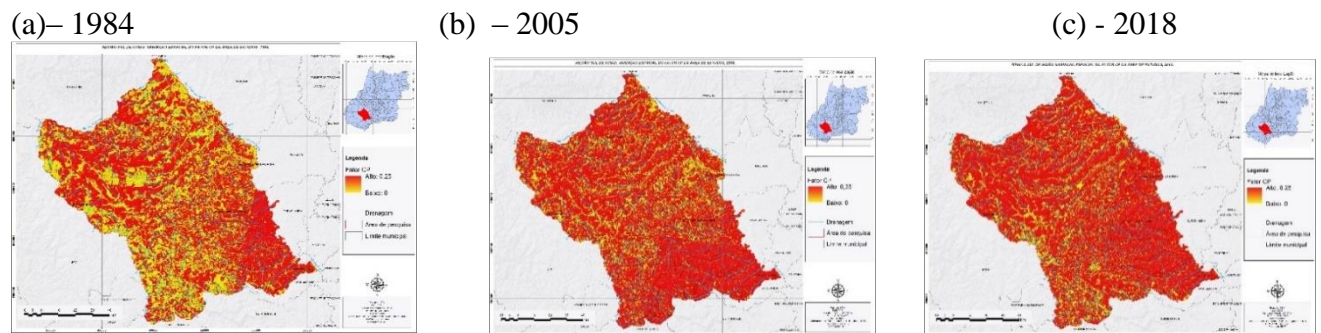
Tabela 18 – Elementos de Cobertura e Uso e o Fator CP.

Formação Vegetal/Fitofisionomia/Cob Uso	Fator C P	Fontes:
Campo Úmido	0	Modificado de Stein et al., (1987); Oliveira (2012)
Cerradão	0,00004	Modificado de Stein et al., (1987); Oliveira (2012)
Cerrado Denso	0,00004	Modificado de Stein et al., (1987); Oliveira (2012)
Mata de Galeria	0,00004	Modificado de Stein et al., (1987); Oliveira (2012)
Cerrado Típico	0,0007	Modificado de Stein et al., (1987); Oliveira (2012)
Corpo Hídrico	0	Modificado de Stein et al., (1987); Oliveira (2012)
Agricultura	0,25	Modificado de Stein et al., (1987); Oliveira (2012)
Agricultura / Eucalipto	0,3	Modificado de Stein et al., (1987); Oliveira (2012)
Cerrado Ralo	0,01035	Modificado de Stein et al., (1987); Oliveira (2012)
Campo Limpo	0,02	Modificado de Stein et al., (1987); Oliveira (2012)
Pastagem	0,25	Modificado de Stein et al., (1987); Oliveira (2012)
Queimada	0,2	Modificado de Stein et al., (1987); Oliveira (2012)
Solo Exposto / Agricultura	0,25	Modificado de Stein et al., (1987); Oliveira (2012)

Fonte: Stein *et al.* (1987); Oliveira (2012).

Convém registrarmos que, tal como nos mapas anteriormente apresentados nas figuras 16,17 e 18, os mapas abaixo representados na figura 28 foram elaborados nos meses que representam o período da entressafra, e seu significado é que o manejo e as práticas conservacionistas no período observado não são suficientes para inibir o risco de degradação dos solos. Nesse sentido, caso os produtores sejam impedidos de renovar o plantio de suas culturas naquelas áreas, a falta de manejo poderá levar os solos daquelas áreas à degradação, em sentido completo. Portanto, o mapa da figura 28 é importante para chamar a atenção de que o solo exposto agrícola requer manejo adequado, mesmo nesse período, ou ações de restauração florestal se a terra não for mais usada para agricultura; em qualquer caso, este é um espaço que deve ser construído com políticas públicas de proteção ao meio ambiente, de suporte à agricultura e de desenvolvimento. Nesse sentido, observamos na tabela 16, que os menores indicadores são aqueles que dizem respeito à vegetação nativa e espécies florestais, e os maiores valores são Solo Exposto Agrícola (0,25), Pastagem (0,25), Agricultura (0,25) e Agricultura/Eucalipto (0,3), ou seja, uso antropizado da terra, que evoluiu entre 1984 e 2018, causando aumento da vulnerabilidade natural do Sistema de Uso da terra, o que, mais uma vez, requer manejo permanente e adequado.

Figura 28 - Mapas do Fator CP (Práticas e Manejo Conservacionistas) para a região mostrando pontos críticos.



Fonte: elaborado por Nunes, E. D.

Pelos mapas de Práticas Conservacionistas e Manejo, podemos constatar que existem muitos pontos críticos representados pelas áreas em cor vermelha. Uma possível explicação para esse avanço entre os anos 1984 e 2018 está nos conflitos por uso da terra, como já destacado anteriormente na seção Mudança do Uso da terra, neste capítulo.

Resumidamente, porém, observamos que o solo agrícola exposto se explica por estar no período da entressafra de algumas culturas, quando o volume de precipitação pluviométrica fica muito baixo (Tabela 14), o que requer manejo do solo, especialmente irrigação. Em não havendo manejo correto, a tendência é que o solo seja degradado.

A degradação poderá ocorrer, porque uma das consequências do conflito de uso da terra desde, pelo menos, a Expansão da Fronteira Agrícola (1970), é que o chamado *reliance threshold*, ou, ainda, *tipping point*, isto é, o ponto em que - por exemplo - a vegetação nativa do Cerrado pode se regenerar, deve ter sido ultrapassado, progressivamente, em cada intervalo que os mapas da figura 28 representam.

Aqueles conflitos se deram e se dão pela conversão de vegetação nativa, Cerrado, em pastagem e agricultura; pelo deslocamento de algumas culturas por efeito da implantação de canais; conflitos estes, que remontam, ao menos, à década de 1970; mas, especialmente, pela não observância dos dispositivos da legislação ambiental, e, particularmente, no caso da cana de açúcar, o Zoneamento Agroecológico, tanto pelas razões exploradas no Capítulo 3, como também por outros fatores que constroem o retorno dos investimentos no setor.

Outra explicação para a possibilidade (ou risco) de degradação dos solos, como esclarecem Stein *et al.* (2017), é porque a erosão normal é própria da evolução da paisagem, que cede lugar a uma erosão acelerada quando há uma ruptura no equilíbrio natural do meio, por causa de um desmatamento generalizado. O desajuste que tem início com a ruptura – como anteriormente mencionado – é progressivamente incrementado pela sobreposição de

formas de uso e ocupação das terras (1987:02), como é o caso da Bacia do Rio Verde, detalhado no item 6.1.

Em visita à área de estudo, foi possível constatar algumas medidas extravagantes, como o aterramento de canais. Em comunicado pessoal, um dos empresários que orientava a visita técnica revelou que – do ponto-de-vista da Agricultura Extensiva – a remoção da cobertura vegetal originária vai revelando aspectos desconhecidos daquela paisagem, e à medida que o preparo do solo para o plantio vai avançando, surgem acidentes geográficos ignorados até então. Entre aqueles, está justamente a existência de canais, como córregos, e arroios.

Ainda segundo o referido investidor, a solução pertinente é realizar um contorno do canal; contudo, isto onera muito o projeto e, em termos práticos, perde-se áreas muito grandes de terra agricultável, e há de maneira adjacente o problema da homogeneidade das terras contíguas, que fica suprimida, quando se tem de interromper e mudar o traçado do projeto de plantio. Especialmente, por se tratar de solos com razoável fertilidade, o que, de acordo com o Mapa de Solos, e também o de Hipsometria pode variar em alguns pontos, dentro da mesma área. Por fim, é uma área que precisa de políticas públicas de proteção ao meio ambiente, apesar da competição que existe pelos solos e por áreas naquela região.

Entre as variadas políticas ambientais, como, por exemplo, a lei nº 16.497, de 10 de Fevereiro de 2009 (política estadual de Mudanças Climáticas), lei nº 16.316, de 26 de Agosto de 2008 - Política Estadual de Combate e Prevenção à Desertificação e o Decreto nº 6.707, de 28 de dezembro de 2007 - Macrozoneamento, Agroecológico e Econômico do Estado de Goiás, merece destaque por suas características operacionais e simplicidade de implementação, o Programa Produtor de Águas, promovido e coordenado pela Agência Nacional de Águas (ANA), visto que a recomposição em certa largura da zona ripária ou mata ciliar, pode, entre outras coisas, ajudar a reduzir a exposição da água nos solos à radiação solar, ao vento e à atmosfera, em geral, que quando seu estado, em consequência da elevação de temperaturas, for seco, pode retirar com celeridade a água disponível no solo.

Em síntese, a Figura 28, o mapa Fator CP, informa que existe maior incerteza quanto à não susceptibilidade dos solos à erosão, e, de modo mais geral, degradação, se tais condições permanecerem inalteradas por longos períodos de tempo.

As boas práticas de conservação e manejo adequado ajudam a evitar concentração de escoamento superficial. Entre aquelas práticas está a cobertura do solo, após a fase da colheita, com palhas, cujos efeitos positivos são diminuir a susceptibilidade à compactação do solo, porque são potencialmente capazes de atenuar as cargas sobre o solo (Braida *et al.*,

2006); aumenta os estoques de carbono do solo, contribui com a redução das emissões totais de gases do efeito estufa, melhora os atributos físicos e químicos, aumenta sua atividade biológica, de infiltração e armazenamento de água no solo (Santos, 2013). Neste último caso, de acordo com fontes das Usinas, acrescenta até 20% de umidade ao solo, conforme a palhada fique exposta muito tempo à radiação solar ou sob volumes de chuva, o que retarda a infiltração incremental devido ao obstáculo que camadas superpostas da palha representam; e o manejo inclui a irrigação (especialmente por *Pivot Central*), a fertirrigação e os tratos culturais. É importante observarmos que estão sendo consideradas outras classes de uso e diferentes tipos de cobertura vegetal da terra, além da cana-de-açúcar.

Muito embora seja inadequado ponderar sobre perda de Biodiversidade - uma vez que seu exame requer abordagens mais apropriadas e específicas - não devemos ignorar que a presente Área de Estudo compreende um *hotspot* e também é considerada uma área prioritária para conservação de Biodiversidade, como assinalado nos itens 1.6 e 1.9.1. Portanto, tais incertezas se estendem até este importante elemento do recorte definido como Área de Estudo desta tese. Corrobora esta preocupação o estudo de Ribeiro (2010), cujo modelo dinâmico já indicava que a expansão da cana de açúcar, em Goiás, no ano 2035, se avizinharia de Áreas Protegidas e o mapa *Impactos do Cultivo da Cana-de-açúcar sobre a Conservação da Biodiversidade em 2035* (figura 4.13) autoriza depreender a Bacia do Rio Verde localizada na cena. (2010:75).

#### **7.5.4 Cenários de Expansão Sustentável da Cana-de-açúcar na Bacia do Rio Verde.**

Uma Expansão Sustentável precisa atender a alguns critérios mais práticos e objetivos, e o seu significado no contexto desta tese é o conflito pelo uso da terra entre culturas agrícolas; nesse sentido, vale lembrar um modelo desenvolvido e estudado em Ribeiro (2010), que baseado em diferentes aspectos, mas, sobretudo, aplicando o instrumento de modelagem dinâmica, propôs um ordenamento territorial no bioma Cerrado (sobre áreas de pastagem, preferencialmente), de que resultaria uma expansão desta cultura canavieira cerca de 5,7 vezes a área observada em 2010, sem comprometer outras culturas, e respeitando a legislação ambiental, assim como preservando áreas de vegetação nativa remanescente. A modelagem também indica que a expansão no horizonte de 2035 poderá comprometer até 45% das áreas agrícolas do bioma Cerrado. Como a cultura aumentaria em vários municípios, os impactos na ocupação de várias bacias do bioma (incluindo a Bacia do Paranaíba, que contém a Bacia do Rio Verde) seriam significativos, porque, especialmente esta última, que já é uma Área muito antropizada; a expansão também poderá gerar demanda

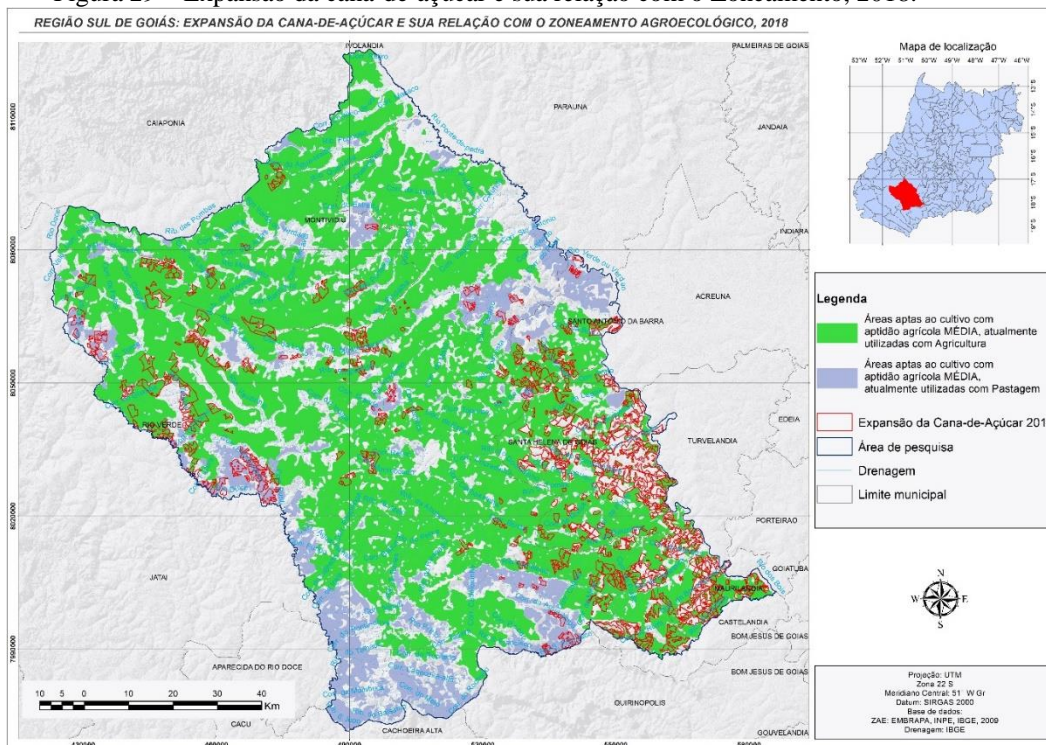
adicional de água para irrigação, e o processo industrial poderá gerar grandes quantidades de resíduos, que poderão impactar os recursos hídricos locais e regionais. (2010:74).

Muito embora nesta tese, a sustentabilidade pareça estar muito apoiada na Função Ecosistêmica (ou *Serviço Ambiental*) umidade do solo, não devemos perder de vista que a expansão da cana de açúcar deve ser compreendida no contexto da evolução dos conflitos pelo uso da terra, as quais possuem características físicas discutidas no Capítulo 1, e a dinâmica de tais conflitos tratadas no Capítulo 6.

Resumidamente, três paradigmas informam os conflitos: o zoneamento induzido, abordado no Capítulo 3 (seção 3.5), foi praticado a partir da seleção de áreas favoráveis ao desenvolvimento da cultura canavieira em larga escala, de modo a atender à rentabilidade das Usinas, ainda que em desacordo com o ordenamento territorial. As redes de poder mencionadas no Capítulo 6, que se referem a uma distribuição de recursos de poder constitucionais, organizacionais, jurídicos, financeiros, tecnológicos, políticos ou simbólicos, assim como a representação desses interesses, que, algumas vezes, isola outros produtores (p.ex.: os produtores de grãos no município de Rio Verde que se articulam de modo a constringer o avanço da cultura da cana de açúcar), além de restringir o acesso de outros produtores a serviços tecnológicos e, conseqüentemente, ao desenvolvimento de novas variedades ou novos produtos para seus negócios e influenciando as políticas públicas. E a agroindústria (também apresentada no Capítulo 6) se refere à internalização tecnológica e seleção de áreas, além de poder para articular suas cadeias produtivas e de valor.

A Figura 29 informa onde existe atividade relacionada à cultura canavieira e apresenta também se está ocorrendo sobre áreas vedadas pelo Zoneamento Agroecológico da Cana-de-açúcar com observações em 2018. Por conseguinte, em um cenário de expansão sustentável da cana de açúcar, deve-se preferencialmente ocupar em áreas de baixa aptidão agrícola e pastagem.

Figura 29 – Expansão da cana-de-açúcar e sua relação com o Zoneamento, 2018.



Elaborado por: Nunes, Elizon D. com base nos mapas do ZAE e do Canasat.

Pela Figura 29, podemos observar que a cana de açúcar se concentrou nas terras mais baixas da Bacia, exutório, em sua porção mais meridional: sudeste. Especialmente, notamos presença concentrada de cana de açúcar nos municípios de Maurilândia, Santo Antônio e Santa Helena. Além disso, em sua parte mais setentrional e ocidental, está localizada sobre áreas ocupadas com agricultura, o que é vedado pelo Zoneamento; e discretamente ocupa as áreas utilizadas por pastagem, conforme preconiza o ZAE. Não obstante em geral possuem um bom manejo, essas áreas são irrigadas através do sistema de irrigação *Pivot Central* (Figura 15; Figura 22), que não é uma tecnologia poupadora de água (seção 7.4). Nos chama atenção ainda que franjas no município de Rio Verde também estejam sendo ocupadas. Portanto, ao considerarmos todas as razões apontadas na Literatura (Capítulo 2), as características físicas vistas no Capítulo 1 e a dinâmica analisada no Capítulo 6, existe um amplo espaço para a expansão da cana de açúcar na Bacia. Caso sejam vencidas as resistências informadas anteriormente nesta seção; será preciso haver coordenação a fim de que sejam evitados todos os impactos descritos, mas, especialmente, sobre a disponibilidade de água no solo.

Contudo, devemos registrar o mais importante: a cana de açúcar tem se expandido e se concentrado nas terras mais próximas de rios, ou seja: áreas úmidas<sup>13</sup>, e isto confirma a necessidade de coordenação, especialmente a política do Programa Produtores de Água.

Essencialmente, o itinerário que a Tese percorreu está levando a se depreender se o gênero Política Pública está sendo capaz de obter o equilíbrio entre expansão da cana e preservação da vegetação nativa e conservação da biodiversidade. Neste ponto do trabalho, já é desimportante se a motivação é econômica (produtividade, lucratividade) ou se é inercialmente o caso de *path dependence*. Por essa razão, a curiosidade científica leva a que se procure observar como a expansão das áreas plantadas com cana-de-açúcar têm se comportado em virtude de outra importante política pública, igualmente apoiada no Novo Código Florestal, que são as Reservas Legais, especialmente; além das Áreas de Preservação Permanente, Unidades de Conservação ou Áreas Protegidas.

A melhor fonte para tais observações é o Cadastro Ambiental Rural para os municípios selecionados da Bacia. A Figura 30 vai apresentar a comparação da expansão da Cana em 2018 com os registros do CAR, atualizados em 03 de agosto de 2019.

---

<sup>13</sup> O conceito de Áreas Úmidas aqui utilizado é o proposto por Gomes (2017), que procura o definir como “sistemas (solo-água-planta) permanentes ou temporariamente saturados, inundados e/ou alagados (...) que permitem maior acúmulo de águas superficiais e/ou subsuperficiais (...) para promover processos físicos, químicos e biológicos em ambientes com deficiência ou ausência de oxigênio (...).





familiares em projetos como lotes de irrigação e projetos coletivos (caso da Política Nacional de Irrigação).

## Capítulo 8. Considerações Finais.

A atividade da cultura canavieira vincula diversos problemas ambientais, entre os quais, lixiviação, compactação do solo, erosão. Um conjunto de circunstâncias, igualmente descritos, levou a que a expansão da cana-de-açúcar no estado de Goiás ocorresse sobre áreas que não são recomendadas pelo Zoneamento Agroecológico da Cana-de-açúcar.

O ZAE preconiza a expansão, preferencialmente, sobre áreas de pastagem, particularmente, áreas degradadas. A cultura em tais áreas contribui para sua recuperação, além de mitigar alguns efeitos negativos sobre o meio ambiente, devido à interceptação da radiação solar, que contribui para o aumento da temperatura do solo. Consequentemente, evita a evaporação da água no solo exposto, das águas pluviais, que, em conjunto com outras condicionantes, pode desagregar a camada superficial do solo, resultando em sua erosão. Além disso, o dióxido de carbono que é fixado na parede celular durante a fotossíntese pode ser transferido para a matéria orgânica do solo, com a degradação de partes da planta, como a palha, o que ajuda na fertilização, porque, em certos casos, o nitrogênio ajuda a estabilizar o carbono. Lembrando que o carbono é a estrutura básica e resulta em capacidade de crescimento de nova biomassa. No caso da cana de açúcar, quando, durante a irrigação se lança vinhaça, esta contém potássio e se junta a outros fertilizantes para melhorar as condições dos solos.

Esta falha na Política Pública do ZAE permitiu que os impactos se espalhassem, sem a determinação da proporção destes, seja de forma perene ou de forma localizada e temporária. Muito embora saibamos que há propriedades, especialmente, os canaviais contratados aos grandes grupos empresariais, e, também aqueles que servem às usinas, que promovem gestão ambiental e procuram praticar um manejo que evite degradação das áreas onde há implantação de talhões de cana-de-açúcar. Não é possível afirmarmos, no entanto, que os riscos e impactos estejam ausentes das áreas que suportam canaviais, por esse motivo, o zoneamento continua sendo uma referência importante.

O processo que levou à inobservância do ZAE começa com a seleção de áreas durante a Expansão de Fronteiras, passa por algumas políticas públicas federais que têm influência sobre o crescimento de áreas plantadas com cana de açúcar, como o Proálcool, por exemplo, e a capacidade de alguns grupos econômicos se imporem sobre a trajetória institucional de algumas daquelas políticas. Esta situação caracteriza a dependência histórica do caminho

percorrido, quando nem sempre a melhor solução é selecionada e o custo de mudança se torna muito alto, conhecida como *Path Dependence*.

Uma vez que os custos de mudança, em termos de políticas *Top Down* se tornam elevados, a alternativa é procurarmos caminhos para a *Transformability*, capacidade de transformar em um sistema novo a estrutura ecológico-sócio-econômica quando a atual se torna insustentável.

Nesse sentido, considerando a área de estudo, sua oferta hídrica e condições de clima, a intensificação da agricultura tem sido uma alternativa sustentável e economicamente interessante. Esta se dá através da coordenação entre políticas públicas, como o próprio ZAE, as boas práticas, como a cobertura do solo com palha, mantendo a umidade e a adoção de tecnologias de irrigação, especialmente, o gotejamento subsuperficial. Este último, economizando água para irrigação, repõe a evapotranspiração, e contribui com a produtividade, podendo aumentar, tanto o número de safras, como estender o ciclo da cana de açúcar para até 10 anos.

Por sua vez, a Lei de Irrigação procura ser compatível com a Política Nacional de Recursos Hídricos, ou seja, com os Planos de Recursos Hídricos, visto que a irrigação é o principal setor de uso consuntivo da água de mananciais brasileiros.

A Nova Lei de Irrigação privilegia a agricultura irrigada, inclusive agricultura familiar, enquanto que na anterior, as obras de infraestrutura recebiam maior atenção. Com a atual legislação sobre o tema, podemos ter lotes e projetos coletivos, com participação de entes públicos. Esta perspectiva é aberta para projetos mais dinâmicos, inclusivos e economicamente viáveis, sem, contudo, ignorar o aspecto da sustentabilidade.

Estas duas políticas públicas que avaliamos mostram existir um esforço institucional, com algum grau de coordenação, que é adequado para os objetivos de uma agricultura tropical, com reduzido impacto ambiental e com potencial de produtividade maior, do modo tradicional de se produzir.

A proposta desta tese foi apresentar como um esforço de coordenação entre as boas práticas agrícolas (com gestão ambiental) e a observância de políticas públicas convergentes com o Novo Código Florestal, especialmente o ZAE, que pode permitir a concretização de um cenário de expansão da cana de açúcar de forma sustentável. Ou seja, contribuindo para a preservação ou recuperação de áreas degradadas, por meio do aumento da cobertura vegetal e o consumo muito menores de água para irrigação.

Procuramos demonstrar que a mudança do uso da terra ao longo de quase 40 anos foi forçada por eventos que são tratados pela própria história, por transformações econômicas,

pela trajetória institucional de algumas políticas, e, em particular, pela falha, isto é, pela falta de encaixe institucional.

Atualmente, uma alternativa para estar consoante com os objetivos de uma agricultura sustentável e do Novo Código Florestal é uma integração agro-floresta, que pode envolver consórcio de culturas, mas, especialmente, no caso do modelo apresentado nesta Tese, a implantação de espécies florestais do Cerrado para a recriação de zonas ripárias, uma vez que, conforme mostram os mapas nesta tese, os rios e cursos d'água se situam próximos de áreas agricultáveis. Entretanto, devemos ter muito cuidado para escolher bem os objetivos de um projeto para ser amparado pela política pública do Programa Produtor de Águas, pois, nem sempre a expectativa de que mais água estará disponível no mesmo sistema de uso da terra em pouco tempo. Dessa forma, nesta tese, propomos o projeto do Baruzeiro, da Pitangueira e do Jatobazeiro para manter a umidade do solo, especialmente, através da cobertura florestal que provê, evitando a evaporação da água disponível no solo. O Baruzeiro é um exemplo interessante, porque gera uma safra a cada dois anos, e o seu crescimento, vai aumentando o sombreamento da área, devido ao rápido crescimento de suas folhas.

A modelagem em *System Dynamics*, particularmente, permitiu entendermos como as conexões e retroalimentações entre variáveis que são qualitativas e também as quantitativas produzem um cenário em que à medida que tais espécies vão evoluindo em seus respectivos estágios fenológicos vão se desenvolvendo, e ocupando áreas que a cultura canavieira estaria. Especialmente próximo a cursos d'água e áreas com alta aptidão agrícola, o aumento da área com folhas requer menos água que a cana-de-açúcar, sendo assim as necessidades de irrigação diminuem à mesma proporção e vão mantendo a umidade do solo, de modo semelhante àquelas boas práticas com a sobreposição da palha sobre o solo. Isso é uma relação positiva para a sustentabilidade.

Essa coordenação, em uma área onde a chuva é mais bem distribuída poderá representar a oportunidade de uma intensificação da agricultura, com estabilidade hídrica e fertilidade dos solos, além de colaborar com o aumento da produtividade da cultura canavieira. Muito embora seja preciso reconhecermos que a adoção de tecnologias como a de gotejamento apresentem um impacto financeiro nos projetos, seja devido ao custo de substituição da tecnologia, ou devido ao tempo de *payback* (com impactos sensíveis sobre as safras), as políticas públicas não poderão fazer *funding* para um número grande de projetos, levando-se à seletividade. Mais uma vez, à exposição institucional à atuação de grupos de interesse, levaria novamente a uma solução do tipo *path dependence*. A aplicação

de tal tecnologia se torna indispensável para os objetivos de reduzir o uso consuntivo da água pela irrigação.

A Governança do Sistema de Uso da terra de cana-de-açúcar para etanol na Bacia do Rio Verde, indispensável para as condições de sustentabilidade, produtividade e bem estar humano somente ocorrerá com um acompanhamento – em parte via monitoramento, como na parte de mudança do uso da terra – de recuperação vegetal e florestal, após ações de recuperação de áreas degradadas, por meio do Sistema TerraClass (INPE)<sup>14</sup>, e também *follow-up* dos Sistemas Sócio-ecológicos, representados pela mudança tecnológica na irrigação, ainda que em talhões selecionados. Este novo sistema será o resultado de *Transformability* e servirá para bloquear os impactos ambientais que vêm por meio da falha do ZAE, que se retroalimenta em virtude de *Path Dependence*.

Por fim, podemos apresentar como resultados, que a lâmina de irrigação via gotejamento superficial, nas simulações, foi perto de 16 vezes menor que a aplicação através do *Pivot Central*. Numericamente, o primeiro utilizou 2,53 mm e o último, 40 mm.

Recomendamos por fim que se adote a tecnologia de gotejamento nas áreas críticas e implante-se espécies florestais para zonas ripárias. Se o gotejamento não for uma opção, aplique-se lâminas via *Pivot Central*, mas com uso de palhada no solo.

O mais importante é que os resultados mostram que a expansão da cana de açúcar na Bacia do Rio Verde vem se dando sobre áreas úmidas<sup>15</sup>, muito perto de rios, e, apesar de geralmente haver bom manejo, a irrigação é feita com *Pivot Central*, tecnologia que não é poupadora de água; assim subsistem incertezas relacionadas a impactos sobre os Recursos Hídricos; portanto, o Programa Produtores de Água deve ser implantado para recuperação da zona ripária.

Como desdobramento, sugerimos a pesquisa de um modelo preditivo para compreender os limites do crescimento nos cenários BAU, com um desordenamento do crescimento, e outro cenário, alternativo, com observância do ZAE e uma relação entre precipitação, infiltração e evapotranspiração para construir uma história do futuro sobre a hidrologia articulada com o uso da terra.

---

<sup>14</sup> Atualmente desmobilizado

<sup>15</sup> Gomes, C.S. (2017:166).

## REFERÊNCIAS:

Abdala, Klaus; Ribeiro Lee, Francis. Ferreira, Manuel Eduardo. Risco de Impactos Ambientais gerados pela dinâmica de uso do solo no estado de Goiás: uma abordagem multimétodos. RBC. **Revista Brasileira de Cartografia** (Online), v. 68, p. 235, 2016.

**Agência Embrapa de Informação Tecnológica** (AGEITEC). Latossolos Vermelhos. Disponível em: [http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/solos\\_tropicais/arvore/CONT000fzyjaywi02wx5ok0q43a0r9rz3uhk.html](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/solos_tropicais/arvore/CONT000fzyjaywi02wx5ok0q43a0r9rz3uhk.html).

Agência Embrapa de Informação Tecnológica (AGEITEC). **Latossolos Vermelhos**. Árvore do Conhecimento – Solos Tropicais. Disponível em: [http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/solos\\_tropicais/arvore/CONT000fzyjaywi02wx5ok0q43a0r9rz3uhk.html](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/solos_tropicais/arvore/CONT000fzyjaywi02wx5ok0q43a0r9rz3uhk.html)

Agência Nacional de Águas (ANA). **Levantamento da Cana-de-Açúcar Irrigada na Região Centro-Sul do Brasil**. Brasília, DF. 2017. Disponível em: [http://arquivos.ana.gov.br/institucional/spr/\\_LevantamentoCanaIrrigada\\_posCE\\_CEDOC\\_SemISBN2.pdf](http://arquivos.ana.gov.br/institucional/spr/_LevantamentoCanaIrrigada_posCE_CEDOC_SemISBN2.pdf). Acessado em: 22 de Janeiro de 2018.

Agência Nacional de Águas (ANA). RP-03 - **Diagnóstico da Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba**. COBRAPE/ Brasília - DF. Agosto/2011. Disponível em: [http://cbhparanaiba.org.br/uploads/documentos/PRH\\_PARANAIBA/DOCUMENTOS\\_AP\\_OIO/Parte\\_A\\_Caracterizacao\\_Bacia.pdf](http://cbhparanaiba.org.br/uploads/documentos/PRH_PARANAIBA/DOCUMENTOS_AP_OIO/Parte_A_Caracterizacao_Bacia.pdf). Acessado em: 27 de abril de 2018.

Aguiar, Maria do Amparo Albuquerque de. **Terras de Goiás: estrutura fundiária (1850-1910)**. Livro Ed. UFG, Goiânia, GO. 237 p. ISBN: 85-7274-211-5

Aguiar, Maria do Amparo Albuquerque de. **Terras de Goiás: estrutura fundiária (1850-1910)**. Livro. Ed. UFG, Goiânia, GO. 237p. ISBN: 85-7274-211-5

Alvarenga, Livia Alves; Mello, Carlos Rogério de, Colombo, Alberto, Cuartas, Luz Adriana. Hydrologic impacts due to the changes in riparian buffer in a headwater watershed. **CERNE**. v. 23 n. 1, p. 95-102. 2017.

Andrade, Rui da S. & Stone, Luís F. Estimativa da umidade na capacidade de campo em solos sob Cerrado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** v.15, n.2, p.111–116, 2011.

Arretche, Marta. Tendências no estudo sobre avaliação. In: RICO, Elizabeth Melo (org.) Avaliação de políticas sociais: uma questão em debate. São Paulo: Cortez: Instituto de Estudos Especiais, 2001. p.29-39.

Associação Brasileira da Indústria de Máquinas e Equipamentos (ABIMAQ). **PRORENOVA** - Programa de Apoio à Renovação e Implantação de Novos Canaviais.

Disponível em:

<http://www.abimaq.org.br/Arquivos/Html/DEFI/Dowloads/quadroprenova.pdf>

Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES). **BNDES ProRenova**. BNDES 2012.

Disponível em:

<https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/financiamento/produto/bndes-prorenova>

Barbalho, Maria Gonçalves da Silva. A expansão da área de cultivo da cana-de-açúcar na região sul do estado de Goiás de 2001 a 2011. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais** – Número 29 – Setembro de 2013.

Barbalho, Maria Gonçalves da Silva; Silva, Adriana Aparecida e Castro, Selma Simões de. A expansão da área de cultivo da cana-de-açúcar na região sul do estado de Goiás de 2001 a 2011. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**. Número 29 – Setembro de 2013 ISSN 1808-4524 Impresso.

Barbalho, Maria Gonçalves da Silva; Silva, Adriana Aparecida; Castro, Selma Simões de. A expansão da área de cultivo da cana-de-açúcar na região sul do estado de Goiás de 2001 a 2011. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, n.29, p.98-110, 2013.

Bergtold, Jason S. et al. Indirect land use change from ethanol production:: the case of sugarcane expansion at the farm level on the Brazilian Cerrado. **JOURNAL OF LAND USE SCIENCE**, [S.l.], v. 12, n. 6, p. 442-456, jul. 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1080/1747423X.2017.1354937>>. Acesso em: 05 nov. 2018.

Bernardo, Salassier. **Manual de irrigação**. 6. ed. Viçosa: Imprensa Universitária, Universidade Federal de Viçosa, 1995. 657p.

Bernardo, Salassier. **Manual de irrigação**. 6<sup>a</sup>. ed. Viçosa: Imprensa Universitária, Universidade Federal de Viçosa, 1995. 657p.

Beulter, A.N.; Centurion, J.F. Compactação do solo no desenvolvimento radicular e na produtividade da soja. **PAB**, v.39, n.6, p.581-588, 2004.

Boillat, Sebastien et al. Land system science in Latin America:: challenges and perspectives. **Current Opinion in Environmental Sustainability**, [S.l.], n. 26-27, p. 37-46, jan. 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.cosust.2017.01.015>>. Acesso em: 05 nov. 2018.

Bono, José Antonio Maior, Macedo, Manuel Claudio Motta, Tormena, Cássio Antonio, Nanni, Marcos Rafael, Gomes, Eder Pereira & Müller, Marcelo Marques Lopes. Infiltração



de água no solo em um Latossolo vermelho da região sudoeste dos cerrados com diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 36:1845-1853. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v36n6/19.pdf>

Borges, K.M.R. 2009. Avaliação de susceptibilidade erosiva da Bacia do Rio Carinhanha (MG/BA) por meio da EUPS – Equação Universal de Perda dos Solos. Programa de Pós-Graduação em Geografia. Universidade de Brasília, **Dissertação de Mestrado**, 68p.

Borges, Vonedirce Maria Santos. Formação da Nova Centralidade do setor sucroenergético no Cerrado: o caso de Quirinópolis, Estado de Goiás. **Tese de Doutorado** em Geografia. UFG, Goiânia, 2011.

Braida, João Alfredo, Reichert, José Miguel, Veiga, Milton da e Reinert, Dalvan José. Resíduos vegetais na superfície e carbono orgânico do solo e suas relações com a densidade máxima obtida no ensaio proctor. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 30:605-614, 2006.

Brasil. Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Cultivo do Milho: Quimigação. **Comunicado Técnico** nº 57, 2002. Disponível em: <https://plantarcrescercolher.blogspot.com/2016/01/quimigacao-na-cultura-do-milho.html>

Brasil. **Decreto nº 6.961**, de 17 de Setembro de 2009.

Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. EMBRAPA. A Importância das Matas Ciliares do rio São Francisco. **Série Documentos**, nº 179. Dezembro, 2001. Disponível em: [http://www.cpatia.embrapa.br:8080/public\\_eletronica/downloads/SDC179.pdf](http://www.cpatia.embrapa.br:8080/public_eletronica/downloads/SDC179.pdf)

Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Métodos de Irrigação e Quimigação. **Circular Técnica** nº 86. ISSN 1679-1150. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/490418/1/Circ86.pdf>

Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Produção e Agroenergia. **Plano Nacional de Agroenergia**. 2006-2011. 2ª Edição Revisada. Embrapa Informação Tecnológica. Brasília, DF. 2006

Brasil. Ministério da Economia (Fazenda). **MP cria subvenção para ProRenova**: Linha de crédito contribui para implantação e renovação dos canaviais. Ministério da Fazenda. Disponível em: <http://www.fazenda.gov.br/noticias/2013/maio/mp-cria-subvencao-para-prorenova>

Brasil. Ministério das Minas e Energia. **Lei Nº 13.576** de 26 de Dezembro de 2017. Dispõe sobre a Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio) e dá outras providências. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2015-2018/2017/lei/L13576.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2017/lei/L13576.htm)

Brasil. Ministério das Minas e Energia. **Renovabio**. Diretrizes Estratégicas. 2017. Disponível em:

[http://www.mme.gov.br/web/guest/consultas-publicas;jsessionid=47D251E4AD00CFF6192D19D74EF52100.srv154?p\\_auth=xgol0z2t&p\\_p\\_id=consultapublicaexterna\\_WAR\\_consultapublicaportlet&p\\_p\\_lifecycle=1&p\\_p\\_state=normal&p\\_p\\_mode=view&p\\_p\\_col\\_id=column-1&p\\_p\\_col\\_count=1&\\_consultapublicaexterna\\_WAR\\_consultapublicaportlet\\_consultaIdNormal=26&\\_consultapublicaexterna\\_WAR\\_consultapublicaportlet\\_javax.portlet.action=downloadArquivo](http://www.mme.gov.br/web/guest/consultas-publicas;jsessionid=47D251E4AD00CFF6192D19D74EF52100.srv154?p_auth=xgol0z2t&p_p_id=consultapublicaexterna_WAR_consultapublicaportlet&p_p_lifecycle=1&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-1&p_p_col_count=1&_consultapublicaexterna_WAR_consultapublicaportlet_consultaIdNormal=26&_consultapublicaexterna_WAR_consultapublicaportlet_javax.portlet.action=downloadArquivo)

Brasil. Ministério do Meio Ambiente. **Mapeamento do Uso e Cobertura do Cerrado: Projeto TerraClass Cerrado 2013** Documento Digital. MMA, SBF. Brasília, 2015.

Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/tccerrado/index.php?mais=1>

Bray, S. C.; Ferreira, E. R.; Ruas, D. G. G. **As políticas da agroindústria canavieira e o PROÁLCOOL no Brasil**. Marília: Unesp-Marília-Publicações, 2000.

Brito, Camilla Nascimento; Cardoso, Eliakim Ferreira e Venturoli, Fábio.

**Espécies Arbóreas da Escola de Agronomia da Universidade Federal de Goiás**. Goiânia – GO. 2018. Disponível em: [https://profloresta.agro.ufg.br/up/417/o/E-BOOK\\_dendrologia\\_Camilla\\_e\\_Eliakim.pdf](https://profloresta.agro.ufg.br/up/417/o/E-BOOK_dendrologia_Camilla_e_Eliakim.pdf)

Brown, Daniel G. et al. Opportunities to improve impact, integration, and evaluation of land change models. **Current Opinion in Environmental Sustainability**, [S.l.], n. 5, p. 452-457, set. 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.cosust.2013.07.012>>. Acesso em: 05 nov. 2018.

Camargo, Ângelo Paes de et Camargo, Marcelo Bento Paes de. Uma Revisão Analítica da Evapotranspiração Potencial. **Bragantia**, Campinas, 59(2), 125-137, 2000.

Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/brag/v59n2/a02v59n2.pdf>

Campos, Washington Pereira; Caliari, Márcio; Silveira, Marina Aparecida da. Implicações da expansão do cultivo da cana-de-açúcar sobre o município de Goiatuba. **Conjuntura Econômica Goiana**. Instituto Mauro Borges (IMB). N. 30. 2014.

Canal Jornal da Bioenergia. Local ignorado. Estado ignorado. Plantação de Cana com o sistema de gotejamento subsuperficial. 26/04/2016. 1 fotografia. Cores. Resolução: 96 DPI. Dimensão:8,25 x 7,41 cm. Disponível em: <http://www.canalbioenergia.com.br/de-gota-em-gota-maior-producao-e-vida-util-para-o-canavial/>

Carneiro, Marco Aurélio Carbone; Souza, Edicarlo Damacena de; Reis, Edésio Fialho dos; Pereira, Hamilton Seron e Azevedo, Watson Rogério de. Atributos físicos, químicos e biológicos de solo de cerrado sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. 33:147-157, 2009. <http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v33n1/16.pdf>

Carrijo, Ed Licys de Oliveira. A expansão da fronteira agrícola no estado de goiás: setor sucroalcooleiro. **Dissertação de mestrado** em agronegócios. Universidade Federal de Goiás, Goiânia, Goiás. 2008

Castiblanco, Jhon Sebastian Riveros e Wander, Alcido Elenor. Competitiveness of the Sugarcane Cluster in Goianesia-GO, Brazil. *Modern Applied Science*, v. 10, p. 255-263, 2016.

Castro, Cláudio de & Jatobá, Lucivânio. **Litosfera. Minerais, Rochas, Relevo**. Livro. Recife: Editora Universitária, 2004

Castro, Patrícia Alves Leão de. Métodos de Estimativa de Evapotranspiração Potencial como ferramenta de gestão ao uso da água. **Trabalho de Conclusão de Curso**, Faculdade de Engenharia Ambiental da UniRV. 2017. Disponível em:

<http://www.unirv.edu.br/conteudo>

/fckfiles/files/M%C3%89TODOS%20DE%20ESTIMATIVA%20DE%20EVAPOTRANSPIRA%C3%87%C3%83O%20POTENCIAL%20COMO%20FERRAMENTA%20DE%20GEST%C3%83O%20AO%20USO%20DA%20%C3%81GUA.pdf

Cláudia Liane Rodrigues de Lima; Clenio Nailto Pillon; Ana Cláudia Rodrigues de Lima; **Qualidade física do solo: indicadores quantitativos**. Documentos (INFOTECA-E). Embrapa Clima Temperado. Documentos, 196. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2007. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/745869>

Cristofidis, Demetrios. **Situação das áreas irrigadas: métodos e equipamentos de irrigação – Brasil**. Brasília: DH/SRH/MMA, 1999. 26p.

Crumpton, Charles David; Medeiros, Janann Joslin; Ferreira, Vicente da Rocha Soares; Sousa, Marcos de Moraes; Najberg, E. Evaluation of public policies in Brazil and the United States: a research analysis in the last 10 years. In: **Revista de Administração Pública**, Rio de Janeiro 50(6):981-1001, nov./dez. 2016.

David, Paul A. Clio and the Economics of QWERTY', **American Economic Review**, 75. 1975.

Davis, S. & Nelson. D. Subsurface Irrigation today and tomorrow; In: International Drip Irrigation Congress, 7. St. Joseph, 1970. **Proceedings**. St. Joseph: ASAE, 1970 p.18

Elliot, Lígia Gomes Meta-avaliação: das abordagens às possibilidades de aplicação. Ensaio: **Avaliação Políticas Públicas em Educação**. Rio de Janeiro, v. 19, p. 941-964, 2011.

Elmore, Wayne and Beschta, Robert L. Riparian Areas: Perceptions in Management. **Rangelands** 9(6), December 1987.

Fageria, N.K. **Solos tropicais e aspectos fisiológicos das culturas**. 1ª. ed. Brasília, DF. Departamento de publicações, 1989. 135-145 p.

Gobbi, Wanderléia Aparecida de Oliveira. Agricultural Modernization in the Minas Gerais state's Cerrado: governmental development programs in the 1970' decade. **Caminhos de geografia**. Uberlândia, Minas Gerais, 2004.

GOIÁS (Estado). Secretaria de Indústria e Comércio. Superintendência de Geologia e Mineração. **Caracterização Climática do Estado de Goiás**. Série Geologia e Mineração n. 3. Goiânia, 2006. 133 p.

Gomes, Heber Pimentel. **Engenharia de irrigação: hidráulica dos sistemas pressurizados, aspersão e gotejamento**. 2.ed. Campina Grande-PB: Universidade Federal da Paraíba. 1997; 390 p.

Greene, Jennifer C. Dialogue in Evaluation: A Relational Perspective. **Evaluation**. Volume 7, Issue 2, 2001. Disponível em: <https://doi.org/10.1177/135638900100700203>

Guerra, Antonio Teixeira. **Dicionário geológico-geomorfológico**. Livro. 8ª ed. Rio de Janeiro: IBGE. (1993).

Gomes, C. S. Bases teórico-conceituais e subsídios para a classificação hidrogeomorfológica das áreas úmidas em Minas Gerais. 2017. 212 f. **Dissertação** (mestrado) – Departamento de Geografia – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2017.

Hiler, Edward A., Howell, Terry A. Grain Sorghum reponse to trickle and subsurface irrigation. Trans. **ASAE** (Am. Soc. Agric. Eng.), v.16, p.799-803, 1973.

Honda, Eliane Akiko e Durigan, Giselda. A restauração de ecossistemas e a produção de água. **Hoehnea** 44(3): 315-327, 2 fig., 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/2236-8906-82/2016>

Hungria, M.; Campo, R. J.; Mendes, I. C. **Fixação biológica do nitrogênio na cultura da soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2001. 48 p. (Embrapa Soja. Circular Técnica, 35; Embrapa Cerrados. Circular Técnica, 13).

Jaiswal, Deepak, De Souza, Amanda P., Larsen, Søren, LeBauer, David S., Miguez, Fernando E., Sparovek, Gerd, Bollero, Germán, Buckeridge, Marcos S. e Long, Stephen P. Brazilian sugarcane ethanol as an expandable green alternative to crude oil use. **Nature Climate**

**Change (Letters)**, em 23 de outubro de 2017. Disponível em: DOI: 10.1038/NCLIMATE3410.

Jayasuriya, Kanishka; Painter, Martin; Pierre, Jon. Capacity Beyond the Boundary: New Regulatory State, Fragmentation and Relational Capacity, in: **Challenges to State Policy Capacity: Global Trends and Comparative Perspectives**. Palgrave Macmillan. 2005. UK, London.

John Walsh Doran, David C. Coleman, David F. Bezdicek, Bobby Alton Stewart, editors. Defining Soil Quality for a Sustainable Environment. **SSSA Special Publication**. 35 (1994) SSSA and ASA, Madison, WI Disponível em: doi:10.2136/sssaspecpub35.frontmatter

Kageyama, Ângela Antônia. **O novo padrão agrícola brasileiro: do complexo rural aos complexos agro-industriais**. In: Guilherme Costa Delgado. (Org.). Agricultura e Políticas Públicas. Brasília/DF: IPEA, 1990, v. 1, p. 113-223.

Klein, Vilson A., Reichert, José M. & Reinert, Dalvan J. Água disponível em um Latossolo Vermelho argiloso e murcha fisiológica de culturas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**; v.10, n.3, p.646–650, 2006.

Kubiszewski, Ida; Costanza, Robert; Franco, Carol; Lawn, Philip, Talberth, John; Jackson, Tim e Aylmer, Camille. Beyond GDP: Measuring and achieving global genuine progress. **Ecological Economics**. 93 (2013) 57–68. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolecon.2013.04.019>  
LAND system architecture: Using land systems to adapt and mitigate global environmental change. **Global environmental change**, [S.l.], n. 23, p. 395-397, jan. 2013.

Lapola, David M. et al. Pervasive transition of the Brazilian land-use system. **Nature Climate Change**, [S.l.], v. 4, p. 27-35, dez. 2013. Disponível em: <[http://DOI: 10.1038/NCLIMATE2056](http://DOI:10.1038/NCLIMATE2056)>. Acesso em: 05 nov. 2018.

Lejano, Raul P. Parâmetros para análise de políticas públicas: a fusão de texto e contexto. Campinas: Editora Arte Escrita, 2011.

Lejano, Raul. **Frameworks for policy analysis: mergin text and context**. Nova York: Routledge, 2006, 269 pp.

Manzatto, C. V.; Assad, E. D.; Bacca, J. F. M.; Zaroni, M. J.; Pereira, S. E. M. (org.). **Zoneamento agroecológico da cana-de-açúcar**. Rio de Janeiro. Embrapa Solos, 2009. 55p.

Medina, José San Juan. **Riego por goteo: teoría y práctica**. 2. ed., Madrid: Mundi Prensa, 1985. 461p.

Medina, José San Juan. **Riego por goteo: teoría y práctica**. 2ª. ed., Madrid: Mundi Prensa, 1985. 461p.

Megginson, Leon C.; Mosley, Donald C.; Pietri Junior, Paul H. **Administração – conceitos e aplicações**. 4. ed. São Paulo: Saraiva, 1998.

Miziara, F. Expansão da Lavoura de Cana em Goiás e Impactos Ambientais. In: XIV Congresso Brasileiro de Sociologia, 2009, Rio de Janeiro. **Anais do XIV Congresso Brasileiro de Sociologia**, 2009. v. 1. p. 1.

Miziara, Fausto Silva ; Ferreira, Nilson Clementino. Expansão da Fronteira Agrícola e Evolução da Ocupação e Uso do Espaço no Estado de Goiás: Subsídios à Política Ambiental. In: Laerte Guimarães Ferreira Jr. (Org.). **A Encruzilhada Socioambiental: Biodiversidade, Economia e Sustentabilidade no Cerrado**. 1ed.Goiânia: Editora UFG, 2008, v. 1, p. 150-320.

Monteiro, Carlos Augusto de Figueiredo. Notas para o estudo do clima do Centro-Oeste brasileiro. **Revista Brasileira de Geografia**. v. 13; n. 1; p. 3 - 46. Rio de Janeiro, 1951

Moreira, Maria Luiza Osório et al., MORETON, Luiz Carlos, ARAÚJO, Vanderlei Antônio de, Lacerda Filho, Joffre Valmório de, e COSTA, Heitor Faria da (Org.) Geologia do Estado de Goiás e Distrito Federal. **Geologia do Estado de Goiás e Distrito Federal**. Geologia do Estado de Goiás e Distrito Federal. Goiânia: CPRM/SIC-FUNMINERAL, 2008. 143 p.

Nagendra, Harini; REYERS, Belinda; LAVOREL, Sandra. Impacts of land change on biodiversity:: making the link to ecosystem services. **Current Opinion in Environmental Sustainability**, [S.l.], n. 5, p. 503-508, jun. 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.cosust.2013.05.010>>. Acesso em: 05 nov. 2018.

Nascimento, Maria Amélia Leite S. GEOMORFOLOGIA DO ESTADO DE GOIÁS. **Boletim Goiano de Geografia**. Goiânia: UFG, V.12, n.1. Jan./Dez. 1991. Disponível em: [https://observatoriogeogoiias.iesa.ufg.br/up/215/o/NASCIMENTO\\_Maria\\_Amelia\\_Leite\\_Geomorfologia\\_Go.pdf](https://observatoriogeogoiias.iesa.ufg.br/up/215/o/NASCIMENTO_Maria_Amelia_Leite_Geomorfologia_Go.pdf)

Neto, Fernando César da Veiga. A construção dos mercados de pagamentos por serviços ambientais e suas implicações para o desenvolvimento sustentável no Brasil. **TESE**. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro-UFRRJ. Rio de Janeiro. 2008.

Nimer, Edmon. **Clima na Região Centro-Oeste**. Fundação IBGE. Rio de Janeiro - RJ, 1989.p.23-34

Norman Kent Denzin; Yvonna Sessions Lincoln. Introdução: a disciplina e a prática da pesquisa qualitativa. In: \_\_\_\_\_. **O planejamento da pesquisa qualitativa: teorias e abordagens**. 2.ed. Porto Alegre: Artmed, 2006, cap.1

North, Douglass. **Institutions, Institutional Change and Economic Performance - The political economy of institutions and economic decisions**. Cambridge University Press. 2007.

Nunes, Elizon Dias. Modelagem de Processos Erosivos Hídricos Lineares no Município de Mineiros – Goiás. **Tese de Doutorado** em Geografia. Instituto de Estudos Socioambientais; Universidade Federal de Goiás. Abril/2015

Oliveira, J. S. Avaliação de modelos de elevação na estimativa de perda de solos em ambiente SIG. 2012. 103 p. **Dissertação** (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz - Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2012.

Oliveira Lima, Luiz Carlos de. Inovações Financeiras no Agronegócio Brasileiro. **Tese de Doutorado**. CPDA/UFRRJ, 2003.

Pasqualetto, Antônio; Zito, Roberto Kazuhiko. **Impactos ambientais da monocultura da cana-de-açúcar**. Goiânia: Ed UFG, 2000.

Paula, Cristiano Hilário de. Destilaria Vale do Paracatu (DPVA). Sistema de Canhão Autopropelido (Canhão Aspersor). Paracatu. Minas Gerais, 2011. Cores. Resolução: 96 DPI. Dimensão: 8,25 x 9,02 cm.

Paula, Cristiano Hilário de. Usina Jalles Machado. Goianésia. Cana desenvolvida pelo Sistema de Gotejamento subsuperficial; e o Sistema. Goianésia. Goiás, Janeiro, 2018. 2 fotografias. Cores. Resolução: 96 DPI. Dimensão: 8,25 x 7,41 cm.

Paula, Cristiano Hilário de. Usina Jalles Machado. Sistema de Aspersão por Pivot Central. Goianésia. Goiás, 2012. Cores. Resolução: 96 DPI. Dimensão: 16,01 x 11,98 cm.

Santos, Ana Paula Guimarães. Manutenção da Palha em Superfície e seu efeito nos Atributos do solo e na produtividade do canavial. **Tese de Doutorado**. Engenharia Agrícola (área de concentração: Água e solo). Universidade Estadual de Campinas  
Campinas. São Paulo, 2013.

Pereira, Antônio Soares. Sistemas de irrigação pivô central: principais problemas em projetos e assistência técnica. **Separatas**. Embrapa Meio Ambiente. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1076895/sistemas-de-irrigacao-pivo-central-principais-problemas-em-projetos-e-assistencia-tecnica>

Pessoa, Vera Lúcia Salazar & Inocência, Maria Erlan. O PRODECER (Re)visitado: as engrenagens da territorialização do capital no Cerrado". CAMPO-TERRITÓRIO: **Revista de Geografia Agrária**. Edição especial do XXI ENGA-2012, p. 1-22, jun., 2014

Phene, Claude J. Advantages of subsurface irrigation for processing tomatoes. **Acta Agric.** v.200, p.101-14, 1987.

Pizarro Cabello, Fernando. Riegos Localizados de alta Frecuencia (RLAF): **Goteo, Microaspersión, Exudación**. 3ª ed. Revista e ampliada. Madrid: Mundi Prensa, 1996. 513p.

Reyers, Belinda et al. Getting the measure of ecosystem services:: a social–ecological approach. **Frontiers in Ecology and the Environment**, Washington, D.C., v. 11, n. 5, p. 268-273, maio. 2013. Disponível em: <<http://doi:10.1890/120144>>. Acesso em: 05 nov. 2018.

Rodrigues, Léa Carvalho. Avaliação de Políticas Públicas no Brasil: Antecedentes, Cenário Atual e Perspectivas. In: Prado, Edna Cristina do e Diógenes, Elione Maria Nogueira. **Avaliação de Políticas Públicas: interface entre Educação e Gestão Escolar**. Ed. UFAL, Maceió, 2011.

Rodrigues, Lea Carvalho. Propostas para uma avaliação em profundidade de políticas públicas sociais. **Aval –Revista de Avaliação de Políticas Públicas**. UFC, número 1, 2008.

Rounsevell, Mark D.A et al. Challenges for land system science. **Land Use Policy**, Washington, D.C., n. 29, p. 899-910, jan. 2012. Disponível em: <<http://doi:10.1016/j.landusepol.2012.01.007>>. Acesso em: 05 nov. 2018.

Rudorff, Berando Friederich Theodor; Aguiar, Daniel Alves de; Silva, Wagner, Fernando; Sugawara, Luciana Miura, Marcos; Adami, M.; Moreira, Maurício Alves. Studies on the Rapid Expansion of Sugarcane for Ethanol Production in São Paulo State (Brazil) Using Landsat Data. **Remote Sens**. 2010, 2, 1057-1076.

Santos, Ana Paula Guimarães. Manutenção da Palha em Superfície e seu efeito nos Atributos do solo e na produtividade do canavial. **Tese de Doutorado**. Engenharia Agrícola (área de concentração: Água e solo). Universidade Estadual de Campinas Campinas. São Paulo, 2013.

Santos, Felipe Corrêa Veloso dos; Figueredo, Reginaldo Santana e Correchel, Vlândia. Qualidade Física do Solo em Ambiente de Sistemas Dinâmicos. XIX Reunião Brasileira de Manejo de Solo e Água. **ANAIS**: 29/07 a 03/08/2012, Lages SC. Felipe Corrêa dos Santos. Assunto: Artigo Congresso. Mensagem recebida por André Zopelari no e-mail: [andre.zopelari@uol.com.br](mailto:andre.zopelari@uol.com.br), na data de 17-03-2019, às 00:00:57 h



Schwandt, Thomas A. Recapturing moral discourse in evaluation. **Educational Researcher**, [S.l.], v. 18, p. 11-16, 1989.

Scriven, Michael. **Evaluation thesaurus**. California: SAGE, 1991.

Scriven, Michael. **Key evaluation checklist**. Kalamazoo, MI: The Evaluation Center, 2007.

Serviço Autônomo Municipal de Água e Esgoto (Samae) de Caxias do Sul. **Preservação das matas ciliares ajuda a manter a qualidade da água**. 23-08-2017. Caxias do Sul - Rio Grande do Sul. 2017. Disponível em: <https://www.samaecaxias.com.br/Noticia/Exibir/43354>

Shiki, Simone de Faria Narciso, Desenvolvimento Agrícola nos Cerrados: Trajetórias de Acumulação, Degradação Ambiental e Exclusão Social em torno de Iraí de Minas. Uberlândia, UFU, 1998. (**Dissertação**, Mestrado em Desenvolvimento Econômico).

Sikor, Thomas et al. Global land governance:: from territory to flow?. **Current Opinion in Environmental Sustainability**, [S.l.], n. 5, p. 522-527, jul. 2013.

Sikor, Thomas et al. Global land governance:: from territory to flow?. **Current Opinion in Environmental Sustainability**, [S.l.], n. 5, p. 522-527, jul. 2013.

Silva, César Antônio da. Desenvolvimento inicial de três espécies nativas do Cerrado em função de lâminas de irrigação e tamanhos de recipiente. **TESE**. EsALQ/USP. São Paulo. 2012. Disponível em: [http://www.esalq.usp.br/inctei/arquivos/Tese\\_Cesar\\_Antonio\\_Silva.pdf](http://www.esalq.usp.br/inctei/arquivos/Tese_Cesar_Antonio_Silva.pdf)

Silva, Francisco de Assis Santos e & Azevedo, Carlos Alberto Vieira de. Versão do programa computacional Assistat para o sistema operacional Windows. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**. v.4, n.1, p71-78, 2002. Disponível em: DOI: <http://dx.doi.org/10.15871/1517-8595/rbpa.v4n1p71-78>.

Silva, Francisco de Assis Santos e & Azevedo, Carlos Alberto Vieira de. Versão do programa computacional Assistat para o sistema operacional Windows. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**. v.4, n.1, p71-78, 2002. Disponível em: DOI: <http://dx.doi.org/10.15871/1517-8595/rbpa.v4n1p71-78>

Silva, R. A. A. Arenização/Desertificação no setor sul da alta bacia do rio Araguaia (GO/MT): distribuição e fatores condicionantes de formação dos areais. **Dissertação** (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal de Goiás, GO, 2006.

Silva, Rosane Amaral Alves da. Arenização/Desertificação no setor sul da alta bacia do rio Araguaia (GO/MT): distribuição e fatores condicionantes de formação dos areais. **Dissertação** (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal de Goiás, GO, 2006.

Soares-Filho, Britaldo Silveira. Impacto da Revisão do Código Florestal: como viabilizar o grande desafio adiante? **Relatório de Pesquisa**. Subsecretaria Desenvolvimento Sustentável, Secretaria de Assuntos Estratégicos da Presidência da República. (2013). Disponível em: [https://www.socioambiental.org/sites/blog.socioambiental.org/files/nsa/arquivos/artigo-codigo-florestal\\_britaldo\\_soares\\_sae\\_2013pdf.pdf](https://www.socioambiental.org/sites/blog.socioambiental.org/files/nsa/arquivos/artigo-codigo-florestal_britaldo_soares_sae_2013pdf.pdf)

Souza, Cleonice Borges de. Rede de poder canavieira do território goiano no período de 2006-2012: atores, interesses e recursos. **Tese de Doutorado em Ciências Ambientais** 2013.

Stein, Dirceu Pagotto; Donzelli, P.; Gimenez, A.F.; Ponçano, W.L. & Lombardi Neto, F. 1987. Potencial de erosão laminar natural e antrópica na bacia do Peixe-Paranapanema. In: Simpósio Nacional de Controle de Erosão, 4, Marília, 1987. **Anais**, Marília, p. 105-135

Stein, Dirceu Pagotto; Ponçano, Waldir Lopes e SAAD, Antonio Roberto. Erosão na Bacia do rio Santo Anastácio, Oeste do Estado de São Paulo, Brasil. São Paulo, UNESP, **Geociências**, v. 22, n. 2, p. 143-162, 2003. Disponível em: [http://revistageociencias.com.br/geociencias-arquivos/22\\_2/4.pdf](http://revistageociencias.com.br/geociencias-arquivos/22_2/4.pdf)

Stufflebeam, Daniel. L. The metaevaluation imperative. **American Journal of Evaluation**, Thousand Oaks, v. 22, n. 2, p.183-209, 2001.

Torres, Marcelo Douglas de Figueiredo. **Estado, democracia e administração pública no Brasil**. Rio de Janeiro: Editora FGV, 2004. 224 p.

Trindade, Silas Pereira. Aptidão agrícola, mudanças de usos dos solos, conflitos e impactos diretos e indiretos da expansão da cana-de-açúcar na região sudoeste goiano. **Tese**. Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, da Universidade Federal de Goiás. Goiânia, 2015.

Trivelato, Gilberto da Cunha. Técnicas de Modelagem e Simulação de Sistemas Dinâmicos. **Nota Técnico-científica** 358. INPE-9665-NTC/358. Disponível em: <http://marte3.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/jeferson/2003/07.08.08.27/doc/INPE%20-%209665%20-%20NTC.pdf>. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. São José dos Campos - SP.

Trivelato, Gilberto da Cunha. TÉCNICAS DE MODELAGEM E SIMULAÇÃO DE SISTEMAS DINÂMICOS. **Nota Técnico-científica** 358. INPE-9665-NTC/358. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. São José dos Campos - SP. Disponível em: <http://marte3.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/jeferson/2003/07.08.08.27/doc/INPE%20-%209665%20-%20NTC.pdf>

Tubelis, Antônio. Meteorologia descritiva: **fundamentos e aplicações brasileiras**. São Paulo: Nobel, 1980.

Tubelis, Antônio. **Meteorologia descritiva: fundamentos e aplicações brasileiras**. São Paulo: Nobel, 1980.

Turner II, Billie Lee; Lambin, Eric F.; Reenberg, Anette. The emergence of land change science for global environmental change and sustainability. **PNAS**, [S.l.], v. 104, n. 52, p. 20666-20671, dez. 2007.

União da Indústria de Cana-de-açúcar (UNICA). Projetos e Iniciativas: Renovabio. Disponível em: [www.unica.com.br/renovabio](http://www.unica.com.br/renovabio)

United States Geological Service. **Igneous Rocks**. United States Geological Service. Consultado em 3 jan 2012 (em inglês)

Verburg, Peter H. et al. Land System Science and sustainable development of the earth system:: a global land project perspective. **Anthropocene**, [S.l.], n. 12, p. 29-41, out. 2015. Elsevier, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.ancene.2015.09.004>>. Acesso em: 05 nov. 2018.

Verburg, Peter H. et al. Land System Science:: between global challenges and local realities. **Current Opinion in Environmental Sustainability**, [S.l.], n. 5, p. 433-437, jan. 2013.

Wilkinson, Bruce H.; McElroy, Brandon J.; Kesler, Stephen E.; Peters, Shanan E.; Rothman, Eduward D. Global geologic maps are tectonic speedometers - Rates of rock cycling from area-age frequencies. **Geological Society of America Bulletin**. 121 (5-6): 760–779. ISSN 0016-7606. (23 de julho de 2009). Disponível em doi:10.1130/B26457.1

Wilkinson, Bruce H.; McElroy, Brandon J.; Kesler, Stephen E.; Peters, Shanan E.; Rothman, Eduward D. Global geologic maps are tectonic speedometers - Rates of rock cycling from area-age frequencies. **Geological Society of America Bulletin**. 121 (5-6): 760–779. ISSN 0016-7606. (23 de julho de 2009). Disponível em doi:10.1130/B26457.1 United States Geological Service. **Igneous Rocks**. United States Geological Service.

Worthen, Blaine R.; Sanders, James R.; Fitzpatrick, Jody. L. **Avaliação de programas: concepções e práticas**. Tradução Dinah de Abreu Azevedo. São Paulo: Gente, 2004.

Xavier, Flávio Galdino & Santos, Arion de Castro Kurtz dos. A Modelagem Computacional, Utilizando o Laboratório de Aprendizagem Experimental com Animação para o Pensamento Sistêmico; (STELLA). **XIV Simpósio Brasileiro de Informática na Educação**. Disponível: <http://www.nce.ufrj.br/sbie2003/publicacoes/paper73.pdf>

Zopelari, André L. M. S. Determinantes do Investimento em Projetos de Cana-de-açúcar em Goiás (2007-2010). **Dissertação de Mestrado em Agronegócios**. UFG. Goiânia, Goiás. 2011.