

Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”

Setor de etanol de milho no Brasil: condicionantes e estratégias competitivas

Enilson Carlos Nogueira Júnior

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestre em Ciências. Área de concentração: Economia
Aplicada

Piracicaba
2022

Enilson Carlos Nogueira Júnior
Bacharel em Economia

Setor de etanol de milho no Brasil: condicionantes e estratégias competitivas
versão revisada de acordo com a Resolução CoPGr 6018 de 2011

Orientador:
Prof. Dr. **CARLOS EDUARDO DE FREITAS VIAN**

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestre em Ciências. Área de concentração: Economia
Aplicada

Piracicaba
2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA – DIBD/ESALQ/USP

Nogueira Júnior, Enilson Carlos

Setor de etanol de milho no Brasil: condicionantes e estratégias competitivas / Enilson Carlos Nogueira Júnior. - - versão revisada de acordo com a Resolução CoPGr 6018 de 2011 - - Piracicaba, 2022.

101 p.

Dissertação (Mestrado) - - USP / Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz".

1. Etanol de milho 2. Estratégias competitivas 3. Investimento e expansão setorial 4. Biocombustíveis I. Título

AGRADECIMENTOS

Meus fortes agradecimentos ao meu orientador, Professor Carlos Vian, por topar a sugestão do tema de pesquisa e contribuir com discussões teóricas e práticas relevantes para desenvolvimento do material; aos colegas de mestrado, pela ajuda na formação acadêmica e pessoal ao longo do mestrado e das discussões do trabalho; aos meus familiares, pelo apoio na decisão de aceitar os desafios e as restrições colocadas pelo mestrado, e aos antigos colegas de trabalho, pelo incentivo ao olhar crítico para setor agrícola e ao tema de pesquisa. Agradecimento especial à Comissão Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e aos consideráveis esforços dos funcionários da pós-graduação do Departamento de Economia, Administração e Sociologia e da Universidade, pelo amparo financeiro na trajetória acadêmica e manutenção das boas condições de pesquisa concedidas.

SUMÁRIO

RESUMO.....	5
ABSTRACT.....	6
LISTA DE FIGURAS.....	7
LISTA DE TABELAS.....	9
1. INTRODUÇÃO.....	11
1.1. Contexto e justificativa.....	11
1.2. Problema de pesquisa, hipóteses, objetivos e estrutura do trabalho.....	13
2. REFERÊNCIAL TEÓRICO.....	15
2.1. Competitividade setorial e modelo de Diamante Competitivo de Porter.....	15
2.2. Processo de diversificação.....	18
2.3. Cadeia produtiva e a Economia de Custos de Transação.....	23
2.4. Síntese e proposta de modelo teórico-analítico.....	31
3. METODOLOGIA.....	33
4. HISTÓRICO E DESEMPENHO DO SETOR DE ETANOL DE MILHO NO BRASIL... 35	
4.1. Histórico e desempenho do setor.....	35
4.2. Processo produtivo e heterogeneidade do modelo de produção.....	40
5. CADEIA PRODUTIVA E CONDICIONANTES DO SURGIMENTO E EXPANSÃO DO SETOR DE ETANOL DE MILHO NO BRASIL.....	45
5.1. Descrição da cadeia produtiva de etanol de milho.....	45
5.2. Condição dos fatores de produção.....	47
5.3. Condição dos fatores de demanda.....	55
5.4. Setores de apoio e governo.....	69
5.5. Síntese das condições para surgimento e expansão do setor.....	70
6. ESTRATÉGIAS ADOTADAS PELAS USINAS DE ETANOL DE MILHO.....	77
6.1. Estratégias de diversificação das usinas de etanol de milho.....	77
6.2. Custo de transação e estratégia de originação de milho.....	88
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	93
REFERÊNCIAS.....	96

RESUMO

Setor de etanol de milho no Brasil: condicionantes e estratégias competitivas

O trabalho investiga como se deu o surgimento e expansão inicial do setor de etanol de milho da última década no Brasil, identificando os fatores relevante para tal processo e as principais estratégias adotadas pelas usinas do setor no período. Apesar de recente, o setor já representava quase 5% da produção de etanol no Centro-Sul em 19/20, além de ser marcado por diferentes modelos de produção e, conseqüentemente, de estratégias competitivas. A partir da definição da cadeia produtiva de etanol de milho e dos detalhamentos dos elementos presentes no modelo teórico, sugere-se que os investimentos setoriais no período foram condicionados, em especial, pelo alinhamento (i) da alta disponibilidade do cereal a preços mais baixos que em outras regiões, (ii) do potencial de consumo dos grãos de destilaria próximo às usinas e (iii) da elevação dos preços de gasolina e etanol após 2015, com conseqüente favorecimento do biocombustível na relação de preços ao consumidor. Apesar do acesso mais próximo das usinas à mercados deficitários de biocombustível, o escoamento da produção de etanol pelo setor se mostra dependente de mercados mais competitivos, sobretudo o paulista. Encontrou-se também um padrão locacional das usinas na região Centro-Oeste, em que as condições colocadas anteriormente são encontradas. Já em relação às estratégias competitivas, as usinas foram beneficiadas pela diversificação da matéria-prima ao aproveitarem a presença a ociosidade do bagaço de cana e dos ativos fixos durante parte do ano, atenuarem os ciclos de produção de etanol e aproveitar as oportunidades comerciais da entressafra e diminuir da especialização produtiva. Diante da visão dos sistemas produtivos, o entendimento do funcionamento do setor deve levantar discussões relevantes para o setor produtivo de outras cadeias, em especial a do cereal, a sucroalcooleira e de alimentação para proteína animal.

Palavras-chave: Etanol de milho, Estratégias competitivas, Investimento e expansão setorial, Biocombustíveis

ABSTRACT

Corn ethanol sector in Brazil: conditioning factors and competitive strategies

The study investigates how the emergence and initial expansion of the corn ethanol sector in the last decade in Brazil took place, identifying the relevant factors for this process and the main strategies adopted by the mills in the sector in the period. Despite being recent, the sector already represented almost 5% of ethanol production in the Center-South in 19/20, in addition to being marked by different production models and, consequently, by competitive strategies. From the definition of the corn ethanol production chain and the details of the elements present in the analytical model, it is suggested that sectorial investments in the period were conditioned, in particular, by the alignment (i) of the high availability of the cereal at lower prices than other regions, (ii) the potential consumption of distillery grains in the regions where the plants are established and (iii) the increase in gasoline and ethanol prices after 2015, with the consequent favoring of biofuel in the consumer price ratio. Despite the closer access of the plants to deficit markets, the flow of ethanol production by the sector is dependent on more competitive markets, especially São Paulo. It was also found a location pattern of plants in the Centro-Oeste region, in which the conditions mentioned above are met. In terms of competitive strategies, the mills benefited from the diversification of raw material by taking advantage of the idleness of sugarcane bagasse and fixed assets during part of the year, attenuating ethanol production cycles and taking advantage of commercial opportunities during the off-season and diminishing of productive specialization. Given the vision of production systems, the understanding of how the sector works should bring about relevant discussions for the productive sector of other chains, in particular the cereal, ethanol and animal protein feed.

Keywords: Corn ethanol, Competitive strategies, Investment and sector expansion, Biofuels

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama do Diamante Competitivo do Porter.....	16
Figura 2. Relação entre especificidade do ativo e custos de governança.....	27
Figura 3. Sistemas de agribusiness (SAG) e transações típicas.....	29
Figura 4. Modelo teórico-analítico proposto para análise do setor.....	32
Figura 5. Evolução da capacidade produtiva e do número de usinas no setor de etanol de milho no Brasil.....	36
Figura 6. Capacidade produtiva nas usinas <i>full</i> e <i>flex</i> e tamanho médio dos investimentos de etanol de milho no Brasil em cada ano.....	37
Figura 7. Localização das usinas de etanol de milho em operação no Brasil.....	37
Figura 8. Capacidade produtiva, produção e taxa de ociosidade do setor de etanol de milho.....	38
Figura 9. Número de usinas e percentual da capacidade produtiva das usinas nos modelos de produção <i>full</i> e <i>flex</i>	42
Figura 10. Capacidade de produção de etanol de milho (anidro e hidratado) por usina e por modelo de produção.	42
Figura 11. Sistema Agroindustrial de etanol de milho no Brasil.....	45
Figura 12. Participação da área plantada de milho na 2ª safra e proporção da área de milho sobre a área de soja no Brasil.....	48
Figura 13. Evolução da produção brasileira de milho por município nas duas últimas décadas.....	49
Figura 14. Exportação de milho, em milhões de toneladas, e participação das exportações na produção de milho em regiões selecionadas.....	52
Figura 15. Preços mensais correntes de milho em regiões selecionadas, em R\$/saca de 60 kg.....	53
Figura 16. Estoque de área plantada com eucalipto por município em 2019.....	55
Figura 17. Evolução dos preços nominais de gasolina e etanol hidratado no Brasil e investimento na capacidade produtiva.....	56
Figura 18. Preços nominais internacionais de petróleo (BRENT) e taxa de câmbio.....	57
Figura 19. Preços nominais de etanol hidratado (vendas internas) em estados selecionados, sem frete e sem imposto. Em R\$/litro.....	58
Figura 20. Distribuição da relação mensal de competitividade entre gasolina e etanol hidratado ao consumidor final entre 2010 a 2020.....	59
Figura 21. Competitividade de etanol hidratado vs. gasolina ao consumidor final e o percentual do etanol hidratado na demanda total por combustíveis (Ciclo de Otto). Média dos dados entre 2010 e 2020.....	59
Figura 22. Superávit ou déficit de etanol anidro e hidratado em estados selecionados.....	60
Figura 23. Movimentação de etanol anidro e hidratado em estados selecionados.....	61
Figura 24. Localização dos efetivos bovinos, aves (galináceos) e suínos em 2019.....	64
Figura 25. Evolução da demanda por ração no Brasil nas principais criações e seus componentes (milho, farelo e outros) e a proporção da demanda por ração total por criação em 2019.....	65
Figura 26. Evolução dos preços quinzenais médios de WDG, DDG, milho e farelo de soja em Mato Grosso. Em R\$/tonelada.....	66
Figura 27. Percentual da receita com DDG em relação aos preços de milho em Mato Grosso.....	67
Figura 28. Dispersão das usinas certificadas pelo programa Renovabio pelas Notas de Eficiência Econômica-Ambiental (etanol hidratado) e Volume Elegível.....	68
Figura 29. Localização das usinas de etanol de milho (<i>full</i> e <i>flex</i>), da oferta de milho e eucalipto e da rebanhos bovinos, de aves e suínos.....	72

Figura 30. Investimento e compartilhamento da estrutura de processamento de milho para etanol nas usinas <i>flex</i>	79
Figura 31. Produção quinzenal de etanol total no Centro-Sul, a partir de cana e de milho.	82
Figura 32. Sazonalidade de produção de etanol no Brasil, a partir de cana e de milho.	83
Figura 33. Indicador de sazonalidade de preços de etanol ao produtor e de produção de etanol de milho.	84
Figura 34. Índice de produtividade de cana-de-açúcar e de milho em regiões selecionadas. Base 100: 2000/2001.	85
Figura 35. Composição das receitas das usinas processadoras de milho no ano safra 2020/2021.	87
Figura 36. Tipos de <i>players</i> e cadeia de origem de milho para etanol de milho.	90
Figura 37. Curva de comercialização de milho 2ª safra e sazonalidade dos preços de milho em Mato Grosso e Goiás. Valores médios das últimas 5 safras.	90

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Mercados agrícolas e estruturas de governança.	30
Tabela 2. Resumo dos principais indicadores para caracterização do setor de etanol de milho.	33
Tabela 3. Consolidação das informações do setor de etanol de milho.	39
Tabela 4. Panorama produtivo de milho no Centro-Oeste, Mato Grosso e Goiás.	51
Tabela 5. Efetivo bovinos, aves e suínos em regiões selecionadas em 31/12.	63
Tabela 6. Correlação e relação entre os preços de DDG, WDG e produtos selecionados.	66
Tabela 7. Detalhamento das usinas de etanol de milho (full e <i>flex</i>) que foram certificada no programa Renovabio em 31/12/2020.	68
Tabela 8. Resumo das características relevantes de surgimento e expansão do setor de etanol de milho.	73
Tabela 9. Resumo dos riscos relevantes para os condicionantes de surgimento e expansão do setor de etanol de milho.	75
Tabela 10. Caracterização das usinas de etanol de milho em operação no Brasil.	77
Tabela 11. Detalhamento do portfólio das usinas de etanol de milho.	86

1. INTRODUÇÃO

1.1. Contexto e justificativa

A crescente demanda por combustíveis no mundo, a elevada dependência por petróleo e as instabilidades geopolíticas nos países produtores, a necessidade de resposta às mudanças climáticas e a potencial geração de benefícios socioeconômicos relevantes, dentre outros fatores, elevaram a busca por fontes alternativas energéticas no mundo, em especial os biocombustíveis (SOLOMON, BARNES e HALVROSEN, 2007). Nesse contexto, o Brasil se coloca como um país relevante no desenvolvimento produtivo de etanol, proporcionado, em grande parte, pelos esforços da agroindústria canavieira nas últimas décadas (SHIKIDA e PEROSA, 2012; VIAN e BELIK, 2003). No entanto, aspectos como o encadeamento produtivo – em especial com elo agrícola, o baixo dinamismo e incorporação tecnológica na etapa agrícola e os desafios inerentes à expansão canavieira nas regiões de fronteira produtiva são constantemente apontados como limitantes para crescimento sustentável do setor (SANTOS, 2016). Um movimento recente, pelo lado da oferta, tem se mostrado importante e presente nas discussões sobre o potencial produtivo do setor: a inclusão do milho como uma matéria-prima alternativa para a produção do biocombustível.

Ainda que o etanol de milho seja um movimento recente no cenário produtivo nacional, o ritmo do crescimento da produção e dos investimentos setoriais chama atenção. Segundo dados da União da Indústria de Cana-de-Açúcar (UNICA), a produção de etanol de milho no ano-safra 2019/2020 foi de 1,62 milhões de m³, o que representou 4,6% da produção total de etanol no Brasil. Este percentual era de apenas 0,3% em 2013/14 – início da série divulgada pela associação. A expansão produtiva foi de 88% a.a. nesse período, ou seja, quase dobrando a cada ano-safra. O fato da produção do setor se iniciar de uma base baixa, certamente, contribuiu para o crescimento relativo robusto. De acordo com a União Nacional de Etanol de Milho (UNEM, 2020), em março de 2020, havia 15 usinas em operação no Brasil, as quais acumulavam capacidade instalada de 2,7 milhões de m³ ao ano, ante a apenas 0,6 milhão de m³ há cinco anos.

Num primeiro momento, as usinas de cana de Goiás e Mato Grosso buscaram a diversificação da matéria-prima ao integrar o milho à estrutura produtiva já estabelecida, promovendo as adaptações necessárias. A disponibilidade do milho durante todo ano permitiria i) uma maior otimização e eficiência da planta produtiva de cana, até então, ociosa na entressafra, e ii) a geração de fluxos produtivos e comerciais mais constantes ao longo do ano (GOLDSMITH et al., 2010 e MILANEZ et al., 2014). A partir de 2017, a entrada de novas usinas dedicadas ao processamento exclusivo do milho no Mato Grosso expandiu a capacidade de produção no setor produtivo (MOREIRA et al., 2020).

Taxas de lucratividade elevadas, agregação de valor à cadeia do milho e geração de benefícios socioeconômicos nas regiões em que as plantas se localizam sustentaram o avanço do setor. Milanez et al. (2014) estimou que a margem líquida de uma usina integrada de cana e milho (processando milho na safra e entressafra) seria de 17,3% ante a 14,0% de margem líquida numa usina de cana (stand-alone) de mesmo tamanho e tecnologia. Ozaki (2017) calculou que uma usina de milho exclusiva de milho no Médio-Norte de Mato Grosso teria 27,3% da taxa interna de retorno. Moreira et al. (2020) calculou que, somados a fase de operação de construção e operação, a produção de 500 mil m³ de etanol de milho em Mato Grosso geraria US\$ 1,2 bilhões de valor da produção (55% deste ficando dentro do estado), 4,5 mil empregos diretos e indiretos na cadeia produtiva e arrecadação fiscal adicional de US\$ 23 milhões no país.

Na corrida competitiva, as oportunidades geradas pelo uso do milho enquanto matéria-prima da usina permitiram uma nova configuração geográfica, tecnológica e estratégica no complexo alcooleiro – até então fortemente concentrado no processamento de cana-de-açúcar em São Paulo (ECKERT et al., 2018; MILANEZ et al., 2014; MOREIRA et al., 2020). Pode-se assumir que houve uma mudança de racionalidade das firmas, com a integração em novas cadeias produtivas e a instauração numa nova lógica de produção e distribuição das usinas. Do ponto de vista geográfico, o setor produtivo de etanol de milho se concentrou na região Centro-Oeste, diferentemente do setor. A disponibilidade do milho, as dificuldades de escoamento e armazenamento da produção no estado e os baixos preços do grão contribuíram para que a região concentrasse todos os projetos de larga escala do setor (ECKERT et al., 2018 e UNEM, 2020). Ainda que tal região seja considerada como a fronteira do setor sucroalcooleiro e, de fato, tenha presenciado certo ritmo de crescimento nos últimos 20 anos, o setor agrícola tem encontrado desafios consideráveis de encadeamento produtivo e disputa de terra com grãos (SHIKIDA, 2013 e PAULILLO et al., 2016). Além disso, do ponto de vista da distribuição do biocombustível, a expansão no Centro-Oeste permitiu maior proximidade com regiões em que o etanol nacional de cana-de-açúcar é pouco competitivo, as estruturas logísticas são precárias e as importações de etanol e combustíveis fósseis foram recorrentes e crescentes nos últimos anos, como Norte e Nordeste (MOREIRA et al., 2020).

Os aspectos estratégicos e tecnológicos do setor se relacionam de forma direta. As usinas já estabelecidas com cana-de-açúcar buscaram adequar tecnologia, processos e rotinas internas para processar o milho de modo integrado. O setor e literatura nacional chama este grupo de *flex* ou integrada, se dividindo entre as firmas que processam o grão de forma exclusiva e de forma integrada à cana, seja durante todo ano ou em apenas uma parte dele, sendo que cada tipo de usina exige pontos de análise específicos visto as diferentes estratégias que se despontam desse processo. No âmbito tecnológico, ainda que parte dos ativos físicos seja semelhante ao padrão observado na cana-de-açúcar, as firmas do setor e as entrantes tiveram que se adequar a um novo processo de produção de etanol e às novas características da matéria-prima, que exige mais fases de produção, maior tempo de processamento, ativos específicos, balanço energético diferente e novos produtos cogeraados pela planta (DONKE et al., 2017, ECKERT et al., 2018 e SOBRINHO, 2012).

Aqui cabe ressaltar o surgimento de três aspectos relevantes: a estratégia de originação do grão, a produção e comercialização de novos coprodutos e a adequação ao novo balanço energético. No primeiro ponto, o milho representa mais de 75% dos custos de produção da usina (OZAKI, 2017 e MILANEZ et al., 2014) e tem características de originação consideravelmente diferentes da cana-de-açúcar (percebibilidade, sazonalidade e outros) e exigiu forte mudança nas estratégias de originação e coordenação pelas usinas. No segundo ponto, o processamento de milho permitiu a geração, além do etanol, de grãos de destilaria (*distiller grains*), óleo de milho e eletricidade (MOREIRA et al., 2020). O primeiro, até então não era visto no mercado brasileiro, passou a ser utilizado na composição de dietas animais e tem motivado estudos técnicos para seu uso (ANTUNES, 2020 e OLIVEIRA, 2020). No terceiro aspecto, o fato do ser milho não ser autossuficiente, em termos energéticos (vapor e eletricidade), exigiu novas estratégias para acessar à biomassa, as quais se deram de forma distinta em cada tipo de usina (DONKE et al., 2017 e MILANEZ et al., 2014 e MOREIRA et al., 2020). Em suma, mais desafios e novas estratégias foram colocadas no setor.

Além do desempenho recente e das novidades e desafios observados no setor, o que motiva esta pesquisa é a diversidade de estratégias que o uso do milho permitiu ao setor produtivo, ou seja, as diferentes formas com que as usinas buscaram resolver os desafios colocados cima. Assume-se, portanto, que a possibilidade do processamento, integrado ou não, do grão e seus desdobramentos são fatores relevantes para entender as decisões recentes das firmas

e a corrida concorrencial atual no setor. Isto é, falar do crescimento das firmas e do setor alcooleiro no país passa, necessariamente, por compreender a nova dinâmica produtiva trazida pelo etanol de milho.

1.2. Problema de pesquisa, hipóteses, objetivos e estrutura do trabalho

O uso do milho como matéria-prima para produção de etanol permitiu e possibilitou novas perguntas de pesquisas, desde o campo da eficiência ambiental (MOREIRA et al., 2020) e energética (DONKE et al., 2017) até os aspectos econômicos e financeiros (GOLDSMITH et al, 2010; GOLDSMITH et al. 2011; OZAKI, 2017 e MILANEZ et al., 2014). No entanto, não se observa estudos para a análise das estratégias competitivas do setor e do impacto destas sobre no ambiente concorrencial. Neste sentido, a presente pesquisa busca responder duas questões: quais os determinantes para surgimento e expansão do etanol de milho no Brasil e como as estratégias competitivas adotadas pelas usinas do setor ajudaram nesse processo.

Para a primeira questão, assume-se como premissas que os condicionantes para início e avanço dos investimentos no setor de etanol de milho no Brasil estão diretamente ligados ao encadeamento favorável das usinas nas cadeias produtivas pré-existentes. O crescimento da disponibilidade de milho sob preços baixos e limitados por questões logísticas no Centro-Oeste; a alta demanda potencial por ração animal e, consequentemente, pelos coprodutos da usina (grãos de destilaria e óleo de milho) e o acesso mais próximo à mercados de combustíveis deficientes em termos de oferta favoreceram os investimentos no setor, em especial na região Centro-Oeste. Ressalta-se que a conjuntura favorável de tais características permite explicar o porquê de os investimentos, na maioria, ocorrerem na região destacada.

Já em relação às estratégias competitivas do setor, para aproveitar as oportunidades de negócio, as usinas de cana pré-estabelecidas e as entrantes passaram por um processo de diversificação de insumos ou de atuação geográfica. No caso das usinas *flex*, os benefícios estavam em 1) diminuir a subutilização de recursos da usina de cana, bem como as sinergias operacionais, comerciais e administrativas; 2) aproveitar das flutuações de demanda e preço com a comercialização de etanol na entressafra e 3) limitar a especialização produtiva, com a expansão do gama de produtos para além do mix usual das usinas de cana da região. No caso das usinas *full*, este processo passa pela atração de usinas de etanol de milho em operação em outros países e de grupos produtivos de atuação regional. Além disso, em ambos os tipos, as usinas adotaram estruturas de coordenação a montante pouco verticalizadas de acesso ao milho, devido às especificidades técnicas do grão e das transações para sua originação. Isso permitiria estruturas de coordenação menos complexas que as observadas no complexo canavieiro, por exemplo.

A soma destas estratégias seria importante para explicar a preferência do modelo produtivo a partir do milho em relação ao produtivo habitual com cana-de-açúcar e as vantagens competitivas conferidas à estas firmas. Alguns trabalhos (ECKERT et al., 2018; GOLDSMITH et al., 2010; GOLDSMITH et al., 2011 e MILANEZ et al., 2014) já apontavam tais características como relevantes para o processo de diversificação do setor, mas não ainda considerava a presença de empresas dedicadas, nem a importância de se entender o encaixe do setor nas estruturas produtivas relacionadas.

Neste sentido, o presente trabalho tem o objetivo geral da pesquisa reside em analisar e descrever os principais condicionantes do surgimento e expansão do setor, em especial, milho, biocombustíveis, ração animal e outros fatores, e mostrar as ações no ambiente competitivo das usinas de etanol de milho no Brasil, sobretudo sobre as estratégias de diversificação e de acesso à matéria-prima.

Dentro dos objetivos específicos estão a proposição de uma arcabouço teórico e analítico capaz de explicar a complexidade deste movimento; o mapeamento dos investimentos e da estrutura produtiva no setor; a análise e desenho das cadeias produtivas em que o setor de etanol de milho se põe; análise da regionalização e heterogeneidade dos modelos de produção; a definição dos fatores que levaram as usinas já estabelecidas à diversificar a matéria-prima de processamento ou as entrantes a se estabelecerem no mercado e a análise das características das novas estruturas de coordenação das usinas, no que refere às estratégias de originação da biomassa.

Para responder a tais propósitos, o trabalho está estruturado com (i) o referencial teórico, com o detalhamento das teorias relevante relacionadas à condicionantes e estratégias competitivas a serem estudadas nas usinas e a proposição do modelo analítico para entendimento da dinâmica competitiva do setor; (ii) a descrição da evolução dos indicadores de capacidade e produção do setor na última década e as características gerais das usinas, tais como tamanho, tipo, localização, etc; (iii) o levantamento dos condicionantes das cadeias produtivas relacionadas ao setor diante do modelo teórico proposto; (iv) a análise das estratégias de diversificação e de integração vistas no setor e, por fim, (v) as conclusões, desdobramentos e limitações da pesquisa.

2. REFERÊNCIAL TEÓRICO

2.1. Competitividade setorial e modelo de Diamante Competitivo de Porter

O entendimento sobre o surgimento e o crescimento de determinado setor pode ser feito a partir das condições de competitividade em que este e os elos produtivos relacionadas se encontram (PORTER, 1990). Nesse caso, as discussões sobre a criação e/ou a presença de vantagens competitivas são importantes para entender o padrão competitivo e os movimentos de expansão e de consolidação das firmas e, conseqüentemente, dos setores em questão.

Um conjunto de conceitos particularmente interessante e útil para explicar o surgimento e expansão observada de um setor refere-se ao modelo conhecido como Diamante Competitivo de Porter. Proposto dentro um paradigma analítico para dinâmica e a competitividade de determinados setores e países frente aos seus concorrentes, o autor busca responder quais são os fatores que explicam como alguns países e setores conseguem promover inovações de forma consistente ao longo do tempo e quais são as fontes de vantagens competitivas.

A partir de estudos do padrão de competição de vários setores em países, como EUA, Alemanha, Suíça, Japão e outros, o autor defende que a formação inicial de vantagens competitivas é resultado de um processo percebido por determinado setor, que, uma vez iniciado, atrai concorrentes e setores relacionados e origina-se uma acumulação de vantagens adicionais. Dentro desse processo, os gatilhos iniciais advêm da disponibilidade fatores de produção vantajosos, da existência de insumos especializados e na presença de um contexto com setores de suporte competitivas.

A título de alinhamento inicial e de definição de escopo da dissertação, é importante considerar que alguns trabalhos que utilizaram tal bibliografia (LEVINSON, 1999) partiram para uma análise de competitividade e prosperidade econômica entre países, no entanto, para o presente estudo, as noções de competitividade e os conceitos trazidos neste capítulo serão colocadas a nível setorial para analisar os condicionantes da expansão e competitividade do setor de etanol de milho.

O modelo tem caráter qualitativo e é defendido pelo autor como uma peça central por reunir os principais determinantes que contribuem para o “contexto em que as empresas nascem e aprendem a competir” (PORTER, 1990, p. 111). Portanto, o modelo apresenta condicionantes comuns ao padrão competitivo dos setores e firmas que influenciam o direcionamento das decisões de consumo e investimento dos agentes, os fluxos de informações entre os setores e as práticas adotadas (PORTER, 1990).

Porter (1990) propõe uma análise dos padrões de competição baseadas em elementos locais e definidos a partir das condições que as firmas encontram ao inovar e crescer, sendo que estas se comunicam entre si e fazem parte de um processo sistêmico e dinâmico de busca por competitividade. Os elementos principais podem ser divididos em 4 grandes grupos, sendo que cada um deles se colocam como um vértice importante para explicar a competitividade das firmas:

- i. Condições dos fatores de produção: referem-se à disponibilidade de matéria-prima e outros insumos usados em determinado setor (terra, trabalho, capital e seus desdobramentos). Tais fatores englobam desde o acesso insumos básicos primários, em setores menos sofisticados, até a presença de mão-de-obra qualificada e a base tecnologia de produção, especialmente em setores mais sofisticados. Porter (1990) coloca que a abundância de recursos primários pode ter efeitos contrários sobre o padrão competitivo: como esperado, a disponibilidade de recursos é fonte geradora de competitividade, no entanto, a abundância pode levar a uso ineficiente destes recursos. Neste caso, a dinâmica competitiva pode ser resultar em algum nível de aprimoramento e direcionamento para usos mais eficientes.

O autor defende que este fator, isoladamente, não é suficiente para explicar a criação da vantagem competitiva, visto que vários setores e países podem dar usos ineficientes para tais recursos;

ii. Condições de demanda: referem-se às necessidades e às preferências do consumidor. Porter (1990) aponta que a demanda tem efeito elevado sobre como as firmas percebem e interpretam as necessidades dos clientes. Neste caso, acontece uma espécie de pressão de fora da dentro do setor, no qual consumidores mais exigentes de determinado ramo ou país pressionam por produtos ou serviços melhores e isso aumenta a competitiva frente a firmas que não estão sob o mesmo contexto competitivo. Isto é, as condições de demanda têm capacidade de moldar como os recursos de produção empregados, contribuindo para maiores eficiência deste;

iii. Setores correlatos e de apoio: refere-se à presença de indústrias e setores relacionados às firmas de interesse da análise. Neste caso, as empresas acabam se apropriando das vantagens competitivas desses setores de apoio, havendo uma espécie de externalidade positiva sobre as empresas correlatas. O constante fluxo de informações e intercâmbio de ideia gerariam vantagens competitivas entre os setores, sobretudo em termos de melhoria de produto e processo, ao desenvolver novas habilidades e beneficiar o processo inovativo.

iv. Estratégia, estrutura e rivalidade das empresas: referem-se as circunstâncias em que o padrão competitivo se coloca, ou seja, como as empresas são constituídas e gerenciadas. A ambiente de competição é resultado da convergência das práticas adotadas que geram maiores vantagens competitivas. Neste ambiente, Porter (1990) defende que a presença de rivais altamente competitivos interfere positivamente na criação das vantagens competitivas pelas empresas estabelecidas por meio de um processo dinâmico de competição e busca contínua por manter as vantagens competitivas. Este tópico é bastante abrangente, inclusive sendo desenvolvido por vários outros autores e arcabouços teóricos. Por isso, as próximas seções deste capítulo se debruçaram com mais detalhamento sobre as estratégias competitivos a serem observadas no setor.

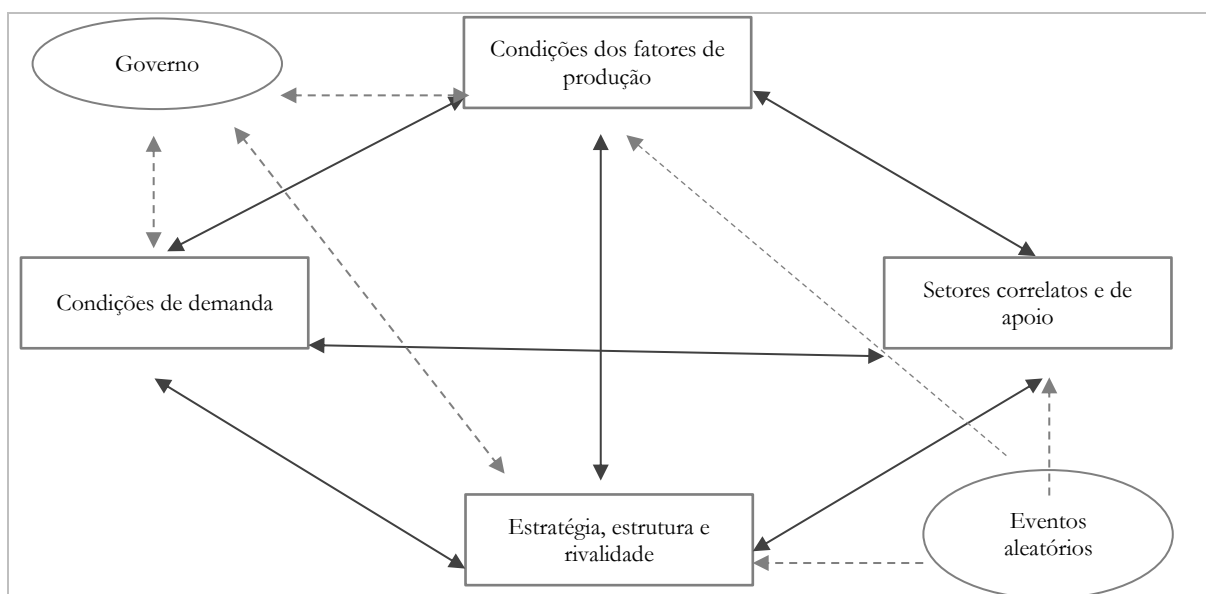


Figura 1. Diagrama do Diamante Competitivo do Porter.

Fonte: Porter 1998 (p. 171).

Nas revisões do modelo teórico, Porter (1998) incorporou dois novos condicionantes adicionais para o processo de construção de vantagens competitivas. O autor defende que o governo tem capacidade de interferir nos 4 fatores colocados acima e auxiliar na criação de vantagens competitivas pelos setores. O governo teria a capacidade de ser um catalisador para encorajar e elevar níveis mais altos de competitividade ainda que não sejam capacidade de criar

setores competitivos por si só. Logo, o governo teria um papel parcial, produzindo efeitos positivos somente quando as outras vértices do diamante foram favoráveis ao avanço da competitividade. Dentro das ações de governo recomendadas pelo autor, estão o foco na criação de fatores especializados, aplicar e monitorar normas rigorosas sobre os produtos e processos de produção, promover estímulos para investimentos sustentados ao longo do tempo, aplicar políticas de defesa da concorrência e outros.

Por fim, chama-se a atenção para ocorrência de eventos aleatórios no ambiente competitivo como origem de vantagens competitivas, como descontinuidades tecnológicas, choques não previstos nos custos de matérias-primas e eventos sociais e culturais diversos. Vale ressaltar que, assim como no papel governamental, a aleatoriedade tende a impactar diretamente sobre como se condicionam os elementos colocados anteriormente.

A autor defende que, ainda que os benefícios das vantagens competitivas tenham resultados espalhados geograficamente, a geração e sustentação destas vantagens são fruto de um processo concentrado em torno de condições locais bem estruturadas e coordenadas pelas firmas do setor. Vale ressaltar que o autor reconhece fatores mais amplos (juros, taxa de câmbio, custos de mão-de-obra, etc.) como fonte de competitividade, contudo, tais pontos ficam em segundo plano na visão do autor.

Nesse aspecto, defende-se que o Diamante Competitivo de Porter pode-se apresentar como um modelo útil para entender especificidades regionais que possam interferir positivamente na construção de um ambiente favorável ao surgimento de setores e à criação de vantagens competitividade consistentes e duráveis em determinadas ambientes produtivos. Porter (1990) apontava que diversos setores se organizavam por meio da construção de relações verticais ou horizontais próximos entre si como forma de facilitar e coordenar os ganhos potenciais do relacionamento ao melhorar significativamente as condições dos 4 fatores apontados anteriormente. Nesse cenário, a noção de *clusters* produtivos, ou de sistemas produtivos, têm papel central para explicar a criação de vantagens competitivas e, conseqüentemente, o desenvolvimento maior de setores específicos. O autor defende que a concentração geográfica é um padrão observado em setores de diversos países e que isso se deve à influência dos condicionantes individuais do Diamante, que, por sua vez, é reforçado quando as firmas visualizam tal concentração.

A presença de firmas e indústrias competitivas, ainda que potencialmente rivais, promove a construção de outras como um processo de reforço mútuo entre elas. Os padrões de reforço dão a característica dinâmica ao modelo, ou seja, melhoram e sustentam as vantagens competitivas. Esse processo facilita, além da criação de valor, a possibilidade de novos entrantes, seja na indústria específica ou em setores relacionados, devido ao ambiente favorável para transferência de informação e de fatores produtivos e para potenciais transbordamentos do processo, como *spin-off* ou diversificação produtiva. “Um *cluster* de indústrias competitivas torna-se maior que a soma das partes. Tende-se a expandir à medida que uma indústria gera a outra” (PORTER, 1990, p. 196).

Como o objetivo do estudo é trazer os condicionantes gerais do crescimento de determinado setor, o estudo não pretende se estender nas teorias de localização ou de agrupamentos produtivos, contudo, os desdobramentos teóricos do Diamante Competitivo podem ser relevantes para analisar o processo de regionalização de investimentos.

Além dos determinantes e das condições de competição do setor, as estratégias competitivas têm papel central nos objetivos do trabalho. Para tal, as próximas seções trazem, com maior profundidade, discussões relacionadas às estratégias pertinentes para explicar o processo de surgimento e crescimento do setor de etanol de milho. Nesse cenário, defende-se que o processo de diversificação das firmas estabelecidas ou entrantes nesse mercado e as estratégias de acesso à matéria-prima, especialmente milho, têm maior destaque no modelo teórico-analítico proposto e, por isso, é necessário resgatar discussões de outros arcabouços teóricos.

2.2. Processo de diversificação

2.2.1. Diversificação: motivos, condicionantes, tipos e estratégias

O campo das estratégias competitivas é amplamente estudado pela corrente teórica conhecida como Economia Industrial (EI). O entendimento das estratégias competitivas relacionadas ao crescimento das firmas é ponto central dessa corrente, as quais podem não ser devidamente analisadas pela Teoria Neoclássica da Firma. Coase (1972, apud FARINA, AZEVEDO e SAES, 1997) defende que o objetivo da EI é determinar quais são os fatores responsáveis pela organização do setor e como estes têm se alterado ao longo do tempo, permitindo que novas formas estruturas produtivas sejam implementadas. No cenário de expansão da firma, uma estratégia bastante estudada refere-se ao processo de diversificação. O arcabouço teórico inicial e mais conhecido é apresentado por Penrose (1959) e difundido por outros autores da EI. Com aumento do uso de tal estratégia ao longo da segunda metade do último século, outras abordagens complementaram a análise da autora, como a Teoria das Contingências, o enfoque neo-shumpeteriano, dentre outros. Esta seção detalhará os principais pontos destas abordagens, dando importância para as motivações e condicionantes do processo de diversificação das firmas.

Na Teoria do Crescimento da Firma (PENROSE, 1959), a firma é caracterizada como uma unidade que dispõe de recursos e capacidades produtivas coordenadas e relacionadas entre si, ou seja, firma é uma fonte de recursos. Destes, os mais importantes são os recursos humanos, em especial os relacionados à área gerencial. A definição da firma já indica a noção da visão baseada em recursos (Resource-Based View) e implica na unicidade dos recursos e das estratégias competitivas. A disponibilidade de recursos acumulada ao longo da trajetória e as diferentes possibilidades de combinações são fundamentais para a estratégia de diversificação colocada pela autora. Essa noção, aliado à unicidade das firmas, resultam em vantagens competitivas valiosas e difíceis de serem imitadas (BRITTO, 1993).

A crítica à especialização, ou seja, ao fato de que a produtividade tende a decrescer com aumento das atividades produzidas numa mesma unidade, é realizada, pela autora, ao defender que as empresas maiores e mais eficientes são altamente diversificadas, além de serem menos suscetíveis às mudanças tecnológicas e às preferências do consumidor. Além disso, a diversificação é uma das principais alternativas para lidar com a obrigação de acumulação de capital e, conseqüentemente, do crescimento da firma (BRITTO, 2013).

No capítulo 7, Penrose (1959, p. 96) define o processo de diversificação: “quando a firma, sem abandonar totalmente as linhas habituais de produção, parte para fabricação de novos produtos, inclusive intermediários, implicando em rotinas suficientemente diferentes de produção e distribuição”. Logo, para autora, qualquer aumento na gama de produtos finais e intermediários ou no número de áreas de operação da firma pode ser caracterizado como diversificação.

Ainda que exista várias motivações específicas para a diversificação, é possível, de forma geral, colocar que tal processo se deve à imperfeições de mercado relacionadas ao declínio da lucratividade no mercado existente e nos custos de oportunidade de usos alternativos dos recursos da firma. Isso quer dizer que quando o mercado atual se torna relativamente menos lucrativo que investimentos potenciais ou quando o ritmo de crescimento da demanda é menor que a disponibilidade dos recursos disponíveis na firma, há incentivo para a diversificação.

Note que este cenário pode-se derivar tanto da estabilidade ou do baixo crescimento do mercado atual quanto do surgimento de novas oportunidades para a firma. Para entender o horizonte de possibilidades de diversificação, Penrose (1959, p. 98-99) utiliza-se dos conceitos de produto; de base tecnológica, que é o “conjunto de máquinas, insumos, processos e habilidade relacionados a estrutura técnica de produção” e de áreas de comercialização,

que é o “grupo de clientes que a firma espera influenciar com o mesmo programa de vendas, podendo ser grupo ocupacionais, geográficos ou de renda, organizações de distribuição e outros”. Haveria, portanto, três formas genéricas de diversificação: i) entrada em novos mercados, com novos produtos e mesma base tecnológica; ii) mesmo mercado, mas produtos e base tecnológica diferentes e iii) novos mercados e produtos, mas sob base tecnológica diferente.

As motivações para o processo de diversificação, para a autora, estão relacionadas:

i. à presença de capacidade ociosa ou à subutilização dos recursos da firma. Nesse contexto, a capacidade ociosa deve ser entendida como excesso de competências ou recursos genéricos, que podem ser aproveitadas em oportunidades adicionais à área de especialização da firma. A disponibilidade e o custo de oportunidade dos recursos seriam diminuídos com a diversificação. A autora relaciona a otimização do uso dos recursos ociosos com a sobrevivência da firma, sobretudo em setores de alta competitividade.

ii. à diminuição dos riscos da especialização produtiva. A alta dependência por mercados de demanda estáveis ou com baixa expansão pode limitar o crescimento da firma, além de diminuir a capacidade de competição às mudanças em tais mercados. Penrose (1959, p. 124) aponta a diversificação, no campo das incertezas, como “uma barreira a azares do jogo” e que a firma deve preferir adotar uma gama de produtos associados à riscos dispersos e mensuráveis. Neste motivo, Britto (2013, p. 206) complementa ao defender que há incentivos à diversificação quando o mercado apresenta “tendência de retração associado ao baixo dinamismo tecnológico da atividade, acirramento da competição, reduzida elasticidade-renda e outros componentes do ciclo do produto”.

iii. à capacidade de atenuar flutuações cíclicas de demanda. Este ponto deriva-se do item i. Certos mercados apresentam comportamentos sazonais que geram a subutilização periódica dos recursos da firma e a diversificação surge como forma de otimizar o uso de tais recursos e suavizar a lucratividade da empresa, de modo que o rendimento total ao longo do período seja maior e que não seja conflitante com a operação habitual da firma. Nesse cenário, a previsibilidade dos ciclos de demanda e de lucro determinam quão factível e eficiente é a diversificação.

iv. à possibilidade de oportunidades mais lucrativas diante de bases tecnológicas e áreas de comercialização próximas. O desenvolvimento de novos produtos e mercados relativamente similares aos que a firma já atua possibilita ganhos adicionais à firma, inclusive indicando, junto com o item i., a possibilidade de economias de escopo e sinergias nas áreas produtivas e gerenciais. Penrose (1959) coloca que, dentro dos limites da mobilidade dos recursos, é possível ampliar a linha de produção da firma a um baixo custo. Destaca-se que é necessário que a empresa já tenha uma posição satisfatória dentro da sua área de especialização, para, posteriormente, aproveitar novas oportunidades.

v. política geral de crescimento. Sempre que a área gerencial entender que a capacidade de crescimento da firma é maior que o observado nos mercados em que atua, há incentivo para diversificação. Entretanto, este incentivo mantém-se limitado pela disponibilidade de recursos, os quais podem ser desenvolvidas ao longo do tempo.

Note que estes fatores podem ocorrer de modo simultâneo no cenário de crescimento da firma. De antemão, já é possível observar que os pontos i., ii., iii. e iv. são características recorrentes da cadeia sucroalcooleira, inclusive, sendo apontadas como razões para o processo de diversificação das usinas em direção ao açúcar (VIAN, 1997).

A disponibilidade ou acesso à capital e a existência de oportunidades favoráveis à aquisição de outros negócios não são apontados pela autora como motivações para a diversificação, uma vez que estar podem não estar relacionadas ao negócio atual da firma. No entanto, o último fator pode vir a ser uma forma das firmas se diversificar.

Penrose (1959), de forma breve, indica dois tipos genéricos de diversificação: um relacionado ao crescimento interno e outro à expansão externa via aquisição. As competências para cada uma são distintas, sendo que

o primeiro é altamente dependente das ideias, experiências e conhecimentos construídos dentro da firma e o segundo, da capacidade gerencial em descobrir e integrar os melhores negócios.

A autora destaca que a aquisição de empresas já atuantes é uma forma da firma entrante diminuir os custos de entrada no setor e as dificuldades técnicas inerentes ao processo de diversificação. Contudo, questões relacionadas à capacidade gerencial e aos conflitos e riscos na relação entre a empresa adquirente e adquirida limitaria tal estratégia. Bain (1956) e Chandler (1962) reconhecem a aquisição de uma firma já atuante como forma de lidar com as barreiras à entrada em mercados lucrativos e como estratégias para aumentar o poder de mercado e a capacidade de concorrência entre as empresas. Além da aquisição, outra forma especial de diversificação é a integração vertical ou verticalização. Esta estratégia consiste em internalizar a produção de bens intermediários à firma, podendo ser para trás (a montante ou upstream), quando incorpora um insumo produtivo ou elos anteriores à firma, ou para frente (a jusante ou downstream), quando se trata da incorporação de elos que seguem a produção da firma (PENROSE, 1959). Os condicionantes para a firma adotar tal estratégia consistem, em geral, em oportunidades e incertezas que surgem em função da natureza da firma, do insumo, do produto ou da transação.

Britto (1993) sugere a classificação do processo de diversificação em reativa, induzida e autônoma. A diversificação reativa é quando a firma responde à estagnação ou retração do mercado em que opera, sendo comum que a mesma busque se diversificar em áreas relacionadas ou próximas à que estão estabelecidas, uma vez que o ingresso e a mobilidade de recursos podem ser mais fáceis. A diversificação induzida diz respeito às características dos produtos e insumos e à complementariedade técnica e comercial que a firma possa ter com novos mercados ou oportunidades, aproveitando de ganhos de sinergias e economias de escopo. A diversificação autônoma está relacionada à forma que a firma encara sua estratégia de crescimento, dando grande importância para novos negócios e exigindo alta capacidade gerencial. Note que a diversificação reativa está relacionada com as motivações ii. e iii.; a induzida com i. e iv. e a autônoma com a v..

Wood (1971), Britto (2013) e outros autores delimitam a taxonomia mais convencional para caracterizar o processo de diversificação: horizontal, vertical, conglomerado e concêntrica e avalia que isso deve acontecer de modo coerente à estrutura de mercado e às características internas e objetivos da firma.

A diversificação horizontal consiste na junção de novos produtos relacionados aos tradicionais da firma e configura como uma extensão da área de especialização, explorando economias de escopo e a área de comercialização. A similaridade dos produtos, insumos e do processo e a possibilidade de “subsídios cruzados” favorecem este tipo de diversificação. A diversificação vertical relaciona-se à integração ou ao controle de diferentes etapas de produção, como colocado anteriormente. A diversificação em conglomerado ocorre quando a firma busca oportunidades relativamente não conectadas às suas áreas de especialização. A principal habilidade para a implementação dessa estratégia está no campo gerencial e na capacidade de planejamento unificado e consolidado entre as áreas produtivas. Devido ao distanciamento prático e técnico da firma com a oportunidade, esse tipo tende a acontecer via fusão e aquisição. A diversificação concêntrica envolve sinergias com as novas áreas de especialização, sobretudo do ponto de vista técnico-produtivo, buscando expandir e desenvolver as competências tradicionais (“core competence”) para áreas correlatas.

Os condicionantes do processo estão relacionados aos componentes internos e externos à firma, tais como a disponibilidade e a geração de recursos, a capacidade da área gerencial em observar as novas oportunidades e controlar os recursos necessários e a relação da firma com as expectativas e riscos observadas no mercado. Além disso, alguns autores associam o potencial de diversificação com características intrínsecas dos produtos, base tecnológica e estrutura de mercado.

O grau de diversificação pode se relacionar com as características do insumo ou produto, com a tecnologia de processamento e com a forma que estes impactam na sua mobilidade. Britto (2013) coloca que processos contínuos baseados em estruturas multipropósito permitem o desenvolvimento de vários produtos em bases tecnológicas iguais ou próximas. Já insumos produtivos e estruturas altamente especializados tendem a limitar capacidade de diversificação, uma vez que a mobilidade de fatores produtivos é restringida. As características listadas acima estão fortemente relacionadas às indústrias que decidem pela diversificação horizontal. No que refere à relação da firma com insumos e ativos específicos, Teece (1986) observa que quanto mais específico são os recursos produtivos, menor é a mobilidade destes e menor o potencial de diversificação da firma, em especial a horizontal. Neste caso, a verticalização poderia ser incentivada, visto também os altos custos de transação diante de ativos específicos. Os conceitos necessários para entendimento dos custos de transação e da estratégia de integração vertical são importantes para o objetivo analítico da pesquisa e serão analisados em seção específica do capítulo.

2.2.2. A importância da base tecnológica e do desenvolvimento de novos mercados

No sentido de favorecer o processo de diversificação, ressalta-se a importância do investimento em áreas tecnológicas, em políticas internas de inovação e na área comercial e de novos negócios. Guimarães (1982) coloca que a base tecnológica e área de comercialização definirão o horizonte de diversificação da firma. No capítulo 6, Penrose (1959) explica que as firmas maiores são mais eficientes devido às Economias Tecnológicas e às Economias Gerenciais, que, de forma breve, são as estruturas técnicas (maquinário, mecanismos e trabalhos especializados, P&D e outros) e mecanismos de gerenciamento das áreas administrativas e de marketing, respectivamente. A diversificação é a estratégia que a firma adota para converter tais economias em vantagens competitivas.

Penrose (1959), portanto, define o desenvolvimento da base tecnológica e da área de comercialização da firma como pilares de sustentação da estratégia de diversificação. A superioridade tecnológica coloca a firma em posição dominante no mercado em que atua e facilita a diversificação em mercados complementares. Guimarães (1982) defende que a capacidade de diversificação da firma depende de como ela acessa e utiliza a tecnologia associada a nova atividade, de modo a alcançar custos competitivos no novo mercado. Adicionalmente, tal capacidade depende de como a nova unidade produtiva desenvolve a área comercial, que, por sua vez, está relacionada com a capacidade de conquista de novos mercados e clientes. Aqui cabe ressaltar que o bom resultado da diversificação está acompanhado da forma como a firma se ajusta ao novo padrão competitivo, bem como as características, condições e preferências do novo cliente. “O sucesso da firma diversificante depende também das características e das condições de competição da nova indústria, porque tais características definem a intensidade e a natureza da reação das firmas estabelecidas” (GUIMARÃES, 1982, p. 63).

Tanto na base tecnológica quanto no desenvolvimento de novos mercados, a transferência de recursos e conhecimentos entre a unidade habitual e a nova unidade tende a facilitar o processo e gerar vantagens competitivas relevantes para a firma nos novos mercados. Entretanto, esse processo se torna cada vez mais difícil à medida que a diversificação se expande, uma vez que tendem a ser distanciar das áreas de especialização da firma. Nesse sentido, a não desenvolvimento de novas bases tecnológicas implicam em limite para crescimento da firma (PENROSE, 1959).

A área de comercialização é relativamente mais importante em firmas com produtos diferenciados e altamente especializados (para efetivar valor em torno do desenvolvimento da marca e identidade da firma) e em setores que os produtos são facilmente imitados, visto que a inovação tecnológica teria baixa capacidade de propor

vantagens competitivas. O desenvolvimento e fortalecimento da força de vendas, do relacionamento com os clientes e da marca geram recursos fundamentais para a diversificação horizontal (PENROSE, 1959).

Além disso, a expansão da área de comercialização pode levar a outra importante estratégia competitiva: a diferenciação de produto. Uma vez que firma tem a competência para identificar novas tendências ou preferências do consumidor, ela pode decidir produzir bens e serviços específicos, mesmo que seja no mesmo mercado em que já atua. A diferenciação também passa pelo desenvolvimento da base tecnológica (inovações) e abre possibilidade de competição dentro da indústria, de forma a acelerar as taxas de rentabilidade do mercado corrente (GUIMARÃES, 1982). No caso do etanol de milho, a planta produtiva gera coprodutos diversos e pouco conhecidos no mercado nacional. Em especial, os grãos de destilaria apresentam alta amplitude de características técnicas, nutricionais e de uso, podendo ser destinados a composição de rações de diferentes criações animais, dosagens e época da vida do animal (ANTUNES, 2020 e OLIVEIRA, 2020). Tais possibilidades possibilitam posicionamentos estratégicos diferentes entre as firmas produtoras. A análise da estratégia de diversificação de produtos novos passa necessariamente pelo desenvolvimento das áreas comerciais e será detalhada na pesquisa.

2.2.3. Outras abordagens para a diversificação: Neo-shumpeteriana e Teoria das Contigências

Na tentativa de introduzir uma abordagem mais dinâmica à estratégia de diversificação, alguns autores defendem o tratamento neo-shumpeteriano, como Nelson e Winter (1982), Dosi (1991), Boulding (1991), Britto (1993) e outros. Nessa vertente, o progresso tecnológico e a forma como a firma lida com estas têm papéis de destaque. A ideia central é que a diversificação faz parte de um processo evolucionário, calcado no fato de que as mudanças tecnológicas afetariam a dinâmica competitiva e as interações no mercado, desestabilizaria a capacidade dos agentes e definiria novas oportunidades de aprendizado e diversificação da firma (BRITTO, 1993).

Nesta abordagem, a firma ou a indústria dita o ritmo de adoção de novas tecnologias, incorporando processos de aprendizados ao longo da trajetória técnica. Alguns conceitos são relevantes para explicar tais processos, como os mecanismos informais de “*learning by doing*” e “*learning by using*”, mecanismos formais como política de inovação e P&D e mecanismos interativos e cooperativos dentro e fora da firma. Adicionalmente, a firma adotaria rotinas organizacionais favoráveis a aplicação e aumento do aprendizado. De modo direto, a capacidade de acumular aprendizado ao longo do tempo impactaria na trajetória tecnológica e na habilidade de inovar, que, por sua vez, expande as possibilidades e a extensão de diversificação da firma. Adicionalmente, a estratégia de diversificação teria maior potencial, se o avanço tecnológico fosse próximo da sua área de especialização, e menor potencial, se representasse uma ruptura técnica no mercado habitual (BRITTO, 1993).

Britto (1993) se utiliza de um modelo analítico circular para mostrar a “dinâmica diversificante evolucionária”. Segundo o autor, há três elementos interativos e relacionados a inovação tecnológica, que condicionam o potencial de diversificação ao longo do tempo: oportunidades tecnológicas, ambiente competitivo e organização da firma. O primeiro elemento refere-se à cumulatividade do desenvolvimento tecnológico; o segundo à rivalidade do setor e o último ao nível específico de capacitação e organização da firma.

O autor defende que há uma relação interdependente entre os elementos, podendo ser alterada em qualquer direção ao longo do tempo. Por exemplo, ao antecipar as trajetórias tecnológicas do mercado em que atua, a firma reforça sua competitividade e pode alterar a forma como o ambiente competitivo está estruturado. De outro modo, a

firma, ao buscar se expandir para outros mercados, visualiza novos padrões concorrenciais e pode decidir por incorporar a tendência tecnológica do novo setor como forma de competição. Enfim, as possibilidades de interrelação entre os três elementos são variadas e podem acontecer de modo recorrente e simultâneo, a depender de como a firma encara e age diante do desenvolvimento tecnológico.

Semelhante à abordagem de Penrose sobre o risco de especialização produtiva, Ansoff (1958; 1965), ao considerar a incerteza e dificuldade de antecipar novos movimentos concorrenciais, defende que a diversificação pode se tornar um mecanismo de segurança para a firma manter-se lucrativa. Além da tendência do comportamento dos mercados em que atua e daqueles que apresentam oportunidades de negócio mais previsíveis, o autor utiliza-se do conceito de contingências (ou da Teoria das Contingências) para denotar a preferência das firmas em se diversificar. A possibilidade de ocorrência de mudanças tecnológicas abruptas, de recessões econômicas ou de eventos não previsíveis aumentam a necessidade de planos estratégicos de diversificação que visem proteger a rentabilidade de longo prazo da empresa.

A diversificação poderia ocorrer de forma vertical, horizontal e lateral. Os dois primeiros tipos são muito próximos dos conceitos mostrados por Wood (1971) e Britto (2012), já explicados anteriormente. Já a diversificação lateral seria a busca para além dos limites de produção e de mercado que a firma já opera, conceito parecido com o de diversificação conglomerada. Ansoff (1958) defende que este tipo é menos restritivo do que os dois anteriores e dá maior proteção para acontecimentos não esperados, mas que exigiria alta capacidade da firma diversificante. As oportunidades deveriam ser comparadas por uma análise qualitativa, para conferir coerência estratégica à firma, e, posteriormente, por questões quantitativas e relacionadas ao retorno do investimento nas oportunidades. Para o autor, a diversificação levaria a três objetivos: i) crescimento para acelerar a tendência de expansão nos mercados que a firma já atua, ii) estabilidade para proteger de tendências desfavoráveis e possíveis contingências e iii) flexibilização para fortalecer o posicionamento da companhia frente à eventos não esperados.

Outras abordagens são utilizadas para entender e complementar o arcabouço teórico relacionado à diversificação da firma. A Teoria da Agência traz a importância da assimetria de informação e da governança da firma e compreende o processo de diversificação como uma tentativa do agente (gerente, administrador ou executivo) ampliar as bases produtivas e gerar ganhos individuais a partir do processo, levando ao problema de agência com o principal (acionista) (MONTGOMERY, 1994). Ao contrato das abordagens anteriores, a diversificação geraria um impacto negativo sobre a performance da firma e o incentivo para tal processo estaria fundamentado na relação positiva entre a remuneração do gestor e o volume de negócios da firma e na redução do risco de troca de comando, visto que a diversificação aumenta a dependência pelas capacidades do gestor (BESANKO et al., 2012). Essa teoria se expandiu bastante nas últimas décadas devido ao crescente interesse e preocupação com os complexos processos de fusão e aquisição (F&A) e a adoção de diversificação em conglomerado a nível mundial.

2.3. Cadeia produtiva e a Economia de Custos de Transação

2.3.1. Cadeias produtivas: definições e o papel da coordenação

As decisões estratégicas das firmas e de novos entrantes estão intimamente ligadas à forma como se dão as relações sistêmicas nas cadeias produtivas. As definições de tais relações tiveram abordagens mais específicas dentro das análises relacionadas à agricultura, com o uso de conceitos próprios deste setor como Complexo Agroindustrial, Sistemas Agroindustriais e Agronegócio. Inicia-se esta seção mostrando, de modo breve, estes conceitos para elucidar a importância da visão sistêmica para o entendimento das estratégias competitivas das empresas e os elementos teóricos

da área da Economia de Custos de Transação (ECT), concentrando nas discussões sobre as dimensões de tais custos, as estruturas de governança e a competitividade das cadeias produtivas sob diferentes formas de coordenação.

Duas abordagens para o Sistema Agroindustrial (SAG) foram definidas. Uma pela escola de Harvard, com o conceito de “*commodity system approach*” (SCA) e outra pela tradição francesa, com o conceito de “*filières*”. A primeira definição refere-se, de modo geral, à visão sistemática dos sucessivos estágios produtivos de determinado produto agrícola, podendo ser analisado ao nível da firma ou de setores (DAVIS e GOLDBERG, 1957). O termo agronegócio ou agribusiness é introduzido por esta abordagem como a soma de todas as operações envolvidas na produção e distribuição de bens agrícolas ao consumidor final. Com bases nos conceitos da teoria neoclássica e da matriz de insumo-produto de Leontieff, o CSA busca definir e mensurar a interdependência de setores e elos produtivos agrícolas, englobando as estruturas de coordenação entre os fluxos de bens e serviços do sistema produtivo. A segunda definição remete à sequência de operações interdependentes, complementares e determinados por forças hierárquicas que levam a produção de bens (MORVAN, 1985). Este enfoque é mais voltado para delimitações de políticas públicas, ações governamentais e para análise das possibilidades estabelecidas pela tecnologia, enquanto o anterior enfatiza o entendimento das estratégias das firmas e da coordenação entre os elos produtivos (ZYLBERSTAJN, 1995).

Zylberstajn (1995) coloca que, ainda que a origem seja de diferentes corpos teóricos e que não deva ser entendida como conceitos semelhantes, a visão sistêmica e o papel das instituições como suporte para as atividades produtivas são elementos comuns entre as definições e importantes por diferenciar da abordagem neoclássica tradicional. Aqui, vale ressaltar que, nas duas abordagens, o mecanismo de preços, mesmo que importante, não se mostra como o único, nem o mais importante modo de coordenação entre as decisões de cada elo produtivo.

Davis e Goldberg (1957) já consideravam a importância das instituições ao questionar o problema de coordenação dos sistemas agrícolas e ao entender o sistema agroindustrial como resultado de forças complexas e evolutivas. Goldberg (1968) analisa o papel das relações contratuais nos sistemas produtivos de trigo, soja e laranja nos EUA e mencionam como importantes mecanismos de coordenação. A coordenação não é resultado de características inerentes ao sistema produtivo, mas de construção dos agentes econômicos frente ao desafio competitivo (FARINA, 1999). É verdade que os questionamentos sobre a incapacidade do mecanismo de preços em explicar as interrelações na cadeia produtiva e decisões das firmas são mais antigos e remontam à crítica de Coase (1972) sobre a natureza da firma. O autor já havia definido a firma como um sistema de relações contratuais, hierárquica e alternativo ao mecanismo de preços como forma de determinar a alocação e coordenação dos recursos. Além disso, já antecipava a presença de custos não desprezíveis em se realizar transações via mercado. Para aprofundar tais conceitos, as seções seguintes analisaram os conceitos desenvolvidos a partir de tais custos e suas implicações sobre a estrutura de coordenação e eficiência da firma.

2.3.2. Economia de Custos de Transação: definições, dimensões e tipos

As discussões da vertente da ECT, dentro da Nova Economia Institucional (NEI), buscam contribuir, de forma teórica e analítica, com o entrelaçamento da cadeia produtiva, dando a devida importância ao papel do Ambiente Institucional e à presença de estruturas de coordenação. Do ponto de vista teórico, autores como Coase (1972), North (1990), Williamson (1985, 1991 e 1993) e outros contribuíram para o desenvolvimento desta corrente.

Williamson (1985) propõe uma visão integrada entre aspectos econômicos, legais e organizacionais, com foco no desenvolvimento do Ambiente Institucional e na presença de custos de transação. O primeiro conceito,

apoiado em North (1990), pode ser definido como o conjunto de regras políticas, sociais e legais que regulam e estabelecem a base de produção, troca e distribuição, que podem ser definidas, impostas e fiscalizadas de modo formal ou informal. Avançando, os arranjos institucionais podem ser entendidos como a forma em que as unidades produtivas definem competir ou colaborar (WILLIAMSON, 1993).

Ainda que a discussão do Ambiente Institucional seja importante para o entendimento de quaisquer cadeias produtivas, o conceito que parece ser mais relevante para a presente análise é o de custo de transação. Este pode ser definido como os custos inerentes à realização ou coordenação de transação (WILLIAMSON, 1985). Arrow (1969, p. 48) define esses como “custos de funcionar o sistema econômico”. Ressalta-se que tal linha de pesquisa coloca a transação como a principal unidade de análise numa cadeia produtiva.

Williamson (1985) propõe a tipificação dos custos de transação em *ex-ante* e *ex-post*. O primeiro grupo está relacionado aos custos de elaboração, negociação e fiscalização dos arranjos contratuais utilizados, aos custos de mensuração e fiscalização dos direitos de propriedade e aos custos de organização e coordenação das atividades, como saber quais características e quais preços são relevantes. O segundo grupo resume-se aos custos de monitoramento do desempenho (enforcement) e aos problemas de adaptação após a realização da transação.

A origem dos custos de transação está fundamentada nos pressupostos comportamentais da racionalidade limitada, que se refere à incapacidade de determinar, organizar e processar informações relevantes e complexas, e da ocorrência de decisões oportunistas apoiado no cenário de informação assimétrica. O oportunismo pode ocorrer por meio do processo de seleção adversa, quando os agentes escondem informações importantes para direcionar as transações ou por meio de risco moral, quando os agentes não conseguem determinar a possibilidade de comportamento oportunista *ex-post* (WILLIAMSON, 1985, p. 47).

As dimensões ou os determinantes dos custos de transação são:

i. especificidade dos ativos transacionados. É a principal variável para determinação da estrutura de governança. Refere-se à ativos que não são empregáveis em outras funções sem a perdas de valor, logo, aliado à possibilidade de incompletude dos contratos e oportunismo, tornam tais ativos sujeitos à elevados custos de transação para fiscalização e salvaguarda (WILLIAMSON, 1993 e AZEVEDO, 2000). As especificidades podem ser divididas em geográfica ou locacional, de ativos físicos, de ativos humanos, de ativos dedicados, de marca e temporal. Um conceito importante, neste atributo, é a geração da quase-renda, que pode ser considerado como a diferença entre o ganho do recurso produtivo empregado na função específica e empregado em outra função.

ii. comportamento e frequência das transações. Relaciona-se à repetição das transações e à definição de relações interdependentes. Farina (1999) coloca que o efeito pode ser duplo, quanto maior a frequência, menor os custos fixos médios associados à elaboração do contrato ou ao uso do mercado spot; contudo, se a repetição for muito elevada e o ativo muito específico, há possibilidade de comportamento oportunista, à medida que há uma dependência maior de um dos parceiros. O desenvolvimento da reputação e de contratos de longo prazo podem limitar tais custos.

iii. incertezas inerentes ao ambiente produtivo. A dificuldade de reconhecer as informações relevantes (assimetria informacional), a possibilidade de variação de vários aspectos relacionados aos contratos (incompletude dos contratos), como quebra de contratos ou renegociações e outros fatores ligados à incerteza elevam consideravelmente os custos de transação (WILLIAMSON, 1991 e FARINA, AZEVEDO e SAES, 1997).

Farina (1999) complementa que quanto maior a similaridade das transações, maior o incentivo à integração vertical. No entanto, quando as atividades são diversificadas, inclusive, dentro do âmbito espacial, tal incentivo diminui, visto os elevados custos para implementar mecanismos de monitoramento e controle e a baixa familiaridade com as atividades. De acordo com a presença e intensidade dos atributos colocados acima, Williamson (1985) tipificou três

estruturas de governança para lidar minimizar os custos de transação: spot ou mercado, híbrida ou contrato e integração vertical ou hierarquias. A próxima seção se debruçará sobre a escolha destas estruturas e apresentará o arcabouço analítico apresentado em Williamson (1991).

2.3.3. Estruturas de governança: modelo analítico, *trade-offs* e limite da firma

O conceito de integração vertical já foi explorado nas seções anteriores, sendo que esta seção se limitará às discussões relacionadas à quando as estratégias de verticalização são apropriadas e quando não são, elencando condicionantes e possíveis vantagens e desvantagens do processo. Vale-se dizer que a decisão entre comprar ou produzir pode indicar vantagens competitivas relevantes à firma e constituir uma nova forma de coordenar a cadeia produtiva.

Segundo Penrose (1959), a integração vertical só faz sentido se for para diminuir os custos de produção da firma e sua lucratividade deve ser medida sobre o efeito líquido, ou seja, o lucro observado diante da integração deve ser comparado com o lucro esperado se a firma adotasse formas alternativas de acesso ao produto ou insumo. Se os custos de produção internamente forem menores, os recursos naturalmente fluiriam para o processo de verticalização. Os benefícios diretos do processo de verticalização sobre a firma estão relacionados à estabilidade do fluxo de suprimentos e à menor sensibilidade à movimentos de mercado.

A discussão, então, volta para o importante *trade-off* entre a especialização e os custos de transação. A economia de gastos alcançada com a especialização produtiva pode não compensar os custos de utilizar o mecanismo de preços ou os custos de transação. À medida que a especialização adotada aumenta, a firma utiliza-se de mais transações e se torna mais dependente do mercado, o que eleva os custos de transação (WILLIAMSON, 1985 e FARINA, AZEVEDO e SAES, 1997). North (1990) aponta que a verticalizar é uma forma de lidar com os elevados custos e incertezas ao transacionar mercadorias.

Expandindo tal discussão para os limites de integração da firma e a determinação da estrutura de governança, Williamson (1985) traz uma importante contribuição ao mostrar os impactos conflitantes entre a eficiência técnica e a eficiência de governança. A firma deve escolher a estrutura de governança que minimize, conjuntamente, os custos de produção (eficiência técnica) e os custos de transação (eficiência de governança). A eficiência técnica é medida pela diferença entre custo de produção interno e o preço de mercado e a eficiência de governança é a diferença dos custos de transação entre internalizar a produção e utilizar o mercado.

A primeira eficiência é influenciada predominantemente pelas economias de escala, escopo e aprendizagem e pela burocracia criada ao se produzir internamente, sendo sempre positiva, ou seja, assume-se que os custos de produção ao internalizar a produção serão sempre maiores que nas firmas especializadas (preço pelo mercado), devido aos fatores acima. A segunda é determinada pelos instrumentos de governança e pelos condicionantes típicos dos custos de transação, podendo ser positiva, caso o custo de transacionar via mercado seja menor que produzir internamente, ou negativa, caso contrário.

O autor reconhece a importância da especificidade do ativo como o principal fator de determinação da estratégia de verticalização (WILLIAMSON, 1985). Se a especificidade do ativo é alta, maiores e mais relevantes são os custos de transação via mercado, logo, incentiva-se a internalização da produção deste ativo, aproveitando da maior eficiência de governança em relação à eficiência técnica. Se a especificidade é pequena, os custos de transação via mercado tendem a ser consideravelmente baixos e a estratégia de internalização passa a não ser a mais eficiente, visto

também eficiência técnica oferecida pelo mercado. O caso acima exemplifica a escolha mais eficiente dado o nível de especificidade do ativo.

Se a firma for pouco relevante no mercado ou pequena o suficiente para não adquirir ganhos de escala, escopo e de aprendizagem com a verticalização, a eficiência técnica tende a ser maior (o custo de produção interno é muito maior que o preço de mercado), o que também desestimula a integração. Adicionalmente, ao internalizar e produzir somente para a firma, a empresa não é beneficiada pela agregação de demandas não correlacionadas, o que tenderia a ocorrer em estruturas de mercado. Tais fatores explicam o motivo de empresas menores tenderem a ser menos integradas que as maiores (WILLIAMSON, 1985).

Segundo Farina, Azevedo e Saes (1997), estruturas verticais apresentam incentivos pequenos para alcançar o desempenho desejado, visto que o esforço tem pouco ou nenhum efeito imediato sobre a remuneração. No entanto, à medida que se busca a hierarquia, estimula-se controles internos mais rígidos e comportamento cooperativos. Já o mercado apresenta incentivos mais fortes e baixo controle sobre as transações, uma vez que a relação entre esforço e remuneração é instantânea. Tal discussão implica em outro *trade-off*. Desta vez, entre incentivo e controle: “conforme caminha-se do mercado em direção à hierarquia, perde-se incentivo e ganha-se em controle” (FARINA, AZEVEDO e SAES, 1997, p. 99), não havendo uma forma organizacional que aumente, ao mesmo tempo, o controle presente em estruturas hierárquicas e o incentivo forte de mercado.

Além das diferenças acima, a forma como cada estrutura de governança se adapta às situações também é relevante para a sua escolha, uma vez que a adaptação é fonte de custos de transação. Williamson (1991) considera dois tipos de adaptação: autônoma, em que as condições de preços estabelecidas por mercado são suficientes para adaptação, e cooperativa, em que a adaptação entre as partes é solucionada por um mecanismo de colaboração mútuo. Note que o primeiro tipo é mais próximo das práticas de mercado e o segundo de contratos e estruturas integradas.

Uma vez entendido os principais determinantes dos custos de transação e dos dilemas para a escolha de estrutura de governança, pode-se definir a estrutura mais eficiente diante das necessidades da firma. Williamson (1985 e 1991) propõe um modelo investigativo para esta análise. O autor retorna às três estruturas de governança: mercado ou *spot*, integração vertical e híbrida (contratos). A ideia é tomar a especificidade do ativo (k) como principal determinante para os custos de transação e analisar, comparativamente, os custos de transação associado a cada estrutura governança. Os outros determinantes dos custos de transação (d) podem ser analisados como parâmetros das funções de custos, impactando no deslocamento da curva.

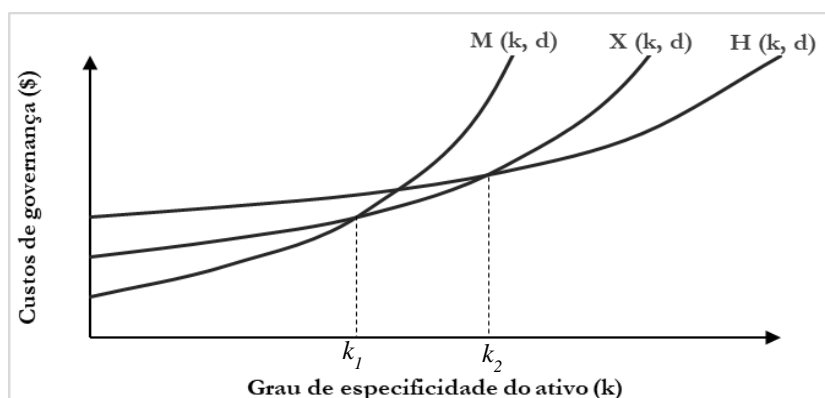


Figura 2. Relação entre especificidade do ativo e custos de governança.

Fonte: elaborado a partir de Williamson (1991, p. 284).

Representa-se as funções acima por:

- $M(k, d)$, os custos de transação sob a estrutura de mercado ou *spot*,
- $X(k, d)$, os custos de transação sob a estrutura híbrida,
- $H(k, d)$, os custos de transação sob a estrutura integrada verticalmente, e
- k , nível de especificidade do ativo e d , outros determinantes de custos de governança.

Inicialmente, devido à presença de custos com burocracia nas estruturas híbridas e integradas observa-se que $M(0, d) > X(0, d) > H(0, d)$, ou seja, os custos de transação para ativos sem especificidade são menores para transações via mercado (mais eficiente) e maior para transações verticalmente integrada (menos eficiente).

Note que a relação entre os custos de transação e a especificidade do ativo é sempre positiva e a derivada com relação ao parâmetro k se mostra da seguinte forma: $M' > X' > H'$. Isso implica que, à medida que a especificidade do ativo aumenta, os custos de transação aumentam mais na estrutura de mercado, de forma moderada na estrutura híbrida e menos na estrutura hierárquica. Tal fato é explicado pela maior capacidade de adaptação das estruturas mais hierárquicas em relação à especificidade do ativo, haja visto a dependência bilateral e a tendência ao comportamento cooperativo entre as partes. Além disso, se a transação de ativos específicos é feita no mercado, haverá maior necessidade de incentivos, o que eleva os custos de transação nesta estrutura de governança.

O limite inferior das três funções reúne os custos e as estruturas de governança mais eficientes para cada nível de especificidade do ativo (k). Se a especificidade $k \ll k_1$, a estrutura mais eficiente é a de mercado; se $k = k_1$, seria indiferente escolher entre a estrutura de mercado e a híbrida; se $k_1 < k < k_2$, a estrutura indicada é a híbrida, sendo que quanto mais próximo de k_2 , maior a complexidade e o grau de exigência dos mecanismos de coordenação; se $k = k_2$, seria indiferente escolher entre estrutura híbrida e integrada e se $k \gg k_2$, a hierarquia prevalece.

Williamson (1991) coloca que a estrutura híbrida apresenta comportamentos moderados ou intermediários entre mercado e a integração no que se refere à relação entre incentivo e controle, à capacidade de adaptação e à presença de burocracia interna. Além disso, o autor reconhece que, diante do cenário de incerteza e racionalidade limitada, é difícil reconhecer os pontos críticos de escolha e que, portanto, a área de escolha pela estrutura híbrida pode se estender ao redor do k_1 e k_2 . A racionalidade limitada propicia a inclusão de uma forma híbrida e flexível em vários casos. Para ativos com baixa especificidade, a escolha de menor custo é realizar a transação via mercado. Se decidisse optar por outra estrutura de mercado, a firma incorreria em custos adicionais relacionados à elaboração e colocação de mecanismos de controle e à burocracia inerente ao processo de contratação ou internalização. Williamson (1991) aponta que a estrutura de mercado apresenta incentivos mais potentes e relações mais autônomas e transparentes entre as partes. Fatores como frequência, incerteza, relação entre incentivo e controle, adaptação e outros determinantes podem ser inseridos como parâmetros da função de custos de transação de cada estrutura.

2.3.4. Sistema produtivo e estruturas de governança aplicados à produção e distribuição agrícola

Do ponto vista analítico, a ECT encontrou campo fértil para aplicação de tais conceitos nos sistemas agroindustriais no Brasil. Farina, Azevedo e Saes (1997) e Azevedo (2000) sustentam a importância da incerteza ocasionadas por clima, pragas e especificidade dos ativos, inerente ao processo produtivo agrícola, para a determinação

de estruturas mais eficientes. Destaca-se os trabalhos de Zylberstajn (1995), Farina, Azevedo e Saes (1997), Farina (1999) e Azevedo (2000), dentre outros.

Zylberstajn (1995) aplica as ideias de Williamson à uma estrutura analítica que represente as características dos sistemas agroindustriais (SAG). Os “Sistemas de *Agribusiness* são caracterizados como possuindo aspectos específicos e distintos dos demais sistemas produtivos” (ZYLBERSTAJN, 1995, p. 138). Fatores como instabilidade da renda agrícola, flutuações de oferta e demanda, concentração e poder de mercado, dentre outros, são apontados como diferenciais relevantes ao analisar as transações em cadeias agroindustriais. O autor defende que uma análise seja aplicada no âmbito micro analítico, ou seja, nos pontos em que ocorre as transações de bens e serviços nas cadeias agrícolas.

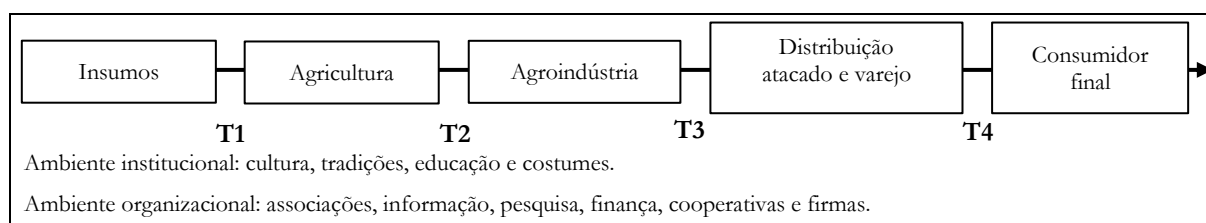


Figura 3. Sistemas de agribusiness (SAG) e transações típicas.

Fonte: elaborado a partir de Zylberstajn (1995, p. 174).

Seguindo o objetivo do estudo, as análises se limitam às transações entre o elo agrícola e a agroindústria e à forma como tais transações podem se organizar (representado pela transação T2 na Figura 3). Zylbersztajn (1995) inicia evitando generalizações a respeito das transações e das estruturas de governança presentes nesta relação, visto a diversidade de características técnicas dos produtos. Não é à toa que as cadeias agrícolas apresentem diferentes estruturas de coordenação e que conjugue diferentes mecanismos diante da mesma transação (Tabela 1). No caso de produtos padronizados (*commodities*) – e o milho se enquadra no exemplo, as transações tendem a ser via mercado, aproveitando de instrumentos relevantes e transparentes de incentivo e proteção de preço, como o mercado futuro. Zylbersztajn (2005) coloca que os produtores rurais, isoladamente ou em conjunto, visam economias de escala, de rede e coordenação com as agroindústrias através de arranjos contratuais horizontais. Por outro lado, a presença constante de ativos específicos, em especial de tempo, de local e de diferenciação de produtos, favorece o desenvolvimento de estrutura híbridas (contratos relacionais ou bilaterais) e da hierarquia para coordenar a comercialização de produtos agrícolas. Bijman (2008) considera que produtos agrícolas de maior valor agregado ou maior importância econômica, altamente perecíveis e tecnicamente difíceis de serem produzidos apresentam altos custos de transação e, portanto, há estímulos para adotar estruturas de governança mais complexas e hierárquicas.

Além da especificidade do ativo, a incerteza toma lugar central na discussão dos custos de transação nas cadeias agrícolas modernas (DA SILVA e RANKIN, 2013). Estes autores dividem a incerteza nestas cadeias em dois grupos: incerteza do ambiente e incerteza comportamental. O primeiro refere-se à presença de atributos incontroláveis sobre a oferta e demanda agrícola, desde problemas climáticos e de pragas agrícolas, definição e previsão de quantidade e qualidade do produto, perecibilidade e sazonalidade da oferta e mudanças nas preferências dos consumidores. O segundo relaciona-se à dificuldade entre as partes cumprirem o contrato por motivos diversos e à assimetria de informação entre o produtor rural e o comprador. Em ambos os casos, a presença de salvaguardas em contrato, coleta de informações e monitoramento e o uso mecanismos informais, como reputação e relação de confiança, são usados para diminuir o comportamento oportunista.

Tabela 1. Mercados agrícolas e estruturas de governança.

Produto	Estruturas de governança observadas		
	Mercado	Contrato	Hierarquia
Soja	X	X	
Vinho		X	X
Tomate		X	
Cana		X	X
Carne	X	X	X
Frango	X	X	
Ovo	X	X	

Fonte: elaborado a partir de Zylberstajn (2005, p. 396) e Feltre e Paulillo (2013).

Young e Hobbs (2002) comentam que o aumento das transações da produção agrícola via contrato se deve à importância de fortalecer a relação com a cadeia de suprimento (em muitos casos, em regiões ou países longes e diferentes), ao interesse à diferenciação de produtos por questões técnicas ou relacionadas à vontade do consumidor final e à elevação de custos de monitoramento e verificação da transação. Adicionalmente, os autores pontuam o declínio do uso de mercado *spot* para tais transações diante das preocupações do setor agrícola em relação à volatilidade dos preços e à possibilidade de comportamento oportunista entre as partes.

Neste sentido, vários arranjos contratuais têm sido desenhados do longo das últimas décadas para facilitar a coordenação e as relações da cadeia produtiva agrícola (ZYLBERSTAJN, 1995). Baseado no arcabouço teórico da ECT, um instrumento que merece destaque é o *contract farming arrangement* (CFA) (BIJMAN, 2008). Segundo Da Silva e Rankin (2013), os contratos agrícolas podem desempenhar três funções: coordenar as características da transação alinhadas entre as partes, instituir incentivos e penalidades na relação para motivar boa performance e estabelecer a alocação de risco. Dessa forma, uma estratégia de originação de produção agrícolas via contrato deve considerar os interesses mútuos da relação e colocar regras claras e bem definidas. Segundo Bijman (2008), o contrato agrícola pode estabelecer duração, padrões de qualidade e responsabilidades, quantidade, práticas diversas a serem adotadas, tempo, forma e condições de entrega, preços ou mecanismo de determinação deste, assistência técnica, processo de pagamento, processos de resolução de disputa e salvaguardas.

Ainda que a heterogeneidade das relações gere arranjos contratuais diversos, Jia e Bijman (2014, p. 24) utilizam a tipologia de CFA estabelecida por Mighell e Jones (1963), a qual é dividida em três tipos considerando objetivo e a transferência de direitos e riscos entre as partes. O primeiro tipo é o contrato especificado via mercado (*“marketing-specification”*), no qual se estabelece um acordo sobre quantidade e qualidade do produto, preços, local e período de entrega anteriormente ao acesso do produto, podendo inclusive ser antes da colheita da produção agrícola. Neste caso, o intuito é acessar o produto de modo fácil e rápido e a transferência de direitos e risco é mínima. Além disso, uma vez estabelecido este tipo de contrato, os custos para acessar e trocar informações (preço, oferta, tempo, etc) são reduzidos, o que também diminui o oportunismo e a incerteza na negociação. Este tipo de CFA bastante semelhante à definição de contrato clássico apresentada na seção anterior. O segundo tipo é o *“production-management”*, no qual o comprador define e controla os processos e métodos produtivos e o produtor rural concorda em seguir tais práticas. A diminuição de autonomia do produtor acontece pois há o comprador se compromete com boa parte dos riscos. E, por fim, o terceiro tipo (*“resource-providing”*) aumenta ainda mais o compartilhamento de recursos entre as partes, dando acesso à melhores alternativas de insumos agrícolas, crédito e outros fatores produtivos. Neste caso, a transferência de direito e riscos é dividida e definida pelo contrato.

Além de considerar os determinantes habituais dos custos de transação na comercialização agrícola, Jia e Bijman (2013) elevam a importância das instituições (formais e informais) sociais e culturais das regiões produtoras, ao advogar que estes tendem a determinar o escopo e o tipo do arranjo contratual utilizado. Desta forma, observa-se múltiplas experiências e trajetórias contratuais.

2.4. Síntese e proposta de modelo teórico-analítico

A construção deste capítulo busca resumir e formular um modelo teórico-analítico capaz de explicar as estratégias adotadas pelo setor ao processar o milho e a racionalidade das usinas em utilizar tal estratégia. Para tal, o modelo se apropria da literatura de estratégias competitivas, associando as teorias: competitividade de Porter, da diversificação e das estruturas de governança. Esta subseção objetiva resgatar os principais elementos apresentados anteriormente de forma a ordenar o processo investigativo da pesquisa alinhando com os objetivos de pesquisa.

Pretende-se analisar os condicionantes do processo de surgimento e crescimento do setor de etanol de milho no Brasil. A disponibilidade e a condição dos recursos de produção, as condições de demanda, a presença de setores correlatos e de apoio e a adoção de estratégias pelas firmas serão aplicados ao caso de setor de etanol de milho. O último fator será desdobrado nas estratégias observadas no setor, em especial as estratégias de diversificação e a integração vertical das firmas na originação das matérias-primas. Note que a primeira teoria está fortemente associada a vertente da Economia Industrial e a última ligada à Economia dos Custos de Transação. Farina, Azevedo e Saes (1997), no capítulo introdutório, defendem a complementariedade das duas vertentes teóricas associando as estratégias de crescimento das firmas à busca pela melhor estrutura de governança. Zylbersztajn (2005) também argumenta a favor desta abordagem, ainda que seja perceptível a maior influência do ECT no trabalho. “O uso associado das teorias de ECT e Organização Industrial mostrava ser útil para explicar os arranjos produtivos observados” (ZYLBERTAJN, 2005, p. 405). Na prática, a junção destes dois campos teóricos se faz necessária para responder um problema com complexidade exigida, haja visto, as diferentes ações e características observadas nas firmas do setor.

A teoria da diversificação, sobretudo as hipóteses para explicar o processo, a relação entre a base tecnológica e o desenvolvimento de novos mercados e os benefícios potenciais trazidos por Penrose (1959), será utilizada para explicar o uso de milho para usinas já estabelecidas. As motivações presentes na literatura parecem ser bastante pertinentes para explicar o movimento estratégico observado nas usinas *flex*.

Da abordagem relacionada aos custos de transação, serão analisados os determinantes das transações de milho (especificidade, frequência e incerteza) e a escolha da estrutura de governança mais apropriada. A discussão deve-se centrar na relação entre a definição das características da transação e das estruturas de coordenação adotada e os benefícios potenciais dado as características de comercializado do cereal. Aqui vale resgatar a proposição trazida Williamson (1985) e Zylberstajn (1995), na qual diferentes estruturas de governança numa cadeia produtiva pode determinar a eficiência do arranjo produtivo.

Das ideias trazidas pelo Diamante de Porter e pela ECT, também se faz necessário a descrição da própria cadeia produtiva do etanol de milho e como se insere frente às cadeias relacionadas (milho, ração animal, combustível e outras), bem como dos ambientes institucionais e organizacionais. Desta análise, pode-se esperar elementos relevantes e argumentos que justifiquem o uso do milho e, conseqüentemente, ajude a responder ao problema de pesquisa. Deve-se notar que o desenho da cadeia produtiva se inter-relaciona com os condicionantes de competitividades e outros conceitos colocados por Porter (1990).

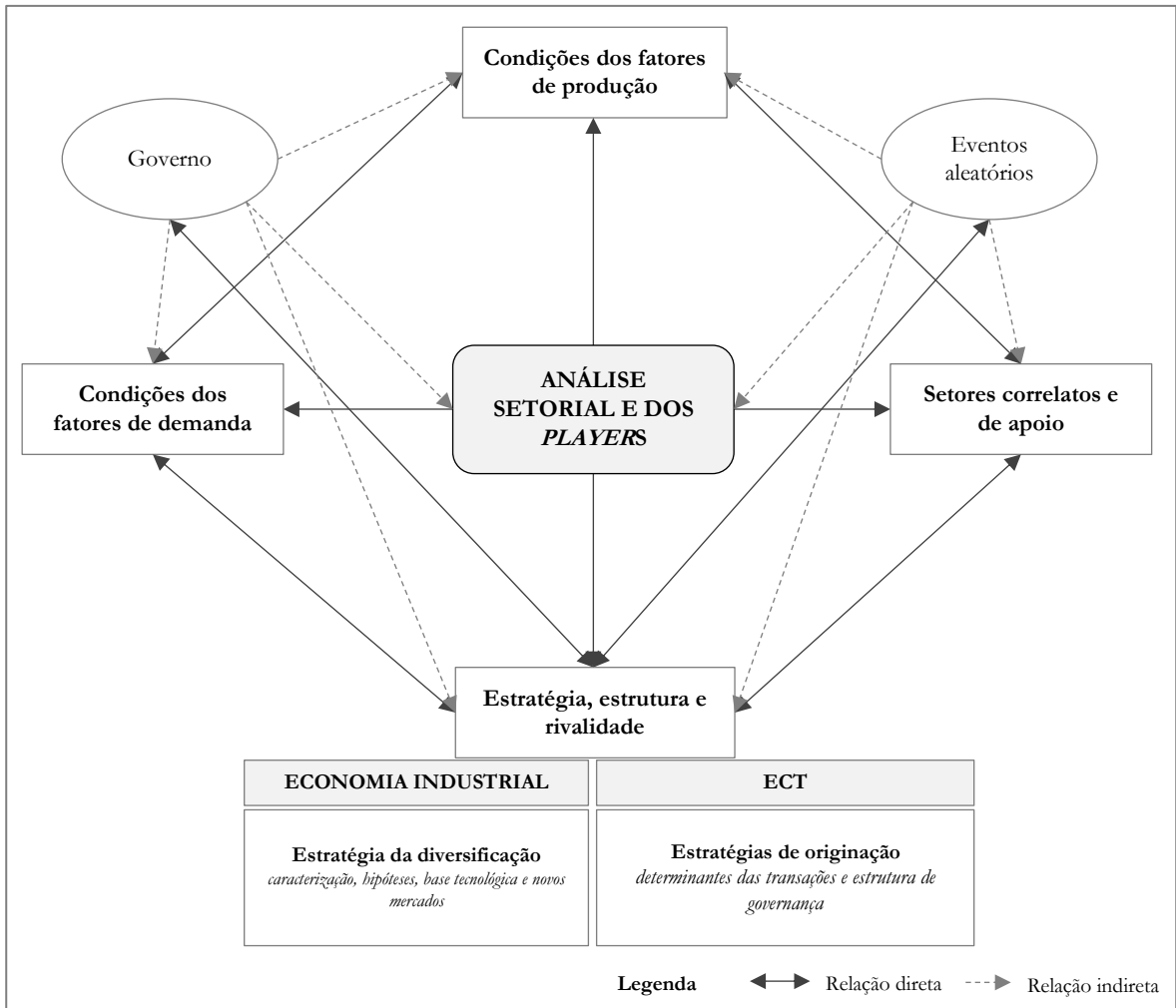


Figura 4. Modelo teórico-analítico proposto para análise do setor.

Fonte: elaborado pelo autor.

3. METODOLOGIA

A análise do processo de diversificação e expansão do setor alcooleiro terá caráter descritivo e qualitativo. A metodologia adotada está relacionada ao levantamento de dados secundários dos setores relacionados ao processamento de milho para produção de etanol e às informações disponibilizadas pelas usinas.

Para a análise do histórico recente do setor, da caracterização técnica e produtiva das usinas e dos condicionantes iniciais, a pesquisa se propõe, num primeiro passo, a junção de levantamentos bibliográficos do setor alcooleiro de cana-de-açúcar e dos recentes trabalhos relacionados ao etanol de milho e da coleta de dados primários e informações com as instituições setoriais. As mais relevantes são a União das Indústrias de Cana-de-açúcar (UNICA) e da União Nacional de Etanol de Milho (UNEM). Adicionalmente, outras bases de dados e instituições de pesquisa relacionadas as cadeias produtivas correlatas à de etanol de milho serão empregadas como Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB) e Instituto Matogrossense de Economia Agropecuária (IMEA), para dados de área, produção e comercialização do grão; Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA), para preços de milho, etanol e outros produtos; Agência Nacional de Petróleo (ANP), para complementar a análise de consumo e movimentação de etanol, dentre outras bases secundárias nacionais e internacionais convenientes, as quais serão justificadas ao longo do trabalho.

Tabela 2. Resumo dos principais indicadores para caracterização do setor de etanol de milho.

Indicadores	Fonte
Análise do setor produtivo de etanol de milho no Centro-Oeste.	
Capacidade produtiva de moagem de milho e produção de etanol.	ANP
Sazonalidade de produção de etanol (anidro e hidratado) de milho.	UNICA
Análise da cadeia produtiva de milho no Centro-Oeste.	
Oferta (área, produtividade e produção) e demanda de milho no Brasil e no Centro-Oeste.	CONAB, IMEA
Preços de milho nos estados (MT, GO, MS, MG, PR e SP).	CEPEA, IMEA
Evolução da comercialização em MT.	IMEA
Custos logísticos para o cereal em MT e GO.	ESALQ-LOG
Contextualização da demanda por etanol.	
Demanda e fluxos interestaduais por etanol no Centro-Oeste.	ANP, UNICA
Fluxos interestadual de etanol com origem no Centro-Oeste.	ANP
Preços e relação de competitividade de combustíveis ao consumidor.	ANP
Análise do setor de ração e proteína animal no Centro-Oeste.	
Preços de grãos de destilaria em MT e GO.	SCOT
Oferta de farelo de soja e caroço de algodão (substitutos para grãos de destilaria).	ABIOVE, IMEA
Produção de proteína animal (aves, suínos e bovinos - elo primário e industrial) e demanda por ração.	IBGE, Sindirações, MAPA

Fonte: elaborado pelo autor.

A segunda etapa da análise se dará com informações específicas dos *players* a partir de relatórios e comunicados das próprias companhias. É importante ressaltar que, como o setor é relativamente novo, com poucos *players* e ainda não ter um acompanhamento sistemático de dados, há limitação em relação a trabalhos mais robustos, do ponto de vista estatístico. Esses fatores sustentam a escolha de uma linha de análise mais qualitativa e exploratória.

Por outro lado, o esforço em gerar novos dados sobre o setor, as ações e estratégias do setor poderá, além de permitir o desenvolvimento deste trabalho, contribuir com novas análises e ideias de pesquisa.

4. HISTÓRICO E DESEMPENHO DO SETOR DE ETANOL DE MILHO NO BRASIL

4.1. Histórico e desempenho do setor

Ainda que o crescimento da capacidade produtiva de etanol no milho seja significativo nos últimos anos, a indústria do setor é nascente no país. Os primeiros estudos de viabilidade e análise para implementação de etanol de milho no estado foram realizados no começo da última década, incentivados por grupos produtivos e representantes do setor agrícola. Na época, houve visitas às usinas norte-americanas para entendimento do modelo americano e discussões sobre as oportunidades produtivas no Brasil (CONAB, 2015).

A primeira experiência produtiva de etanol de milho no Brasil se inicia na safra 2011/12, com a incorporação do processamento do cereal pela usina USIMAT, localizada em Campos de Júlio-MT, ainda em fase de testes. A época, a usina apontava a possibilidade de moagem na entressafra de cana-de-açúcar, aproveitando-se de parte do complexo produtivo já instalado, e os baixos preços de milho como fatores para inclusão do cereal no processo produtivo.

Sob a mesma dinâmica de produção, outras usinas em Mato Grosso passaram a testar o processamento do cereal junto à cana-de-açúcar. Em 2013 e 2014, as usinas já estabelecidas Libra (São Jose do Rio Claro-MT) e Porto Seguro (Jacira-MT) expandiram a capacidade de produção de etanol com a incorporação do milho. Em 2015 e 2016, mais 3 usinas passaram pelo mesmo processo, no entanto, uma diferença importante é que tais usinas se não localizavam em Mato Grosso. O modelo de produção de etanol a partir do milho se expande para Goiás e São Paulo, regiões bem mais relevantes na produção do biocombustível e na presença de unidades produtivas sucroalcooleiras. A SJC Bioenergia – Usina São Francisco, em Quirinópolis-GO, a Usina Rio Verde (DECAL), em Rio Verde-GO e a usina Cereale, em Dois Córregos-SP, incorporaram o milho como matéria-prima da unidade produtiva.

A partir de 2017, houve uma mudança significativa na forma de encarar e produzir o etanol de milho no país, o que trouxe movimentos competitivos interessantes para o setor. Se até então, somente usinas já estabelecidas de cana-de-açúcar participavam desse movimento, em 2017, a FS Bioenergia entrou com um novo modelo de negócio em Lucas do Rio Verde-MT: o modelo *full* (ou dedicada), no qual somente o milho era processado para fabricação do etanol e de coprodutos. Além disso, a estratégia de entrada da firma foi mais agressiva que as outras usinas em termos de capacidade de produção. A época, a capacidade de produção de etanol era de aproximadamente 265 mil m³, o que já colocaria a usina como a maior do setor. No ano seguinte, houve a expansão capacidade de produção do biocombustível para 530 mil m³. Não à toa que a capacidade produtiva do setor praticamente dobra nesse período.

A entrada da FS Bioenergia marca o início dos novos *players* no setor nacional. Em 2017, a Usina Safras, em Sorriso-MT, inicia as operações também sob o modelo de negócio dedicado exclusivamente para milho, mas de baixa capacidade produtiva (aproximadamente 5 mil m³). Essa usina foi idealizada por produtores rurais da região como estratégia para maior integração na cadeia produtiva do grão. Entre 2018 e 2019, as usinas Cooperval (Jandaia do Sul-PR), Caçu (Vicentinópolis-GO) e Santa Helena (Santa Helena de Goiás-GO) passam a adotar o milho, com destaque para a primeira usina que ainda é a única *flex* no Paraná.

Em meados de 2019 e todo 2020, o setor passa por uma nova rodada de crescimento robusto da capacidade produtiva, com o início das operações de 4 usinas *full* e 1 usina *flex*, praticamente todas de maior capacidade produtiva. O início das operações das unidades produtivas da empresa paraguaia de etanol de milho Inpasa em Sinop-MT e em Nova Mutum-MT adicionou quase de 850 mil m³ de capacidade produtiva de etanol de milho ao setor. Vale ressaltar que a unidade de Nova Mutum-MT, também conhecida de Ethanol Bioenergia, foi uma parceria entre a multinacional paraguaia e a *holding* O+ Participações, conglomerado de produção de grãos, proteína animal, construção e serviços no

Mato Grosso. As outras usinas *full* iniciadas nesse período foram a unidade de Sorriso-MT da FS Bioenergia, com capacidade produtiva inicial de mais 530 mil m³ e a Bioflex em Poconé-MT. Além destas, a usina de cana CerradinhoBio criou uma companhia subsidiária específica para etanol de milho, a Neomille com capacidade de produção de 245 mil m³ de etanol de milho no complexo produtivo da companhia em Chapadão do Sul-GO.

Em outubro de 2020, havia, portanto, 16 unidades produtivas de etanol de milho em operação no Brasil, considerando tanto as usinas *flex* como as *full*. A capacidade nominal do setor no mesmo período é de 2,93 milhões de m³ e moagem potencial de 7,05 milhões de toneladas de milho. O crescimento da capacidade produtiva na última década pode ser observado na Figura 5.

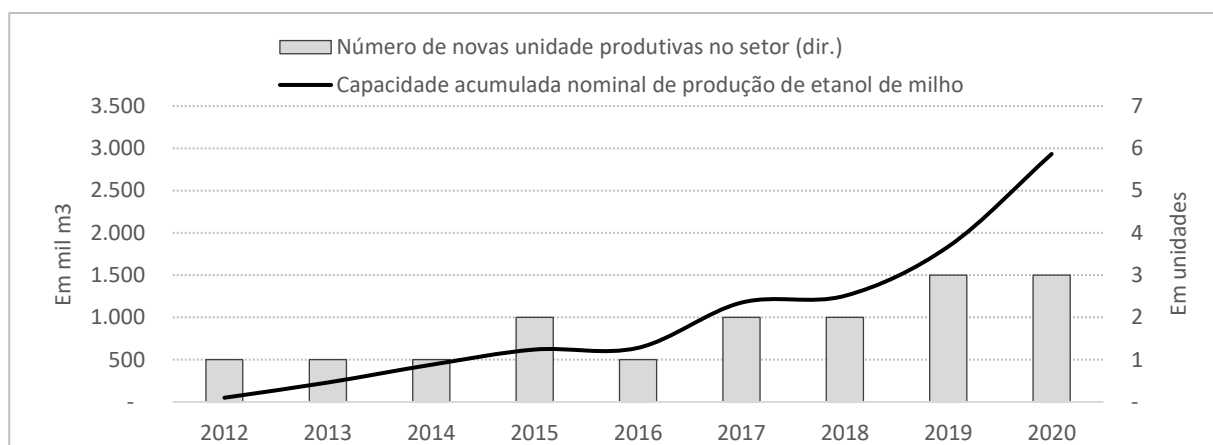


Figura 5. Evolução da capacidade produtiva e do número de novas usinas no setor de etanol de milho no Brasil.

Fonte: UNEM (2020) e dados da pesquisa. Nota: para 2020, usinas contabilizadas apenas até outubro de 2020.

Algumas características importantes no processo de expansão do número de plantas de processamento de etanol de milho são (i) o crescimento acelerado da capacidade produtiva a partir de 2017, com as entradas das usinas *full* e (ii) a concentração das usinas no Centro-Oeste.

A concentração dos investimentos a partir de 2017 e nas usinas *full* estão estritamente relacionadas. O crescimento mais robusto da capacidade produtiva do setor acontece justamente quando as usinas *full* como FS e INPASA iniciaram sua operação. Até a entrada da FS em meados de 2017, a capacidade de produção observada no setor era de apenas 640 mil m³/ano de etanol. De 2017 a 2020, a capacidade cresceu 2,3 milhões de m³/ano, sendo que cerca de 85% (1,9 milhão de m³/ano) foram oriundos dos investimentos em plantas *full*. Em outubro de 2020, 65% da capacidade produtiva do setor estavam nas plantas deste tipo (Figura 6).

Em relação ao aumento da capacidade produtiva nos últimos três anos, além do maior número de novas unidades produtivas, o tamanho médio das usinas de etanol de milho também aumentou especialmente no biênio 2019/2020, conforme apresentado na Figura 6. A concentração temporal dos investimentos nas usinas de etanol de milho pode estar relacionada à validação inicial desse novo modelo de negócio, especialmente para as usinas *full*. A validação do modelo de negócio dedicada atrai novos competidores e aumenta a exposição destes a projetos de maior capacidade, elevando o tamanho médio das plantas produtivas.

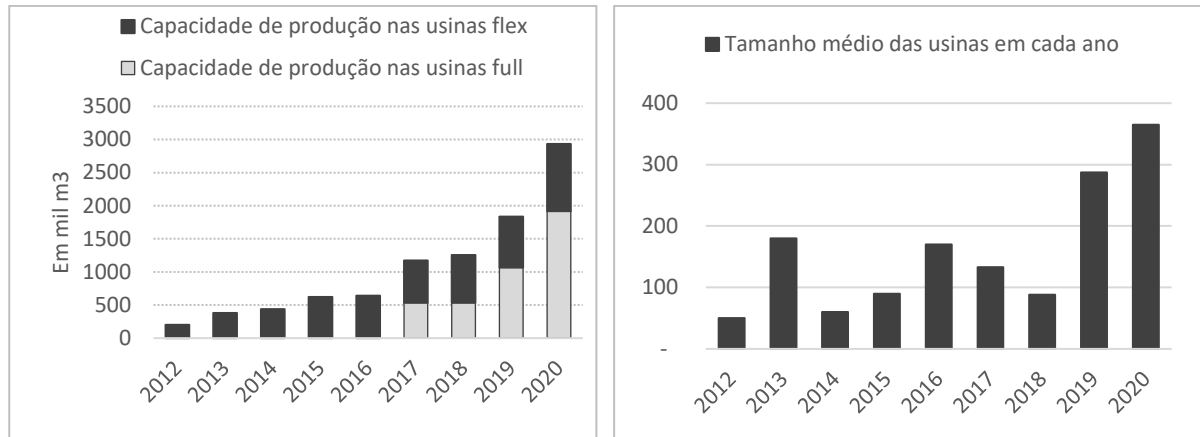


Figura 6. Capacidade produtiva nas usinas *full* e *flex* e tamanho médio dos investimentos de etanol de milho no Brasil em cada ano. Fonte: UNEM (2020) e dados da pesquisa. Nota: para 2020, usinas contabilizadas apenas até outubro/2020.

A concentração geográfica na região Centro-Oeste também é relevante. O mapa (Figura 7) mostra que 14 das 16 usinas de etanol em operação no Brasil estão nos estados de Mato Grosso e de Goiás. Em termos de capacidade produtiva, a concentração nessa região é ainda maior: praticamente 2,9 milhões de m³/ano (98% da capacidade total) estão nos dois estados acima.

Dentro dos estados, há relevância para as regiões Médio-Norte de MT, especialmente na região da BR-163, e Sudoeste-GO. No caso do estado mato-grossense, a região entre Sinop e Nova Mutum (250 km de distância na BR-163) concentra 5 das 16 usinas de etanol de milho em operação, 81% (1,9 milhão de m³/ano) da capacidade instalada no estado e 65% da capacidade nacional do setor. O Sudoeste-GO concentram todas as 5 usinas de etanol de milho em Goiás, 18% (0,53 milhão de m³/ano) da capacidade instalada do etanol de milho no país. Fora do Centro-Oeste, há 2 usinas *flex* de baixa capacidade de etanol de milho no Paraná e em São Paulo. Em conjunto, estas plantas têm capacidade de produção de apenas 40 mil m³/ano (1,3% da capacidade nacional). A princípio, a presença de apenas 2 usinas e a baixa capacidade de produção podem sugerir a baixa atratividade dessas regiões para o processamento do cereal.

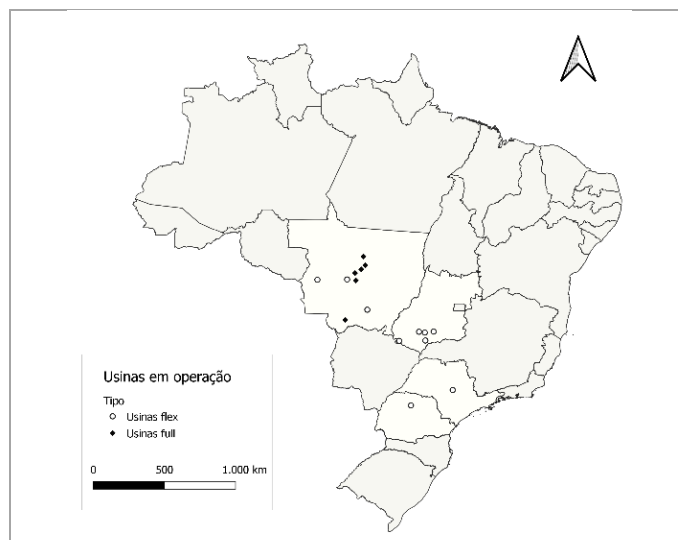


Figura 7. Localização das usinas de etanol de milho em operação no Brasil.

Fonte: UNEM (2020) e dados da pesquisa.

A localização das usinas atuais, a conjuntura do mercado de insumos, de demanda pelo biocombustível e dos coprodutos e aspectos logísticos destes já se colocam como fatores relevantes para entendimento da dinâmica do setor e das estratégias adotadas pelas firmas. A capacidade de atração de novos investimentos nestes estados será estudada com maior detalhamento no próximo capítulo, ao apresentar os condicionantes do surgimento e expansão do setor. Para esta análise, entende-se ser necessário, primeiramente, desenhar a cadeia produtiva em que a usina de etanol de milho se coloca e se desenvolve.

Além da descrição de capacidade e dos investimentos do setor, a taxa de utilização das novas plantas também caminhou rapidamente na última década. A Figura 8 traz o crescimento da produção efetiva de etanol de milho no Brasil desde o ano-safra 2012/2013 e a relação com a ociosidade do setor. Amparado pela expansão da capacidade, a produção de etanol de milho também cresce mais a partir de 2017. De 2012/2013 a 2016/2017, a produção do biocombustível aumenta 223 mil m³, já de 2016/2017 a 2019/2020 (período em que os dados já estão consolidados), a produção saltou 1,37 milhão de m³, seis vezes mais que no período anterior. Segundo projeções da CONAB (2020a), a expectativa de produção de etanol de milho em 2020/2021 pode ser quase 1 milhão de m³ a mais que na temporada anterior, chegando a 2,6 milhões de m³. A estimativa de maior produção é coerente com o aumento do número de usinas que entrou em operação no segundo semestre de 2019 e em 2020 (ver Figura 7).

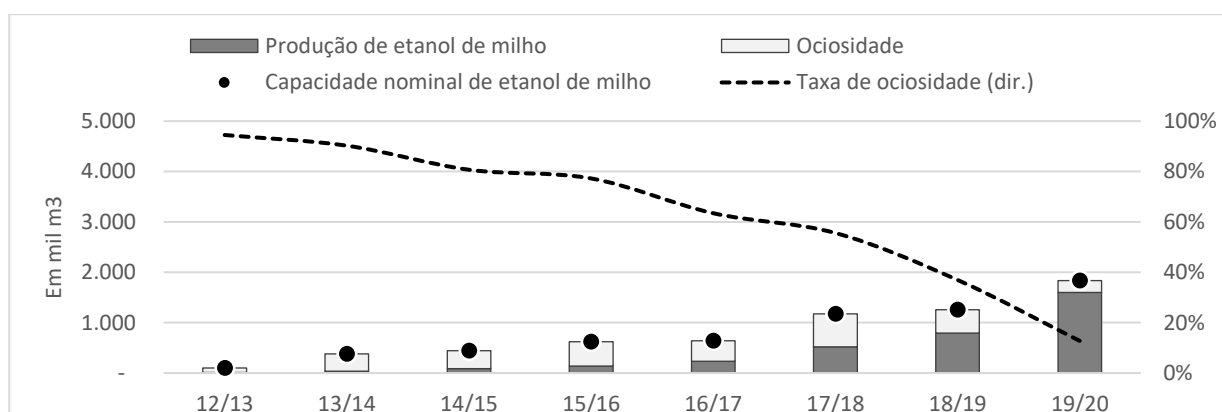


Figura 8. Capacidade produtiva, produção e taxa de ociosidade do setor de etanol de milho.

Fonte: UNEM (2020), para dados de capacidade, UNICA (2020a), para dados de produção, e dados da pesquisa. Nota: produção de etanol de milho em 2020/21 estimada pela CONAB (2020a).

No que se refere à taxa de utilização do setor, observa-se que, mesmo com o crescimento da capacidade nominal visto nos últimos anos, a taxa de ociosidade diminuiu no período. Isso se deve à expansão mais elevada da produtiva efetiva do etanol. De 2012/2013 a 2019/2020, a capacidade nominal do setor subiu 52% a.a. enquanto a produção de etanol de milho expandiu 98% a.a., praticamente o dobro do crescimento observado na capacidade nominal. Vale ressaltar que o alto percentual de aumento não se deve apenas à dinâmica de expansão, mas também a baixa base de comparação no início da década.

Com maior crescimento da produção em relação à capacidade nominal, a taxa de ociosidade do setor caiu em praticamente todo o período analisado, ficando em 12% na safra 2019/2020, ante a 75% observado em 2015/2016. A queda de ociosidade é coerente com o avanço da maturidade do negócio e com a validação dos modelos de negócio. A título de comparação, o indicador de ociosidade medido pela Empresa de Pesquisa Energética, com base na capacidade e nos volumes moídos de cana para as usinas no país, ficou em 14% na média de 2015 a 2019 (EPE, 2020). Isto é, a taxa de utilização observada nas usinas de etanol de milho nos últimos não é muito diferente da média vista

no setor canavieiro. Aqui, vale ressaltar a limitação desta comparação, visto que os dois setores estão em momentos diferentes em relação à maturidade das unidades produtivas.

A queda da taxa de ociosidade mesmo no período de crescimento robusto da capacidade instalada no setor sugere que, na média, as unidades produtivas de etanol de milho alcançam taxas elevadas de utilização já nos primeiros anos, especialmente nas usinas *full*, que concentraram os investimentos do setor nos últimos anos. Isso está associado aos próprios incentivos à produção de etanol de milho no período, à rapidez de acesso ao grão nas regiões produtivas e ao fato de todas as usinas atuais estarem em operação.

Ainda que as taxas de crescimento da produção e dos investimentos no setor sejam elevadas, quando colocado sob a perspectiva de indústrias relacionadas ou de experiências internacionais de etanol de milho, a relevância do setor no Brasil ainda é pouco expressiva. A Tabela 3 traz a comparação dos indicadores produtivos do setor de etanol de milho no país em relação ao panorama produtivo do setor canavieiros no Brasil, ao cenário de etanol de milho nos EUA e de outros setores, como o de milho e de consumo de ração animal.

Tabela 3. Consolidação das informações do setor de etanol de milho.

Indicador	Unidade	Indicador	Período
Produção estimada de etanol de milho (anidro e hidratado) ^{3/}	MM m ³ /ano	1,62	2019/20
Part. da produção de etanol de milho na produção total de etanol no Centro-Sul (anidro e hidratado) ^{3/}	%	4,87	2019/20
Part. etanol de milho no etanol total produzido em MT ^{5\}	%	51,82	2019/20
Part. etanol de milho no etanol total produzido em GO ^{5\}	%	5,33	2019/20
Número de usinas de etanol de milho em operação ^{1/ 2/}	un.	16	novembro/20
Part. das usinas de etanol de milho no total de usinas de etanol no Brasil ^{4/}	%	4,41	novembro/20
Part. da produção de etanol de milho no Brasil na produção nos EUA ^{7/}	%	2,72	2019
Part. da capacidade de produção de etanol de milho no Brasil na capacidade de produção de etanol de milho nos EUA ^{7/}	%	4,59	2019
Capacidade nominal de moagem de milho ^{1/ 2/}	MM ton/ano	7,15	2019/20
Moagem estimada de milho para etanol ^{1/ 2/}	MM ton/ano	3,96	2019/20
Part. do milho destinado ao etanol na demanda total por milho no Brasil ^{5/}	%	3,73	2018/19
Part. do milho destinado ao etanol na produção de milho no Brasil ^{5/}	%	3,96	2018/19
Part. do milho destinado ao etanol na produção do Centro-Oeste ^{5/}	%	7,50	2018/19
Capacidade de produção de grãos destilaria (WDG, DDG e DDGS) ^{1/ 2/}	MM ton/ano	2,04	2019/20
Produção estimada de grãos destilaria (WDG, DDG, DDGS) ^{1/ 2/}	MM ton/ano	1,13	2019/20
Part. dos grãos de destilaria na demanda total por ração animal no Brasil ^{7/}	%	1,92	2019

Fonte: 1\ Dados da pesquisa. 2\ UNEM (2020), 3\ UNICA (2020a), 4\ ANP (2020a), 5\ CONAB (2020a), 6\ USDA (2020) e 7\ SINDIRAÇÕES (2020).

A produção de etanol de milho no Brasil em 2019/2020 representou apenas 4,87% da produção nacional de etanol fabricado a partir de qualquer matéria-prima no Centro-Sul. No que refere ao número de unidades produtivas, o etanol de milho é responsável por menos de 5% das usinas de etanol autorizadas para operação em novembro de 2020 no país. Entretanto, quando se aproxima do cenário produtivo observado nos estados que concentram o investimento do setor, a participação é mais elevada. Em Mato Grosso, 52% do etanol produzido no estado foi feito a partir do milho na safra 2019/2020, ou seja, já se produz mais etanol de milho do de cana no estado. Em Goiás, 5% do etanol adveio do milho em 2019/2020, próximo do nível de participação nacional. Se for levado em consideração

as projeções de produção de etanol na temporada 2020/2021 (CONAB, 2020a), o percentual de etanol de milho sobre o etanol total em MT e GO seriam de 65% e 10%, respectivamente, reforçando o rápido crescimento da produção estadual e a relevância regional do etanol de milho.

Na comparação com a experiência no etanol de milho norte-americana, bem mais antiga e consolidada que a brasileira, a produção efetiva de etanol de milho no Brasil corresponde a menos de 3% da produção do biocombustível no EUA e menos de 5% na comparação entre as capacidades instaladas dos países.

Em relação ao cenário produtivo nacional de milho, a capacidade nominal de moagem do grão pelas unidades produtivas do setor também apresenta baixa participação. Nacionalmente, o etanol feito a partir desta matéria-prima representou apenas 4% da produção nacional em 2019/2020. Se considerado apenas a produção de milho no Centro-Oeste, principal região de fixação das usinas deste tipo, a participação do uso do grão para produção do biocombustível é de apenas 7,5% da oferta regional de milho. Vale destacar a diferente temporalidade entre a moagem do milho e sua produção. A produção de etanol de milho e, conseqüentemente, a moagem do grão na safra 2019/2020 (abril a maio) é realizada com milho produzido na safra 2018/2019.

Na comparação entre os volumes processados, em toneladas, pelas usinas de milho e de cana, a quantidade de milho moído é apenas 0,67% do volume de cana processado pelas usinas deste setor no Centro-Sul. Além de ser um setor recente, o baixo percentual se deve ao fato de o milho ter maior rendimento em etanol que a cana.

Analisando um dos outros produtos das usinas de etanol de milho e relacionando com seu mercado alvo, a produção estimada de grãos de destilaria do setor representou apenas 1,92% da demanda total por ração em 2019, também pouco expressivo em relação ao mercado potencial total.

4.2. Processo produtivo e heterogeneidade do modelo de produção

Após o histórico e desempenho do setor como um todo, o trabalho se propõe a analisar as características das unidades produtivas, detalhando elementos como tipo e tamanho, sobretudo no que se refere às diferentes características técnicas e de desempenho entre as usinas *full* e *flex*. Para isso, faz-se necessário o entendimento do processo produtivo e das diferentes configurações de produção observadas nas usinas de etanol de milho no país.

No país, a única rota de moagem de milho para transformação em etanol é feita por via seca (*dry milling process*) (DONKE et al., 2017). A título de comparando, mais de 90% da capacidade de produção de etanol de milho nos EUA em 2019 foi com a mesma rota (RFA, 2020a). Mosier e Ileleji (2020) coloca que, para o caso norte-americano, o processo via úmida é mais custoso em termos de investimento inicial e de custos operacionais, contudo, gera produtos de maior valor agregado como a torta e o farelo de milho e os derivados de amido e açúcar. Já o processo via seca tem maior rendimento de milho em etanol e menor investimento na planta em relação à via úmida.

Neste processo, o milho é recebido, armazenado e limpo para ser descarregado na moega para ser distribuído aos moedores de grãos. O milho triturado é cozido e hidratado a elevadas temperaturas e junta-se a enzimas específicas (alfa-amilase e gluco-amilase) para realizar o processo de liquefação, hidrólise enzimática e de sacarificação, em que o amido é transformado em glicose. Em alguns casos, também é acrescido ácido sulfúrico ou soda cáustica para ajuste da acidez. Após isso, o mosto pode ser ou não separado entre a parte sólida e a parte líquida. A parte líquida é adicionada a leveduras e enviada para as dornas de fermentação. O álcool presente no mosto fermentado é recuperado nas colunas de destilação, para produção de etanol hidratado e levado às estruturas de desidratação para o etanol anidro (DONKE et al., 2017; MARQUES e CUNHA, 2008).

A vinhaça restante do processo de destilação junta-se à parte sólida retirada anteriormente. Esse volume é centrifugado para separação de componentes sólidos solúveis e da vinhaça centrifugada. Os sólidos solúveis já resultam em um dos coprodutos da usina, o WDG (*wet distiller grains* – grãos úmidos de destilaria), usado para ração animal e contém alto nível de umidade (entre 60% e 65%). A vinhaça centrifugada pode ser enviada para sistema de concentração e vira sólidos concentrados. Esse volume pode ser adicionado ao WDG, se tornando WDGS (*wet distiller grain with solubles* - grãos úmidos de destilaria com solúveis). Para diminuir umidade do coproduto, as usinas enviam parte deste volume para secadores para produção do DDG (*dry distiller grain* – grãos secos de destilaria) ou DDGS (*dry distiller grain with solubles* – grãos secos de destilaria com solúveis), coprodutos com umidade entre 30% e 35%. Além destes coprodutos, a vinhaça centrifugada ainda apresenta um baixo teor de óleo, que passa por equipamentos chamados tricanters, que faz a segregação entre óleo e a água resultante do processo (DONKE et al., 2017; MARQUES e CUNHA, 2008). O processo técnico de produção dos coprodutos pode variar de acordo com os níveis de fibra e de proteína desejados pela unidade produtiva, bem como a tecnologia adotada no processo como um todo.

No processo industrial do milho em etanol colocado acima, três características são pertinentes para organização das operações industriais e para os investimentos necessários. A primeira característica é a necessidade de hidrólise e sacarificação do amido presente no grão para transformação em açúcares (DONKE et al., 2017). O processo necessário exige volumes elevados de enzimas, água e vapor, além de outros químicos, fermentos e lubrificantes em outras etapas do processo produtivo, para a realização da transformação industrial e tem impacto direto sobre os custos de produção. Silva et al. (2020) mostra que os gastos de insumos industriais (enzimas, químicos, combustíveis e lubrificantes, vapor e eletricidade) das usinas *flex* na safra 2018/2019 representou 12% dos custos totais da produção de etanol hidratado a partir do milho. A segunda característica está na possibilidade de geração de coprodutos a partir do processo de produção de etanol, o que exige investimentos em estruturas produtivas específicos para aproveitamento do potencial técnico e comercial da moagem do milho. A terceira característica está no déficit energético do processo produtivo a partir do grão e, conseqüentemente, na necessidade de outra biomassa para geração de vapor e energia elétrica principalmente para as etapas de cozimento, destilação, concentração e secagem da vinhaça para geração do DDG e DDGS. Isso implica em estratégias de originação e escolha da biomassa e em investimentos nas estruturas de cogeração para o processo industrial.

Uma vez observado o processo produtivo e as configurações industriais, pode-se caracterizar a evolução e a heterogeneidade dos modelos de produção das usinas de etanol de milho no país. A Figura 9 ilustra o cenário de investimentos do setor nos últimos anos, separado por tipo de usinas.

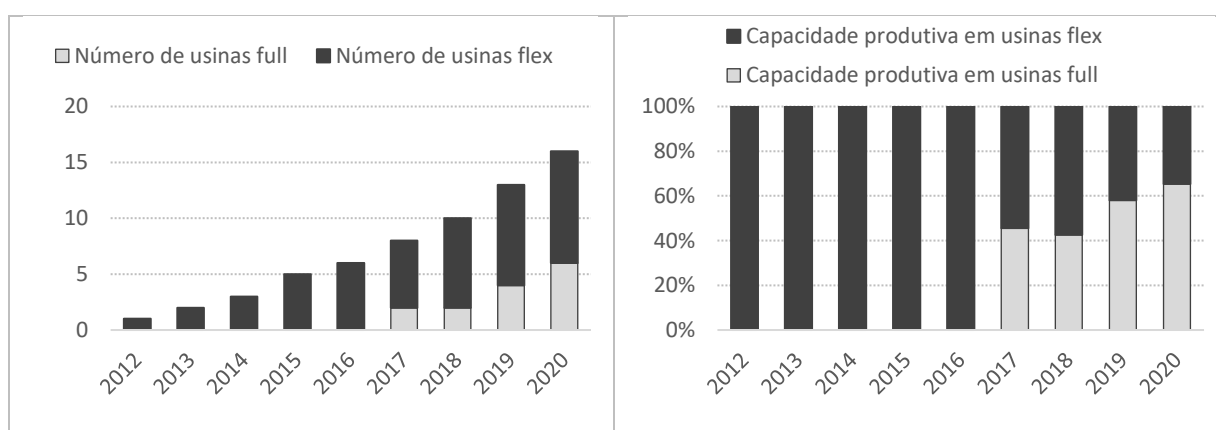


Figura 9. Número de usinas e percentual da capacidade produtiva das usinas nos modelos de produção *full* e *flex*.

Fonte: UNEM (2020) e dados da pesquisa. Dados até outubro/2020.

Com a presença de um setor sucroalcooleiro forte e competitivo no país, a possibilidade de processamento a partir do grão passou a ter trajetórias produtivas novas e diferentes das observadas em outros países. Diferentemente das experiências norte-americanas, o etanol de milho no Brasil se iniciou com a produção integrada na usina de cana-de-açúcar. Até 2016, todas as usinas em operação eram *flex*. Com a entrada das unidades da FS Bioenergia e da Inpasa, o modelo exclusivo para o processamento do grão passou a representar parte relevante da capacidade produtiva do setor. Em 2017, quase a metade (46%) da capacidade estavam concentradas nas usinas *full*. Em 2020, esse percentual passou para 65% da capacidade nominal do setor de etanol. Em termos de número de usinas, seis das dezesseis usinas em operação até novembro/2020 eram dedicadas exclusivamente ao processamento do cereal e dez podem ser consideradas *flex*.

Ao analisar as estruturas produtivas de cada usina em operação no setor, pode ser observar certa heterogeneidade de tamanho entre os dois modelos de produção e dentro de cada modelo. A Figura 10 traz a capacidade nominal de produção de etanol de milho em cada usina separado pelas usinas *full* e usinas *flex*.

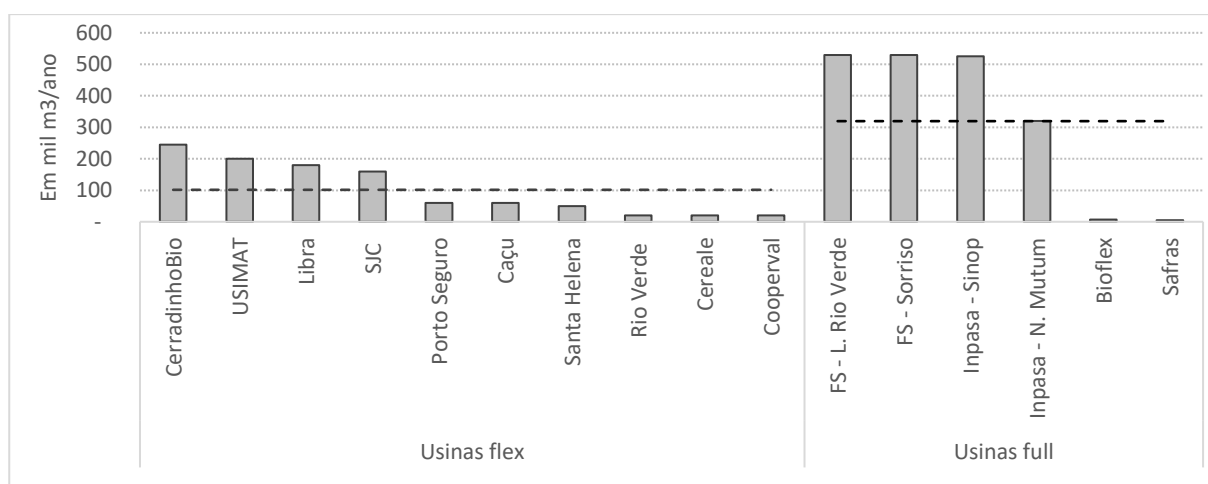


Figura 10. Capacidade de produção de etanol de milho (anidro e hidratado) por usina e por modelo de produção.

Fonte: UNEM (2020) e dados da pesquisa. Nota: considerou-se apenas usinas em operação em outubro/2020.

No caso das *flex*, a média de capacidade produtiva é próximo a 100 mil m³ de etanol por ano, enquanto a capacidade média das usinas *full* ultrapassam 300 mil m³ por ano. Dentro das usinas *flex*, a diferença de capacidade entre o grupo das 5 primeiras e das 5 últimas se deve ao fato de as primeiras terem investido para processar o milho durante todo o ano e as 5 últimas apenas na entressafra.

No caso das usinas *full*, a diferença entre o grupo das maiores (FS Bioenergia e INPASA) e das menores é ainda maior. Uma das explicações para tamanha diferença deve-se ao perfil de cada grupo. Enquanto as usinas Bioflex e Safras são iniciativas de grupo de produtores de grãos em Mato Grosso, FS Bioenergia e INPASA fazem parte de empresas de investimentos diversificados no estado ou que já tinham know-how na produção de etanol de milho em outros países. O fato de já estarem mais a frente na trajetória tecnológica e comercial do novo modelo de produção permitiu projetos mais arrojados de modo geral. Se retirado as usinas *full* de menor porte (Bioflex e Safras), a média das usinas restantes alcançaria 475 mil m³ por ano, quase cinco vezes maior que a média das usinas *flex*.

Com base nos processos produtivos e na configuração industrial dos diferentes modelos produtivos apresentados anteriormente, a diferença de tamanho entre as usinas *full* e *flex* pode ser explicado pelos próprios limites de crescimento impostos pelas usinas de cana às usinas integradas. Para as usinas que operam apenas na entressafra, o limite temporal na utilização dos equipamentos sinérgicos restringe o potencial de expansão em tais usinas. Para as usinas que operam durante todo o ano, os limites de produção estão relacionados às restrições de excesso de biomassa compartilhada nas estruturas de cogeração. Além destes fatores, a exposição ao risco de cada firma e a condição financeira dos grupos podem também direcionar os novos investimentos.

O modelo de produção adotado pelas unidades produtivas e os desdobramentos em termos de organização dos processos produtivos e de decisões estratégicas, como a determinação do tamanho da usina, são bastante diferentes entre as usinas em operação do setor. Além de reforçar a heterogeneidade característica do setor, isso impacta em como as usinas definem e lidam com os desafios de integração na cadeia produtiva em que se inserem. O próximo capítulo aborda a análise da cadeia produtiva do setor, levantando os potenciais condicionantes dos investimentos mostrados anteriormente.

5. CADEIA PRODUTIVA E CONDICIONANTES DO SURGIMENTO E EXPANSÃO DO SETOR DE ETANOL DE MILHO NO BRASIL

5.1. Descrição da cadeia produtiva de etanol de milho

O desempenho competitivo de determinado setor e as definições das estratégias competitivas das firmas estão relacionadas a como se dão as relações produtivas e de organização dentro e fora das cadeias produtivas em que tais *players* se inserem. Farina (1999) e Zylbersztajn (1995 e 2005) ressaltam que, além da análise da eficiência dos sistemas produtivos, a análise da cadeia produtiva permite entender o entrelaçamento entre os elos produtivos e como estes impactam e são impactados pelas decisões das firmas e pela relação de incentivos existentes entre os setores produtivos.

A Figura 11 busca ilustrar o Sistema Agroindustrial (SAI) observado no setor de processamento de milho para etanol. O diagrama tem ponto central o elo de industrialização do grão, ou seja, a ótica de análise da cadeia produtiva parte das unidades produtivas de processamento de milho especificamente para o etanol e os coprodutos. A partir destes, foram identificados os setores produtivos a montante e a jusante no sistema de produção. Além disso, também foram levantados os fatores pertinentes aos ambientes organizacional e de apoio à atividade produtiva central.

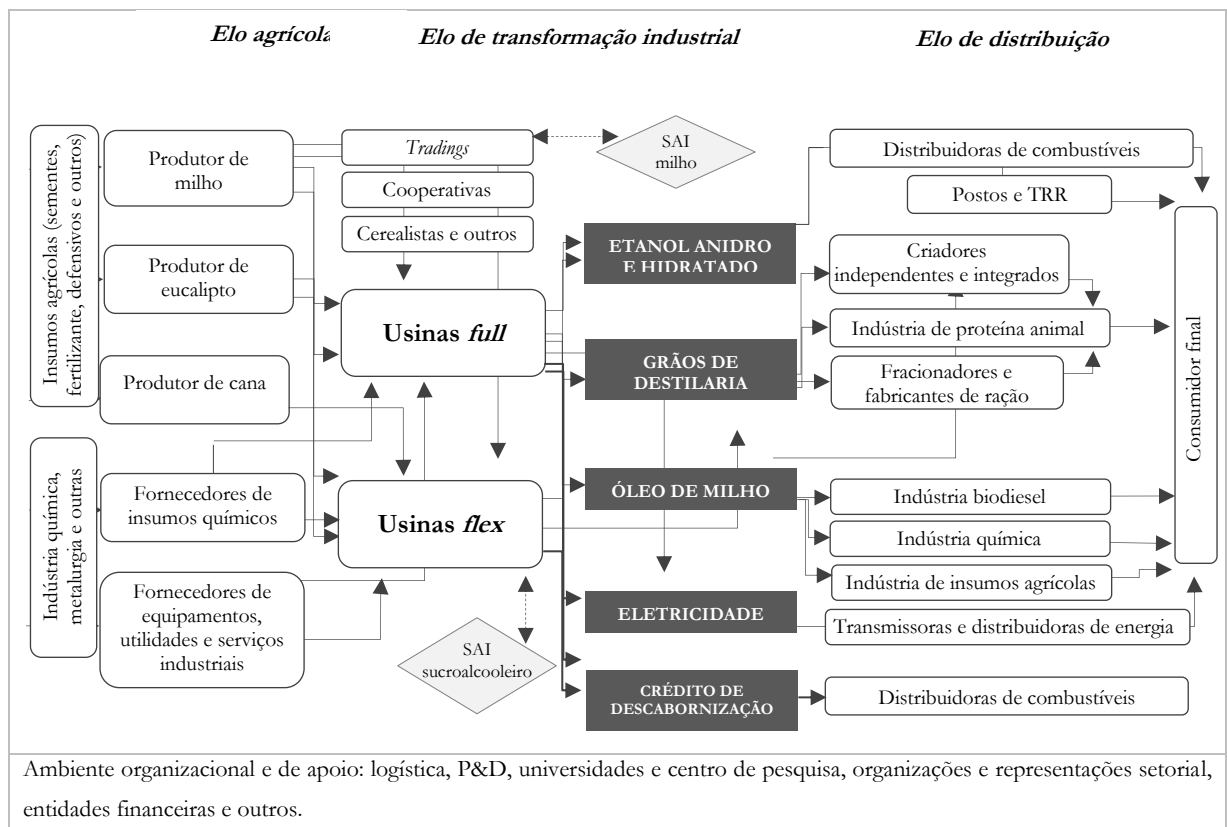


Figura 11. Sistema Agroindustrial de etanol de milho no Brasil.

Fonte: elaborado pelo autor, com base nos dados da pesquisa.

Algumas características são relevantes na descrição do sistema produtivo de etanol de milho: i) a integração em várias cadeias relevantes e pré-existentes a partir do processamento do grão para produção de etanol, especialmente

o SAI de milho, de biocombustíveis e de proteína animal; ii) a necessidade de diferenciação entre o encaixe das usinas *full* e *flex* na cadeia produtiva; e iii) a existência de sistemas de apoio às atividades produtivas, ainda que o desenvolvimento do setor seja recente.

Dentre os fatores apontados acima, o principal é a integração com cadeias de insumos e demanda pelos produtos gerados. A presença de diferentes insumos, de modelos de produção na industrialização e, principalmente, do alto número de produtos relevantes no mesmo processo produtivo permitiu que a cadeia de etanol de milho fizesse parte dos sistemas produtivos de milho, sucroalcooleiro, distribuição de biocombustíveis, proteína animal e de outras cadeias de menor relevância. O alto nível de interrelação eleva a complexidade do entendimento das cadeias produtivas e o número de variáveis a serem analisadas para as firmas.

A montante, a principal cadeia integrada é a de produção de milho. A originação do grão passa, em menor ou maior intensidade, pelas mesmas estruturas de intermediação observadas no sistema produtivo do milho. O acesso a milho por parte dos consumidores pode ocorrer de forma direta com o produtor ou indireto, por meio de contratos de fornecimento com traders, cerealistas cooperativas, armazenadores e, mais recentemente, outros tipos de compradores como as revendas agrícolas. Vale ressaltar que, do ponto de vista do SAI de milho, o uso para etanol passou a ser um destino possível para o grão, competindo com setores também relevantes como de ração animal, de moagem para uso industrial, alimentício e outros e da cadeia de exportação. Essa possibilidade permite desdobramentos no que se refere à competição por originação do grão com o setor de rações e de produção de proteína animal, ainda que parte dos coprodutos do processamento do grão para etanol seja substitutos para estes setores.

A disponibilidade e o acesso à biomassa para alimentação das estruturas de cogeração e produção de vapor e eletricidade também configura um elemento importante no *upstream* da cadeia produtiva, inclusive tendo desdobramentos diferentes sobre cada tipo de usina. Sob a ótica da cadeia produtiva, as diferenças se dão tanto na relação com os insumos necessários à produção quanto no *mix* de produção gerada na usina e, conseqüentemente, na integração a jusante. As usinas *flex*, por exemplo, apresenta menor dependência em relação à outras fontes de biomassa, visto a disponibilidade de bagaço de cana-de-açúcar excedente da unidade produtiva anterior. A necessidade de aquisição de outra biomassa, em geral o cavaco de eucalipto, nas usinas *full* possibilita que tais usinas possam gerar eletricidade excedente.

Além dos insumos agrícolas, insumos químicos, como enzimas necessárias para o processo de hidrólise e sacarificação, fermento, ureia, combustíveis e lubrificantes e outros químicos, e insumos industriais também compõe a cadeia a montante e puxam os setores necessários a produção destes insumos.

Na cadeia a jusante, o número de produtos feitos nas usinas de milho amplia os pontos de interação com as respectivas cadeias de distribuição e acesso ao consumidor final. No caso do etanol anidro ou hidratado a partir do milho, a comercialização é realizada pelas estruturas já observadas no complexo de distribuição e logística habituais deste biocombustível, visto que ao sair da usina, as condições e as especificidades do produto são as mesmas que a originada com o processamento da cana (DONKE et al., 2017).

No caso dos grãos de destilaria (WDG, WDGS, DDG e DDGS), há a relação direta com a ampla cadeia de produção de proteína animal, por meio do fornecimento de insumos necessários à produção de ração para bovinos, suínos, aves e outros animais. A interação com este sistema produtivo pode ocorrer por meio da venda direta do coproduto aos criadores de animal, aos fabricantes de ração animal e às industriais de proteína animal que disponibilizam o componente aos criadores integrados, importante arranjo produtivo presente na cadeia produtiva de aves e suínos (KRABBE et al., 2013). O óleo de milho também tem o uso destinado à composição da ração usada no setor de proteína animal, no entanto, há alta diversidade na utilização deste coproduto. Dentro dos destinos possíveis

para o uso do óleo estão as indústrias de biodiesel, alimentícia e química, inclusive na fabricação de adjuvantes para uso na agricultura.

A outra característica reside na construção do ambiente organizacional e de apoio às atividades de processamento do etanol. A presença de instituições de representação setorial, como a União Nacional do Etanol de Milho (UNEM) – iniciada em 2017, iniciativas privadas de crédito, de logística e de universidade e centros de pesquisa para apoio tecnológico, também compõe o sistema produtivo de etanol de milho no país.

A partir da identificação das cadeias produtivas relevantes para o entendimento da dinâmica do setor de etanol de milho no Brasil, é possível levantar os fatores para a análise do modelo analítico proposto no capítulo metodológico. As próximas seções deste capítulo se encarregam de analisar detalhadamente as condições destes fatores de modo a indicar os elementos para explicar o surgimento e expansão do setor no país.

5.2. Condição dos fatores de produção

5.2.1. Condições da oferta de milho

As características da oferta e demanda de milho no Brasil passou por mudanças significativas nas últimas duas décadas, especialmente no que diz respeito ao encaixe da cultura no sistema produtivo agrícola, ao avanço sobre regiões até então pouco exploradas para o cultivo do grão, ao aumento da relevância do mercado internacional enquanto consumidores e impacto deste sobre a forma precificação e estratégias de originação do mesmo.

Sob a ótica do setor de etanol de milho, cabe ressaltar, do ponto de vista da oferta de milho, dois movimentos que estão estritamente relacionados: a migração da relevância de oferta do milho para o Centro-Oeste e a elevação da disponibilidade do grão a partir da colheita da 2ª safra (milho inverno).

A viabilidade técnica e financeira do cultivo de milho enquanto 2ª safra diminuiu a concorrência por área entre soja e milho e permitiu que regiões consolidadas na produção oleaginosa também cultivasse o milho. Do ponto de vista agrônomo, o sistema integrado de produção limitou a necessidade de fertilização no solo por ser cultivado no plantio direto, além ser uma alternativa para cobertura e construção de solo (KAPPES et al., 2009 e SEBEN et al., 2014). Do ponto de vista econômico e financeiro, a introdução do milho permite otimização no uso de ativos importantes como a terra e boa parte do maquinário usado, fluxo de caixa equilibrado ao longo do ano, elevação de rentabilidade ao produtor, diversificação de receita e diluição de riscos (OSAKI e BATALHA, 2014). Em última instância, a possibilidade de plantio de milho na 2ª safra representa oportunidade de diminuição dos custos fixos da operação agrícola. CONAB (2018) mostra que, de 2007 a 2017, propriedades típicas de produção de milho em regiões como Primavera do Leste (MT) e Rio Verde (GO) apresentaram margem bruta (rentabilidade sobre custos variáveis) positiva em 7 e 9, respectivamente, das 11 temporadas analisadas.

Aquí vale ressaltar a atuação dos *players* que negociam diretamente com os produtores de grãos e as oportunidades e facilidades geradas pela integração das duas culturas na cadeia produtiva como um todo. As revendas e os fornecedores que vendia insumos para soja integraram ao portfólio insumos específicos para a cultivo do milho; os operadores logísticos e os originadores também puderam diversificar a gama de produtos negociados com produtor. Isso conferiu, para estes setores, ganhos semelhantes aos observados dentro das propriedades, como expansão da receita, menor variabilidade nos fluxos de recebimento, otimização dos ativos nos dois semestres do ano, dentre outros (DE MIRANDA et al., 2014) e reforçou a facilidade operacional do negócio do produtor.

Neste cenário, o país aumentou a relevância da oferta de milho na 2ª safra em detrimento da 1ª safra e concentrou a produção de milho nas regiões onde havia disponibilidade de áreas de soja com potencial produtivo. A Figura 12 **Erro! Fonte de referência não encontrada.** ilustram este movimento ao longo das duas últimas décadas. A participação da área de milho na 2ª safra no total nacional saiu de aproximadamente 20% em 2000/2001 para 76% em 2019/2020. Nesse período, a superfície cultivada no inverno cresceu expressivos 9,1% a.a., ante a queda de 4,5% a.a. na área plantada na 1ª safra. Além dos argumentos favoráveis à integração do milho como segunda safra apresentados acima, a competição entre soja e milho para escolha de plantio na 1ª safra ficou se acirrou em favorcimento da oleaginosa no período (CONAB, 2018). No mesmo período, a área plantada com milho na 2ª safra, que correspondia a 17,5% da área de soja no país em 2000/2001, avançou sobre 37,2% da área plantada com soja em 2019/2020. O avanço da participação de área de milho na 2ª safra evidencia que o crescimento da superfície de milho foi mais acelerado que o da soja no período analisado. De Miranda et al. (2014) e Milanez et al. (2014) sugerem que o aumento da área plantada, e consequentemente da produção de milho no país, passaria, inicialmente, pela incorporação de áreas de 2ª safra que ainda não praticam o cultivo do milho, além de áreas de cerrado e pastagem degradadas.

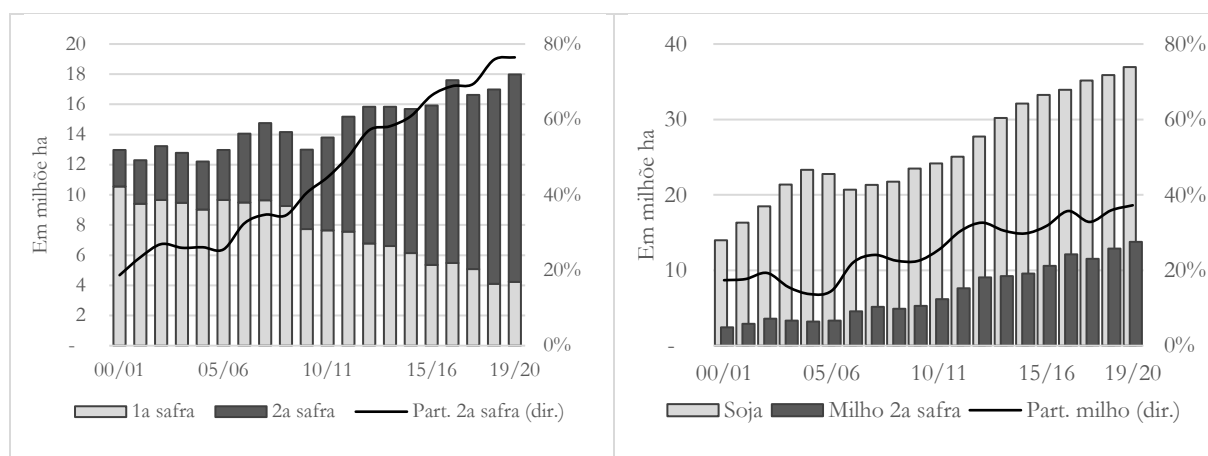


Figura 12. Participação da área plantada de milho na 2ª safra e proporção da área de milho sobre a área de soja no Brasil.

Fonte: CONAB (2020).

A migração regional da produção do grão pode ser observada na Figura 13. A figura detalha a produção municipal de milho no país, considerando as 1ª e 2ª safras levadas em consideração pelo IBGE (2020a). No início do século, as manchas de produção se concentravam nas regiões Sul e Sudeste do país, com destaque para porção Oeste dos estados da região Sul. Algumas regiões, como Sudoeste (GO) e Médio-Norte (MT), já apareciam com alguma produção, mas baixa relevância no contexto nacional. A partir de 2010, as manchas iniciam o processo de expansão para o Centro-Oeste, se tornando mais visíveis em regiões como Centro e Norte de Mato Grosso do Sul, Sul e Centro de Goiás e várias porções de Mato Grosso. Finalmente, em 2019, a produção de milho se concentra mais fortemente nos estados do Centro-Oeste, especialmente em Mato Grosso e Goiás, consolidando a região como a principal produtora do grão no país. Ressalta-se, no entanto, que a região Sul continua sendo relevante na produção do grão, sobretudo na porção Norte e Oeste de Paraná. Outras regiões com menor intensidade também merecem destaque como o MATOPIBA, parte de Minas Gerais e de São Paulo.

Como observado nos mapas acima, os movimentos de expansão da área e disponibilidade de milho é ainda mais relevante no Centro-Oeste. Para a caracterização do setor de etanol de milho no país, o panorama produtivo em Mato Grosso e Goiás está detalhado na Tabela 4. A escolha destes estados se deve à concentração regional observada

nos investimentos do setor e do recorte temporal por ser o período em que acontece o crescimento produtivo de milho nos estados e regiões. Como avanço da 2ª safra do grão, a área plantada no Centro-Oeste passou a representar metade de superfície nacional em 2019/2020 ante a somente 16% em 2000/2001 e 29% em 2009/2010. Em termos absolutos, o crescimento de área foi de 6,3 milhões de hectares de 2000/2001 a 2019/2020. Nota-se que a participação da área cultivada com milho 2ª safra na região sai de 41% em 2000/2001 para 96% na safra 2019/2020, reforçando a concentração e o crescimento da 2ª safra na oferta de milho na região. Nesse período, o crescimento da produção do grão foi ainda mais expressivo na região, com o montante produzido aumentando praticamente 7 vezes no período (8,23 milhões de toneladas em 2000/2001 para 56,84 milhões de toneladas em 2019/2020) e passando a representar 55% da produção nacional de milho em 2019/2020. A maior participação Centro-Oeste na produção nacional do que área nacional se deve às produtividades observadas na região acima da média nacional.

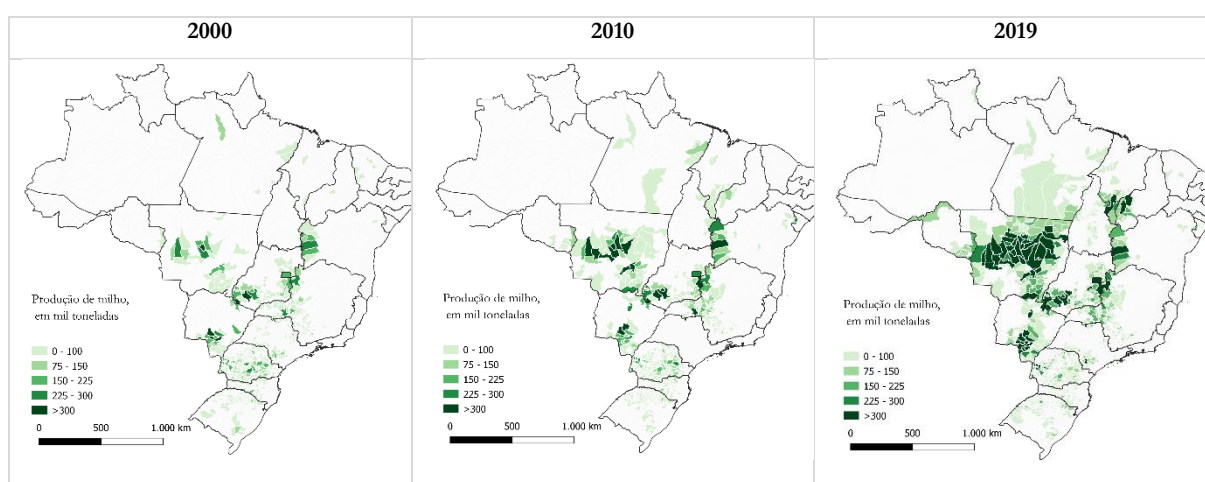


Figura 13. Evolução da produção brasileira de milho por município nas duas últimas décadas.

Fonte: IBGE (2020a).

Dentro dos estados analisados, o cenário produtivo não difere, especialmente em Mato Grosso. A área plantada com milho no estado sai de 0,54 milhão de hectares em 2000/2001 para 5,46 milhões de hectares em 2019/2020, e a produção passa de 1,84 milhões de toneladas para 34,95 milhões de toneladas nos mesmos anos. A expressividade do aumento de área e produção com milho no estado pode ser vistas nas taxas anuais de crescimento (12,9% a.a. e 16,7% a.a., respectivamente), com destaque o aumento para a 2ª safra, responsável por praticamente toda a oferta do estado. Nesse período a oferta de milho no estado saiu de 4% em 2000/2001 para 34% em 2019/2020. No caso de Goiás, a direção do crescimento é igual, contudo, a expressividade é menor. A produção de milho no estado cresceu 6,1% a.a. no período analisado, sendo responsável por 12,62 milhões de toneladas ou 12% da oferta nacional de milho em 2019/2020. Vale notar que, ainda a produção se concentre na 2ª safra (de 14% em 2000/2001 para 82% em 2019/2020), há algum volume produzido na 1ª safra (18% em 2019/2020 – 2,2 milhões de toneladas) e que o rendimento médio do estado é maior que produtividade nacional e apresenta níveis mais elevados que Mato Grosso e que a região analisada.

Em relação às fontes de crescimento da oferta de milho, é possível apontar que o principal fator é, de longe, a área plantada na 2ª safra. No período analisado, a área na região Centro-Oeste cresceu 8,3% ao ano, enquanto a produtividade apenas 2,2% a.a. O cenário de maior relevância da área plantada no crescimento produtivo se repete em Mato Grosso e em Goiás, com a superfície plantada crescendo anualmente 12,9% e 4,0%, respectivamente, ante a crescimento de 3,4% 2,0% na produtividade destes estados. O crescimento expressivo da área plantada também pode

ser visto pela proporção da área plantada com milho 2ª safra sobre a área plantada com soja. Em 2000/2001, essa proporção era 14% e passou para 55% em 2019/2020, o que ilustra a elevada disponibilidade de área passível de ser convertida em área produtiva para milho nas últimas duas décadas. Milanez et al. (2014) e De Miranda et al. (2014) sugerem que ainda há potencial para crescimento da área e, conseqüentemente, da oferta de milho nessas regiões, visto a presença de espaço significativo para incorporação do milho como 2ª safra e ao próprio crescimento das novas áreas plantadas com soja, as quais podem vir a ter o milho como um cultivo tecnicamente e economicamente viável na 2ª safra.

Tabela 4. Panorama produtivo de milho no Centro-Oeste, Mato Grosso e Goiás.

	00/01	04/05	09/10	14/15	19/20	CAGR
Centro-Oeste						
Área plantada (MM ha)	2,03	2,26	3,72	6,48	9,28	8,3%
% sobre a área nacional	16%	19%	29%	41%	50%	
% da 2ª safra dentro da região	41%	70%	85%	94%	96%	
% área de 2ª safra de milho sobre área de soja	14%	15%	32%	44%	55%	
Produtividade (t/ha)	4,06	3,45	4,54	6,11	6,12	2,2%
% em relação à produtividade nacional	25%	20%	5%	13%	11%	
Produção (MM t)	8,23	7,82	16,91	39,58	56,84	10,7%
% sobre a produção nacional	19%	22%	30%	47%	55%	
% da 2ª safra dentro da região	30%	58%	79%	94%	95%	
Mato Grosso						
Área plantada (MM ha)	0,54	1,06	1,99	3,42	5,46	12,9%
% sobre a área nacional	4%	9%	15%	22%	29%	
% da 2ª safra dentro do estado	59%	87%	96%	98%	99%	
% área de 2ª safra de milho sobre a área de soja	17%	17%	34%	40%	56%	
Produtividade (t/ha)	3,40	3,20	4,08	6,08	6,41	3,4%
% em relação à produtividade nacional	4%	11%	-5%	13%	16%	
Produção (MM t)	1,84	3,38	8,12	20,76	34,95	16,7%
% sobre a produção nacional	4%	10%	14%	25%	34%	
% da 2ª safra dentro do estado	52%	86%	95%	98%	99%	
Goiás						
Área plantada (MM ha)	0,91	0,61	0,81	1,36	1,91	4,0%
% sobre a área nacional	7%	5%	6%	9%	10%	
% da 2ª safra dentro da região	18%	30%	54%	82%	85%	
% área de 2ª safra de milho sobre a área de soja	59%	23%	35%	44%	55%	
Produtividade (t/ha)	4,50	4,65	5,90	6,60	6,60	2,0%
% em relação à produtividade nacional	38%	62%	37%	22%	19%	
Produção (MM t)	4,08	2,81	4,80	8,99	12,62	6,1%
% sobre a produção nacional	10%	8%	9%	11%	12%	
% da 2ª safra dentro da região	14%	23%	45%	81%	82%	

Fonte: CONAB (2020b). Nota: CAGR (*Compound Annual Growth Rate*) é a taxa anual de crescimento de 2000/2001 a 2019/2020. MM: milhões.

Uma vez entendido o cenário recente de disponibilidade do grão, o próximo passo é entender as condições da estrutura de formação de preços. O crescimento da oferta de 2ª safra e o consequente excesso de oferta de milho no país fez com que o mercado buscasse novos destinos para o grão, com maior relevância das exportações no O&D nacional e de várias regiões. A Figura 14 ilustra o crescimento das exportações e aumento da participação deste sobre a oferta de milho. Especialmente a partir de 2007/2008, as exportações de milho nacionais e dos estados do Centro-Oeste iniciam uma trajetória robusta de crescimento em termos absolutos e relativos, se mantendo na direção positiva até 2019/2020. Note que o crescimento das exportações nacionais e do Centro-Oeste acompanham o movimento de expansão da produção de milho 2ª safra apontada na Tabela 4. Em Mato Grosso, a participação das exportações do

grão tem se consolidado em torno de 80% da produção do estado, o que indica a alta disponibilidade em relação a demanda interna.

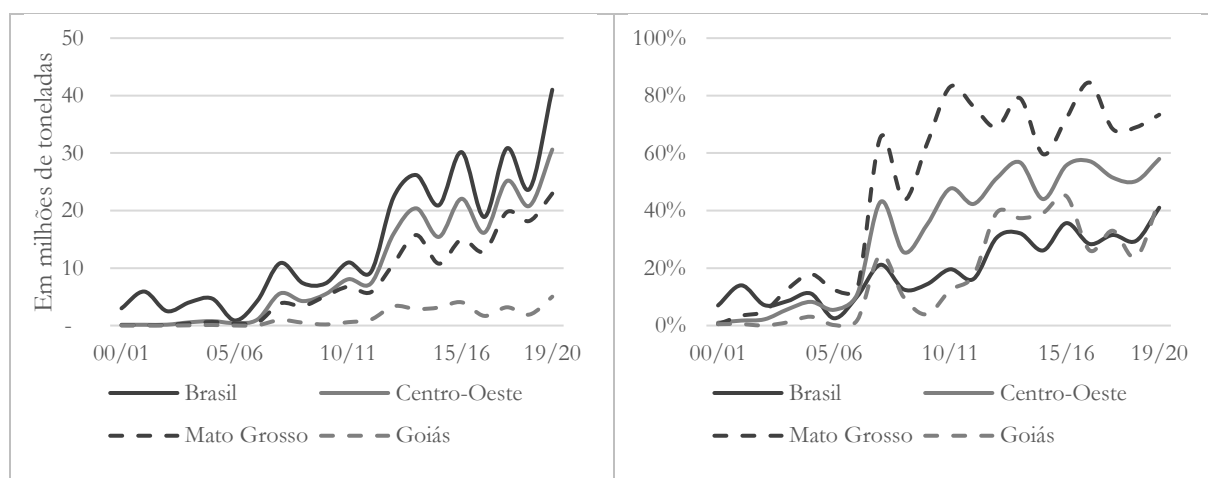


Figura 14. Exportação de milho, em milhões de toneladas, e participação das exportações na produção de milho em regiões selecionadas.

Fonte: MDIC (2020). Nota: foi considerado o período de março a fevereiro para exportações de cada ano safra.

O crescimento da relevância das exportações de milho implicou no estabelecimento e fortalecimento da estrutura de precificação do grão baseada na paridade de exportação, em que o grão é precificado de acordo com indicadores internacionais (cotações do produto nas bolsas de relevância e prêmios portuários), trazidos a moeda nacional e ajustados pelos custos de transferência da região produtora até os portos de escoamento. O ponto relevante para o setor de etanol de milho está em como essa estrutura implica em diferentes níveis de preços nas regiões produtoras e como isso condicionou os investimentos para o setor.

A formação de preços de milho baseado na paridade de exportação implica em preços mais baixos para regiões produtoras mais distantes dos portos e/ou para regiões com infraestrutura de escoamento mais custosas, o que enfraquece o diferencial de base entre a região produtora e os portos de referência e limita o nível de preços observados em tais regiões. Portanto, a estrutura de formação preços do grão e os custos logísticos elevados em regiões mais distantes dos portos, como Mato Grosso e Goiás, fazem com que os preços dos grãos sejam estruturalmente menores nessas regiões do que em outras regiões de melhor logística como estados do Sul e Sudeste.

A Figura 15 ilustra o comportamento dos preços de milho em diferentes regiões produtoras de janeiro de 2010 a julho de 2020. O período abarca desde alguns anos antes do primeiro investimento em etanol de milho no país até o último ano. A referência escolhida para Mato Grosso foi Sorriso e para Goiás, Rio Verde, por serem importantes praças de negociação do grão e por terem usinas nas cidades ou próximas destas. A comparação entre os preços de milho nas duas cidades regiões e no porto de Paranaguá mostra a estrutura de preços colocada acima. No período analisado, os preços de milho em Sorriso foram, em média, 45% (ou R\$ 18/sc) menores que a referência portuária. Em Rio Verde, a diferença ainda é relevante, mas cai para 25% (ou R\$ 10/sc) em relação à Paranaguá. No caso da cidade goiana, observa-se também em alguns períodos, como no segundo semestre de 2016 e no fim de 2019/início de 2020, os preços na região estiveram muito próximos da paridade de exportação no porto

A ineficiência logística nessas regiões indica para maior atratividade das usinas de etanol de milho nas regiões em que estão predominantemente estabelecidas – Mato Grosso e Goiás, ao diminuir os preços do grão pagos aos produtores.

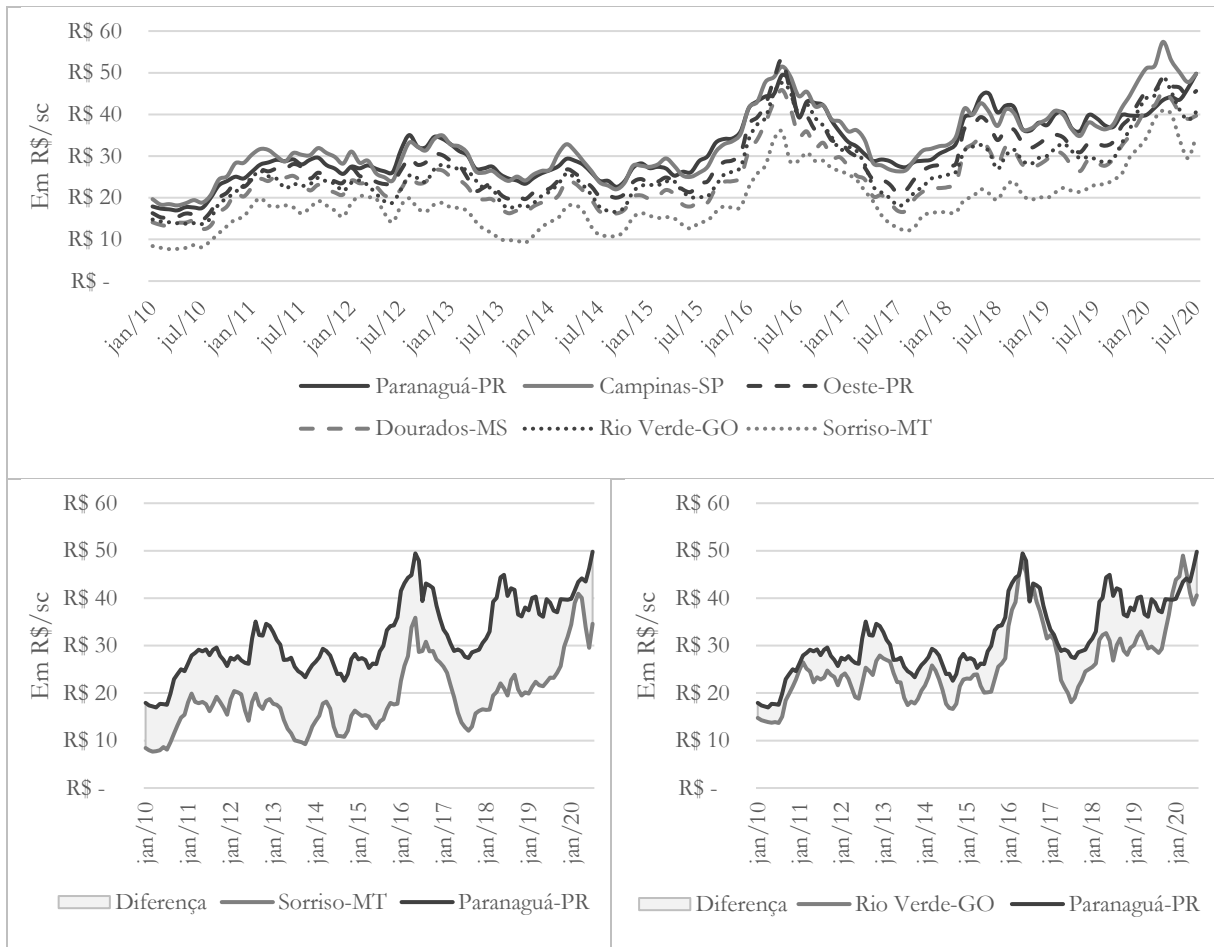


Figura 15. Preços mensais correntes de milho em regiões selecionadas, em R\$/saca de 60 kg.

Fonte: CEPEA (2020a).

Além do comportamento comparativo entre as praças, ressalta-se a elevação recentes dos preços de milho nacionalmente e nas regiões de interesse, sobretudo na segunda metade de 2016 e nos últimos 3 anos. A elevação de preços nestes períodos esteve associada a diferentes fatores, em especial às quebras produtivas observadas em 2016 e 2018, à elevação consistente do câmbio após meados de 2016 e à diminuição dos estoques de milho frente à elevação das exportações. Vale ressaltar que antes desse de 2016, ou seja, no período em que algumas usinas *flex* já estavam em operação e algumas outras em fase de projeção e construção, como a FS Bioenergia – Lucas do Rio Verde, o cenário de preços do grão na região era bem diferente e mais atraente para a operação das usinas e atração de novos investimentos no setor. De janeiro/2010 a dezembro/2015, o preço médio em Sorriso de Mato Grosso estava em R\$ 15/sc, com algum período ficando inclusive abaixo do preço mínimo determinado pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2016). De jan/2016 a julho/2020, a medida das cotações subiu para R\$ 25/sc, com a presença de picos relevantes de preços, como observado no primeiro quadrimestre do de 2020 (intervalo de R\$ 35/sc a R\$ 41/sc). A comportamento dos preços entre os períodos é observado em Rio Verde-GO.

As análises de retorno dos projetos das usinas de etanol de milho apresentado em Osaki (2017) e Milanez et al. (2014) convergem para o intervalo de preços de milho entre R\$ 26/sc e R\$ 36/sc na região de localização da usina. No caso de Sorriso e de Rio Verde, tal nível de preços foi observado no segundo semestre de 2019 e no início de 2020 (Figura 15), o que pode indicar uma menor folga do retorno das usinas diante de novas elevações de preços do grão. É importante ressaltar, no entanto, que as premissas de preços dos coprodutos também variaram positivamente no

período recente, o que altera as premissas adotadas nas análises e o nível de *break even* dos custos de milho de um projeto deste tipo.

O aumento recente dos preços do grão é um obstáculo para os planos de expansão das operações das usinas atuais e para atração de novas plantas produtivas ao encarecer a principal matéria-prima e intimidar novas investidas. Além disso, o aumento da competição por milho, sobretudo com as exportações e de ração animal, tem potencial para elevar os preços pagos pelo grão nas regiões de implementação das usinas e deve ser incorporada nas premissas de preços para avaliação de retorno dos projetos.

5.2.2. Condições da oferta de biomassa para vapor e eletricidade

Ainda que menos relevante que o grão na participação nos custos de produção (MILANEZ et al., 2014 e DA SILVA, 2020), a disponibilidade e segurança no suprimento de biomassa é tema relevante para o setor de etanol de milho, tendo em vista a déficit energético do grão para produção do etanol e dos coprodutos. A presente seção busca destacar as fontes de vapor e eletricidade utilizadas, bem como as condições de disponibilidade nas regiões relevantes para o setor de etanol milho.

Diferentemente do processo produtivo de etanol a partir da cana, em que há, em geral, autossuficiência energética a partir da queima do bagaço da matéria-prima, o processamento de milho para produção de etanol e dos coprodutos exige a disponibilidade de uma ou mais fontes de biomassa para suprir as necessidades de energia e vapor do processo produtivo (DONKE, et al., 2017). A definição da biomassa utilizada depende, inicialmente, da configuração do modelo de produção de planta de etanol de milho e dos fatores de disponibilidade das biomassas a serem utilizados no processamento do grão.

As usinas *flex*, ao processarem a cana-de-açúcar, podem apresentar excesso de bagaço e compartilham a energia e vapor para planta integrada de produção a partir do grão. Nesse cenário, os *players* devem encarar a escolha entre o compartilhamento entre as unidades produtivas e eventuais usos do excedente do bagaço e dos derivados no processo de cogeração, como uso de bagaço para alimentação animal ou a comercialização da energia elétrica excedente. O uso do bagaço entre as plantas compartilhadas pode ter limitações, a depender, especialmente, do volume de vapor e energia necessários para alimentar o processo produtivo a partir do grão e das condições de armazenamento do bagaço. Portanto, é comum a complementação de outras fontes de biomassa, como cavaco de eucalipto, outros resíduos de madeira, em períodos de indisponibilidade ou insuficiência do bagaço de cana.

Já nas usinas *full*, o processo produtivo é dependente de cavaco de eucalipto presentes nas regiões de instalação da planta produtiva. Nesse cenário, surge mais um elo importante de integração na cadeia produtiva do etanol de milho que é o florestal. O plantio das florestas de eucalipto ainda representa oportunidade de ocupação para as áreas marginais e de baixa aptidão agrícola das regiões produtoras de grãos. Nesse ponto, reside uma diferença para o modelo produtivo norte-americano, que depende da queima de gás natural para geração de vapor e energia (MOREIRA, et al., 2020).

Além da própria dependência da biomassa para operação das usinas dedicadas, a implementação das florestas de eucalipto é ainda mais relevante por ser uma atividade de ciclo de longo prazo – maiores níveis de produtividade entre 5 e 6 anos (SANTAROSA et al., 2014). Isso implica em um planejamento prévio das áreas florestais pelas usinas, seja em arranjos de originação mais ou menos verticalizados ou em volumes coerentes com a necessidade da planta produtiva e com a continuidade dos cortes diante do ciclo produtivo.

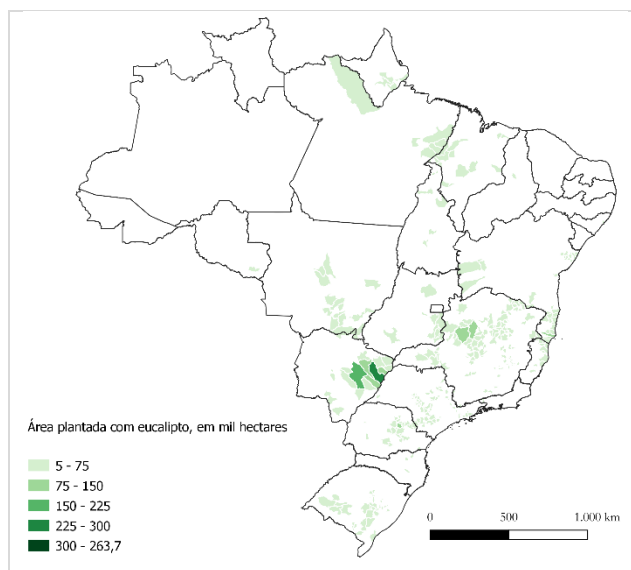


Figura 16. Estoque de área plantada com eucalipto por município em 2019.

Fonte: IBGE (2020b).

Outras biomassas podem ser utilizadas e vêm sendo testadas pelas usinas, como bambu, outras madeiras florestais e soqueira de algodão. O potencial de geração energética e vapor, disponibilidade regional, condição das caldeiras diante da nova biomassa e fatores logísticos são fatores a serem levados em consideração para escolha e estratégia de origem da biomassa.

No caso do eucalipto e outras fontes de madeira, ainda há que considerar a competição por estas com outros modelos de negócios agrícolas já estabelecidas nas regiões relevantes para o setor de etanol de milho, como as esmagadoras de soja e as estruturas de secagem das unidades armazenadoras.

O uso de várias fontes de biomassas para produção, seja no modelo *full* ou no *flex*, já reforça os desafios do *upstream* desse modelo produtivo e a complexidades das soluções e arranjos/relações produtivos para atender as necessidades de vapor e energia das usinas de etanol de milho. Ressalta-se a baixa de informações de mercado para as fontes dessas biomassas, tais como disponibilidade, preços, competição para outros usos, dentro outros, o que limita análise mais profundas das condições de oferta das matérias-primas e de arranjos produtivos.

5.3. Condição dos fatores de demanda

5.3.1. Condições de demanda por etanol

O principal produto da usina de milho, o etanol anidro ou hidratado, merece relevância nas análises dos fatores de demanda associadas a este mercado. Vale ressaltar que, dentro do *mix* produtivo amplo das usinas de etanol de milho, o biocombustível representa entre 75% e 90% (a depender da configuração da planta) da receita total alcançada no processamento do grão (MILANEZ et al., 2014 e DA SILVA, 2020). Algumas características são particularmente interessantes ao processo de atração e localização das usinas de etanol de milho no país, especialmente no que se refere ao comportamento dos preços do biocombustível aos consumidores e à usina, à evolução de demanda nas regiões consumidoras, bem como questões relacionadas à logística e tributação do produto – os quais serão

explorados nesta seção. Nos gráficos desta seção, a escolha do recorte temporal dos dados de preços foi feita de modo a evidenciar comportamento do indicador antes dos investimentos no setor.

Num cenário geral, a Figura 17 compara o comportamento dos preços nacionais de gasolina e etanol ao consumidor e a evolução dos investimentos em capacidade produtiva no setor de etanol de milho. A primeira planta produtiva do setor (USIMAT) começou o processamento grão a partir de 2012, momento em que os preços finais estavam praticamente estáveis até parte de 2014. Nesse período, apenas usinas *flex* e de menor capacidade em Mato Grosso e Goiás iniciaram a produção do biocombustível feito com milho. Em meados de 2015, os preços de combustíveis apresentaram elevação consistente, em especial a partir no segundo semestre. De agosto de 2015 a julho de 2017, as cotações médias de etanol hidratado no país subiram expressivos 22% e de gasolina, 6%. Após 2017, o setor passa pela elevação da capacidade produtiva com o início das operações das usinas *full* em Mato Grosso – daí, a separação na figura em questão. No mesmo período, os preços de combustíveis na bomba ficaram sustentados em níveis mais elevados até 2020, especialmente, os preços de gasolina, com correções pontuais nas cotações no início de 2019 e de 2020.

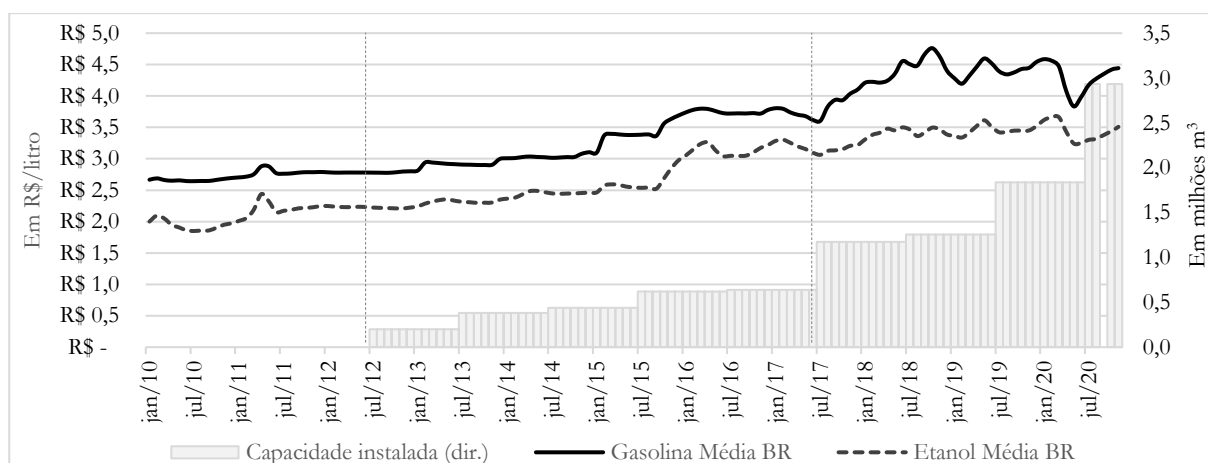


Figura 17. Evolução dos preços nominais de gasolina e etanol hidratado no Brasil e investimento na capacidade produtiva.

Fonte: ANP (2020b).

O cenário de elevação de preços internos de combustíveis, de forma geral, no período contribui para um cenário mais favorável à produção e investimento no setor de biocombustíveis. Além do próprio comportamento positivo das cotações, deve ser levado em consideração quais fatores levaram a este cenário. Um fator relevante foi a mudança na política de preços de derivados de petróleo colocada pela Petrobrás, que levou a vinculação dos preços de gasolina aos parâmetros presentes na paridade de importação após período de contenção e distanciamento dos preços internos em relação aos indicadores internacionais (ALMEIDA et al., 2015). A mudança na política de preços, além de ter levado a elevação de preços diante do cenário de dólar em elevação (Figura 18), também contribuiu com maior previsibilidade em relação aos preços de gasolina, o que diminuiu os riscos para setores que competem com combustível fóssil.

A vinculação dos preços nacionais de gasolina à paridade de importação exige a análise dos preços internacionais de petróleo e do câmbio (Figura 18). Ainda que os preços nominais internos de gasolina estivessem em níveis elevados após 2015, as cotações internacionais de petróleo – importante balizados dos preços de combustíveis fósseis e da própria paridade de importação, ficaram patamares relativamente baixos entre 2015 e 2017, ao redor US\$40/barril - US\$50/barril. Mesmo com a leve recuperação do indicador a partir em meados de 2017 para patamares

próximos de US\$ 70, a referência dos preços de petróleo ainda ficou bem abaixo do observado anteriormente a 2015. Por outro, a taxa de câmbio – o outro componente relevante para a política de preços vigente após 2015, tem evolução bastante positiva em praticamente toda a década de 2010, o que possibilitou a evolução favorável dos preços internos de gasolina na última década e com desdobramentos também positivos sobre os preços de etanol hidratado na bomba (Figura 18).

Nesse cenário, é interessante notar que a evolução dos investimentos no setor de etanol de milho ocorre num período em que os preços internacionais de petróleo estavam em queda e distantes dos níveis elevados (próximo de US\$100/barril) observados na década anterior ou até meados de 2014.

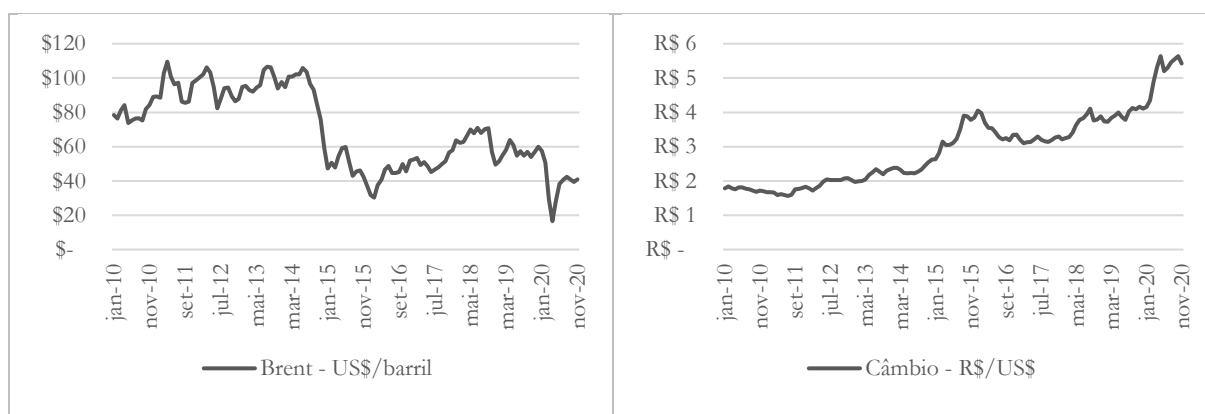


Figura 18. Preços nominais internacionais de petróleo (BRENT) e taxa de câmbio.

Fonte: FRED (2020) e BCB (2020).

Adiante, ainda que os preços de etanol apresentaram elevação com suporte dos preços de gasolina ao consumidor final, é importante entender como esse movimento foi repassado às usinas pertencentes ao setor produtivo. A Figura 19 mostra a evolução de preços de etanol hidratado, comparando o comportamento entre diferentes estados produtores de etanol de milho no país. Como nota metodológica, é importante ressaltar que os preços de etanol hidratado foram descontados das alíquotas de PIS/COFINS e ICMS no período analisado. Como limitação inicial, ressalta-se a ausência de preços para etanol anidro e de cotações para o mercado paranaense – o outro estado produtor de etanol de milho. Entende-se que ausência destes não atrapalhe a análise de preços ofertados ao setor de etanol de milho, visto que o *mix* produtivo é fortemente voltado para o etanol hidratado (+ 80% na média das últimas 5 temporadas) e que os volumes relevantes não estão no estado do Paraná (apenas 1% da produção de etanol de milho nacional) (CONAB, 2020a).

Nota-se tendência de valorização do indicador de preços nos diferentes estados analisados, acompanhando a evolução de preços do combustível na bomba. Observa-se a baixa diferença de preços entre as três referências. Após 2012, os preços de etanol hidratado em Mato Grosso foram somente R\$ 0,05/litro (ou 0,5%) maior que em São Paulo, principal estado produtor e consumidor do produto e R\$ 0,17/ litro (ou 12,6%) maior que Goiás. Isso mostra que, na média, as usinas de Mato Grosso receberam mais que as usinas de São Paulo e Goiás, nessa ordem, pelo etanol hidratado comercializado.

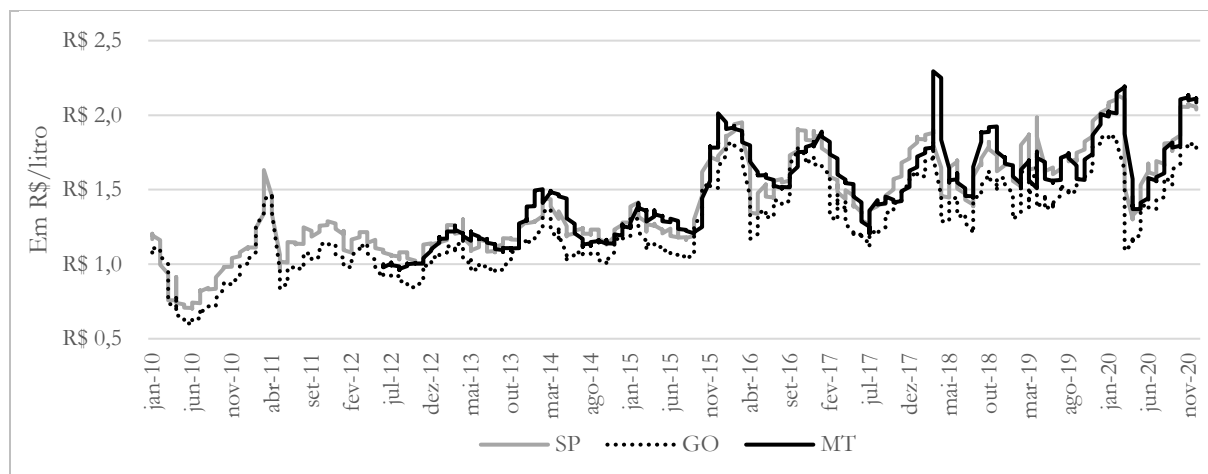


Figura 19. Preços nominais de etanol hidratado (vendas internas) em estados selecionados, sem frete e sem imposto. Em R\$/litro. Fonte: CEPEA (2020b). Nota: Para os preços em Mato Grosso, foi desconsiderado os valores de PIS/COFINS e ICMS de acordo com os valores de referência vigentes no período.

Além do comportamento positivo dos preços de etanol hidratado na bomba e às usinas na última década, a análise da competitividade entre os dois combustíveis indica um cenário favorável de demanda nos estados com plantas produtivas de etanol de milho. A Figura 20 revela a distribuição da relação de competitividade mensal entre os preços de etanol hidratado e gasolina na bomba em todas os estados do país na década de análise. A área em cinza claro na figura em questão marca o nível de referência (70%) para a relação entre os combustíveis e indica que a área em quem o etanol hidratado é mais competitivo que a gasolina para o consumidor final.

Na média do período, apenas os estados de Mato Grosso, Goiás, Minas Gerais e São Paulo apresentaram relação mais favorável ao consumo do etanol hidratado em relação à gasolina. O indicador no estado de Paraná está levemente acima do valor de referência. Destes estados, apenas Minas Gerais não tem plantas produtivas de etanol de milho. Considerando os preços médios ao consumidor final do estado, o etanol hidratado em Mato Grosso foi mais competitivo que a gasolina em 82% dos meses após 2010; para Goiás, a competitividade do etanol ocorreu em 73% dos meses; São Paulo, 77% dos meses e em Minas Gerais e Paraná, 42% dos meses, reforçando o cenário de demanda favorável para o biocombustível.

A relação entre a maior competitividade do etanol hidratado e a maior participação deste no consumo de combustíveis nos estados sob análise está posta na Figura 21. Os dados da figura referem-se aos valores de preços mensais de combustíveis e consumo anual médios entre 2010 e 2020. Os estados com usinas de etanol de milho, em especial Mato Grosso, Goiás e São Paulo, apresentam participação do etanol hidratado acima de 40% de demanda total por combustíveis do Ciclo de Otto. O estado de Paraná e Minas Gerais se colocam num grupo intermediário, com relação de competitividade próxima de 70% e participação do etanol hidratado entre 25% e 35% da demanda total na última década. O restante dos estados apresentou a relação entre os preços próximos ou acima de 80% e percentual de etanol hidratado abaixo de 20%, com destaque para estados da região Norte.

Nesses estados, o consumo de etanol anidro é mais relevante e maior que a demanda por etanol hidratado. O perfil de demanda na região Norte é particularmente importante por ser tratar de estados mais próximos da produção de etanol de milho do que regiões produtores tradicionais de etanol a partir da cana-de-açúcar.

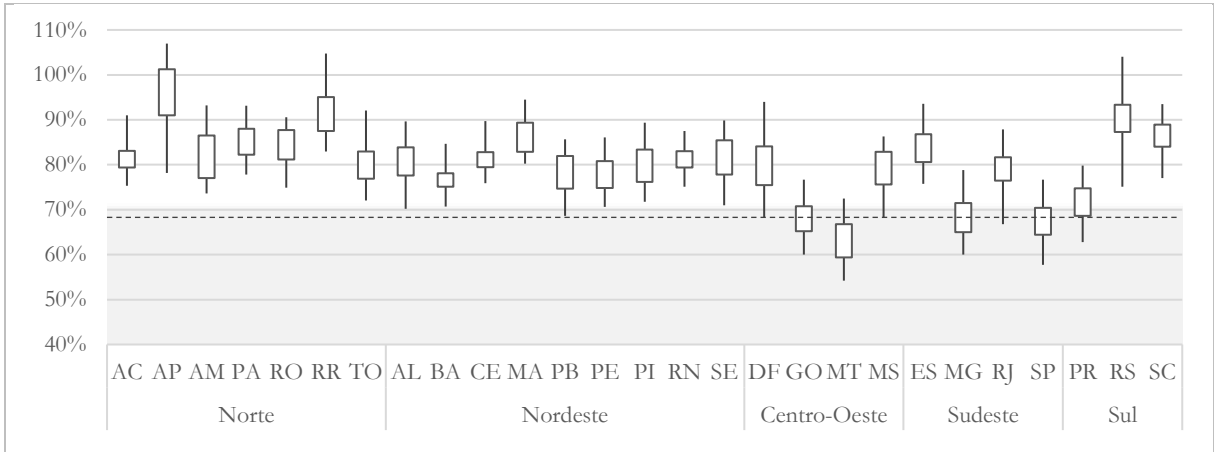


Figura 20. Distribuição da relação mensal de competitividade entre gasolina e etanol hidratado ao consumidor final entre 2010 a 2020.

Fonte: elaborado a partir de ANP (2000b).

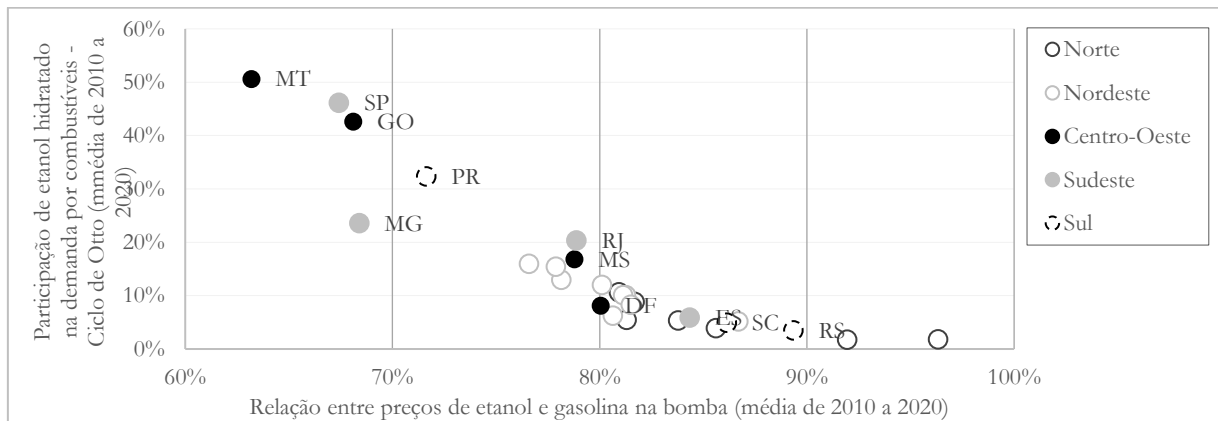


Figura 21. Competitividade de etanol hidratado vs. gasolina ao consumidor final e o percentual do etanol hidratado na demanda total por combustíveis (Ciclo de Otto). Média dos dados entre 2010 e 2020.

Fonte: elaborado a partir de ANP (2020a, 2000b). Nota: Dados de preços estão na frequência mensal de janeiro/2010 a dezembro/2020.

A presença das usinas em estados com maior competitividade de etanol ao consumidor final sugere que tais usinas se beneficiam do cenário de competitividade do biocombustível em relação ao combustível fóssil. Contudo, além do detalhamento destes estados, vale trazer à discussão os quadros de oferta e demanda de etanol nos estados relevantes para o setor analisado e, especialmente, os fluxos interestaduais de etanol anidro e hidratado, considerando suas características em termos de competição, potencial e perfil de consumo do biocombustível.

Inicialmente, a Figura 22 elucidada qual a relevância do etanol de milho no cenário produtivo do biocombustível em Mato Grosso, Goiás, São Paulo e Paraná e como ficaram os resultados do balanço de oferta e demanda após o crescimento da produção do setor. Ressalta-se que os volumes de superávit e déficits da figura consideram apenas a demanda interna e não a interestadual ou externa por etanol.

Em termos da participação da oferta interna de etanol de milho de cada estado, nota-se que o etanol feito a partir do grão é mais relevante em Mato Grosso e que este movimento se intensifica depois de 2017. Neste estado, a participação da produção de etanol de milho na oferta total salta de 9% em 2016/2017 para 53% em 2019/2020. Em termos absolutos, a oferta de etanol de cana se mantém estável no estado (1,2 a 1,5 milhões de m³). Em Goiás, o

percentual sai de 2,8% para 5,3% no mesmo período e em São Paulo e Paraná, a produção do biocombustível a partir do grão e a participação deste no todo é consideravelmente pequena - menor que 1% em todo período de referência.

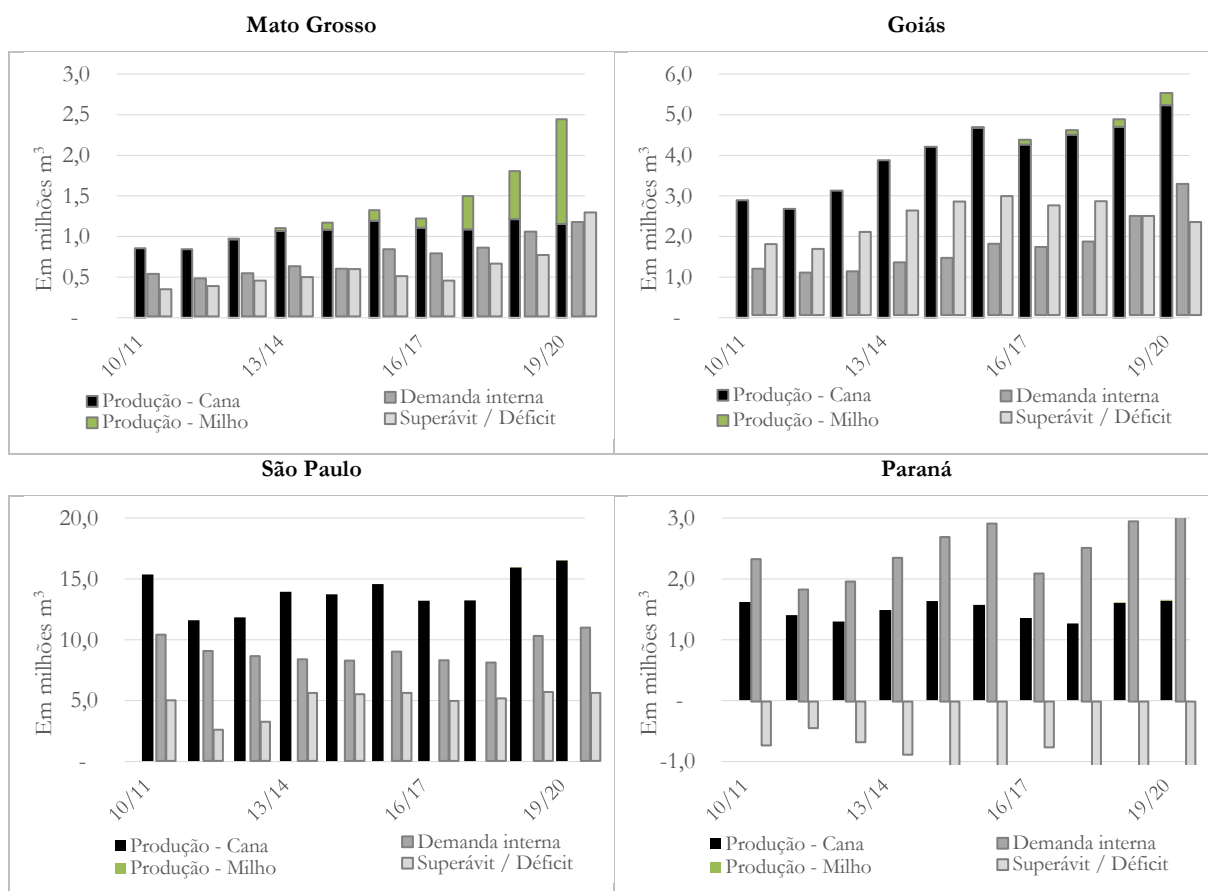


Figura 22. Superávit ou déficit de etanol anidro e hidratado em estados selecionados.

Fonte: UNICA (2020a), CONAB (2020a) e ANP (2020c). Nota: os volumes referentes ao superávit e déficit estaduais não consideram a demanda interestadual e internacional por etanol.

Ao analisar a evolução do balanço em Mato Grosso, é perceptível que o crescimento da oferta de etanol de milho, em meio a estabilidade do etanol de cana, faz com que a produção total do biocombustível aumente em ritmo mais elevado que o consumo interno, gerando excedentes elevados. De 2010 a 2016, a produção interna de etanol crescia 6,1% a.a, a demanda interna, 6,6% a.a. e o excedente 5,2% a.a.. De 2016 a 2019, o ritmo de crescimento produtivo acelerou para 19,0% a.a., de demanda para 10,2% a.a. e de excedente, 30,5% a.a.. Em termos absolutos, as sobras de etanol dentro do estado saltam de 0,3 milhão de m³ em 2010/2011 para 0,5 milhão de m³ em 2015/2016 e, depois, para 1,3 milhão de m³ em 2019/2020.

Ressalta-se que essa relação não é observada nos outros estados sob análise. Isso pode ser respondido pelo fato da produção de etanol de milho nos outros estados ainda ser baixa em termos absolutos. Logo, ainda que houvesse crescimento da oferta de etanol de milho no período, em especial em Goiás, tal volume não foi suficiente para gerar ou aumentar excedentes expressivos nestes estados, como ocorreu em Mato Grosso.

Diante o crescimento de excedente produtivos relevantes no estado relevante para setor, como Mato Grosso, faz-se necessário analisar os fluxos interestaduais com origem nos estados de referência par ao setor (Figura 23). Este acompanhamento só passou a ser realizado a partir de 2013, não gerando prejuízos em termos de análise, visto que coincide com período surgimento e crescimento produtivo do setor.

Na análise dos mercados consumidores de Mato Grosso, percebe-se o crescimento da participação de outros estados na demanda total por etanol anidro e hidratado a partir da temporada 2018/19. De 2013/14 a 2017/18, o volume demandando por outros estados do etanol anidro e hidratado produzido em Mato Grosso ficou estável entre 0,4 milhão m³ e 0,5 milhão m³, o que representa entre 35% e 40% da demanda total pelo biocombustível originado no estado. A partir de então, o volume que é enviado para outros estados salta para 0,7 milhão de m³ (40% da demanda total) em 2018/19 e 1,2 milhão de m³ (50% da demanda total) em 2019/20.

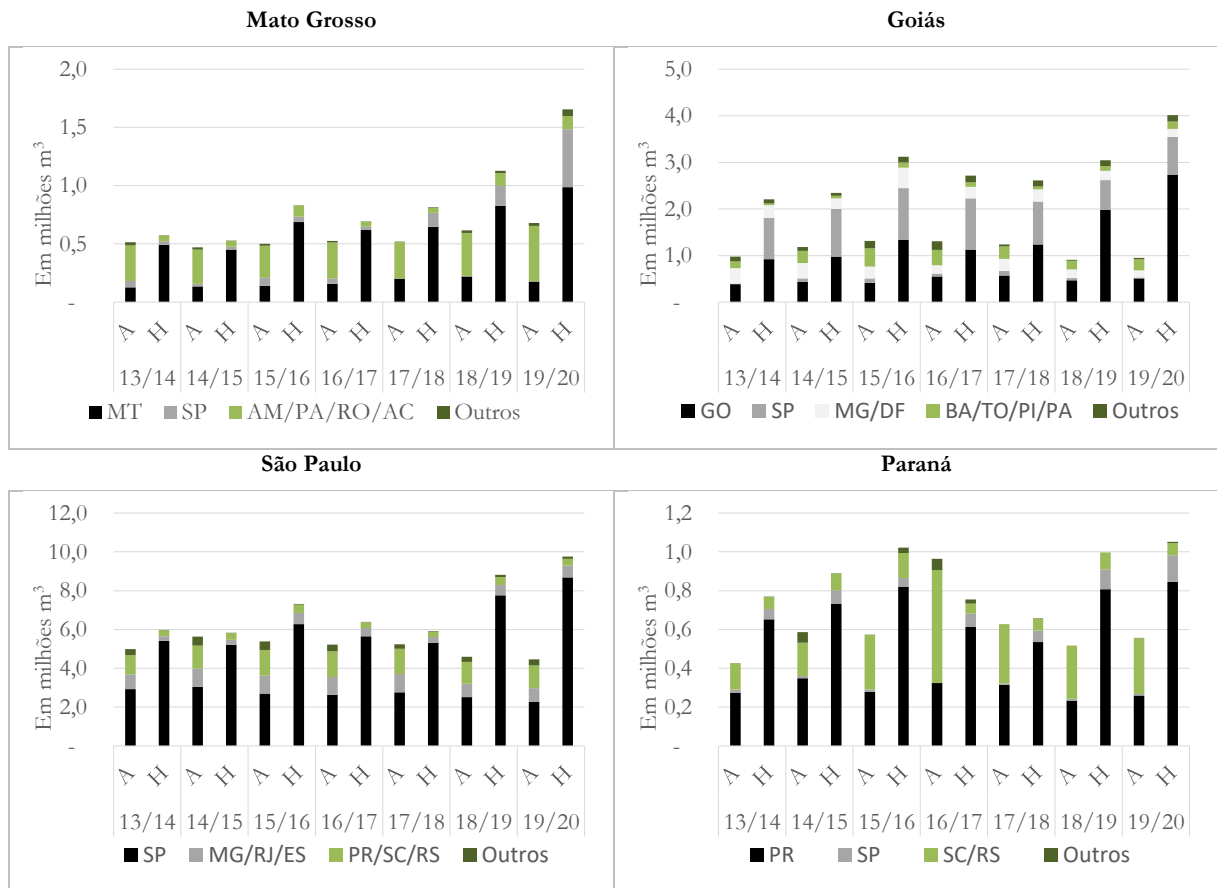


Figura 23. Movimentação de etanol anidro e hidratado em estados selecionados.

Fonte: ANP (2020d). Nota: A = etanol anidro e H = etanol hidratado.

Esse crescimento é justificado pelo aumento das movimentações de etanol hidratado para São Paulo (0,5 milhão de m³ ou 30% da demanda total por etanol hidratado produzido em Mato Grosso ou 22% do etanol total em 2019/20) e de etanol anidro para os estados da região Norte, como Rondônia, Amazonas, Acre e Pará (0,5 milhão de m³ ou 70% da demanda total por etanol anidro produzido em Mato Grosso ou 20% do etanol total em 2019/20). Cabe observar que vários estados da região Norte são tradicionais consumidores do etanol anidro produzido em Mato Grosso. Na média entre 2013/14 e 2019/20, 84% da demanda total por etanol em Rondônia veio do Mato Grosso; 90% em Amazonas e 63% em Acre.

Ao analisar que tanto o crescimento da oferta de etanol de milho em Mato Grosso quanto os fluxos interestaduais com origem no estado se intensificaram a partir de 2017/18, evidencia-se que o setor produtivo teve que buscar novos mercados consumidores para escoar a produção total (a partir da cana e de milho) e sustentar a continuidade do crescimento, em especial São Paulo – principal mercado consumidor nacional de etanol hidratado (o volume com origem em Mato Grosso representou apenas 4% do consumo total paulista em 2019/20), e os estado da

região Norte. Para os estados Rondônia, Amazonas e Acre, ressalta-se que o espaço para crescimento da oferta de etanol oriundo de Mato Grosso é baixo, visto (i) a baixa competição do etanol frente a gasolina (Figura 23), ou seja, o mercado relevante se restringe ao consumo de etanol anidro, (ii) volume limitado de etanol anidro e hidratado consumido nestes estados – 0,6 milhão de m³ em 2019/20 (ANP, 2020) e (iii) ao fato das usinas Mato Grosso já serem as principais ofertantes de etanol para a região – 92% da demanda total nestes estados adveio de Mato Grosso na média entre 2017/18 e 2019/20 (ANP, 2020d).

Em outros estados, a relação entre crescimento da oferta de etanol de milho e a mudança dos fluxos interestaduais não é observada como em Mato Grosso. No caso de Goiás, a maior parte da demanda concentra-se no próprio estado e o restante é dividido entre São Paulo, Minas Gerais e Distrito Federal e estados próximos do Norte e Nordeste. Até se observa o crescimento da oferta de etanol a partir de cana e de milho em 2019/20, no entanto, a composição dos mercados consumidores não se altera na mesma temporada. Em São Paulo e Paraná, o mercado interno e o de estados vizinhos são os mais relevantes. A baixa relevância do etanol de milho na matriz produtiva do biocombustível nestes estados impede de observar e analisar as mesmas relações de Mato Grosso.

De acordo com dados de MDIC (2020), os fluxos de exportação de etanol com origem em Mato Grosso e Goiás não são relevantes e é possível relacionar a evolução destas com o crescimento produtivo do setor de etanol de milho. Ressalta-se ainda que as condições logísticas e a distância para os portos destas regiões podem desfavorecer tal movimento.

5.3.2. Condições de demanda por grão de destilaria

Uma importante característica do modelo de usina de etanol com base no milho é a geração de coprodutos com boa aceitação na cadeia de nutrição animal. O desenvolvimento do setor pode indicar desdobramentos positivos e relevantes sobre a operação e lucratividade das plantas produtivas, sobretudo no que se refere ao potencial de demanda por esses coprodutos e às facilidades e oportunidades logísticas entre os setores. Nesse cenário, o força e representatividade do setor de produção animal no país surge como fator potencialmente importante para a atração de investimentos do setor.

Os grãos de destilaria apresentam alto potencial nutritivo para atendimento da demanda nutricional de animais por apresentar elevados níveis de fibras, proteínas brutas e nutrientes digestíveis totais, se colocando como uma alternativa na composição de rações no lugar de componentes energéticos e proteico, como o próprio milho e farelos em geral (ANTUNES, 2020). Um ponto importante do coproduto é a possibilidade de produção de diferentes formulações, a depender das características técnicas da planta produtiva, das exigências do mercado e da estratégia de inserção nas cadeias de alimentação animal. De modo geral, a possibilidade de diferentes formulações para os grãos de destilaria é definido pelo nível de umidade presente no coproduto e pela inclusão ou não dos componentes solúveis condensados (*solubles*) alcançados após o processo de centrifugação da vinhaça. Desta maneira, pode se haver a produção do grão de destilaria úmido (acima de 65% de umidade) sob as versões com e sem solúveis (WDG – *wet distiller grains* e WDGS – *wet distiller grains with solubles*) e o coproduto seco (abaixo de 15% de umidade) sob as mesmas versões (DDG – *dry distiller grains* e DDGS – *dry distiller grains with solubles*). Vale ressaltar que há especificações dentro de cada grupo, de acordo com diferentes níveis nutritivos, cor, umidade, nível de fibra e outros elementos qualitativos (ANTUNES, 2020). Nos casos em que há a separação da fibra anteriormente a parte de fermentação para produção de etanol, é possível gerar produtos de maior teor de fibra e de proteína (GARLAND, 2018).

Diante do potencial de utilização destes coprodutos na cadeia animal, faz-se necessário destacar o potencial do setor de nutrição animal, destacando a evolução e perfil dos rebanhos, aspectos locais e questões relacionadas ao consumo de ração, de modo a ilustrar os potenciais de demanda por tais produtos, em especial nas regiões de atuação das usinas de etanol de milho no país. A Tabela 5 consolida os rebanhos de bovinos, com separação dos modelos de produção, de suínos e de aves no Brasil, Centro-Oeste e nos estados relevantes para análise.

Tabela 5. Efetivo bovinos, aves e suínos em regiões selecionadas em 31/12.

	2000	2005	2010	2015	2019	CAGR (00-19)
Bovinocultura Total (milhões de animais)						
Brasil	169,9	207,2	209,5	215,2	214,9	1,2%
Centro-Oeste	59,6	72,0	72,6	72,7	74,3	1,2%
Mato Grosso	18,9	26,7	28,8	29,4	32,0	2,8%
Goiás	18,4	20,7	21,3	21,9	22,8	1,1%
Bovinocultura Confinamento (milhões de animais)						
Brasil	-	-	-	4,0	4,8	4,5%
Centro-Oeste	-	-	-	2,4	2,7	2,6%
Mato Grosso	-	-	-	1,0	1,0	1,5%
Goiás	-	-	-	0,8	0,9	3,7%
Bovinocultura Semiconfinamento (milhões de animais)						
Brasil	-	-	-	2,7	3,0	3,1%*
Centro-Oeste	-	-	-	1,3	1,5	3,9%*
Mato Grosso	-	-	-	0,4	0,6	7,6%*
Goiás	-	-	-	0,4	0,4	2,8%*
Avicultura (milhões de animais)						
Brasil	842,7	999,0	1.238,9	1.326,5	1.466,6	3,0%
Centro-Oeste	66,8	100,6	128,8	151,3	187,3	5,6%
Mato Grosso	15,9	21,1	41,0	50,5	54,4	6,7%
Goiás	26,3	39,8	54,9	64,2	95,9	7,0%
Suinocultura (milhões de animais)						
Brasil	31,6	34,1	39,0	39,8	40,6	1,3%
Centro-Oeste	2,8	3,8	5,4	6,3	6,1	4,2%
Mato Grosso	0,8	1,4	2,1	2,8	2,6	6,2%
Goiás	1,2	1,5	2,0	2,0	1,9	2,5%

Fonte: IBGE (2020c) e IEG FNP (2020). Nota: estimativa do rebanho bovino em confinamento ou em semiconfinamento não disponíveis anteriormente a 2011. * CAGR de 2015 a 2019, devido à indisponibilidade dos dados.

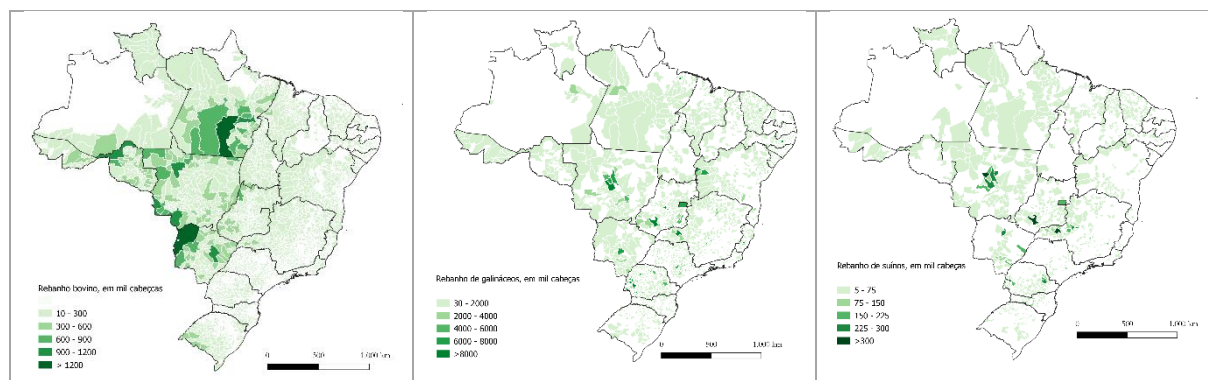


Figura 24. Localização dos efetivos bovinos, aves (galináceos) e suínos em 2019.

Fonte: IBGE (2020c)

Dois movimentos importantes observados nos dados acima são (i) o crescimento da participação da região Centro-Oeste nos rebanhos de aves e suínos e (ii) a relevância da mesma região na localização dos rebanhos animais, sobretudo na bovinocultura. Nas últimas duas décadas, a busca por regiões com disponibilidade de grãos e outros insumos de alimentação a baixos preços, bem como a expansão da demanda por carnes no interior do Brasil, incentivou o avanço da produção animal e processamento de carnes na região Centro-Oeste (KRABBE et al., 2013).

No caso de avicultura e suinocultura, ainda que a participação da região no rebanho nacional seja mais contida que na bovinocultura (13% nas aves e 15% nos suínos, em 2019), o crescimento relativo da região é mais elevado, com expansão de 5,6% a.a. 4,2% a.a., respectivamente, no período analisado. Também se destaca a expansão mais acelerada destes rebanhos em Mato Grosso em relação a Goiás, Centro-Oeste e Brasil.

No final de 2019, 35% do rebanho bovino (total) nacional estava localizado na região Centro-Oeste, com 15% (32 milhões de cabeças) presente em Mato Grosso e 11% (23 milhões de cabeças) em Goiás. Ressalta-se que o rebanho bovino em Mato Grosso ganha participação no país entre 2000 e 2019 (11% do rebanho nacional em 2000 e 15% em 2019), registrando crescimento anual médio acima da média regional e nacional. Nesse período, a participação da região como um todo e de Goiás ficaram estáveis.

No caso da bovinocultura, vale ressaltar a importância dos sistemas produtivos mais intensivos e os desdobramentos diretos sobre o consumo de ração e, conseqüentemente, sobre o potencial de demanda pelos grãos de destilaria. Mesmo que o número de animais em confinamento e semiconfinamento seja pequeno em relação ao rebanho bovino total, Mato Grosso e Goiás se colocam, respectivamente, como 1º e 2º estados com maior número de cabeças nestes modelos de produção de proteína animal. Mato Grosso representou em 2019. A proximidade locacional do rebanho bovino é ainda mais relevante no caso dos grãos de destilaria mais úmidos em que distância muito longas tiram atratividade do produto, ao elevar as dificuldades e riscos no armazenamento e os custos logísticos no deslocamento.

Como forma de mostrar a relevância da bovinocultura para demanda de grãos de destilaria, na média dos últimos 10 anos, 76% do consumo destes coprodutos nos EUA foi destinado a ração de bovinos (leite e corte) (USDA, 2020). Ainda que pese o maior número de animais e o perfil intensivo do rebanho norte-americano em relação ao brasileiro, o encaixe dos grãos de destilaria nas dietas bovinas é maior que em outras criações de devido ao alto nível de proteína, fibra e digestibilidade (ANTUNES, 2020).

Caminhando para análise do potencial de consumo de ração destas criações, a Figura 25 ilustra a evolução e a participação da demanda por ração animal pelos rebanhos sob análise. Outras criações, como peixes, cavalos e animais de criação, foram desconsideradas por representarem baixa demanda por ração. Como os grãos destilaria são potenciais

substitutos para componente energéticos e proteicos, destaca-se o nível de milho e farelo de soja na composição de ração das principais de modo a aproximar o potencial de consumo dos coprodutos.

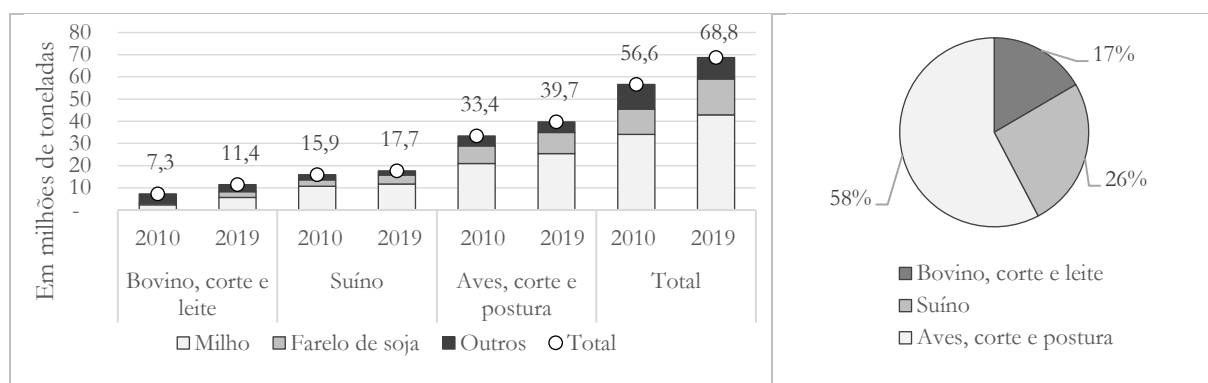


Figura 25. Evolução da demanda por ração no Brasil nas principais criações e seus componentes (milho, farelo e outros) e a proporção da demanda por ração total por criação em 2019.

Fonte: SINDIRAÇÕES (2020).

No total, o consumo de ração animal, sob todas as formulações e insumos, somaram quase 70 milhões de toneladas em 2019. A evolução de demanda total por ração entre 2010 e 2019 mostra crescimento consistente de 2,2% a.a., com destaque para a expansão do consumo de ração por bovinos (5,1% a.a.), aves (1,9% a.a.) e suínos (1,2% a.a.). A demanda por milho e farelo de soja para este fim totaliza aproximadamente 85% da composição total por ração em 2019, com destaque para o milho (62% no total), principal insumo para ração no país. Por serem os principais componentes energéticos e proteicos na formação da ração, a junção do montante demandado pelos dois insumos pode indicar o mercado endereçável potencial para os grãos de destilaria, ainda que não possa esperar um nível elevado de substituição entre estes.

No agregado, a demanda por ração de aves de corte e postura respondeu por 58% (39,7 milhões de toneladas) da alimentação total no Brasil em 2019, ração para suínos representou 26% (17,7 milhões de toneladas) e bovinos (corte e leite) apenas 17% (11,4 milhões de toneladas). Ainda que a demanda por ração para bovinos tenha crescido de forma mais acelerada que outros rebanhos, a maior participação de aves e suínos na demanda total permite sugerir que a demanda por grãos de destilaria, em especial suas formulações úmidas e com maior nível de proteína, possa se encaixar nas dietas de diferentes criações no mercado nacional, não se restringindo apenas ao uso na alimentação de bovinos.

Além das possibilidades de demanda no mercado interno, algumas experiências de exportação de grãos de destilaria foram observadas em 2020, por meio das operações da usina Inpasa no porto de Paranaguá e de Santos. De acordo com acompanhamento das exportações de MDIC (2020), houve movimentação de 90 mil toneladas de DDG no acumulado dos dois portos colocado acima entre janeiro e fevereiro de 2020. Logo, ainda que o mercado potencial interno seja elevado, visto a força do setor de proteína animal no país, a possibilidade de exportação é um ponto a ser observado pelas usinas, bem como as dificuldades logísticas impostas pelas altas distâncias das usinas do Centro-Oeste para os portos. A título de comparação, considerando o cenário produtivo nos EUA como referência de mercado relevante e consolidado, as exportações de grãos de destilaria representaram 30% da produção interna em 2019 (RFA, 2020b).

Além da análise da força do setor animal e o desdobramento sobre a demanda potencial dos grãos destilaria, as características e evolução dos preços dos grãos de destilaria também ajudam a explicar a relevância desses coprodutos

para as usinas de etanol de milho. A Figura 26 mostra a movimentação de preços dos coprodutos, de milho e de farelo de soja em Mato Grosso – principal estado produtor de etanol de milho, a fim de mostrar também as relações entre os produtos. Ressalta-se o pequeno intervalo de dados disponíveis para a série de preços de WDG e DDG (somente a partir de meados de 2019) e, diante disso, a necessidade de contínuo acompanhamento do indicador para eventuais mudanças com avanço do setor.

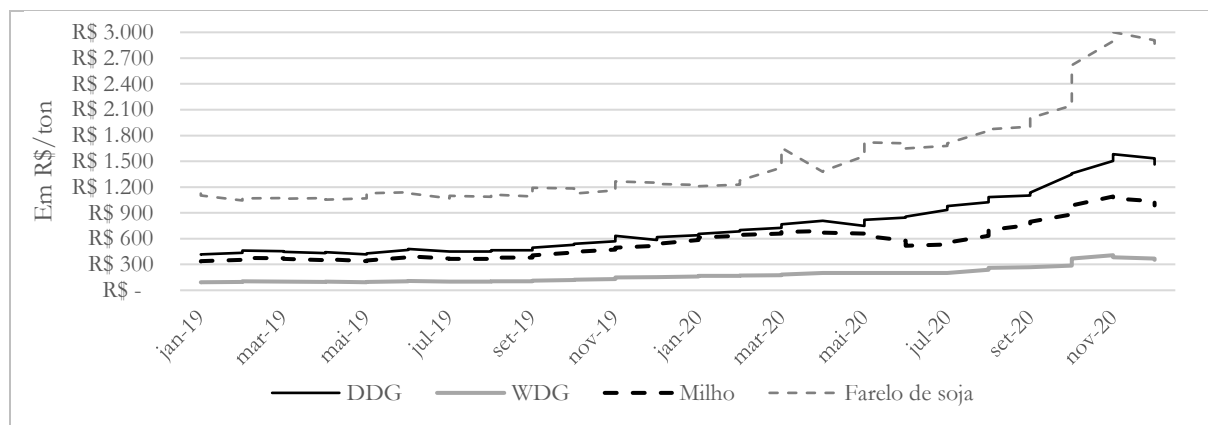


Figura 26. Evolução dos preços quinzenais médios de WDG, DDG, milho e farelo de soja em Mato Grosso. Em R\$/tonelada.

Fonte: SCOT CONSULTORIA (2020) e IMEA (2020a). Nota: Todos os preços sem frete e sem impostos. No caso do DDG, os preços foram convertidos para uma média de 35% de proteína bruta (PB) e, para WDG, 33% de PB.

Tabela 6. Correlação e relação entre os preços de DDG, WDG e produtos selecionados.

	Correlação ^{1\}		Relação entre os preços ^{1\2\}	
	Milho	Farelo de soja	Milho	Farelo de soja
DDG	91%	97%	135%	-47%
WDG	95%	98%	-67%	-87%

Fonte: Dados da pesquisa, a partir de SCOT CONSULTORIA (2020) e IMEA (2020a). Notas: ^{1\} Período de referência para cálculo entre 01/01/2019 e 31/12/2020 – período disponível dos dados de DDG/WDG. ^{2\} Média dos preços de DDG e WDG dividido pela média dos preços de farelo de soja e milho.

Inicialmente, nota-se que, de forma geral, os preços de todos os produtos tiveram comportamento positivo no decorrer de 2020, com preços mais do que dobrando entre o início e final do ano. No mesmo período, os preços de DDG e WDG subiram expressivos 137% e 132%, respectivamente, se beneficiando do cenário de alta dos preços de milho, farelo de soja e de outros insumos para ração animal.

É possível observar a elevada correlação entre os preços dos coprodutos, do grão e do farelo no período analisado. A correlação é também calculada na Tabela 6 e reforça a percepção visual do comportamento visto no gráfico anterior. Em todas as combinações, o coeficiente de correlação é maior que 90%. Adicionalmente, é interessante notar a relação média entre os preços. Na média do período, o DDG foi precificado 35% acima dos preços de milho, com descolamento maior a partir de maior de 2020, em que os preços do coproduto cresceram mais que os preços do grão. Em relação aos preços médios de farelo de soja, entretanto, os preços DDG foram 47% menores. Já os preços WDG são bem menores que os preços dos outros produtos analisados. Isso se deve ao maior nível de umidade do coproduto e ao menor percentual de proteína em relação do DDG (35% de PB) e farelo de soja (46% de

PB). Em relação ao milho e ao farelo de soja, os preços de WDG foram 67% e 87%, respectivamente, menores no período analisado.

Como forma de mostrar a relevância dos coprodutos para a usina, foi estimada a receita com DDG em proporção aos custos de aquisição de milho, ou seja, quanto a usina fatura com a venda de DDG considerando apenas o custo com o grão. A Figura 27 ilustra o percentual explicado anteriormente.

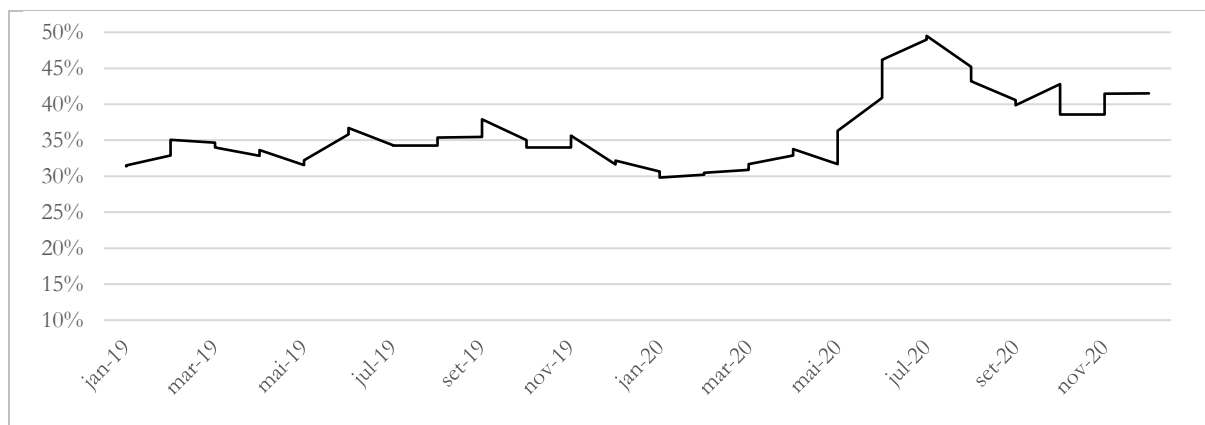


Figura 27. Percentual da receita com DDG em relação aos preços de milho em Mato Grosso.

Fonte: dados da pesquisa, a partir de SCOT CONSULTORIA (2020) e IMEA (2020a). Notas: Rendimento de milho em DDG: 28%, conforme Milanez et al. (2014) e preços sem fretes e impostos em Mato Grosso.

Ao longo de 2019 e 2020, a receita potencial com a venda de DDG representou, em média, 36% do custo do milho moído pela usina, com elevação deste indicador a partir de maio/2020, em que a receita gerada chegou a 50% dos custos do grão. Lembrando que a partir do milho adquirido também é, necessariamente, produzido o etanol e óleo. Além da relevância das receitas com DDG, a alta correlação entre os preços dos coprodutos e milho permite que uma eventual subida dos preços de milho seja compensada, em parte, com o aumento esperado dos preços dos grãos de destilaria, funcionando como um seguro contra a elevação dos custos de aquisição do grão. A intensidade da compensação acima vai depender de quão relevante é o custo de milho nos custos totais e da receita destes coprodutos dentro do faturamento total.

5.3.3. Condições de demanda por óleo, eletricidade e créditos de carbono

Por fim, o processamento de milho para produção de etanol nos modelos produtivos *full* e *flex* gera outros coprodutos que, do ponto de vista das cadeias produtivas, permite a integração com outros setores produtivos de interesse regional e nacional, além de receita excedente para usina.

No caso do óleo de milho, há certa diversificação dos fins empregados e dos setores relacionados, se destacando (i) o uso para ração animal – se mantido junto aos grãos de destilaria; (ii) o uso para produção de biodiesel e (iii) como insumos da indústria de insumos agrícolas. Considerando o percentual médio de rendimento industrial de milho para óleo entre 1,0%-1,5% (ECKERT et al., 2018; DA SILVA, 2020) e da capacidade instalada anual de processamento do cereal em 2019/2020, volume potencial de produção de óleo ficariam entre 72 mil toneladas e 107 mil toneladas.

No caso do biodiesel, a partir de 2018, os dados da matriz de matéria-prima para fabricação do biocombustível na região Centro-Oeste passaram a ter o óleo de milho. Segundo dados da ANP (2020d), entre 2018 e 2020, apenas 2,8% do biodiesel da região era feito a partir deste coproduto. Nacionalmente, este percentual foi de 1,0% no mesmo período. O Centro-Oeste, especialmente as regiões Médio-Norte e Sudeste de Mato Grosso, apresenta número relevante de usinas de biodiesel a partir do óleo de soja e gordura animal, podendo beneficiar da oferta de óleo das usinas de etanol de milho da região.

O uso de óleo de milho como matéria-prima da produção de adjuvante – insumo adicionado às caldas com defensivos agrícolas para aumentar eficiência na aplicação e diminuir potencial de deriva, é uma experiência nova e sob exclusividade da usina Inpasa, por meio da marca IOP (*Inpasa Oil Premium*).

A produção de energia elétrica exportável pelas usinas do setor advém das plantas dedicadas. Como as usinas *flex*, em geral, tem que utilizar da mesma estrutura de cogeração para suprir as necessidades energéticas das plantas produtivas de processamento de cana e milho, a disponibilidade de excedente de energia por tais usinas é comprometida. A geração de energia elétrica é comercializada por meio do Sistema Interligado Nacional (SIN) do Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS). A partir deste, os consumidores de diferentes regiões podem se abastecer com a energia elétrica das usinas do setor.

A experiência dos créditos de carbono referentes às plantas produtoras do setor de etanol de milho também é recente. A possibilidade de comercialização de tais créditos por produtores de etanol incentivou o processo de certificação de algumas companhias do setor a partir de 2020 (Tabela 7). Até o fim de 2020, 3 das 16 usinas do setor haviam sido certificadas pelo programa (Caçu - Vincentinópolis-GO; SJC Bioenergia - Quirinópolis-GO e FS Bioenergia - Lucas do Rio Verde-MT – a última usina foi certificada novamente ao longo de 2021).

Tabela 7. Detalhamento das usinas de etanol de milho (*full* e *flex*) que foram certificadas no programa Renovabio em 31/12/2020.

Usina	Tipo/Rota	Período de aprovação
Caçu - Vincentinópolis-GO	<i>Flex</i>	03/2020
SJC Bioenergia - Quirinópolis-GO	<i>Flex</i>	04/2020
FS Bioenergia - Lucas do Rio Verde-MT	<i>Full</i>	08/2020

Fonte: ANP (2020e).

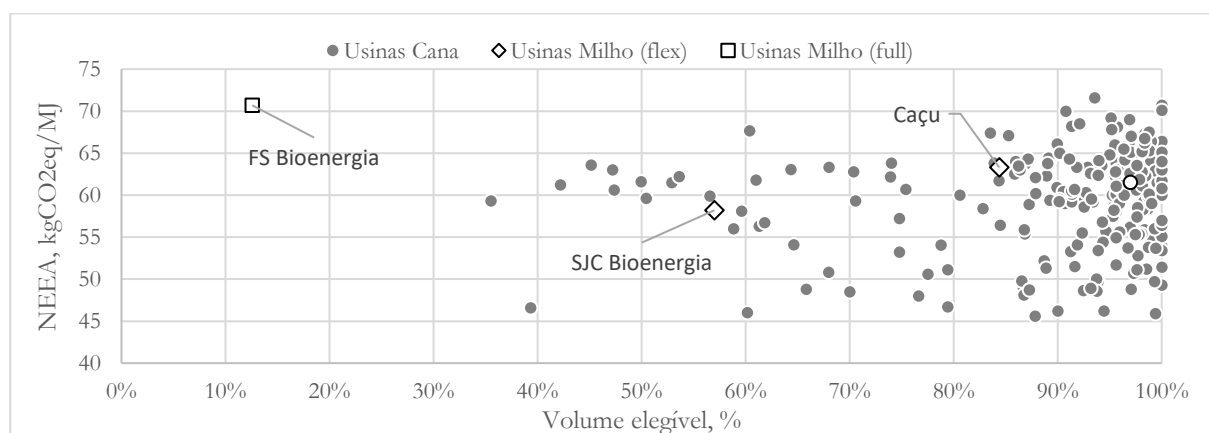


Figura 28. Dispersão das usinas certificadas pelo programa Renovabio pelas Notas de Eficiência Econômica-Ambiental (etanol hidratado) e Volume Elegível.

Fonte: ANP (2020e). Nota: A Nota de Eficiência Econômica-Ambiental (NEEA) refere-se, para cada usina, à economia de emissão de GEE (carbono equivalente) de etanol anidro ou hidratado em relação à emissão da gasolina e o Volume Elegível refere-se ao percentual de biomassa processada passível para certificação nas condições do programa (ANP, 2020e).

A Figura 28 mostra o desempenho (Notas de Eficiência Econômica-Ambiental e Volume Elegível) das usinas de etanol de milho certificadas no período. Nota-se que a única *full* (FS Bioenergia – Lucas do Rio Verde-MT) apresenta a melhor NEEA, isto é, apresenta maior economia em relação ao substituto fóssil, e menor comprovação de volume elegível de biomassa para o programa. Já as usinas *flex* apresenta comportamento próximo das usinas de cana, seja no nível de NEEA ou no volume elegível. Amostra de usinas de milho certificadas ainda é baixa, o que limita as possibilidades de comparação entre os modelos de produção. Moreira et al. (2020) colocam que a pegada de carbono, dentro da abordagem atribucional da Análise do Ciclo de Vida (ACV), de usinas de etanol de milho no Centro-Oeste pode ser favorecida devido ao uso de milho de 2ª safra, que otimiza uso de recursos na rotação com a soja, e ao uso de cavaco de eucalipto como biomassa para equilibrar balanço energético e de vapor. É necessário se ater que o processo de certificação no programa por parte das usinas de etanol de milho é mais complexa por precisar de informações sobre áreas de plantio e uso de insumos de cada fornecedor de milho para as usinas.

5.4. Setores de apoio e governo

A junção e criação de entidades representativas de interesse, bem como as mudanças ocorridas a partir das ações destes agentes, estão presentes na trajetória de desenvolvimento dos setores produtivos (FARINA, AZEVEDO e SAES, 2000). No caso de biocombustíveis, a contextualização destes mecanismos de apoio setorial é ainda mais relevante pela presença de representações industriais e de produção agrícola participativas nas decisões do setor e pela alta influência de decisões governamentais sobre o setor. A presente seção discorre como se deram os incentivos colocados pelas instituições do setor, pelo governo e os estímulos destes no cenário de crescimento do setor de etanol de milho na última década.

O desenvolvimento do setor trouxe a rápida organização de uma entidade institucional representativa para as demandas do setor diante da sociedade e de entidades governamentais federais e estaduais. A União Nacional do Etanol de Milho (UNEM) é criada já em 2017, junto ao ciclo de entrada e investimentos produtivos no setor. A entidade une representantes das usinas FS Bioenergia, Inpasa e USIMAT, além parceiros associados do setor de insumos para as usinas, como e parceiros institucionais, como Aprosoja, Aprosmat, Arefloresta e Abramilho.

Por se tratar de representações de setores agrícolas relevantes para cadeia produtiva de etanol de milho, como a produção de milho, sementes e biomassas, a junção dos parceiros institucionais já estabelecidos nas regiões de atuação das usinas vai de encontro ao compartilhamento de benefícios mútuos com desenvolvimento do setor. Ressalta-se que tais entidades contribuíram para o crescimento inicial por meio de estudos setoriais junto a consultorias privadas e incentivo à troca de informações com países de maior experiência no setor, como os EUA (CONAB, 2018).

A promoção de estudos de instituições foi relevante para maior entendimento do setor. O Instituto Mato-Grossense de Economia Agropecuária (IMEA) realizou um conjunto de análise setoriais e entrevistas direcionadas em 2013 e 2014, que resultaram em importantes estudos de viabilidade econômica para as usinas de etanol de milho, sob diferentes especificações, em Mato Grosso. O intuito do trabalho era servir de guia para entendimento de investidores sobre as potencialidade e riscos do negócio. A metodologia, ações e resultados destes estudos está em OSAKI (2014). Também nesse período, o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) também buscou

analisar a viabilidade econômica e os benefícios ambientais deste modelo de negócio para compreender a dinâmica setorial e colocá-lo nas linhas de crédito da instituição (ver estudo Milanez et al., 2014).

Do ponto de vista da atuação do governo, os incentivos diretos para os *players* do setor observados na última década relacionam-se aos benefícios fiscais em algumas regiões e às alterações de tributos estaduais de etanol hidratado restritos ao estado de Mato Grosso.

Por se estabelecerem na região de alcance pelos benefícios fiscais da Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia (SUDAM) e estarem num setor abrangido pelo benefício, as usinas de etanol de milho presentes na região Médio-Norte de Mato Grosso, como a FS Bioenergia (unidades de Lucas do Rio Verde-MT e Sorriso-MT) e Inpasa (unidades de Sinop-MT e Nova Mutum-MT), puderam tirar proveito da redução de 75% do Imposto sobre Renda de Pessoas Jurídicas (IRPJ) devido nos dez primeiros anos de aprovação da usina no programa. O detalhamento do benefício fiscal concedido pela Sudam está definido na legislação por meio da Medida Provisória N° 2.199-14, de 24 de agosto de 2001 (BRASIL, 2001).

Em Mato Grosso, a Secretaria de Estado de Desenvolvimento Econômico (SEDEC) promoveu, no decorrer de 2019, alterações na disposição de impostos sobre os produtos do setor por meio do PRODEIC Investe Mato Grosso Biocombustíveis. Houve alteração dos Imposto de Circulação sobre Mercadoria e Serviços (ICMS) de fluxos internos e interestaduais de etanol hidratado com origem em Mato Grosso a partir do início de 2020. Houve a elevação do imposto de 10% para 12,5% para a movimentação do biocombustível dentro do estado e diminuição de 12% para 6% para os fluxos interestaduais com origem no estado, com possível alteração para 5,5% e 5% em 2021 e 2022 diante do alcance de metas de movimentação interestadual de 400 mil m³ e 800 mil m³ de etanol hidratado (SEDEC, 2019). O novo arranjo de cobrança do imposto sobre etanol hidratado é coerente com a recente necessidade de crescimento do escoamento do produto oriundos das usinas de Mato Grosso para outros estados (ver Figura 23). Adicionalmente, os fluxos interestaduais de grãos de destilaria e óleo de milho com origem em Mato Grosso têm desconto de 60% do ICMS base.

Ressalta-se que, parte dos incentivos fiscais, como a mudança do ICMS para operações interestaduais ocorreram após a instalação da maioria das usinas atuais. Além disso, o direito para utilização do benefício concedido pela SUDAM é anterior ao estabelecimento das usinas de etanol de milho na região. Portanto, sustenta-se que não se pode relacionar tais medidas com o início das operações de plantas produtivas do setor anteriormente a 2020, ainda que os incentivos fiscais possam impactar na escolha da região de implementação das usinas e na rentabilidade esperada dos projetos do setor.

5.5. Síntese das condições para surgimento e expansão do setor

A investigação do começo e do ciclo inicial de expansão do setor de etanol de milho no país foi o principal objeto de estudo deste capítulo. O início do setor em 2012 com as primeiras usinas *flex* e de baixa capacidade passa por maior atratividade de projetos no setor e, conseqüentemente, um crescimento considerável da capacidade produtiva especialmente a partir de 2017. Nesse intervalo, as condições relevantes vistas nas cadeias produtivas relacionadas ao setor se acomodaram de modo a gerar um ambiente propício para a evolução positiva da capacidade e produção do setor.

A análise locacional das usinas de etanol de milho e dos fatores de oferta de insumos relevantes e de demanda pelos produtos das usinas se colocam como ferramentas relevantes para entendimento da atratividade e da regionalização dos investimentos nas fases iniciais do setor observados no setor. A concentração dos investimentos

no Centro-Oeste e os argumentos para esse movimento estão evidenciados na Figura 29. O conjunto de mapas da figura mostram a localização (i) das usinas de acordo com a capacidade de processamento de milho, (ii) da oferta de milho e eucalipto e (iii) dos rebanhos bovinos, de aves e suínos.

No que se refere à oferta de milho, há sobreposição entre as regiões de alta produção de milho e o estabelecimento das usinas do setor, inclusive com alta correlação entre o potencial produtivo do grão e o tamanho das usinas, isto é, as usinas de maior capacidade de processamento estão próximas de regiões de maior oferta, sobretudo na região Médio-Norte-MT com as usinas *full* (FS Bioenergia e Inpasa). No Sudoeste-GO, há municípios de maior disponibilidade do grão, no entanto, as usinas são *flex* e relativamente menores às observadas em Mato Grosso. As usinas *flex* em Paraná e São Paulo estão inseridas em regiões de menor oferta de milho, o que pode ser um fator para explicar a baixa capacidade de processamento destas.

No caso da biomassa, a relação espacial entre a localização das usinas e a disponibilidade de eucalipto é observada, mas em menor intensidade que a sobreposição vista no milho. Dentro da realidade de Mato Grosso, a principal região produtora de eucalipto está localizada no Sudeste-MT, seguido pela região Médio-Norte-MT com municípios de 5 a 50 mil hectares área plantada com eucalipto. Em Goiás, a região Sudoeste-GO e Leste-GO (divisa com Minas Gerais) concentram as áreas com cultivo de eucalipto do estado. Ressalta-se que usinas *flex* veem o eucalipto como biomassa complementar, portanto, podem demandar volumes menores ou estar em regiões mais distantes da oferta. Isso pode indicar que usinas integradas localizadas nas regiões Sudoeste-GO, São Paulo e Paraná tem menor sobreposição espacial em relação à esta biomassa.

Em relação à demanda pelos grãos de destilaria, a variável a ser considerada é a localização dos rebanhos bovinos, suínos e de aves por ser uma aproximação do potencial de consumo de ração animal. Para o rebanho bovino, Mato Grosso e Goiás apresentam regiões com números relevantes de efetivos animais, além de números relevantes em estados limítrofes, como Pará e Rondônia. Para suínos e aves, a sobreposição entre as unidades produtivas e a concentração dos efetivos é elevada, com as regiões Médio-Norte-MT e Sudoeste-GO sendo referência para a produção e industrialização destes animais em cada estado. O potencial de consumo de ração trazido pela proximidade dos três rebanhos é um trunfo relevante para o setor, visto que a possibilidade de posicionamento destes produtos para diferentes mercados consumidores. As usinas instaladas em São Paulo e Paraná ficam mais restritas ao potencial regional dos rebanhos de aves e suínos, especialmente para atendimento da região central paulista e do Oeste paranaense.

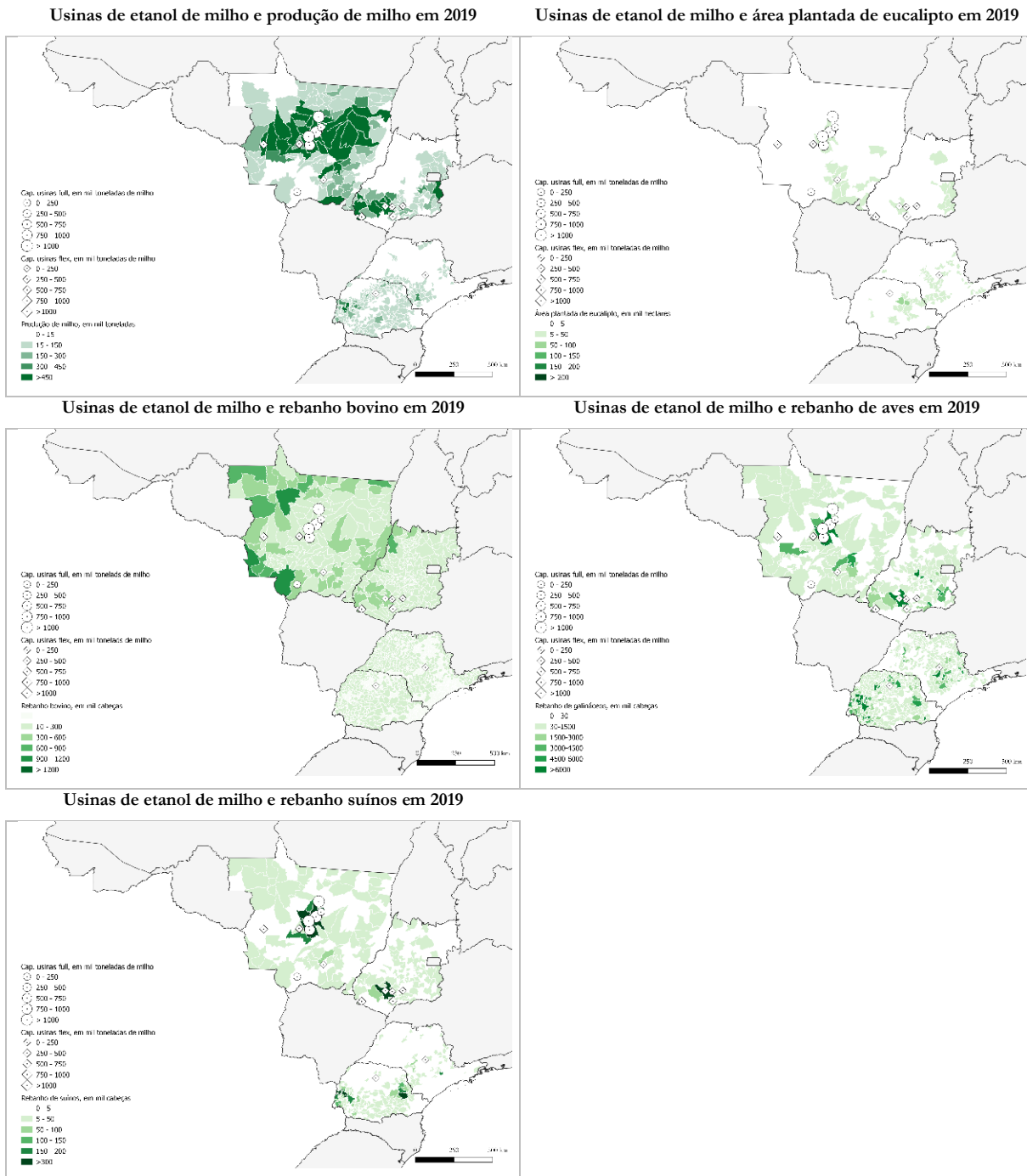


Figura 29. Localização das usinas de etanol de milho (*full* e *flex*), da oferta de milho e eucalipto e da rebanhos bovinos, de aves e suínos.

Fonte: IBGE (2020a), IBGE (2020c), UNEM (2020) e dados da pesquisa.

A continuidade das análises locais até poderia passar pela análise do potencial de consumo das etanol anidro e hidratado, no entanto, como estes são mercados geograficamente menos restritos, a sobreposição entre as usinas e as regiões de consumo podem dar indicações equivocadas, sobretudo ao se observar a dinâmica de escoamento de estado como Mato Grosso.

A ausência de um marco específico para início e crescimento dos investimentos produtivos do setor é um ponto relevante. O desenvolvimento das diferentes condições de demanda pelos produtos da usina e de disponibilidade de fatores de produção, em especial na região Centro-Oeste, indica que vários fatores foram responsáveis pela atração

de investimento no setor. Isto é, defende-se que houve um alinhamento de fatores entre as cadeias produtivas relevantes relacionadas ao setor para criar as condições suficientes para o surgimento e crescimento inicial da capacidade produtiva. A Tabela 8 resume os fatores relevantes para os ciclos produtivos iniciais do setor de etanol de milho de acordo com o modelo analítico adotado.

Tabela 8. Resumo das características relevantes de surgimento e expansão do setor de etanol de milho.

Item	Características e fatores relevantes
1. Condições de oferta de milho	<ul style="list-style-type: none"> • Disponibilidade elevada de milho nas regiões de atuação das usinas; • Preços de milho pressionados pelo diferencial de base elevado (custos logísticos altos) em relação às praças de produção/comercialização do Sudeste e Sul; • Elevado crescimento de produtividade das lavouras de milho em comparação a cana; • Potencial de crescimento de área plantada de milho como 2ª safra na região Centro-Oeste.
2. Condições de oferta de biomassa para vapor e eletricidade	<ul style="list-style-type: none"> • Para usinas <i>flex</i>, presença de excedente de bagaço de cana para uso na unidade integrada; • Possibilidade de produção de eucalipto em áreas marginais de produção agrícola; • Disponibilidade de fontes alternativas para biomassa nos estados de atuação, como soca de algodão.
3. Condições de demanda por etanol	<ul style="list-style-type: none"> • Elevação dos preços de etanol ao consumidor e ao produtor a partir de 2015, com a mudança da forma de precificação da gasolina; • Para Mato Grosso, os preços de etanol hidratado são mais elevados que nas usinas de GO e SP; • Competitividade do etanol em relação à gasolina nos estados de atuação das usinas no período; • Acesso à mercados consumidores deficitários de etanol anidro na região Norte.
4. Condições de demanda por grãos de destilaria	<ul style="list-style-type: none"> • Crescimento e presença de criações animais e indústrias de proteína animal próximo às usinas; • Elevado potencial de substituição de milho e farelos (soja, algodão, etc) pelos grãos de destilaria; • Alta correlação entre preços dos grãos de destilaria e de milho.
5. Condições de demanda por óleo, eletricidade e crédito de carbono	<ul style="list-style-type: none"> • Diversidade de usos do óleo de milho; • Eficiência ambiental potencialmente menor em relação ao processo de etanol de cana.
6. Setores de apoio e governo	<ul style="list-style-type: none"> • Organização rápida da representação institucional própria do setor com a UNEM; • Apoio de entidades de setores relacionados regionais (Aprosoja, Aprosmat, Abramilho, outras) • Incentivo do regime de tributação nas algumas regiões de atuação e de ICMS para os produtos das usinas em MT

Fonte: elaborado pelo autor.

De forma resumida, as usinas se posicionaram em regiões que apresentação elevada crescimento na disponibilidade interno de milho, sobretudo pelo potencial da 2ª safra. A necessidade das exportações para diminuição dos excedentes produtivos levou a preços próximos da paridade de exportações, que, ao serem limitadas pelo alto custo logístico de escoamento da região Centro-Oeste, resultam em preços menores relativamente às praças do Sul e Sudeste. No caso do cereal, é perceptível os ganhos consistentes de produtividade de milho no Centro-Oeste na última década em contraste com estabilidade ou queda da produtividade agrícola da cana-de-açúcar na mesma região e período, o que teria potencial para direcionar os planos de expansão da oferta de etanol, seja pelas usinas integradas ou pelas novas usinas dedicadas. Adicionalmente, as usinas se aproveitaram do excesso de bagaço de cana e do potencial agrícola para cultivo de eucalipto e outras biomassas em regiões marginais de produção agrícola para fazer frente às necessidades da estrutura de cogeração do processo produtivo a partir do grão.

Pelo lado da demanda dos produtos das usinas, o crescimento da capacidade produtiva se intensificou a partir da liberação de preços de gasolina em direção à paridade de importação que, dada a conjuntura de desvalorização do

Real, resultou na elevação de preços do etanol para consumidor e para o produtor. No caso de Mato Grosso, as usinas se beneficiavam de preços recebidos pelas usinas maiores que as regiões tradicionais de produção, como Goiás e São Paulo. Nesse aspecto, as usinas se estabeleceram em estados com maior competitividade do etanol em relação à gasolina em boa parte do período da última década. Além disso, houve o posicionamento da usina em regiões próximas de mercados consumidores de etanol anidro deficitários, como os estados da região Norte. Em relação ao consumo de grãos de destilaria, a potencialidade e proximidade dos rebanhos em geral e de agroindustriais de proteína animal eleva potencial de posicionamento competitivo destes coprodutos enquanto insumo para ração animal. A considerável correlação positiva entre os preços de milho e dos grãos de destilaria coloca um mecanismo implícito de proteção de preços do insumo da usina, isto é, o retorno final da planta produtiva em períodos de elevação de custos de produção por causa do milho pode ser limitado, até certo ponto, pela elevação das receitas com grãos de destilaria. Ademais, a possibilidade de geração e diversificação de receita com comercialização de óleo, energia elétrica – para usinas *full*, e crédito de carbono. Por fim, o estabelecimento de algumas usinas se beneficiou da diferenciação tributária sobre a base imposto de renda, como a SUDAM, e benefícios fiscais sobre os produtores das usinas.

Por outro lado, a experiência do setor ainda é pequena no Brasil e o entendimento das limitações dos ciclos de investimento atuais e de longo prazo devem ser analisadas considerando os riscos potenciais (Tabela 9).

Tabela 9. Resumo dos riscos relevantes para os condicionantes de surgimento e expansão do setor de etanol de milho.

Item	Riscos relevantes
1. Condições de oferta de milho	<ul style="list-style-type: none"> • Elevação forte de preços de milho no mercado nacional nos últimos dois anos; • Janela de plantio curta e instabilidade climática para cultivo de milho 2ª safra; • Competição por originação do grão com exportadores e consumidores internos de ração e baixos níveis de estoques nos últimos dois anos; • Avanço da infraestrutura de escoamento pelo Arco-Norte (portos do Barcarena-PA, Santarém-PA, Itacoatiara-AM e Santana-AM) e maior competitividade do corredor para originação do grão; • Necessidade de investimento em capacidade de armazenamento nas regiões de atuação.
2. Condições de oferta de biomassa para vapor e biomassa	<ul style="list-style-type: none"> • Oferta e restrita no curto prazo para produção de eucalipto e planejamento prévio da originação de eucalipto (5-6 anos); • Disputa por eucalipto ente as usinas e com outros negócios relevantes na região de atuação (armazém e esmagadoras); • Ausência de constância na disponibilidade de biomassas alternativas.
3. Condições de demanda por etanol	<ul style="list-style-type: none"> • Períodos de instabilidade e queda de preços de petróleo em reais e em dólares; • Alterações na matriz automotiva (eletrificação, mandatos de etanol anidro, etc); • Limitação do mercado consumidor de etanol nos estados da região Norte, especialmente para as usinas de Mato Grosso; • Necessidade de escoamento de etanol para os estados de São Paulo e Paraná; • Possibilidade de crescimento da oferta de etanol pelas usinas do Centro-Sul;
4. Condições de demanda por grãos de destilaria	<ul style="list-style-type: none"> • Condições de logística para exportação são limitadas nas regiões de atuação; • Competição dos grãos de destilaria com alternativas de ração milho, farelos, sorgo, etc); • Limitação técnica para escoamento de grãos úmidos de destilarias (WDG e WDGS) para regiões consumidoras mais distantes.
5. Condições de demanda por óleo, eletricidade e crédito de carbono	<ul style="list-style-type: none"> • Dificuldade de elevação da parcela elegível de fornecedores para certificação Renovabio; • Continuidade e rigidez das metas de descarbonização previstas na Renovabio.
6. Setores de apoio e governo	<ul style="list-style-type: none"> • Fim das reduções de ICMS de etanol e coprodutos nos fluxos interestaduais, no caso das usinas de Mato Grosso.

Fonte: elaborado pelo autor.

Dos pontos de atenção relacionados aos insumos utilizados, a conjuntura dos dois últimos anos no mercado de milho foi desafiadores para os setores consumidores em função da forte elevação de preços no mercado brasileiro. Fatores como desvalorização do câmbio, elevação dos preços internacionais e os baixos estoques finais de milho foram responsáveis pelo aumento das cotações do grão. A potencial instabilidade climática e produtiva na 2ª safra e o aumento da competição com as exportações diante do avanço da infraestrutura de escoamento de grãos pelo Arco Norte são pontos de limitação da disponibilidade de milho para as usinas da região que devem ser incorporadas às estratégias de originação das usinas atuais, além do impacto considerável sobre os preços em períodos de maior instabilidade como observado em 2016, 2018 e 2021. No caso da biomassa, os ciclos de médio/longo prazo do eucalipto e ausência de constância de oferta de biomassas alternativas exigem planejamento prévio das unidades atuais e futuras.

Os riscos de demanda por etanol podem ser diferenciados entre (i) fatores gerais sobre setores produtos de etanol, como instabilidade e queda potencial de preços de petróleo do cenário internacional, baixo crescimento da demanda interna, alterações na matriz automotiva, dentre outros, e (ii) fatores específicos para as usinas de etanol de milho, como a limitação do crescimento da demanda por etanol na região Norte e necessidade de escoamento do etanol para outras regiões consumidores. Se o desafio do crescimento do setor produtivo de etanol de milho passa pelo crescimento dos fluxos interestaduais para as regiões Sudeste e Sul, especialmente São Paulo e Paraná, é necessário

ver às condições logísticas de integração entre as regiões, sejam as melhorias nas estruturas já existentes ou os possíveis projetos logísticos de longo prazo. Em Mato Grosso, além das rotas rodoviárias, há a alternativa de escoamento por meio da Ferrovia Rumo Malha Norte (RMN) que, especialmente a partir das estações de Rondonópolis-MT, dão acesso às estações de transbordo no interior e em Santos. Adicionalmente, é discutido a possibilidade de expansão da RMN para cidades mais próximas das usinas de etanol de milho, como Lucas do Rio Verde-MT e Sorriso-MT. Adicionalmente, a possibilidade de construção e uso da Ferrovia Ferrogrão (ligação entre Sinop-MT e Itaituba-PA – ponta da hidrovía do Rio Madeira) pode ampliar o potencial de mercados das usinas do Médio-Norte de Mato Grosso para as cidades economicamente mais relevantes do Pará e, eventualmente, em estados do Nordeste e outros países, desde que seja incentivada e haja infraestrutura adequada para o biocombustível nos sistemas ferroviários, hidroviários. Em Goiás, a início das operações da Ferrovia Norte-Sul, com as estações em Santa Helena de Goiás e São Simão, adiciona possibilidade de uso deste modal para as usinas da região. Além das alternativas rodoviárias e ferroviárias, a expansão da etanolduto para o Centro-Oeste é um fator chave a ser observado no longo prazo. Em menor medida, as alterações nos regimes fiscais dos produtos da usina também podem ter impacto negativo sobre a rentabilidade do setor e atração de novos projetos.

Também é válido ressaltar as recorrentes discussões sobre o *trade-off* de segurança alimentar e energética presentes nos setores de biocombustíveis, sobretudo em períodos de elevação de preços de *commodities* agrícolas. Os debates nesse âmbito foram bastante explorados na experiência norte-americana na década de 2000-2010 (SOLOMON, BARNES e HALVROSEN, 2007). Para o setor, o rápido crescimento da oferta do cereal nas regiões de processamento, visto a oportunidade de plantio na 2ª safra e a baixa competição por áreas com outros grãos, e a conversão de parte do milho em alimentação animal (mesmo uso da maior parte do milho num cenário sem processamento para etanol) diminuem os conflitos presentes nessa discussão. Contudo, a depender do avanço do setor e da conjuntura de preços de grãos, o *trade-off* deve voltar as discussões setoriais, devendo ser preocupação constante de planejamento e comunicação do setor.

6. ESTRATÉGIAS ADOTADAS PELAS USINAS DE ETANOL DE MILHO

6.1. Estratégias de diversificação das usinas de etanol de milho

6.1.1. Breve histórico dos grupos produtivos e adoção das estratégias de diversificação

Este capítulo diminui o foco nas análises da cadeia produtiva do setor de etanol milho e busca caracterizar as ações estratégicas das usinas do setor. O entendimento das estratégias competitivas adotadas pelas usinas de etanol de milho no processo de expansão deve levar em consideração as razões que justificariam tal processo. No arcabouço teórico das estratégias competitivas, o presente trabalho assume que o processo de crescimento das usinas, em especial das usinas *flex*, tem relação com os benefícios estratégicos potenciais do processo de diversificação da matéria-prima em direção ao grão e os impactos sobre o portfólio de produtos a serem comercializados, investimento na estrutura produtiva, dentre outros.

Dessa forma, analisa-se as abções das usinas sob a ótica do processo de diversificação das usinas de etanol de milho, sobretudo analisando as motivações dos *players* para o processo de diversificação trazidas em Penrose (1959, p. 122-125), como (i) a existência de recursos ociosos e oportunidades de crescimento sem mudanças relevantes nas condições técnicas e comerciais; (ii) aversão à alta especialização produtiva e (iii) diminuição das flutuações cíclicas de mercado. Além dos determinantes da cadeia produtiva de etanol de milho no período analisado trazidos no capítulo anterior, as características organizacionais prévias à expansão podem sugerir o caminho e o tipo de diversificação adotado após a expansão produtiva por meio do processamento do grão. A Tabela 10 apresenta as características dos grupos produtivos do setor de etanol de milho em operação no período analisado.

Tabela 10. Caracterização das usinas de etanol de milho em operação no Brasil.

Grupo	Modelo	Características gerais do grupo produtivo
Caçu	<i>Flex</i>	Grupo regional, processador de cana e milho e produtor agrícola de cana
Cereale	<i>Flex</i>	Grupo regional, processador de cana e milho e produtor agrícola de cana
CerradinhoBio	<i>Flex</i>	Grupo regional, processador de cana e milho, produtor agrícola de cana, logística de combustíveis
Cooperval	<i>Flex</i>	Grupo regional, processador de cana e milho e produtor agrícola de cana
Libra	<i>Flex</i>	Grupo regional, processador de cana e milho e produtor agrícola de cana
Porto Seguro	<i>Flex</i>	Grupo regional, processador de cana e milho e produtor agrícola de cana
Santa Helena	<i>Flex</i>	Grupo regional, processador de cana e milho e produtor agrícola de cana
SJC Bioenergia	<i>Flex</i>	Grupo regional, processador e produtor agrícola de cana. JV entre grupo São João e Cargill
USIMAT	<i>Flex</i>	Grupo regional, processador e produtor agrícola de cana. Faz parte do grupo Sipal, que tem atividades em armazenagem agrícola, processamento de fertilizantes e operações portuárias.
Usina Rio Verde	<i>Flex</i>	Grupo regional, processador de cana e milho e produtor agrícola de cana
Bioflex	<i>Full</i>	Grupo regional, processador de milho e produtor de grãos em Mato Grosso
FS Bioenergia	<i>Full</i>	<i>Joint venture</i> entre Summit Agricultural Group e Tapajós Participações.
Inpasa	<i>Full</i>	Grupo paraguaio produtor de etanol de milho.
Safras	<i>Full</i>	Grupo regional, processador de milho e produtor de grãos em Mato Grosso

Fonte: elaboração própria.

O processo de expansão produtiva observada no setor se difere, em grande medida, pelo modelo técnico-produtivo adotado pelos *players*, isto é, as usinas *full* e *flex* tiveram caminhos e ações competitivas diferentes entre si, ainda que estas possam se encaixar, em maior ou menor grau, dentro das estratégias de diversificação. A heterogeneidade dos modelos produtivos e, conseqüentemente, das estratégias competitivas é uma característica relevante do setor. Além da estrutura produtiva, as características de origem e corporativas do grupo produtivo também podem indicar sinergias e benefícios potenciais no processo de diversificação.

No grupo das usinas *flex* analisadas, o perfil da maioria das usinas é parecido com origem no processamento de cana e, posteriormente, expansão para a moagem do grão. A diversificação da matéria-prima principal levou à expansão da capacidade de produção e à inclusão de um conjunto diferente de produtos a serem comercializados. Nesse grupo, alguns grupos apresentam características que puderam facilitar o processo de diversificação por meio da presença e conhecimento em outros elos produtivos relevantes para o negócio de processamento de milho. A SJC Bioenergia, por ser uma aliança entre grupo São João e Cargill, se beneficia da atuação da Cargill no setor de originação de grãos e na produção e comercialização de ração animal, por meio do *know-how* e da estrutura de originação de grãos e das linhas de nutrição animal da multinacional norte-americana no país, além da experiência no processamento do grão nas três usinas de etanol de milho em operação da Cargill nos Estados Unidos (EIA, 2021). A USIMAT também é um exemplo interessante por fazer parte de um grupo Sipal, conglomerado com forte participação em negócios de agrícolas, em especial grãos, em Mato Grosso. O benefício, neste caso, está centrado nas sinergias trazidas pela estrutura de armazenamento de grãos presentes no estado.

Já no grupo das usinas *full*, a origem dos grupos produtivos entrantes no setor é diferente entre si. A FS Bioenergia tem como origem a parceria entre a Summit Agricultural Group, fundo de investimento norte-americano que havia sido proprietária da usina de etanol de milho *Hawkeye Renewables* até 2006 nos EUA, e o grupo Tapajós Participações, grupo focado na região do Médio-Norte de Mato Grosso com atuação nos elos de produção agrícola, originação de grãos, produção e distribuição de insumos agrícolas e logística portuária e de navegação fluvial. A parceria dos dois grupos pode trazer assimilação do modelo produtivo norte-americano dedicado exclusivamente ao processamento de milho, até então, pioneiro no país e o conhecimento da lógica agrícola de grãos na região de atuação das usinas. No caso da Inpasa, a origem de cada uma das unidades produtivas é diferente. A primeira unidade da companhia paraguaia em Sinop-MT foi um movimento de expansão mais vinculado ao processo de internacionalização do que diversificação das atividades produtivas, no entanto, a segunda unidade foi resultado da parceria entre a Inpasa e o grupo O+ Participações, fundo com atuação nos ramos de produção agropecuária, criação e produção de proteína animal e construção civil em Mato Grosso. Nesse caso da FS Bioenergia e da parceria entre Inpasa e O+ Participações, a diversificação depende dos ganhos na capacidade gerencial entre os negócios pré-estabelecidos e a nova oportunidade de investimento.

6.1.2. Avaliação das hipóteses de diversificação das usinas de etanol de milho

6.1.2.1. Oportunidades diante de bases tecnológicas e de comercialização próximas e presença de recursos ociosos

Esta hipótese refere-se predominantemente ao processo de expansão das usinas *flex*. A configuração da base tecnológica e de comercialização da unidade produtiva é um elemento importante para sustentar a hipótese de que a

diversificação das atividades produtivas pode acontecer por meio da existência e compartilhamento de recursos ociosos dentro das usinas. Portanto, vale caracterizar as estruturas e ativos que formam a base tecnológica das diferentes plantas *flex* observadas na experiência brasileira da última década.

A Figura 30 ilustra o esquema das possíveis estruturas produtivas das usinas de etanol de milho no país. Cada retângulo refere-se, de forma conjugada, aos ativos fixos necessários para produção de etanol de milho no modelo *flex*. O retângulo de cor cinza refere às estruturas específicas para processamento de milho e de cor branca refere-se às estruturas compartilhadas entre a unidade de processamento de cana e do grão.

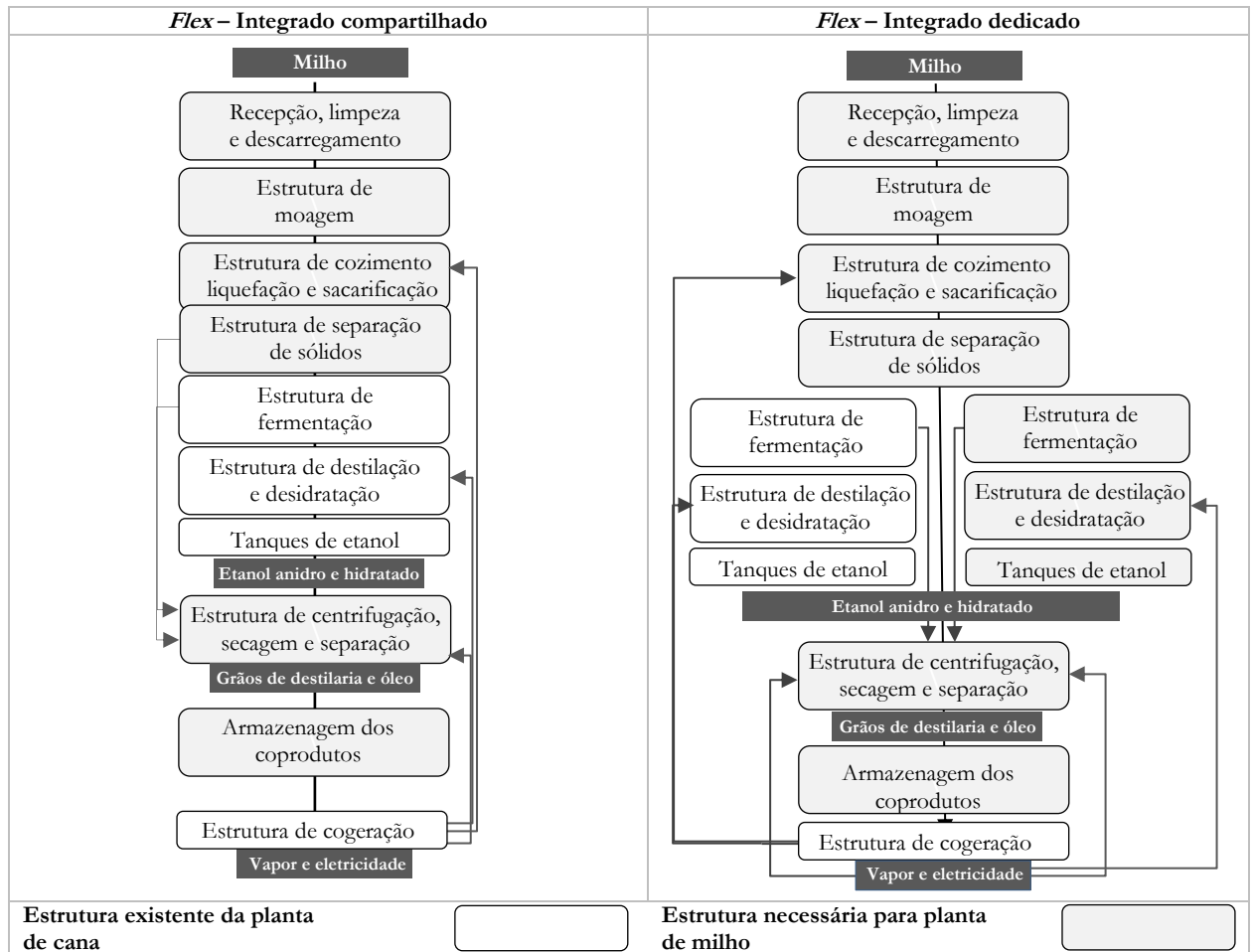


Figura 30. Investimento e compartilhamento da estrutura de processamento de milho para etanol nas usinas *flex*.

Fonte: dados da pesquisa.

No modelo integrado, observa-se duas configurações diferentes entre as usinas: i) aquelas que produzem apenas na entressafra (integrado dedicado) e ii) aquelas que produzem na safra e entressafra (integrado compartilhado). Das dez usinas *flex* consideradas na análise (em operação em novembro/2020), cinco processavam milho apenas na entressafra e cinco durante todo o período. Das dez usinas *flex*, cinco (Usina Rio Verde, Cereale, Cooperval, Usina Caçu e Usina Santa Helena) podem ser configuradas como usinas integradas-compartilhadas, representando 6% da capacidade produtiva de etanol de milho no país em 2020, e cinco (USIMAT, Usina Libra, Porto Seguro, SJC Bioenergia e CerradinhoBio) como usinas integradas-dedicadas, representando cerca de aproximadamente 30% da capacidade nominal de processamento do setor no mesmo ano.

No primeiro caso, como o processamento do milho ocorre somente no período de parada do processamento da cana, parte relevante do parque industrial é compartilhado. As etapas iniciais de processamento do grão

(anteriormente à fermentação e destilação) exigem investimentos específicos nas estruturas de recepção, descarregamento, limpeza e armazenagem do grão e nas estruturas de alimentação às moegas, moagem/trituração do milho, liquefação e separação de sólidos do caldo produzido, visto que esse arranjo produtivo é consideravelmente diferente em termos de equipamentos necessários e de dimensionamento industrial. A partir desse passo, o processo de fermentação, destilação, desidratação, evaporação e armazenagem do etanol produzido ocorre nas estruturas pertencentes à planta de cana-de-açúcar. Além dessa integração, também há compartilhamento das estruturas de cogeração (vapor e eletricidade produzidos com o bagaço de cana) presentes na unidade de cana.

No segundo caso, além das etapas iniciais de processamento do grão, também é necessário investimentos adicional em estruturas de fermentação, destilação e armazenagem específicos para etanol de milho, visto que a unidade processa o grão na safra de cana. Na entressafra da cana, as usinas presentes neste grupo também aproveitam das estruturas de fermentação, destilação e armazenamento de usina de cana-de-açúcar. Isto é, tais etapas ocorrem em paralelo na estrutura prévia de processamento de cana e na nova estrutura de milho no período entressafra. Nestas usinas, também foram observados investimentos na melhoria da capacidade de produção vapor e eletricidade das estruturas de cogeração para dar conta da necessidade do processamento da cana-de-açúcar e do milho durante o ano. Em usinas como USIMAT, CerradinhoBio e Libra, foi observada a necessidade do uso de novas biomassas, como cavaco de eucalipto, resíduos florestais e outros, para geração de vapor e eletricidade usadas pela nova unidade produtiva. Em ambos os casos, são necessários investimentos em estruturas de centrifugação e secagem para produção dos grãos de destilaria e do óleo de milho, além de estruturas de suporte e armazenamento dos coprodutos.

Nos dois modelos *flex*, o ponto relevante e comum é o compartilhamento do bagaço de cana excedente e da estrutura de cogeração da unidade tradicional de processamento de cana-de-açúcar. Até então, o bagaço excedente era destinado para própria estrutura de cogeração, a depender da capacidade da estrutura e da necessidade de usina, ou como um subproduto comercializado entre usinas e para ração animal na bovinocultura. O arranjo para geração de vapor e eletricidade ganha relevância por impactar na estrutura de custos de produção da usina de milho, podendo ser uma vantagem competitiva em relação às usinas *full* que dependem da originação de outras biomassas, e por viabilizar tecnicamente os processos das usinas de etanol de milho, em especial nas etapas de cozimento, liquefação e sacarificação do mosto de milho, destilação e desidratação do etanol produzido e na secagem dos grãos de destilaria.

Fora da estrutura industrial, as sinergias são limitadas à equipe de comercialização e logística de etanol e à estrutura administrativa, sendo necessário a destinação de recursos para estruturação de equipes e competências diferentes para aquisição, transporte e armazenagem de grãos e biomassas, quando é necessário complementar o bagaço, e para comercialização dos grãos de destilaria e óleo de milho. A proximidade da base técnica existente entre as usinas de cana e as usinas integradas de milho diminui quando se observa a base comercial das duas unidades produtivas. Ainda que o principal produto da usina integrada seja o etanol, a existência de coprodutos destinados a mercados, até então, não relacionados à usina tradicional, especialmente ração animal, e a necessidade de estruturar as áreas de relacionamento, originação e logística dos insumos agrícolas específicos para usina de milho limitam a proximidade da base comercial no caminho de expansão das usinas *flex*. Logo, defende-se que proximidade da base comercial seja um elemento menos relevante que a proximidade da base técnica para explicar a decisão de diversificação das usinas *flex*.

A análise das diferenças entre os modelos produtivos passa do entendimento das motivações para diversificação para possíveis vantagens competitivas nas estruturas de custos entre os modelos produtivos.

- i. o compartilhamento de ativos fixos entre as usinas impacta no nível de investimento necessário em cada modelo produtivo, sendo maior, em termos absolutos, no caso da integrada dedicada, visto a necessidade

de aquisição das estruturas de fermentação, destilação e desidratação, de armazenamento de etanol e de aumento da capacidade de cogeração para a utilização da planta produtiva de milho ao longo de todo ano.

- ii. o excedente de bagaço e, conseqüentemente, a possibilidade de compartilhamento de vapor e energia necessária para as unidades de cana e de milho (integrada dedicada e integrada compartilhada) impactam no custo direto de produção de etanol e de coprodutos de processamento de milho – inclusive em comparação com as usinas *full*, dependentes da aquisição de biomassas.
- iii. a sinergia operacional e de equipe dentro da planta e das áreas comerciais comuns, a inclusão de novas áreas na estrutura organizacional e os desdobramentos dos investimentos necessários de cada modelo impactam nas despesas comerciais, depreciação e amortização e despesas financeiras.

O processo de diversificação também passa pela análise do potencial de otimização temporal dos ativos da usina de processamento de cana e de milho após a expansão. A partir das informações reportadas pelas usinas, no conjunto das usinas *flex* analisadas, o tempo médio de operação das unidades produtivas sai de 6 a 7 meses de operação, antes da diversificação, para aproximadamente 11 meses, após a diversificação, funcionando entre 330 e 340 dias por ano. A tempo necessário para a parada técnicas da estrutura de processamento de milho fica entre 20 e 30 dias.

No caso das usinas integradas compartilhadas, se, por um lado, há otimização das estruturas compartilhadas na entressafra, por outro, os ativos utilizados entre as etapas de recebimento e fermentação na unidade de milho ficam ociosos no período de processamento de cana. Isto é, a usina decide por diminuir a ociosidade da estrutura compartilhada de cana ainda que gere ociosidade das estruturas específicas do milho no período de safra de cana. No caso das usinas *flex* integradas dedicadas, esse cenário não acontece visto que a estrutura específica de milho é utilizada praticamente todo o ano. Ressalta-se que, nos dois casos, a estrutura de cana não é otimizada durante o ano inteiro, visto que, no mínimo, as estruturas específicas para processamento de cana, como os ativos de recepção e moagem de cana e de produção de açúcar por exemplo, continuam sem uso no período de entressafra de cana.

O compartilhamento de parte dos ativos industriais da unidade de cana, em especial os utilizados na produção do etanol e na cogeração, e de vapor e energia elétrica por meio da queima do excedente do bagaço de cana da usina tradicional são sinergias relevantes observadas na base tecnológica do processamento de cana e milho. Por outro lado, a divergência da base comercial com a inclusão de novas áreas para aquisição do grão e biomassa e de comercialização de coprodutos em mercado diferentes dos atuais para as usinas de cana limitam a aceitação completa dessa hipótese como razão para processo de diversificação.

6.1.2.2. Atenuação dos ciclos de oferta e de preço de etanol

A hipótese de atenuação dos ciclos de oferta deriva-se do tópico anterior ao considerar que certos modelos de produção ou mercados podem apresentar ociosidade temporal dos recursos produtivos ou dos produtos comercializados pelas firmas. Para a pesquisa, essa hipótese pode ser encarada como um motivo tanto para as usinas *flex* quanto para entrada das usinas *full* no mercado nacional, no entanto, restringe-se apenas aos fluxos de etanol, não contemplando o restante do portfólio gerado pelo processamento de milho.

O fluxo de produção de etanol a partir do modelo tradicional de processamento de cana é fortemente caracterizado pela sazonalidade decorrente das limitações técnicas da matéria-prima, que são restritas pelo ciclo de colheita na fase agrícola e de processamento rápido pela usina. Isso impõe que as operações agrícolas e industrial sejam bastante otimizadas dentro do intervalo técnica e economicamente viável de uso da cana-de-açúcar. O milho, por sua

vez, tem menor restrição temporal devido a possibilidade de armazenamento sem perda das características relevante para o alcance do rendimento industrial pelas usinas do setor. Para validação da hipótese, investiga-se como se dá a sazonalidade de oferta de etanol de milho e se isso permite janelas de oportunidades mais atrativas na comercialização do biocombustível.

A Figura 31 mostra a produção quinzenal de etanol anidro e hidratado pelas usinas de etanol de milho e de cana na região Centro-Sul nas últimas sete safras, além da participação da relativa do etanol de milho no fluxo quinzenal total. De forma direta, é possível observar que volume produzido de etanol de milho bem menor do que o produzido a partir de cada em todo período analisado. Enquanto a produção de etanol de cana atinge mais de 2,5 milhões de m³ no pico quinzenal da safra, o biocombustível de milho fica, no máximo, em 0,1 milhão de m³ na quinzena mais relevante. De novembro a março, período de entressafra de cana, a participação da oferta de etanol de milho em relação à total é mais relevante, representando mais de 80% da produção total nas safras 2017/18 e 2019/20. O movimento é reflexo da própria queda de processamento de cana no período e do incremento de produção das usinas *flex*.

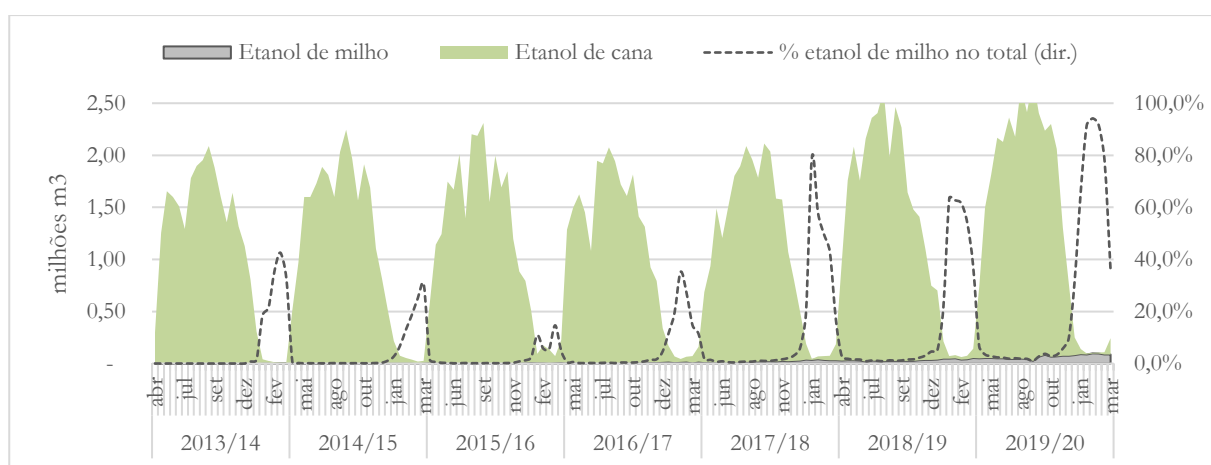


Figura 31. Produção quinzenal de etanol total no Centro-Sul, a partir de cana e de milho.

Fonte: UNICA (2020a).

A sazonalidade do processamento de milho para etanol e a relação inversa com a produção de etanol ficam mais claras quando se analisa a participação da produção quinzenal dentro do ano safra (Figura 32). O primeiro gráfico mostra o comportamento da participação da produção de etanol a partir de cana e de milho ao longo de cada ano safra. O alto percentual no período ano de observação da produção de etanol de milho (safra 2013/14) é explicado pela concentração da produção somente em modelo *flex* integrado compartilhado, uma vez que não havia unidades produtivas com processamento durante todo período. Ao longo dos outros anos, observa-se que, ainda que a produção de etanol de milho se concentre nos meses de entressafra de cana, o processamento do grão ocorre durante todo o ano, inclusive nas safras anteriores ao início da operação das usinas *full*, o que sinaliza para existência do modelo *flex* integrado dedicado desde o princípio do setor. Além disso, nas safras 2018/19 e 2019/20, pode se observar maior regularidade do fluxo de produção de etanol de milho, visto que os vales e picos do indicador se aproximam em relação ao observado antes desse período. Isso pode ser explicado pelo crescimento da oferta do biocombustível a partir do modelo *full* que apresenta maior regularidade de processamento se comparado com os modelos *flex*.

Na média das safras analisadas, a sazonalidade do processamento de milho passa a crescer a partir de junho e julho, momento em que colheita do grão de segunda safra se inicia e ganha mais força no campo nos estados de Mato Grosso e Goiás. Essa é uma característica específica das unidades de produção de milho. Ainda que haja

produção durante todo ano e que os dados seguem o padrão temporal herdado do processamento de cada (de abril a março), as usinas de etanol de milho organizam o início do período de processamento a partir do recebimento do grão em meados de junho e deve gerir a política de origemação e de armazenamento do insumo suficiente para completar o ciclo safra até maio do ano seguinte.

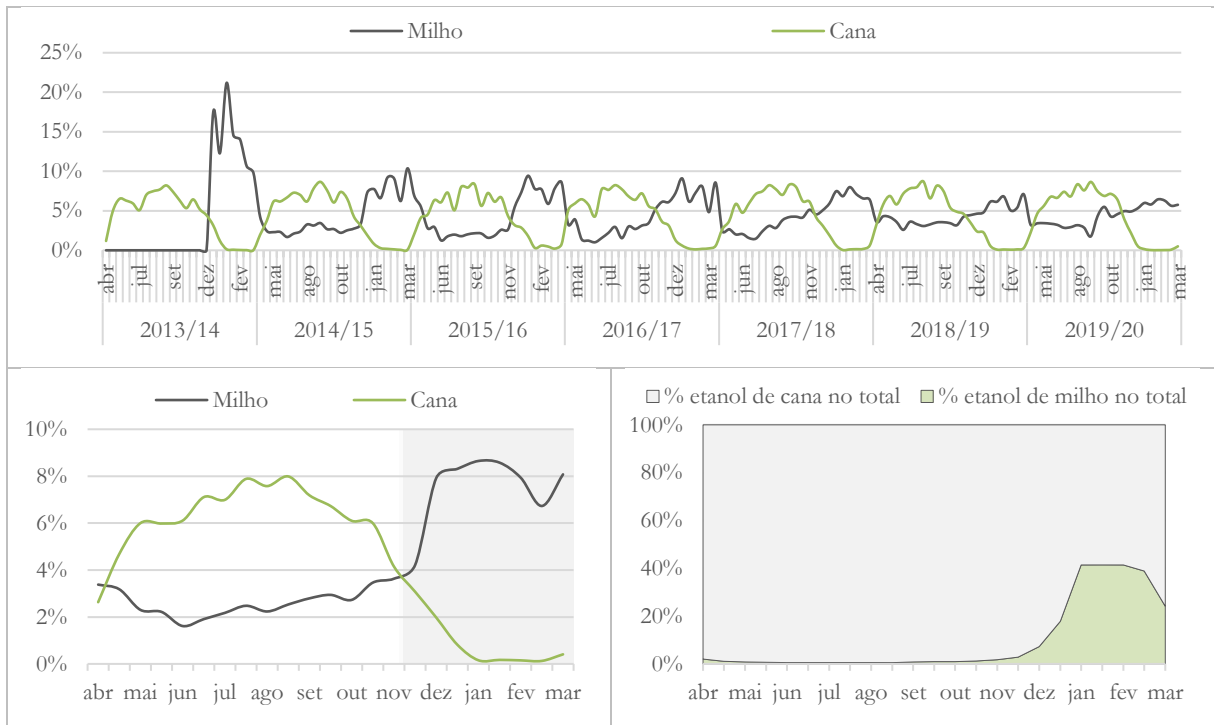


Figura 32. Sazonalidade de produção de etanol no Brasil, a partir de cana e de milho.

Fonte: UNICA (2020a).

Uma vez caracterizada a sazonalidade da produção de etanol de milho, pode-se partir para análise das oportunidades da relação inversa entre processamento de cana e de milho e da regularidade de oferta de etanol durante todo o ano. A oportunidade mais evidente reside na análise do diferencial de preços entre a safra e entressafra de cana que poderia ser aproveitada pela produção de etanol de milho das usinas *full* e *flex*.

Para visualização desta análise, considerou-se o indicador de sazonalidade média entre 2013/14 e 2019/20 dos preços de etanol hidratado ao produtor em Mato Grosso e Goiás e da produção de etanol de milho (Figura 33). Os indicadores de sazonalidade de preço e produção foram definidos pela diferença percentual entre o preço médio do mês corrente e preço médio no ano todo, ambos considerando período de 2013/14 e 2019/20. Na figura, o indicador é sazonalmente maior quando a curva ultrapassa o nível de 0% (linha preta) e sazonalmente menor, caso contrário.

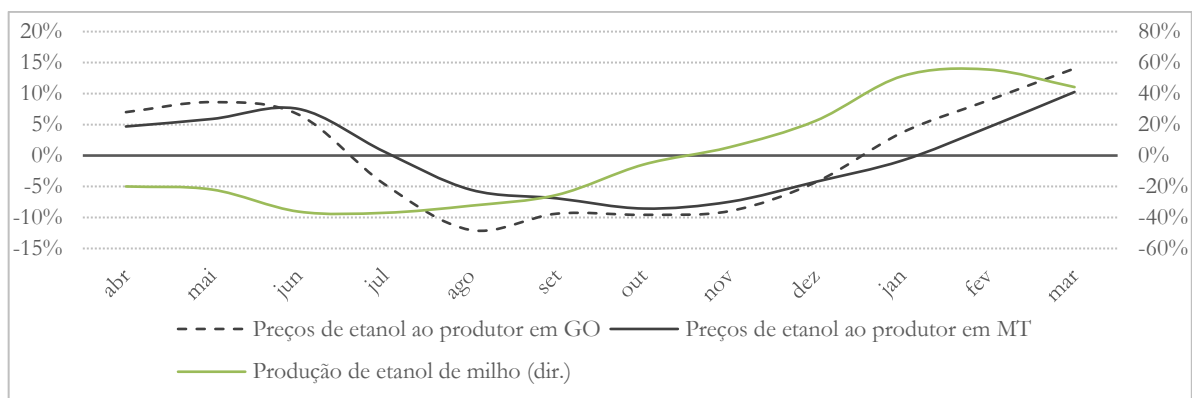


Figura 33. Indicador de sazonalidade de preços de etanol ao produtor e de produção de etanol de milho.

Fonte: UNICA (2020a) e CEPEA (2020b). Indicador de sazonalidade definido como a diferença percentual entre o preço médio do mês corrente e preço médio no ano todo, considerando período de 2013/14 e 2019/20.

De início, a sazonalidade de preços de etanol nos estados analisados é menor que observada na produção de etanol de milho. Isso se deve à lógica de processamento de etanol de milho que concentra sua produção na entressafra de cana e aos volumes estocados e disponibilidade de etanol de cana ao longo da entressafra.

Os períodos de maior produção de etanol de milho (de novembro a março) coincidem, em parte, com momentos de preços mais elevados (de dezembro a março) nos estados relevantes para o setor, caracterizando uma janela de oportunidade interessante para composição das receitas das usinas do setor. O fato da produção absoluta de etanol de milho ainda ser baixa em relação à produção de cana no Centro-Sul abre possibilidade para que a sazonalidade de preços de etanol seja direcionada pelo ciclo de produção de etanol de cana e pelo custo de carregamento do etanol ao longo do período de entressafra.

Pode-se perguntar quão sustentável tende a ser tal oportunidade visto que o crescimento da produção de etanol a milho tende a regularizar a oferta do biocombustível, em especial à nível estadual. No entanto, como os mercados potenciais de consumo dessa produção são ainda dependentes do etanol de cana, é razoável esperar que sazonalidade de preços do biocombustível continue direcionada pela lógica temporal de produção de etanol de cana. Além disso, a arbitragem geográfica potencial entre mercados com relevância da produção de etanol de milho e mercados com relevância do etanol de cana pode abrir oportunidades de escoamento, sustentando a lógica sazonal de preços.

Além da oportunidade de mercado, maior regularidade tem benefícios práticos na operação da usina como estabilidade no quadro de equipe industrial, na oferta e das campanhas de comercialização dos coprodutos e operações produtivas e de logísticas mais ajustadas ao longo do ano. Para usinas *flex* e *full*, a regularidade de oferta de etanol e de coprodutos pode representar menor sazonalidade de receitas da unidade produtiva se comparada com modelo exclusivo de cana, ainda que isso dependa da estratégia de comercialização e estocagem de cada usina.

6.1.2.3. Diminuição dos riscos da especialização produtiva

A hipótese de aversão aos riscos da especialização pressupõe que o mercado relacionado à atividade anterior ao movimento de diversificação esteja estagnação ou com potencial de crescimento menor que a nova atividade produtiva. No setor de etanol de milho, a diversificação inicia-se na mudança da escolha da matéria-prima a ser

processada e desdobra em novos produtos potenciais e, conseqüentemente, em novos mercados de atuação. Portanto, parte inicial da análise da hipótese passa por entender os desafios relacionados à originação de cana-de-açúcar e encarados pelo setor antes da decisão de diversificação (após 2012), em especial na região Centro-Oeste.

Se na primeira década do século a área e produção de cana-de-açúcar no Centro-Oeste cresceram, anualmente, 12,3% e 15,4%, de 2010 a 2019 registrou-se taxas de crescimento mais tímidas (área cresceu 6,1% a.a. e produção 4,6% a.a.), com destaque para estabilidade (0,4% a.a.) na produção de cana entre 2015 a 2019 (UNICA, 2020b). A segunda década foi ainda pior no âmbito nacional, com a área e produção no país se mantendo praticamente estável no período – 1,3% a.a. e 0,4% a.a., respectivamente. Shikida (2013) aponta, que para a região Centro-Oeste, as carências de infraestrutura de transporte tanto para açúcar quanto para o etanol, a baixa tradição da região na produção de cana e a instabilidade na estrutura de precificação de etanol trazidas pelo posicionamento do governo à época.

Outro ponto negativo que merece atenção e resultado dos desafios gerais do setor é o comportamento da produtividade dos canaviais. Na região, o rendimento, medido em toneladas de cana por hectare, cresceu apenas 0,1% a.a. de 2005 a 2019; já a produtividade, medida em quilos de ATR por tonelada de cana processada, subiu 0,3% a.a. no mesmo período. Merece destaque a queda dos dois indicadores de produtividade a partir de 2009 e o fato desse comportamento também ocorrer praticamente à nível nacional (Figura 34).

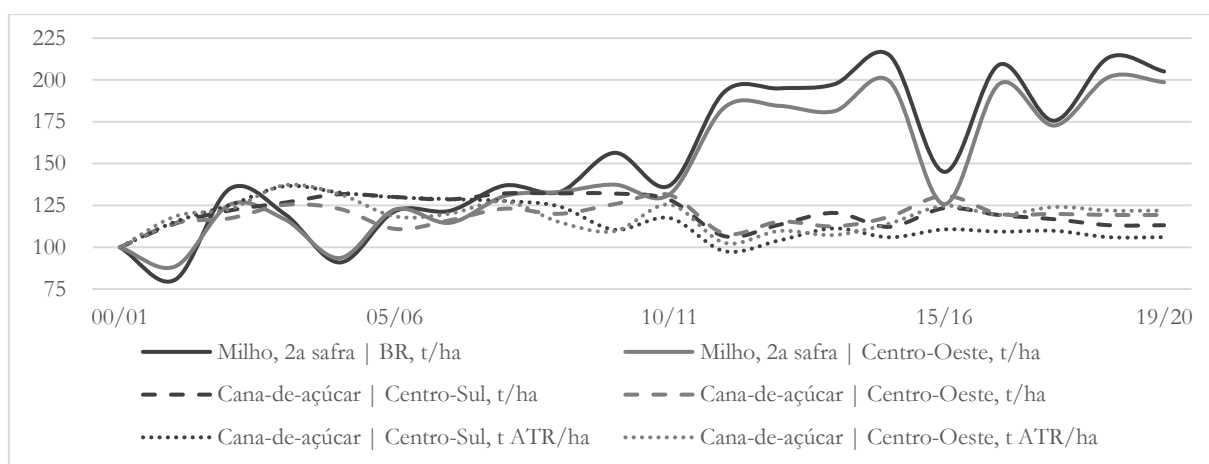


Figura 34. Índice de produtividade de cana-de-açúcar e de milho em regiões selecionadas. Base 100: 2000/2001.

Fonte: para dados de cana-de-açúcar, UNICA (2020b) e, para dados de milho, CONAB (2020c). Nota: para cálculo da produtividade em ATR, foi considerado o mix produtivo do setor sucroalcooleiro disponível em UNICA (2020b), transformado em ATR de acordo com os coeficientes de conversão apresentados em UDOP (2020) e, depois, dividido pela área plantada.

Num cenário de estabilidade de produtividade agrícola e do rendimento industrial, o planejamento de expansão passa por incorporação novas áreas para produção de cana. Especificamente para Mato Grosso, o crescimento de área plantada é limitado por fatores regulatórias relacionadas zoneamento agroecológico da cultura (MANZATTO et al., 2009), além da competição com grãos e a baixa cultura regional dos produtores em adotarem o cultivo da cultura. Ressalta-se ainda que os modelos de originação de cana no Centro-Oeste são mais verticalizados que em outros estados relevantes (POSTAL, 2014), logo, a expansão de área plantada exige investimentos relevantes próprios da usina.

Estabilidade da produtividade agrícola dos canaviais nas últimas décadas, os desafios de originação como a dificuldade de incentivar produção agrícola por meio de arranjos menos verticalizados e as restrições regulatórias de expansão de área plantada para cana-de-açúcar, em especial em Mato Grosso, configuram como mais um elemento

para justificar a busca do modelo produtivo baseado no processamento do milho, seja *full* ou *flex*. Reforça-se que os desafios de renovação dos canaviais podem não ser tão rápidos de serem superados, dado a baixa taxa de renovação, a concentração em materiais mais antigos e a própria característica de semiperenidade da cultura, que dificulta a incorporação mais rápida e constante de materiais mais tecnológicos. Por outro lado, é necessário acompanhar o movimento recente de novos materiais com biotecnologia e desdobramento sobre a produtividade dos canaviais.

Além dos desafios, a diversificação da matéria-prima em direção ao milho implica na relação com novos mercados consumidores e, conseqüentemente, de potencial alteração da composição das fontes de receita das usinas. A Tabela 11 descreve, qualitativamente, o mix de produtos das usinas de etanol de milho antes e depois da decisão de expansão. Foram considerados como opções de produtos, antes da diversificação, o mix habitual das usinas de processamento de cana, como etanol, açúcar e outros coprodutos, e outros produtos não relacionados à usinas de cana, e, após a diversificação, o etanol, grãos de destilaria, óleo de milho e energia elétrica produzidos exclusivamente na unidade de processamento de milho. Sabe-se que, atualmente, algumas usinas do setor tem os créditos de descarbonização dentro do portfólio, no entanto, isso não está relacionado ao processo de diversificação e, por isso, foi desconsiderada na análise comparativa.

Tabela 11. Detalhamento do portfólio das usinas de etanol de milho.

Usinas	Tipo	Antes da diversificação		Após a diversificação			
		Produção usual da usina de cana	Outros produtos e setores ^{1\}	Etanol	Grãos de destilaria	Óleo	Energia elétrica
Caçu	<i>Flex</i>	X		X	X	X	
Cereale	<i>Flex</i>	X		X	X	X	
CerradinhoBio	<i>Flex</i>	X		X	X	X	
Cooperval	<i>Flex</i>	X		X	X	X	
Libra	<i>Flex</i>	X		X	X	X	
Porto Seguro	<i>Flex</i>	X		X	X	X	
Santa Helena	<i>Flex</i>	X		X	X	X	
SJC Bioenergia	<i>Flex</i>	X		X	X	X	
USIMAT	<i>Flex</i>	X		X	X	X	
Usina Rio Verde	<i>Flex</i>	X		X	X	X	
FS Bioenergia	<i>Full</i>		X	X	X	X	X
Inpasa	<i>Full</i>	NA	NA	X	X	X	X
Bioflex	<i>Full</i>		X	X	X	X	
Safras	<i>Full</i>		X	X	X	X	

Fonte: dados da pesquisa com base nas informações reportadas pelas usinas. 1\ Produtos e setores não relacionados às usinas de cana. NA: não se aplica.

A expansão do portfólio das usinas *flex* passou pelo crescimento da produção de etanol a anidro e hidratado e pela inclusão de grãos de destilaria e óleo de milho, ou seja, somente a parte dos novos produtos pode se configurar como diversificação do mix de produção. Nesse caso, é importante entender como a inclusão destes produtos impactam na diversificação da composição de receita desse tipo de usina. Pelos relatórios de informações financeiras da companhia, a CerradinhoBio concentrava 82% das receitas operacionais totais na venda de etanol e o restante na comercialização de energia elétrica e outros produtos em março/2019 – anterior a operação da unidade de

processamento de milho. Em março/2021 – 1º ano completo com a moagem do grão, o percentual do etanol caiu para 78%, enquanto a receita com grãos de destilaria ficou em 6% e energia elétrica em 9%. É um caso em que as operações da unidade de milho levaram à diminuição da relevância do etanol nas receitas totais da companhia, reforçando a ideia de que a incorporação do processamento de milho possa reduzir os riscos de especialização produtiva também pelo lado das receitas.

Para as usinas *full*, o portfólio anterior à entrada no mercado de etanol de milho é mais diverso devido aos setores das companhias de origem do investimento. No caso da FS Bioenergia, os outros produtos considerados na tabela acima referem-se aos diferentes setores em que *Summit Agricultural Group* e Tapajós Participações participam. Para Inpasa, não houve alteração do mix de produtos ofertado nas unidades produtivas paraguaia. Para Bioflex e Safras, os outros produtos se referem à produção agrícola. Em comparação com as usinas *flex*, as usinas exclusivas de etanol de milho apresentam portfólio mais amplo visto que, além do etanol, grãos de destilaria e óleo de milho, também há comercialização do excedente de energia elétrica das estruturas de cogeração desse grupo de usinas.

A expansão do portfólio para os grãos de destilaria também abre espaço para discussão estratégica de diferenciação de produtos e captura de valor, seja nas condições técnicas dos produtos comercialização, como definição de cor, umidade, percentual de fibra e proteína bruta, dentre outros fatores nutricionais, ou na forma como são direcionadas no mercado à criações específicas. Empresas como FS Bioenergia e SJC Bioenergia apresentam diferentes tipos de grãos de destilaria para bovino de corte, bovinos de leite, suínos e aves, em geral direcionado pelo percentual de umidade e de proteína bruta na composição do produto.

A entrada no mercado de ração animal, por meio da comercialização dos grãos de destilaria ou de óleo de milho, pode ser considerada estratégico devido ao potencial de crescimento, integração e fortalecimento de cadeias de proteína animal relevantes e próximos da localização da usina e ao acréscimo de receita para as unidades no país. Nota-se que a participação média da receita dos grãos de destilaria e óleo de milho chegou a 18% das vendas totais no ano safra 2020/2021 (Figura 35).

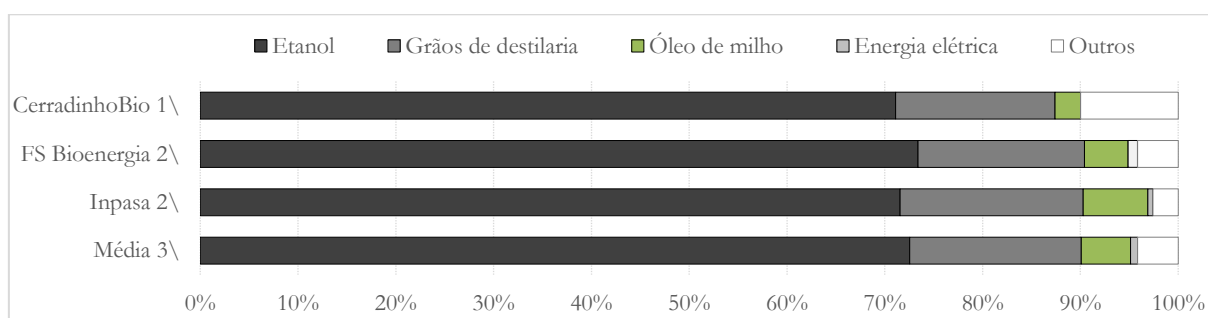


Figura 35. Composição das receitas das usinas processadoras de milho no ano safra 2020/2021.

Fonte: dados da pesquisa a partir dos reportes financeiros. ^{1\} Considera apenas a unidade de etanol de milho. ^{2\} Consideram a receita de todas as unidades que formam o grupo. ^{3\} Média ponderada pela receita total das companhias.

No caso do óleo de milho, a possibilidade de diferentes usos também permitiu acesso aos outros mercados consumidores, como matéria-prima para biodiesel, para ração animal e outros usos químicos, e desenvolvimento de linhas específicas de produtos. A nível das usinas, uma experiência interessante é a destinação de óleo para fabricação de adjuvantes agrícolas sob marca própria IOP, das unidades produtivas da Inpasa.

Adicionalmente, a partir da análise do mix de produtos, pode se sustentar, de forma geral, que o processo de expansão das usinas *flex* podem se enquadrar, segundo metodologia de Wood (1971), como uma diversificação

horizontal, uma vez a expansão do portfólio é e base tecnológica apresentada por estas usinas são relativamente próximos do observado antes da diversificação. Pela ótica das usinas *full*, a configuração do portfólio indica uma estratégia de diversificação em conglomerado, visto que, ainda que as empresas, exceto a Inpasa, tenham alguma experiência trazido de outros negócios como produção agrícola, lógica produtiva e de negócio, base tecnológica e o novo mix de produção são consideravelmente diferentes do apresentado antes da diversificação em direção ao setor de etanol de milho. Nesse caso, há grande importância para novos negócios e exigindo alta capacidade gerencial. Para Inpasa, o crescimento está mais relacionado com processo de expansão do escopo geográfico de atuação do que do modelo produtivo.

Em resumo, a diversificação da escolha da matéria-prima a ser processada, além de ser uma resposta aos desafios de produção e originação da cana-de-açúcar, gera ampliação do mix produtivo e dos mercados relevantes para as empresas, em especial o de ração animal, e altera a composição das receitas das usinas, diminuindo a dependência relativa das vendas de etanol. Entende-se, portanto, que a especialização produtiva pode ser reduzida tanto pela incorporação da nova matéria-prima quanto pela diversificação quantitativa e qualitativa do mix produtivo. Como poucas companhias reportam publicamente as informações de receita, é necessário verificar a estrutura de receita das outras usinas para ampliar a hipótese ao setor.

6.2. Custo de transação e estratégia de originação de milho

6.2.1. Caracterização da estrutura de governança e ferramentas para originação

A escolha pelo processamento do milho por parte das usinas *full* e *flex* leva a questões relevantes estratégicas relacionadas às estruturas de governança para originação e a questões de ordem mais prática como o uso de instrumentos, as políticas de relacionamento com produtor e condições logísticas e de armazenamento do grão. Essa relação é ainda mais relevante porque, além da relevância do milho para composição de custos de produção, marca uma mudança no paradigma do setor de produção de etanol como um todo para modelos de originação da matéria-prima menos verticalizados, o que abre oportunidades para ações estratégicas diferentes dos habituais do setor alcooleiro.

Antes de caracterizar as estruturas e ferramentas de originação, faz-se necessário trazer as características do grão e dinâmica e os desafios de comercialização de milho, em especial questões temporais e competitivas pela originação do grão, fatores relevantes para entender os custos de transação do produto. A abordagem da Economia de Custos de Transação coloca como determinantes relevantes para caracterizar as transações a especificidade do ativo, frequência da transação e as incertezas do ambiente produtivo. No caso milho transacionado pelas usinas, pode-se definir

- i. especificidade como baixa, visto que a amplitude de usos do grão no mercado interno, como a produção de ração, uso alimentício, o processamento em diferentes indústrias, além das destinações para o mercado externo. Dentre as classificações da especificidade, o milho não apresenta restrições geográficas ou temporais, visto a dispersão da produção do grão e que, sob condições apropriadas de armazenamento, não há perda ou diferenças ao longo do tempo. Os diversos potenciais de uso, por outro, também tendem a aumentar a liquidez pelo grão entre os *players* de originação;

- ii. a frequência de transação como alta, considerando a necessidade de originação do grão durante praticamente todo o ano e a alta dependência deste insumo para funcionamento da unidade produtiva, em especial nas usinas *full*;
- iii. a incertezas no ambiente produtivo como de médio a elevada, uma vez que há riscos climáticos relevantes, em especial da produção de 2ª safra no Centro-Oeste, e potencial dificuldade de cumprimento de acordos prévios entre as usinas e o produtor.

Nas usinas analisadas, ainda que cada unidade tenha estratégias e estruturas de originação diferentes entre si, observou-se um mix de originação entre a compra *spot* de milho de terceiros, em especial após a colheita da 2ª safra, e o uso de contratos padronizados antecipados de aquisição do grão, com definições pré-determinadas de volume de compra, preço de aquisição, local e data de entrega, quesitos de qualidade física do grão, responsabilização pela logística e salvaguardas para não cumprimento do condições definidas. Esse tipo de contrato se assemelha ao conceito de “*marketing-specification*” presente na tipologia de contratos de produtos agrícolas apresentadas em Jia e Bijman (2014), em que o comprador tem baixa espaço para controle das condições de produção, no entanto, o compartilhamento de riscos também é limitado.

Nesse caso, o modelo de negócio das usinas de processamento de milho, no que se refere à originação de grãos, pode ser considerado como especializado, isto é, sem integração vertical no elo de produção agrícola, ainda que se observe comercialização internas de milho quando os sócios das usinas também são produtores agrícolas. No entanto, as negociações são realizadas por meio das estruturas contratuais colocadas acima. A escolha entre estruturas puras de mercado e híbridas de originação do grão se mostram coerentes com as características das transações relacionadas ao milho, visto que o balanço dos três determinantes colocados acima, considerando sobretudo a baixa especificidade do ativo, apontam para riscos das transações limitados e, por consequência, custos de transações baixos, o que sugeriria estruturas de coordenação mais próximas da estrutura de mercado. Por outro lado, a alta frequência e incertezas no ambiente produtivo demandam ações de monitoramento e relacionamento próximo entre os elos produtivos. Em resposta a isso, além das ferramentas contratuais pré-determinadas, as áreas de originação de grãos das usinas devem estar bem estabelecidas nas regiões de originação de grão, de modo a fazer valer as condições iniciais dos acordos entre produtores de milho e as usinas ou antecipar possíveis riscos de não cumprimento dos contratos. Observa-se que as usinas de maior capacidade produtiva, como FS Bioenergia e Inpasa, têm áreas específicas de originação e inteligência de mercado para monitoramento dos riscos de mercado de grãos, como oscilações de preços nacionais e internacionais e condições climáticas na região de aquisição, além de outros fatores competitivos de mercados relacionados.

A disponibilidade de *players* interessados no grão (Figura 36) e as condições de competição pelo grão também deve ser levada em consideração para definição das estratégias de originação. Conforme colocado no capítulo anterior, o crescimento das exportações é uma característica relevante do quadro de oferta e demanda na região relevante para o setor na última década. A presença de empresas voltadas para exportação de grãos, além de gerar competição no acesso direto ao produtor rural, traz consigo a dinâmica e o uso de ferramentas para aquisição antecipada do grão. Como exemplo de outros originadores relevantes, além da competição entre as usinas de etanol em si, estão produtores/formuladores de ração, indústrias de proteína animal para consumo próprio e de criadores integrados e cerealistas, que podem ou não adotar mecanismos de compra adiantada, e de revendas de insumos agrícolas, que veem as operações de *barter* como possibilidade de acesso ao produtor para venda de insumos. Ressalta-se que estes *players*, além de competidores na via direta de acesso ao produtor, são parceiros potenciais para originação de grão para as usinas de etanol de milho, ainda que possam incorrer em custos mais elevados de originação, a depender da

remuneração do intermediário. Adicionalmente, a presença destes *players* depende de questões organizacionais das cadeias produtivas de cada região de atuação da usina. Usinas no Sudoeste de Goiás, em São Paulo e Paraná têm maior exposição à originadores como cooperativas e cerealistas. Usinas em Mato Grosso, por outro lado, têm maior exposição à *tradings* e revendas agrícolas.

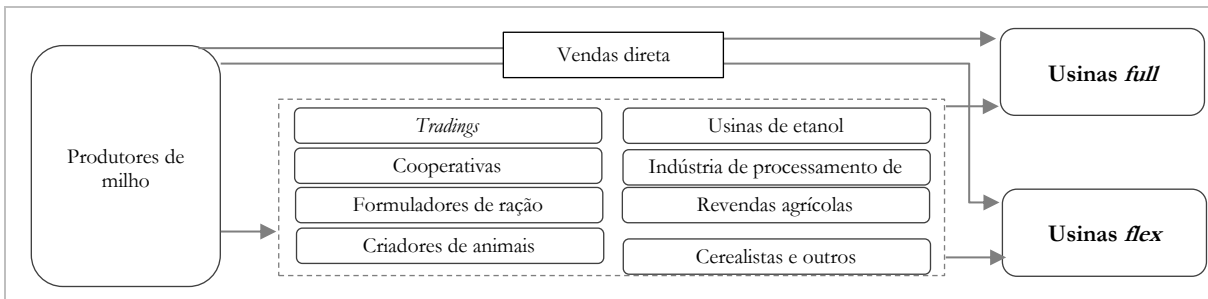


Figura 36. Tipos de *players* e cadeia de originação de milho para etanol de milho.

Fonte: dados da pesquisa.

Outra característica relevante para o ambiente de originação de grãos é sazonalidade de produção e comercialização do milho nos estados relevantes para as usinas do setor, uma vez que há impacto na antecipação das ações de compra e na estratégia de armazenamento dos grãos. A Figura 37 traz o período comum de comercialização de milho por parte dos produtores e a sazonalidade média de preços do grão nos estados de Mato Grosso e Goiás de entre 2014/2015 e 2019/2020. Nos últimos anos, a comercialização dos produtores do milho inverno nos dois estados se inicia na temporada anterior à safra de referência, isto é, em maio do ano anterior ao plantio inicia as vendas antecipadas do grão. Na época de plantio (meados de janeiro e fevereiro), a respectiva safra já se encontra em aproximadamente 40% do volume a ser produzido nos dois estados. No começo da colheita, mais de ¾ da safra já foi comercializada, sendo que este indicador só finaliza no começo de ano seguinte. Ao todo, na média das últimas 5 safras, o ciclo de comercialização estende por 20 meses. Já nos preços observados nos estados, a sazonalidade responde ao ciclo de colheita, com as cotações menores entre os meses de junho a setembro e maiores de outubro a abril.

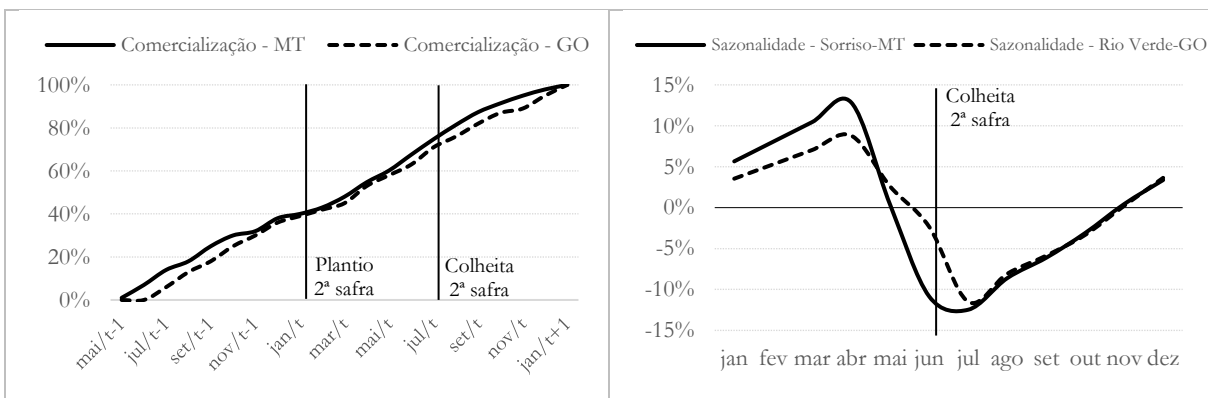


Figura 37. Curva de comercialização de milho 2ª safra e sazonalidade dos preços de milho em Mato Grosso e Goiás. Valores médios das últimas 5 safras.

Fonte: CEPEA (2020a), IMEA (2020b), IFAG (2020).

Quando comparado ciclo de comercialização de milho pelo produtor com o ciclo de processamento de milho (de junho a maio), evidencia-se a necessidade de ter ou realizar parcerias para armazenamento do grão na região, em especial para abastecimento nos meses iniciais de cada ano. Adicionalmente, a sazonalidade forte e positiva dos preços

de milho no 1º semestre do ano nos estados produtores (Figura 37) reforça a ideia da antecipação de compra do grão para o alcance de preços da matéria-prima potencialmente menores, ainda que a usina passe a incorrer em custos mais elevados de carregamento do grão. Logo, dado o ambiente competitivo e a dinâmica de produção e comercialização da cultura, a antecipação das estratégias de aquisição, uso de ferramentas que possibilitem as estratégias e a necessidade de armazenamento de milho são pontos relevantes para as ações de acesso ao produtor rural e para as estratégias de diminuição de custo da origem do grão.

Pela ótica do produtor, as ferramentas usadas na compra antecipada dos grãos servem de mecanismos de definição do preço médio efetivo de aquisição de milho para as usinas, o que é um ponto positivo para diminuição de risco em relação ao suprimento da matéria-prima e para planejamento de custos das unidades produtivas.

Além das características do produto, como a baixa especificidade, a justificativa para escolha estratégica por estruturas de coordenação mais dependentes de mercado pelas usinas de etanol de milho pode estar relacionada às características da comercialização do grão, visto o alto número de vendedores e intermediários para comercialização; à maior necessidade de capital e para organização e operação agrícola, desde aquisição de terra, maquinário a mão-de-obra, em estruturas hierarquizadas, e às diferenças de recursos e competências necessárias para garantir competitividade da produção agrícola e da indústria de processamento de milho. Ressalta-se ainda que, como a produção de milho ocorre no sistema de produção de soja, uma possível integração vertical das usinas para produção agrícola poderia gerar produtos distantes das necessidades da indústria, além possíveis conflitos de interesse entre a unidade agrícola e industrial. Por outro lado, uso dessa estrutura de coordenação exigem investimentos potenciais em armazenagem própria ou parcerias com estruturas terceiros.

Diante do contexto de questionamentos internos e externos sobre as condições de produção da cadeia produtiva do agronegócio nacional, sobretudo relacionado ao desmatamento, as discussões sobre estratégias de origem devem ser encaradas e amparadas também sobre o posicionamento das usinas dentro da ótica de sustentabilidade e gerenciamento integrado de fornecedores. A rastreabilidade do cereal, sobretudo em áreas próximas ou dentro de da chamada Amazônia Legal, passa a ser preocupação constante das equipes comerciais de origem e fator impulsionador de tecnologias de geoprocessamento e integração de dados para comprovação das condições legais, ambientais e trabalhista na origem da produção de milho. A necessidade de organização destas estratégias é reforçada dentro do contexto da Renovabio, visto a necessidade de comprovação das condições de origem da matéria-prima usada nas usinas de etanol habilitadas no programa. No setor, a baixa verticalização impõe maiores desafios de relacionamento para estruturar e garantir estratégias eficientes de rastreabilidade e gestão da cadeia de custódia. Adicionalmente, discussões dentro do Renovabio deve enquadrar fatores específicos da realidade de origem do setor, buscando facilitar

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O interesse geral da pesquisa esteve em dar enfoque nas características competitivas do setor de processamento de milho para produção de etanol e de outros coprodutos, cadeia produtiva que, apesar do seu rápido crescimento em termos de capacidade instalada e produção na última década, pode ser considerada como ainda nova visto que o primeiro investimento do setor ocorreu em 2012. A discussão relevante passa por analisar os fatores da dinâmica competitiva que expliquem o processo de surgimento e expansão na última década.

O processo de surgimento e expansão inicial observado pode ser explicado pelo alinhamento de fatores das cadeias produtivas pré-estabelecidas relacionadas ao setor, a saber: o aumento consistente da oferta do milho na região Centro-Oeste com avanço de área plantada na segunda safra e dos ganhos de produtividade, sob preços limitados pela lógica de precificação do cereal na região e por questões logísticas; a mudança da política de precificação de gasolina no país a partir de 2015, que sustentou preços de etanol e melhorou a relação de competitividade deste em relação ao combustível fóssil nos estados em que as usinas de milho se estabeleceram; a possibilidade de acesso a mercado deficitários de consumo de etanol, como Norte do país, apesar da recente relevância do mercado paulista para escoamento do biocombustível e o crescimento e sobreposição locacional com setor de nutrição animal, em especial de rebanhos bovinos, suínos e de aves, para consumo das coprodutos da usinas. Do lado da atuação governamental, ainda que tenha havido benefícios fiscais direcionados para as usinas em Mato Grosso, como a redução de ICMS para os produtos da usina e a isenção fiscal dada pela SUDAM, não se observou ações diretamente relacionadas ao setor de etanol de milho, o que reforça que os incentivos setoriais estiveram mais relacionados com a atuação empresarial do que com planos governamentais. Ressalta-se que tais características aconteceram dentro uma configuração regional específica observada, em especial, nos estados de Mato Grosso e Goiás, o que direcionou os investimentos no setor na última década para a região.

No âmbito das estratégias competitivas, as usinas estabelecidas de cana-de-açúcar e as entrantes optaram pela diversificação ao incorporar o processamento de milho, em virtude da (i) presença de recursos ociosos, em especial o bagaço de cana e os ativos fixos durante parte do ano; (ii) atenuação dos ciclos de produção de etanol e aproveitamento das oportunidades comerciais da entressafra de cana e (iii) diminuição da especialização produtiva ao reduzir dependência uma única matéria-prima e incluir novos coprodutos ao *mix* de receitas companhia. Adiante, a opção pelo grão pode ser explicada pelas condições de oferta do grão nas regiões de atuação das usinas e pelo fato de parte da base produtiva ser comum ao da usina de cana, diminuindo as barreiras tecnológicas para a diversificação e pela possibilidade de expansão da base com a produção de coprodutos relevantes para as cadeias produtivas na região de atuação. Além disso, visto as especificidades do produto e as características das transações entre as usinas e vendedores de milho, as usinas do setor puderam adotar estruturas de governança de menor complexidade em relação às estruturas hierarquizadas, comuns no setor sucroalcooleiro nacional, em especial no Centro-Oeste.

Como limitação às hipóteses de diversificação, ressalta-se que, para as usinas entrantes, o processo de diversificação é menos evidente, sendo mais apropriado entender a entrada de tais usinas diante de processo de internacionalização. Adicionalmente, as informações relacionadas às estratégias de originação de milho e de eucalipto ainda carecem de mais dados para maior disponibilidade e detalhamento, de modo a entender fatores práticos das estratégias individuais de acesso (raio de originação, uso ou contratação de armazenagem etc.) para direcionar as vantagens e desvantagens competitivas de estruturas de governança utilizadas. Os desafios trazidos pelo próprio crescimento do setor e pelas condições das cadeias relacionadas devem ser ressaltados, como os fatores relativos à tendência de elevação de preços do cereal nos últimos três anos e o impacto deste sobre os custos de produção e as

estratégias de originação e a necessidade de alcançar mercado mais distantes e competitivos, como paulista e paranaense, em face ao forte crescimento da produção do setor após 2017 e da demanda limitada nas regiões acessadas pelas usinas no período.

A integração entre os mercados de milho e de etanol, aliada à necessidade de se ter uma visão sistêmica das cadeias de produção, sugere desdobramentos adicionais para dinâmica de competição de cadeias produtivas relacionadas, seja na região ou no restante do país, que devem ser acompanhados pelos agentes do setor e decisões das políticas agrícolas. Isso vale tanto para a competição adicional com as outras cadeias de consumo de milho, em especial de ração animal, os impactos sobre liquidez e as condições de precificação do cereal e os incentivos para crescimento regional da produção, quanto para a competição na cadeia de combustíveis que tem no biocombustível feito a partir do cereal uma ameaça competitiva, uma alternativa complementar de suprimento para a demanda e uma possibilidade de expansão num modelo produtivo diferente. Junto aos desdobramentos setoriais e as discussões de eficiência técnica em outros setores, a coprodução dos grãos de destilaria pode promover discussões de arranjos produtivos que aproveitem das características competitivas das cadeias de proteína animal, em especial nas regiões mais próximas das usinas, e fomentem os ganhos de eficiência em modelos mais intensivos de produção. Um exemplo interessante já observado no Centro-Oeste é o fortalecimento do relacionamento entre as usinas e pecuaristas regionais. Ações de relacionamento ou integração regional entre as usinas e os produtores de eucalipto também devem ser exploradas, de modo a estruturar estratégias que minimizem os riscos para acesso à esta matéria-prima.

Outro tópico importante da fase atual de expansão do setor está no padrão de concentração geográfico próximo das regiões de alta disponibilidade do cereal. Contudo, vale questionar a continuidade deste padrão para potenciais novas fases de expansão do setor, devido às condições de competição entre as usinas já estabelecidas nas regiões atuais e à escolha dos mercados de consumo dos produtos da usina. Isto é, regiões de menor relevância na produção do cereal, contudo, mais competitivas para acessar mercados maiores de consumo de etanol, como Sudeste e Sul, ou dos grãos de destilaria podem viabilizar novos projetos e regiões de estabelecimento das usinas, ainda que sejam com escalas de processamento menores. Alguns projetos atuais já direcionam tal comportamento como a construção da nova unidade da Inpasa em Dourados-MS (prevista para 2022) e projeto da FS Bioenergia em Primavera do Leste-MT, localizadas em regiões com disponibilidade do cereal – apesar de menor que o Médio-Norte-MT ou Sudoeste-GO, e com condições logísticas potencialmente mais competitivas para acesso ao mercado de etanol paulista, por exemplo, seja pela proximidade geográfica ou pelo acesso às alternativas logísticas.

O presente trabalho buscou fornecer uma análise de um setor ainda em estágios iniciais de desenvolvimento e se limitou às análises no campo da cadeia produtiva e das estratégias competitivas. Além disso, a disponibilidade de estudos do setor e de dados das cadeias produtivas relevantes são ainda limitadas. A necessidade de acompanhamento, levantamento de perguntas de estudo e construção de dados e indicadores, que englobem tanto questões econômicas da localização e expansão das usinas e até questões técnicas da indústria diante das características da dinâmica competitiva, devem ser levadas em consideração para agenda de pesquisa do setor.

Dentro do campo econômico, algumas discussões importantes a serem explorados com desenvolvimento das estratégias e dos bancos de dados do setor são o detalhamento da competição entre usinas de cana-de-açúcar e de milho, a análise de viabilidade técnica e econômica de projetos em diferentes regiões do país – inclusive em regiões tradicionais na produção de etanol como São Paulo e Paraná, ações setoriais para fomentar a demanda por combustível e o acesso mais competitivo em mercados deficitários ou dependentes de importação como estados da região Norte e Nordeste, o impacto da originação de grãos pelas usinas na dinâmica regionais de preços e nas estratégias de originação, etc - pontos de pesquisa que permitem o uso de metodologias estatísticas mais robustas que as utilizadas neste trabalho.

REFERÊNCIAS

- Ahuja, G., & Novelli, E. (2016). Incumbent responses to an entrant with a new business model: Resource co-deployment and resource re-deployment strategies. In **Resource redeployment and corporate strategy**. Emerald Group Publishing Limited.
- Almeida, E. L. F. D., Oliveira, P. V. D., & Losekann, L. (2015). Impactos da contenção dos preços de combustíveis no Brasil e opções de mecanismos de precificação. **Brazilian Journal of Political Economy**, 35, 531-556.
- ANP. Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. (2020a). Vendas de derivados de petróleo e biocombustíveis. **Vendas de derivados petróleo e etanol (metros cúbicos) 2000-2021**. Disponível em <https://www.gov.br/anp/pt-br/centrais-de-conteudo/dados-abertos/vendas-de-derivados-de-petroleo-e-biocombustiveis>.
- ANP. Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. (2020b). Preços de Revenda e de Distribuição de Combustíveis. **Série histórica do levantamento de preços**. Disponível em <https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/precos-e-defesa-da-concorrenca/precos/precos-revenda-e-de-distribuicao-combustiveis/serie-historica-do-levantamento-de-precos>.
- ANP. Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. (2020c). Dados estatísticos. **Vendas de etanol combustível pelos fornecedores**. Disponível em <https://www.gov.br/anp/pt-br/centrais-de-conteudo/dados-estatisticos>.
- ANP. Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. (2020d). Produção e fornecimento de biocombustível. Biodiesel: **Informações de mercado - 2020**. Disponível em <https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/producao-e-fornecimento-de-biocombustiveis/biodiesel/biodiesel/informacoes-de-mercado>.
- ANP. Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. (2020e). Renovabio. **Certificações em Andamento**. Disponível em <https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/renovabio/certificacoes-em-andamento>.
- Ansoff, H. I. (1958). A model for diversification. **Management science**, 4(4), 392-414.
- Ansoff, H. I. (1965). Corporate strategy: An analytic approach to business policy for growth and expansion. **McGraw-Hill Companies**.
- Antunes, S. L. (2020). Inclusão de novos coprodutos derivados do processo de produção de etanol de milho em dietas de terminação de bovinos. **Tese de doutorado**, Universidade de São Paulo.
- Arrow, K. J. (1969). The organization of economic activity: issues pertinent to the choice of market versus nonmarket allocation. **The analysis and evaluation of public expenditure: the PPB system**, 1, 59-73.
- Azevedo, P. F. (2000). Nova economia institucional: referencial geral e aplicações para a agricultura. **Instituto de Economia Agrícola**.
- Bain, J. S. (1956). Barriers to new competition: The character and consequences in manufacturing industries. **Harvard University Press**.
- BCB. Banco Central do Brasil. (2020). SGS - Sistema Gerenciador de Séries Temporais. **Taxas de câmbio**. Disponível em <https://www3.bcb.gov.br/sgspub/localizarseries/localizarSeries.do?method=prepararTelaLocalizarSeries>.
- Besanko, D., Dranove, D., Shanley, M., & Schaefer, S. (2012). A Economia da Estratégia-(5ª ed.). **Bookman Editora**.
- Bijman, J. (2008). Contract farming in developing countries: an overview. Wageningen University, **Department of Business Administration**.
- Boulding, K. E. (1991). What is evolutionary economics?. **Journal of Evolutionary economics**, 1(1), 9-17.

- BRASIL. (2001). Medida Provisória N° 2.199-14, de 24 de agosto de 2001. Altera a legislação do imposto sobre a renda no que se refere aos incentivos fiscais de isenção e de redução, define diretrizes para os incentivos fiscais de aplicação de parcela do imposto sobre a renda nos Fundos de Investimentos Regionais, e dá outras providências. Subchefia para Assuntos Jurídicos. Presidência da República.
- Britto, J. (1993). O processo de diversificação da firma: uma abordagem dinâmica exploratória. *Nova economia*, 3: 195-224.
- Britto, J. (2013). Diversificação, competências e coerência produtiva. In *Economia industrial* (Cap. 14, pp. 193-210). Elsevier Editora Ltda.
- CEPEA. Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada. (2020a). **Indicador de milho ESALQ/BM&FBOVESPA**. Disponível em <https://cepea.esalq.usp.br/br/indicador/milho.aspx>.
- CEPEA. Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada. (2020b). **Indicador semanal do etanol hidratado combustível CEPEA/ESALQ - Mato Grosso**. Disponível em <https://cepea.esalq.usp.br/br/indicador/etanol-semanal-mt.aspx>.
- Chandler, A. D. (1962). *Strategy and structure: chapters in the history of American industrial enterprises*. Cambridge. Mass.: **MIT Press**, 14, 16.
- Coase, R. H. (1972). Industrial organization: a proposal for research. In *Economic Research: Retrospect and Prospect*, Volume 3, **Policy Issues and Research Opportunities in Industrial Organization** (pp. 59-73). NBER.
- CONAB. Companhia Nacional de Agricultura e Abastecimento. (2015). *Compêndio de Estudos da Conab - V.17 - Diagnóstico da Produção de Etanol em Mato Grosso: Binômio Cana-de-açúcar/Milho*. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/institucional/publicacoes/compendio-de-estudos-da-conab>.
- CONAB. Companhia Nacional de Agricultura e Abastecimento. (2020a). *Série histórica de safras. Cana-de-Açúcar - Indústria*. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras>.
- CONAB. Companhia Nacional de Agricultura e Abastecimento. (2020b). *Série histórica de safras. Milho total (1ª, 2ª, 3ª safra)*. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras?start=20>.
- CONAB. Companhia Nacional de Agricultura e Abastecimento. (2020c). *Série histórica de safras. Cana-de-Açúcar - Agrícola*. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras>.
- Da Silva, C. A., & Rankin, M. (2014). Contract farming for inclusive market access: Synthesis and findings from selected international experiences. **FOR INCLUSIVE MARKET ACCESS**, 1.
- De Miranda, R. A., Lício, A., Purcino, A., Paulinelli, A., Parentoni, S., Duarte, J. D. O., & de Oliveira, I. R. (2014). Diagnóstico dos problemas e potencialidades da cadeia produtiva do milho no Brasil. **Embrapa Milho e Sorgo- Documentos** (INFOTECA-E).
- Donke, A., Nogueira, A., Matai, P., & Kulay, L. (2017). Environmental and energy performance of ethanol production from the integration of sugarcane, corn, and grain sorghum in a multipurpose plant. **Resources**, 6(1), 1.
- Dosi, G. (1991). Perspectives on evolutionary theory. **Science and Public Policy**, 18(6), 353-361.
- Eckert, C. T., Frigo, E. P., Albrecht, L. P., Albrecht, A. J. P., Christ, D., Santos, W. G., & Egewarth, V. A. (2018). Maize ethanol production in Brazil: Characteristics and perspectives. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, 82, 3907-3912.
- EPE. Empresa de Pesquisa Energética. (2020). **Análise de conjuntura de biocombustíveis**. Disponível em https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-489/Analise_de_Conjuntura_Ano_2019.pdf.

- Farina, E. M. (1999). Competitividade e coordenação de sistemas agroindustriais: um ensaio conceitual. **Gestão & Produção**, 6(3), 147-161.
- Farina, E. M. M. Q., Saes, M. S. M., & de Azevedo, P. F. (1997). Competitividade: mercado, estado e organizações. São Paulo: **Singular**.
- FRED. Federal Reserve Economic Data. (2020). **Crude Oil Prices: Brent - Europe**. Disponível em <https://fred.stlouisfed.org/series/DCOILBRENTU>.
- Garland, S. A. (2018). Impact of ethanol process changes on distillers grains for beef cattle. **M.S. Thesis**. University of Nebraska, Lincoln.
- Goldberg, R. A. (1968). Agribusiness Coordination: a systems approach to the wheat, soybean, and Florida orange economies. **Agribusiness Coordination: a systems approach to the wheat, soybean, and Florida orange economies**.
- Goldberg, R. A., & Davis, J. H. (1957). A concept of agribusiness. **Harvard university, Boston**.
- Goldsmith, P., Rasmussen, R., Signorini, G., Martines, J., & Guimaraes, C. (2010). The capital efficiency challenge of bioenergy models: the case of flex mills in Brazil. In **Handbook of Bioenergy Economics and Policy** (pp. 175-192). Springer, New York, NY.
- Goldsmith, P., Signorini, G., Martines Filho, J. G., Rasmussen, R., & Guimarães, C. (2011). 17 Bio energy efficiency and a flex-mill simulation in Mato Grosso. **Energy, Bio Fuels and Development: Comparing Brazil and the United States**, 87, 221.
- Guimarães, E. A. (1982). **Acumulação e crescimento da firma: um estudo de organização industrial**. Editora Guanabara.
- IBGE. Instituto Brasileira de Geografia e Estatística. (2020a). Pesquisa da Pecuária Municipal. **Tabela 3939 - Efetivo dos rebanhos, por tipo de rebanho**. Disponível em <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/3939>.
- IBGE. Instituto Brasileira de Geografia e Estatística. (2020a). Produção Agrícola Municipal. **Tabela 5457 - Área plantada ou destinada à colheita, área colhida, quantidade produzida, rendimento médio e valor da produção das lavouras temporárias e permanentes**. Disponível em <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/5457>.
- IBGE. Instituto Brasileira de Geografia e Estatística. (2020b). Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura. **Tabela 5930 - Área total existente em 31/12 dos efetivos da silvicultura, por espécie florestal**. Disponível em <https://sidra.ibge.gov.br/Tabela/5930>.
- IEG FNP. (2020). **Anualpec Online**. Relatório privado. Disponível em <http://www.agriannual.com.br/>.
- IFAG. Instituto para Fortalecimento Agropecuário de Goiás. (2020). **Boletins de mercado**. <http://ifag.org.br/boletins-de-mercado/>
- IMEA. Instituto Matogrossense de Economia Agropecuária. (2020a). Indicadores. Milho: Série históricas. **Preços de milho e farelo de soja**. Disponível em <https://portal.imea.com.br/#/serie-historica>.
- IMEA. Instituto Matogrossense de Economia Agropecuária. (2020b). Indicadores. Milho: Série históricas. **Comercialização de milho**. Disponível em <https://portal.imea.com.br/#/serie-historica>.
- Jia, X., & Bijman, J. (2014). Contract farming: Synthetic themes for linking farmers to demanding markets. In **Contract farming for inclusive market access** (pp. 21-38). FAO.
- Kappes, C., de Carvalho, M. A. C., Yamashita, O. M., & da Silva, J. A. N. (2009). Nitrogen influence on double-cropped corn yield after soybean. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, 39(3), 251.
- Krabbe, E. L., dos Santos Filho, J. I., Miele, M., & MARTINS, F. M. (2013). Cadeias produtivas de suínos e aves. **Embrapa Suínos e Aves-Capítulo em livro científico (ALICE)**.

- LEVINSON, M. (1999) Competitiveness and Globality. In: **The Global Competitiveness Report 1999**. Oxford: Oxford University Press, p. 82-85. "
- Manzatto, C. V., Assad, E. D., BACA, J. F. M., Zaroni, M. J., & Pereira, S. E. M. (2009). Zoneamento agroecológico da cana-de-açúcar: expandir a produção, preservar a vida, garantir o futuro. **Embrapa Solos-Documentos (INFOTECA-E)**.
- Marques, S. J. P., & da Cunha, M. E. T. (2008). Produção de Álcool Combustível utilizando milho. **UNOPAR Científica Ciências Exatas e Tecnológicas**, 7(1).
- MDIC. Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços. (2020). Comext Stat. **Exportação e Importação Geral**. Disponível em <http://comexstat.mdic.gov.br/pt/geral>.
- Milanez, A. Y., Nyko, D., Valente, M. S., Xavier, C. E. O., Kulay, L. A., Donke, A. C. G., & Capitani, D. H. D. (2014). **A produção de etanol pela integração do milho-safrinha às usinas de cana-de-açúcar: avaliação ambiental, econômica e sugestões de política**. Disponível em <https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/1921>.
- Montgomery, C. A. (1994). Corporate Diversification. **Journal of economic perspectives**, 8(3), 163-178.
- Moraes, M. L. D., & Bacchi, M. R. P. (2015). Etanol: do início às fases atuais de produção. **Revista de Política Agrícola**, 23(4), 5-22.
- Moreira, M. M., Seabra, J. E., Lynd, L. R., Arantes, S. M., Cunha, M. P., & Guilhoto, J. J. (2020). Socio-environmental and land-use impacts of double-cropped maize ethanol in Brazil. **Nature Sustainability**, 3(3), 209-216.
- Morvan, Y. (1985). Filière de production. **Fondaments d'économie industrielle, Economica**, 199-231.
- Mosier, N. S., & Ileleji, K. E. (2020). How fuel ethanol is made from corn. In **Bioenergy** (pp. 539-544). Academic Press.
- Nelson, R. R., & Winter, S. G. (1982). The Schumpeterian tradeoff revisited. **The American Economic Review**, 72(1), 114-132.
- North, D. C. (1990). A transaction cost theory of politics. **Journal of theoretical politics**, 2(4), 355-367.
- Nyko, D., Valente, M. S., Milanez, A. Y., Tanaka, A. K. R., & Rodrigues, A. V. P. (2013). A evolução das tecnologias agrícolas do setor sucroenergético: estagnação passageira ou crise estrutural?. **BNDES Setorial**, n. 37, mar. 2013, p 399-442.
- Oliveira, N. F. D. (2020). Utilização de grãos de milho secos por destilação com solúveis em dietas para frangos de corte. **Dissertação de mestrado**, Universidade de São Paulo.
- Osaki, M., & Batalha, M. O. (2014). Optimization model of agricultural production system in grain farms under risk, in Sorriso, Brazil. **Agricultural Systems**, 127, 178-188.
- Ozaki, P. M. (2017). Cluster de etanol de milho em Mato Grosso. **Relatório realizado para o Instituto Matogrossense de Economia Agrícola (IMEA)**. Disponível em: <https://sistemafamato.org.br/portal/arquivos/12092017054227.pdf>.
- Palich, L. E., Cardinal, L. B., & Miller, C. C. (2000). Curvilinearity in the diversification–performance linkage: an examination of over three decades of research. **Strategic management journal**, 21(2), 155-174.
- Paulillo, L. F., Soares, S. S., Feltre, C., Marques, D. S. P., & de Freitas Vian, C. E. (2016). As transformações e os desafios do encadeamento produtivo do etanol no Brasil. **Quarenta anos de etanol em larga escala no Brasil**, 187.
- Penrose, E. T. (1959). **The theory of the growth of the firm**. New York: John Wiley.
- Porter, M. E. (1990). The competitive advantage of nations. **Competitive Intelligence Review**, 1(1), 14-14.

- Porter, M. E. (1998). Clusters and the new economics of competition (Vol. 76, No. 6, pp. 77-90). **Boston: Harvard Business Review**.
- Postal, A. C. M. (2014). Acesso à cana-de-açúcar na expansão sucroenergética brasileira do pós 2000: o caso de Goiás **Doctoral dissertation**, UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS.
- RFA. Renewable Fuels Association. (2020a). **Annual Industry Outlook**. Disponível em <https://ethanolrfa.org/resources/annual-industry-outlook>.
- RFA. Renewable Fuels Association. (2020b). **Feedstocks and Co-Products**. Disponível em <https://ethanolrfa.org/markets-and-statistics/feedstocks-and-co-products>.
- Rodrigues, L. (2006). O processo de terceirização e a presença de arranjos institucionais distintos na colheita da cana-de-açúcar. **Doctoral dissertation**, Universidade de São Paulo.
- Rumelt, R. P. (1982). Diversification strategy and profitability. **Strategic management journal**, 3(4), 359-369.
- Santarosa, E., Penteadó Júnior, J. F., & Goulart, I. D. R. (2014). Transferência de tecnologia florestal: cultivo de eucalipto em propriedades rurais: diversificação da produção e renda. **Embrapa Florestas-Fôlder/Folheto/Cartilha** (INFOTECA-E).
- Santos, G. R. D. O. (2016). **Quarenta anos de etanol em larga escala no Brasil: desafios, crises e perspectivas**.
- Schmalensee, R. (1985). Do markets differ much?. **The American economic review**, 75(3), 341-351.
- SCOT Consultoria. (2020). **Cotações: DDG**. Disponível em <https://www.scotconsultoria.com.br/busca/DDG/>.
- Seben Junior, G. D. F., Corá, J. E., & Lal, R. (2014). Effect of cropping systems in no-till farming on the quality of a Brazilian Oxisol. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 38, 1268-1280.
- SEDEC. Secretaria de Desenvolvimento Econômico do Estado de Mato Grosso. (2019). **PRODEIC Investe Mato Grosso Biocombustíveis I: Resolução N° 040/2019**. 2019. Disponível em <http://www.sedec.mt.gov.br/documents/195466/15117240/PRODEIC+Investe+Mato+Grosso+Biocombust%C3%ADveis+I.pdf/ef4ed30f-39a6-da2c-b109-2f7b38d9511b>.
- Shikida, P. F. A. (2013). Expansão canavieira no Centro-Oeste: limites e potencialidades. **Revista de Política Agrícola**, 22(2), 122-137.
- Shikida, P. F. A., & Perosa, B. B. (2012). Álcool combustível no Brasil e path dependence. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, 50(2), 243-262.
- Silva, V. L. S., & Azevedo, P. F. D. (2007). Formas plurais no franchising de alimentos: evidências de estudos de caso na França e no Brasil. **Revista de Administração Contemporânea**, 11(spe1), 129-152.
- SINDIRAÇÕES. (2020). Produtos & Serviços. **Boletim Informativo do Setor**. Disponível em <https://sindiracoes.org.br/>.
- Sobrinho, P. (2012). Processo (simplificado) de produção de ETANOL de MILHO, Destilaria/Usina FLEX e Abordagem Descritiva de um Novo Potencial. **CONAB-Companhia Nacional de Abastecimento/Superintendência regional de Mato Grosso**, Cuiabá/MT. Disponível em: http://ead.senar.org.br/lms/webroot/uploads/senar/duvidas/res_76726.
- Solomon, B. D., Barnes, J. R., & Halvorsen, K. E. (2007). Grain and cellulosic ethanol: History, economics, and energy policy. **Biomass and Bioenergy**, 31(6), 416-425.
- Teece, D. J. (1986). Firm boundaries, technological innovation, and strategic management. **The economics of strategic planning**, 187-199.

- UDOP. União Nacional de Bioenergia. (2020). **Conversões do Consecana – SP**. Disponível em https://www.udop.com.br/download/estatistica/setor_sucroenergetico/formulas_conversoes_utilizadas_setor.pdf
- UNEM. União Nacional de Etanol de Milho. (2020). Disponível em: <http://www.etanoldemilho.com.br/category/noticias>.
- UNICA. (2020a). Observatório da Cana. Anuário da safra de cana-de-açúcar - Região Centro-Sul. **Produção de açúcar e etanol por Estado**. Disponível em <https://observatoriodacana.com.br/listagem.php?idMn=148>.
- UNICA. (2020b). Observatório da Cana. **Área cultivada com cana-de-açúcar e histórico de produção e moagem**. Disponível em <https://observatoriodacana.com.br/sub.php?menu=historico-de-producao-e-moagem>.
- USDA. United State Department of Agriculture. (2020). **U.S. Bioenergy Statistics**. Disponível em <https://www.ers.usda.gov/data-products/u-s-bioenergy-statistics/>.
- Vian, C. E. (1997). **Expansão e diversificação do complexo agroindustrial sucroalcooleiro no Centro-Sul do Brasil-1980/96**. São Carlos: Departamento de Engenharia de Produção, Universidade de São Carlos.
- Vian, C. E., & Belik, W. (2003). Os desafios para a reestruturação do complexo agroindustrial canavieiro do Centro-Sul. **Economia**, 4(1), 153-194.
- Wernerfelt, B., & Montgomery, C. A. (1988). Tobin's q and the importance of focus in firm performance. **The American Economic Review**, 246-250.
- Williamson, O. E. (1985). **The economic institutions of capitalism: firms, markets, relational contracting**. Free Press.
- Williamson, O. E. (1991). Comparative economic organization: The analysis of discrete structural alternatives. **Administrative science quarterly**, 269-296.
- Williamson, O. E. (1993). Calculativeness, trust, and economic organization. **The journal of law and economics**, 36(1, Part 2), 453-486.
- Wood, A. (1971). Diversification, merger, and research expenditures: A review of empirical studies. **The Corporate Economy: Growth, Competition, and Innovation Potential**. Harvard University Press, Cambridge, MA, 428-453.
- Young, L. M., & Hobbs, J. E. (2002). Vertical linkages in agri-food supply chains: changing roles for producers, commodity groups, and government policy. **Applied Economic Perspectives and Policy**, 24(2), 428-441.
- Zanoni, L. E. Estudo da organização da cadeia da bovinocultura de corte na microrregião de Alta Floresta-MT **Doctoral dissertation**, Universidade de São Paulo.
- Zylbersztajn, D. (1995). Estruturas de governança e coordenação do agribusiness: uma aplicação da nova economia das instituições. **Doctoral dissertation**, Universidade de São Paulo.
- Zylbersztajn, D. (2005). Papel dos contratos na coordenação agro-industrial: um olhar além dos mercados. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, 43, 385-420.