

Performance financeira do setor sucroenergético brasileiro de 2001 a 2019¹

Lucas Rodrigues²
Luciano Rodrigues³

Resumo – Nos últimos anos, o mercado brasileiro de combustíveis leves passou por mudanças intensas. A indústria sucroalcooleira brasileira experimentou forte crescimento, sucedido depois, em 2008–2014, por uma das maiores crises de sua história. O objetivo deste estudo foi avaliar a evolução da situação econômico-financeira do setor sucroenergético no Brasil. A metodologia se apoia em técnicas de análise de *cluster* e classificação por meio de SVM para a avaliação multidimensional dos indicadores financeiros das empresas e identificação de grupos representativos do setor. Quatro grupos de empresas foram identificados, e a análise dos índices financeiros dos últimos 19 anos indica a existência de quatro períodos no que se refere à saúde financeira das empresas e à representatividade dos grupos, que acompanharam as condições de mercado, as mudanças tecnológicas e, mais importante, as alterações de políticas públicas associadas ao mercado de etanol. Além disso, depois de cinco anos da safra 2014/2015, que parecia ser o auge da pior crise da história do setor sucroenergético brasileiro, mais de 40% das empresas ainda estavam em situação crítica em 2019/2020 e com baixo potencial de expansão da produção no curto prazo.

Palavras-chave: análise de agrupamentos, cana-de-açúcar, etanol, máquina de vetor de suporte, performance financeira.

Financial performance of the Brazilian sugar-energy sector between 2001 and 2019

Abstract – In the last years, the light fuel market in Brazil has experienced moments of intense change. The Brazilian sugar-energy industry grew at high rates, followed by one of the biggest crises in its history during the period 2008-2014. The objective of this study was to evaluate the evolution of the economic-financial situation of the sugar-energy industry in Brazil. A cluster analysis and a support-vector machine (SVM) classification were applied to carry out a multidimensional evaluation of the financial indices of companies and to identify representative groups in the sector. Four different clusters of companies were identified, and the analysis of the financial ratios of the last 19 years indicates the existence of four distinct periods for the financial health of the companies,

¹ Original recebido em 5/10/2021 e aprovado em 26/1/2022.

² Mestre em Economia Aplicada. Email: lucas2.rodrigues@outlook.com

³ Doutor em Economia Aplicada. Email: luciano.rodrigues@fgv.br

and for the representativeness of the clusters which were in line with the conditions prevailing in the market, technological shifts and, more important, with the changes in public policies associated with the ethanol market. Besides, after 5 years of the 2014/2015 crop season, which seemed to be the peak of the worst crisis in the history of the Brazilian sugar-energy industry, more than 40% of the companies were still in a critical situation in the 2019/2020 harvest season and with a low potential for the short-term expansion of production.

Keywords: cluster analysis, sugarcane, ethanol, support-vector machine, financial performance.

Introdução

A indústria da cana-de-açúcar no Brasil envolve 386 unidades produtoras, cerca de 70 mil produtores rurais e 747 mil empregos diretos (Brasil, 2020a, 2020b), além de apresentar um produto interno bruto (PIB) setorial superior a US\$ 40 bilhões (Neves & Trombim, 2014). Além disso, com a produção de etanol e de energia elétrica gerada a partir do bagaço e da palha da cana, a chamada bioeletricidade, o setor é responsável por cerca de 18% de toda a energia primária consumida no País (EPE, 2020a). No mercado externo, o Brasil também se consolidou entre os maiores produtores e exportadores de açúcar, com participação próxima a 50% do volume comercializado mundialmente na safra 2020/2021 (Estados Unidos, 2020). Além desse protagonismo, nos últimos anos essa indústria se destacou pela dinâmica atípica vivenciada por toda a cadeia produtiva. Depois da conclusão do processo de desregulamentação na década de 1990, que garantiu a liberação dos preços e o fim das quotas de produção, o setor sucroenergético exibiu crescimento surpreendente em 2000–2008. Nesse período, a moagem de cana-de-açúcar no País cresceu cerca de 101% (Brasil, 2020a), estimulada pela introdução dos veículos flex⁴ no mercado brasileiro, pela perspectiva de alta do preço mundial do petróleo e pela orientação do poder público, que estabeleceu diversas medidas para a maior competitividade do etanol.

Mas essa tendência de crescimento intenso recuou de forma expressiva a partir da crise financeira mundial de 2008. Além da elevação

do custo do crédito num momento de elevada alavancagem financeira das empresas, o governo passou a adotar uma política de contenção dos preços da gasolina como medida de controle inflacionário. Houve redução de tributos sobre o derivado e, posteriormente, o controle dos valores praticados pela Petrobrás domesticamente, com a defasagem em relação às cotações internacionais chegando a atingir cerca de 30% em alguns meses (Rodrigues & Bacchi, 2016). Esse movimento eliminou as margens do setor produtivo e estabeleceu uma crise sem precedentes na indústria sucroenergética, com a estagnação da produção, o fechamento de mais de 100 plantas produtivas e a perda de milhares de empregos (Bressan Filho, 2010; Moraes & Bacchi, 2014; Moraes & Zilberman, 2014; Ramos, 2016; EPE, 2020b).

Com o término das eleições presidenciais em 2014, um novo ciclo de mudança no arcabouço institucional foi observado. A partir desse momento, a diretriz que mirava o controle inflacionário deu lugar à preocupação com o déficit público, que havia saltado de R\$ 44,3 bilhões (1,53% do PIB) em 2008 para R\$ 343,9 bilhões (6,70% do PIB) em 2014 (Bacen, 2020). Como consequência, o governo brasileiro elevou as alíquotas de tributos federais sobre a gasolina e o etanol em níveis superiores aos observados antes do controle de preço. Mais recentemente, a partir de 2016, o mercado brasileiro presenciou uma nova redefinição da política de precificação da gasolina comercializada pela Petrobrás, que passou a praticar reajustes periódicos de preços

⁴ Os veículos flex podem ser abastecidos com etanol hidratado, com gasolina ou qualquer mistura desses dois combustíveis. No Brasil, os proprietários de veículos flex optam pelo combustível desejado a cada abastecimento em função do preço relativo dos produtos e de suas preferências.

alinhados com as variações da cotação internacional do petróleo e da taxa de câmbio.

Todas essas transformações tecnológicas, comerciais e, principalmente, institucionais e de política pública impactaram severamente e de maneira distinta a condição financeira das empresas produtoras do setor sucroenergético (usinas e destilarias). Nesse contexto, este estudo tem a intenção de caracterizar a evolução da situação econômico-financeira da indústria sucroenergética brasileira nos últimos 19 anos. Busca-se estabelecer uma relação entre essa evolução e as transformações observadas nos mercados de açúcar e de etanol, com destaque para as inúmeras mudanças nas diretrizes de políticas públicas delineadas pelo governo federal para o setor de combustíveis no País. Além da importância do tema, o estudo se justifica pela ausência de trabalhos que exploraram a problemática de forma apropriada. A literatura sobre essa dinâmica é baseada em avaliações pontuais e estudos de caso que não exploram a multidimensionalidade da performance financeira nem a heterogeneidade entre as empresas com técnicas de análise multivariada. No geral, foram conduzidas por consultorias e agentes privados – Noriller et al. (2011), Nascimento (2014), Nastari (2014), Martins et al., (2015) e Guedes et al. (2016), por exemplo. Já Rodrigues & Rodrigues (2018) empregam uma abordagem analítica similar à adotada neste estudo, mas apresenta como restrição o reduzido horizonte temporal de análise. Os autores avaliaram informações de dois anos, permitindo apenas uma avaliação pontual da situação da indústria naquele momento.

Este trabalho supera essa limitação ao usar uma base de dados única, composta por 1.471 demonstrativos financeiros publicados entre as safras 2001/2002 e 2019/2020. Além disso, neste estudo, diferentes métodos de classificação das empresas foram testados, tornando o procedimento metodológico mais robusto. Com isso, o trabalho oferece informações inéditas sobre a evolução da condição financeira da indústria sucroenergética no Brasil nos últimos 19 anos. Os resultados são importantes para investidores

e instituições financeiras com interesse em empregar recursos nessa indústria, pois propõem parâmetros para uma avaliação objetiva das empresas e sugerem a migração mais provável entre os grupos representativos da indústria.

O entedimento dessa relação e a caracterização da heterogeneidade econômico-financeira das empresas produtoras são relevantes por oferecer fundamentos à regulação da recém-criada Política Nacional de Biocombustíveis no Brasil. A referida política, conhecida como *RenovaBio*, foi estabelecida pela Lei nº 13.576, de dezembro de 2017 (Brasil, 2017), e entrou em vigor no fim de 2019. O programa define metas decenais de descarbonização para o setor de transporte a partir da ampliação da participação dos biocombustíveis na matriz energética nacional. Trata-se, portanto, de uma iniciativa alinhada com o compromisso de redução de emissões de gases de efeito estufa firmado pelo Brasil no Acordo de Paris e com a necessidade de redução de importações de combustíveis. Para 2030, as metas já estabelecidas preveem a necessidade de expansão da produção de etanol dos atuais 30 bilhões para 50 bilhões de litros (CNPE, 2020; CRBIO, 2020).

Diante dessa perspectiva de crescimento da oferta do biocombustível, a análise proposta também deve trazer elementos importantes à tomada de decisão dos agentes que operam no setor, incluindo os atuais gestores das unidades em operação. Assim, os resultados devem permitir reflexões para questionamentos atuais no País: as políticas públicas favoreceram ou prejudicaram a condição financeira das empresas nos últimos anos? A situação atual do setor sugere a possibilidade de um novo ciclo de crescimento da produção? Qual será o papel do setor público para que isso ocorra? Para atingir o objetivo proposto, adota-se aqui um modelo matemático para classificar as companhias em grupos representativos, permitindo uma análise lógica e sequencial da heterogênea situação financeira da indústria e da reação da performance financeira das empresas diante das mudanças tecnológicas e de mercado e de políticas públicas observadas no período.

Metodologia

Indicadores financeiros e análise de agrupamentos

Para dividir as companhias em classes representativas e avaliar sua evolução ao longo do tempo, foram adotadas a técnica de análise de agrupamentos (ou análise de *cluster*) e as técnicas de classificação Random Forest, Análise de Discriminante e Máquina de Vetor de Suporte (SVM). A classificação das empresas em grupos permite sintetizar as condições financeiras do setor sucroenergético e também uma análise adequada da heterogeneidade entre essas empresas. A estratégia adotada usa indicadores calculados com base nos demonstrativos financeiros que retratam a condição das empresas em termos de liquidez, lucratividade e endividamento. Os índices financeiros tomados inicialmente foram: liquidez corrente (LC), liquidez geral (LG), margem Ebit⁵ ou margem operacional (ME), margem bruta (MB), margem líquida (ML), retorno sobre ativo (ROA), endividamento geral (EG), endividamento oneroso (EO, ou dívida onerosa sobre receita) e despesa financeira líquida por faturamento (DFF). Esses indicadores foram utilizados com variáveis de entrada dos modelos matemá-

ticos. A Tabela 1 mostra a fórmula de cálculo de cada indicador.

A análise de *cluster* foi inicialmente empregada para identificar o número de grupos de empresas que caracterizam a condição econômico-financeira dessa indústria na safra 2009/2010. Essa técnica permite a agregação de um conjunto de objetos segundo um vetor de características, seguindo um critério formal e menos sensível a vieses do pesquisador ou analista. Para a implementação da análise, uma avaliação da correlação entre os indicadores foi feita, e os índices cuja correlação excedia a 0,7 foram eliminados (Everitt et al., 2011).

A escolha do ciclo agrícola 2009/2010 decorre de sua maior variabilidade amostral durante o período de análise. A identificação do número ideal de grupos representativos da condição financeira da indústria sucroenergética foi baseada na inspeção visual do dendograma e em diferentes índices de qualidade do processo de agrupamento. Em linhas gerais, esses índices se fundamentam em métricas estatísticas de dispersão, como variância e desvio padrão, ou matemáticas, como medidas de distância, calculadas entre *clusters* e dentro deles, para mensurar o grau de dissimilaridade e/ou similaridade dos grupos em cada etapa do processo⁶.

Tabela 1. Indicadores financeiros calculados.

Tipo de indicador	Nome	Representação algébrica
Liquidez	Liquidez corrente (LC)	$\text{Ativo circulante} \div \text{Passivo circulante}$
	Liquidez geral (LG)	$(\text{Ativo circulante} + \text{realizável a LP}) \div (\text{Passivo circulante} + \text{exigível a LP})$
Lucratividade	Margem Ebit (ME)	$\text{Ebit} \div \text{Receita líquida}$
	Margem bruta (MB)	$\text{Lucro bruto} \div \text{Receita líquida}$
	Margem líquida (ML)	$\text{Lucro líquido} \div \text{Receita líquida}$
	Retorno sobre ativo (ROA)	$\text{Lucro líquido} \div \text{Ativo total}$
Endividamento	Endividamento geral (EG)	$(\text{Passivo circulante} + \text{exigível a LP}) \div \text{Ativo total}$
	Endividamento oneroso (EO)	$\text{Dívida total} \div \text{Receita líquida}$
	Despesa financeira líquida por faturamento (DFF)	$-(\text{Despesas financeiras líquidas} \div \text{Receita líquida})$

⁵ Earnings before interest and taxes.

⁶ Mais detalhes em Milligan & Cooper (1985), Everitt et al. (2011), Charrad et al. (2014) e Desgraupes (2018).

O dendograma foi construído a partir dos indicadores padronizados, tendo como referência o método de *cluster* hierárquico, a medida de dissimilaridade definida pela distância euclidiana e o procedimento aglomerativo proposto por Ward Jr. (1963).

Modelo de classificação e validação cruzada

Os grupos definidos a partir dos dados da safra 2009/2010 foram adotados como padrão para a classificação dos outros anos da amostra. Assim, é possível avaliar a evolução do desempenho econômico-financeiro da indústria sucroenergética analisando a composição desses grupos e também a variação de suas características ao longo do tempo. As variáveis de entrada selecionadas para o modelo de discriminação dos grupos foram: liquidez corrente, endividamento geral, liquidez geral, despesa financeira por faturamento e retorno sobre ativo. O critério de seleção de variáveis foi o método progressivo ou *stepwise forward method* (Klecka, 1980). Como regra classificatória, foram avaliados quatro métodos: Discriminante Canônico de Fisher (Fisher, 1936), Discriminante Quadrático (Johnson & Wichern, 2007), Random Forest (Breiman et al., 1984; Breiman, 2001) e Máquina de Vetor de Suporte (Haykin, 2001; Hastie et al., 2009). O problema abordado por essas técnicas consiste em estimar uma regra ótima de classificação para as empresas conhecido um conjunto de dados de treinamento $\Omega = \{x_i, y_i\}_{i=1}^N$, em que x_i representa o vetor de entrada ou características (indicadores financeiros das companhias) e y_i representa a classe observada (grupos identificados na safra 2009/2010).

A qualidade da classificação de todos os métodos foi avaliada pelos critérios conhecidos como ressubstituição e *leave-one-out cross validation* (Hastie et al., 2009). O primeiro compara a classe prevista pelo modelo com o grupo real de cada elemento utilizado na etapa de treinamento. Dessa forma, essa métrica avalia o erro de classificação dentro da amostra e não garante que o modelo não sofra de *superencaixe (overfitting)*. Para evitar essa complicação, o segundo critério, chamado “deixe um de fora”, ou *leave-one-out cross validation* – que é um caso especial da validação cruzada de *k*-partes –, foi utilizado. O procedimento consiste em estimar modelos, sempre expurgando um elemento da amostra de treinamento. O erro de classificação de um modelo é calculado com o erro de previsão apenas da unidade amostral excluída do processo de treino. Esse critério também foi utilizado para a seleção dos parâmetros dos métodos Random Forest e SVM. A Tabela 2 mostra os resultados de cada método.

Como a performance do SVM foi a melhor entre as técnicas avaliadas, esse foi o método adotado para a classificação das empresas. Essa técnica possui também a vantagem de não requerer que as variáveis sejam originadas de nenhuma distribuição estatística específica. Essa propriedade é conveniente, já que a presença de não normalidade é frequentemente apresentada como um problema no emprego de indicadores financeiros em conjunto com técnicas de estatística multivariada (Horrigan, 1965, 1983; Eisenbeis, 1977; Barnes, 1982).

Tabela 2. Critérios para a avaliação da qualidade da classificação.

Método	Ressubstituição (%)	Leave-one-out (%)
Discriminante Canônico de Fisher	84,04	82,98
Discriminante Quadrático	91,48	87,10
Random Forest	89,36	88,30
Máquina de Vetor de Suporte (SVM)	95,74	92,55

Base de dados

O banco de dados utilizado na análise foi estruturado por meio da coleta, organização e depuração de informações obtidas em balanços auditados publicados periodicamente pelas empresas do setor sucroenergético em jornais oficiais, sites e em outros meios de divulgação. A amostra foi composta de 139 empresas, que agregam 242 unidades industriais em 1.471 balanços financeiros publicados entre as safras 2001/2002 e 2019/2020⁷. A Tabela 3 mostra o

número de unidades e os grupos econômicos (demonstrativos financeiros) por safra. Cabe destacar que não foi possível manter os mesmos grupos econômicos em todos os anos da amostra, pois o período foi marcado pela criação, pela fusão/aquisição ou por pedidos de falência e recuperação judicial de empresas. A amostra obtida representa cerca de 55% da produção nacional de cana-de-açúcar (Brasil, 2020a) em todo o período.

Tabela 3. Número de grupos econômicos, usinas, percentual da produção amostrada e desvio padrão total dos indicadores financeiros por safra.

Safra	Nº de grupos econômicos	Nº de usinas	Produção de cana-de-açúcar amostrada (t milhão)	% da produção de cana-de-açúcar	Desvio padrão
2001/2002	41	57	82	29	1,59
2002/2003	44	60	92	29	1,17
2003/2004	44	60	101	28	2,50
2004/2005	45	61	111	29	1,89
2005/2006	49	71	148	39	2,17
2006/2007	62	105	179	42	5,59
2007/2008	62	114	206	42	18,92
2008/2009	69	130	258	45	2,65
2009/2010 ⁽¹⁾	94	161	299	50	22,62
2010/2011	95	171	348	56	1,61
2011/2012	99	184	321	57	2,76
2012/2013	100	183	368	62	2,14
2013/2014	110	198	433	66	2,91
2014/2015	104	193	419	67	2,14
2015/2016	98	183	463	69	1,95
2016/2017	99	184	461	70	1,84
2017/2018	90	174	446	70	1,91
2018/2019	85	170	423	68	2,48
2019/2020	81	170	422	66	5,18
Total	1.471	-	5.577	55	-

⁽¹⁾ Safra escolhida para implementação da análise de *cluster*. O desvio padrão foi obtido pelo cálculo da raiz quadrada do traço da matriz de covariância dos indicadores financeiros das firmas.

⁷ Última safra com dados disponíveis até a conclusão do estudo.

Análise e discussão dos resultados

Análise de *cluster* para a safra 2009/2010

A inspeção visual do dendograma gerado (Figura 1) e a coerência lógica da análise obtida levaram à seleção de quatro grupos de empresas com desempenho econômico-financeiro similar na safra 2009/2010. A Tabela 4 mostra o resul-

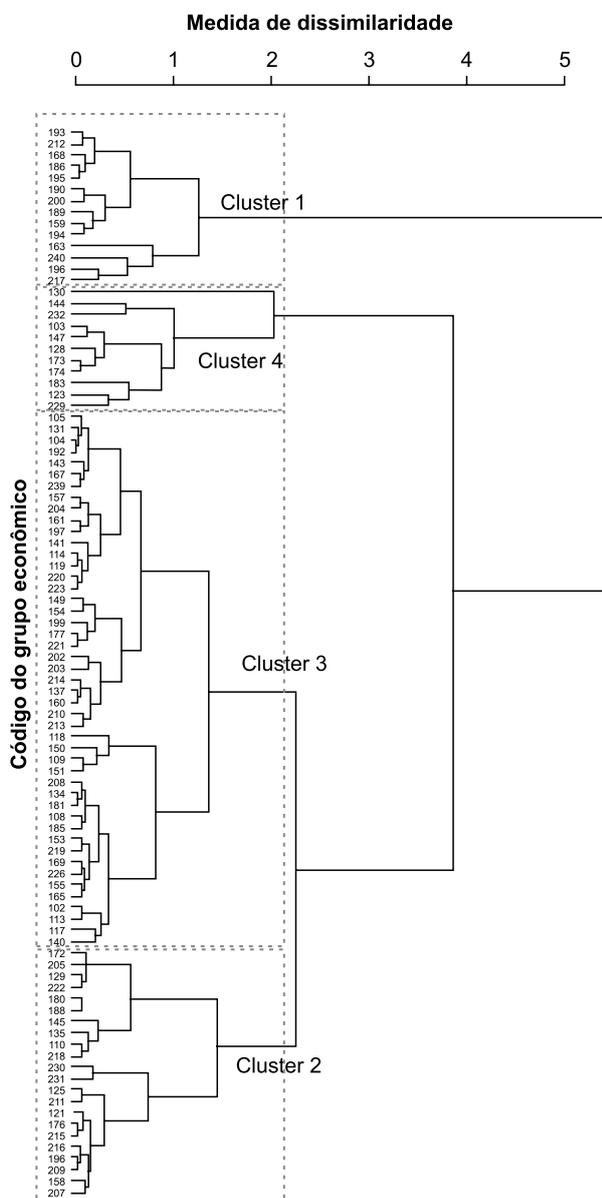


Figura 1. Dendograma dos grupos para as empresas na safra 2009/2010.

tado dos 11 índices de verificação da qualidade do agrupamento, juntamente com a respectiva regra utilizada. Quatro dos 11 critérios indicam a escolha de cinco grupos como partição ótima da amostra. Entretanto, vale notar que uma divisão igual ou superior a cinco agrupamentos levaria a classes representativas que conteriam apenas uma empresa. Essa condição, além de distorcer o cálculo dos indicadores na medida em que um determinado grupo exibiria variância ou dissimilaridade zero, não é revestida de sentido econômico. Para evitar essa distorção e manter maior coerência no uso da técnica para análise dos resultados, apenas as opções de quatro ou menos agrupamentos foram consideradas. Nesse caso, a opção de quatro agrupamentos foi tomada como ótima.

A classificação obtida com base na análise de agrupamentos para a safra 2009/2010 revela grupos com as características definidas pelos indicadores médios mostrados na Tabela 5.

O quarto grupo (C4) possui membros cujo desempenho econômico-financeiro está bastante comprometido. Seu endividamento geral médio acima de 1 revela que o patrimônio líquido dessas companhias está, em média, negativo. Além disso, a margem Ebit negativa indica elevada ineficiência operacional ou má gestão dos custos. Trata-se, portanto, de empresas com problemas estruturais de financiamento e operação. O cenário para elas pode ser visto como o de maior criticidade entre todas as unidades da amostra. C3 possui menor endividamento e maior lucratividade do que C4, mas aquém dos índices registrados pelas empresas dos grupos C1 e C2. Quanto a C1 e C2, embora o primeiro exiba maior lucratividade, o principal fator que diferencia as empresas desses grupos consiste na forma de financiamento das operações. C1 possui níveis de endividamento inferiores, além de concentrar o capital de terceiros e outros passivos do seu balanço no longo prazo, o que justifica os menores encargos pagos e a maior liquidez corrente.

Tabela 4. Índices de qualidade de *cluster* utilizados para determinar o número ótimo de grupos.

k	CaliHarab Máx	Hartigan Máx	Duda Hart Máx	Ball-Hall Máx Diff	Ratk Lanc Máx	Dav Bould Mín	Trace {W ⁻¹ B} Máx Diff	Cindex Mín	S Dbw Mín	Dunn Máx	Marriot Máx Diff
2	31,25	25,58	0,75	3,70	0,21	0,97 ⁽¹⁾	1,79	0,21	1,11	0,07 ⁽¹⁾	10,11
3	32,40	8,75	0,77 ⁽¹⁾	1,93 ⁽¹⁾	0,30	1,19	3,72	0,15	1,30	0,07	8,38
4	26,30	35,23 ⁽¹⁾	0,74	1,32	0,27	1,42	5,89	0,13 ⁽¹⁾	1,12	0,04	8,85
5	35,85 ⁽¹⁾	9,12	0,52	0,76	0,34 ⁽¹⁾	1,11	23,28 ⁽¹⁾	0,19	0,69	0,06	0,82 ⁽¹⁾
6	33,07	7,43	0,72	0,57	0,32	0,98	24,31	0,18	0,56	0,06	0,82
7	30,77	12,80	0,61	0,45	0,31	1,07	25,63	0,18	0,53	0,06	0,79
8	31,72	15,49	0,60	0,35	0,29	1,08	29,65	0,16	0,52 ⁽¹⁾	0,06	0,53

⁽¹⁾ Indica o número ótimo de grupos de acordo com o critério respectivo.

Tabela 5. Valor médio ponderado⁽¹⁾ dos indicadores financeiros dos grupos na safra 2009/2010.

Tipo de Indicador	Indicador	C1	C2	C3	C4
Liquidez	Liquidez corrente	2,04	0,95	0,50	0,45
	Liquidez geral	1,76	1,78	1,46	0,88
Lucratividade	Margem EBIT	0,18	0,01	-0,03	-0,51
	Margem bruta	0,29	0,14	0,14	-0,01
	Margem líquida	0,14	0,04	-0,02	-0,48
	Retorno sobre ativo	0,08	0,03	0,00	-0,13
Endividamento	Endividamento geral	0,60	0,61	0,71	1,18
	Endividamento oneroso	0,73	0,91	1,21	2,08
	Desp. finan. por faturamento	0,04	0,02	0,01	0,12
<i>Market-share</i> dos grupos ⁽²⁾		16,7%	33,1%	43,4%	6,8%
Número de usinas no grupo		14	22	47	11

⁽¹⁾ Valores ponderados pelo market-share das companhias que pertencem ao grupo. ⁽²⁾ Market-share calculado pela proporção da receita do grupo em relação ao total da amostra.

Classificação com SVM e evolução da situação econômico-financeira do setor sucroenergético brasileiro

Para explorar a evolução da situação econômico-financeira da indústria sucroenergética diante das condições de mercado e das políticas públicas observadas durante o período, foi avaliada a evolução da representatividade de cada *cluster* na amostra e como se caracterizou a migração das empresas entre os grupos. Os

hiperplanos estimados como regra de separação são mostrados na Tabela 6.

De modo geral, a classificação de uma empresa nos grupos C1 e C2 é determinada pela redução dos passivos na estrutura de financiamento e/ou aumento da liquidez dos ativos. O indicador de margem operacional desempenha papel menos relevante, embora seja importante para discriminar alguns pares de *clusters*. A migração das empresas entre os grupos nos últimos 19 anos ocorreu, majoritariamente, pela

Tabela 6. Coeficientes estimados para a regra de discriminação entre os grupos.

w_{ij}/f_{ij}	$i = 1 ; j = 2$	$i = 1 ; j = 3$	$i = 1 ; j = 4$	$i = 2 ; j = 3$	$i = 2 ; j = 4$	$i = 3 ; j = 4$
W_{LC}	2,34	1,85	1,11	4,01	1,58	-0,47
W_{EG}	-2,00	-0,64	-0,56	-0,40	-1,11	-2,19
W_{LG}	-0,86	0,21	0,39	0,57	0,45	0,68
W_{ME}	1,18	0,49	0,66	1,37	1,52	0,65
ρ_{ij}	2,89	1,02	-0,12	0,11	-0,87	-2,64

Nota: o *kernel* linear foi utilizado por gerar o menor erro na validação cruzada. Assim, a regra de classificação será esta: seja x um elemento amostral (indicadores financeiros de uma empresa normalizados pela média e pelo desvio padrão). Ele será classificado para um grupo i em vez de j se $f_{ij} = x^t w_{ij} > \rho_{ij}$, em que f_{ij} é a função que discrimina os grupos i e j com vetor de coeficientes w_{ij} . Aplicada $f_{ij} \forall i, j$ tal que $i \neq j$, o elemento será alocado para o grupo com maior número de votos.

modificação da estrutura de capital e redução do endividamento. As Figuras 2 e 3 mostram a representatividade de cada *cluster* dentro da amostra em termos de *market-share* e número de empresas, e as Figuras 4, 5, 6, 7, 8 e 9 exibem a evolução dos indicadores médios (ponderados pelo *market-share* das empresas).

Até a safra 2005/2006, a proporção de empresas dos agrupamentos 3 e 4 era bastante reduzida em relação às de C1 e C2 (Figuras 2 e 3). Nesse período, a representatividade do primeiro *cluster* cresceu até que ele viesse a ser o grupo com maior número de empresas. Apesar dessa condição, era possível verificar aumento sistêmico no endividamento das empresas

em melhores condições (*clusters* 1 e 2), cujo crescimento das receitas permitiu apenas uma alta sutil do endividamento oneroso (Figura 8). Corroborando essa tendência, já na safra 2007/2008 houve crescimento da participação das empresas do *cluster* 3 e redução da representatividade do *cluster* 1.

Essa situação retrata o momento vivenciado pelo setor, caracterizado pelo fluxo intenso de investimento para a expansão da indústria. Segundo Moraes & Zilberman (2014), de 2003 a 2007 foram construídas mais de 100 unidades produtoras no Brasil, além da ampliação da capacidade de inúmeras empresas em operação. Como consequência, a moagem de cana no País

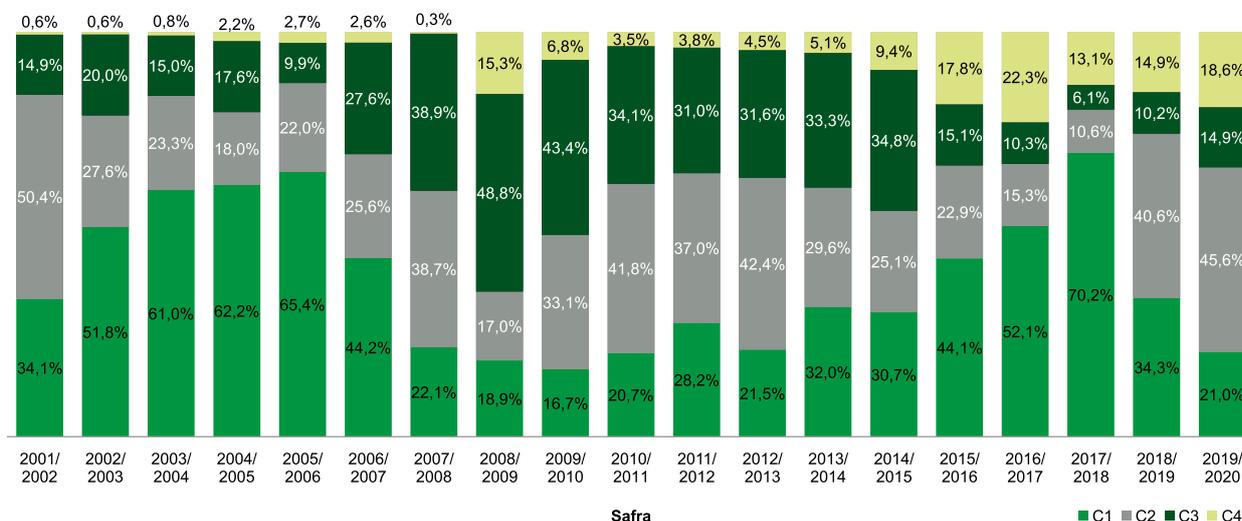


Figura 2. Representatividade dos grupos pelo *market-share* das empresas que os compõe entre as safras de 2001/2002 e 2019/2020.

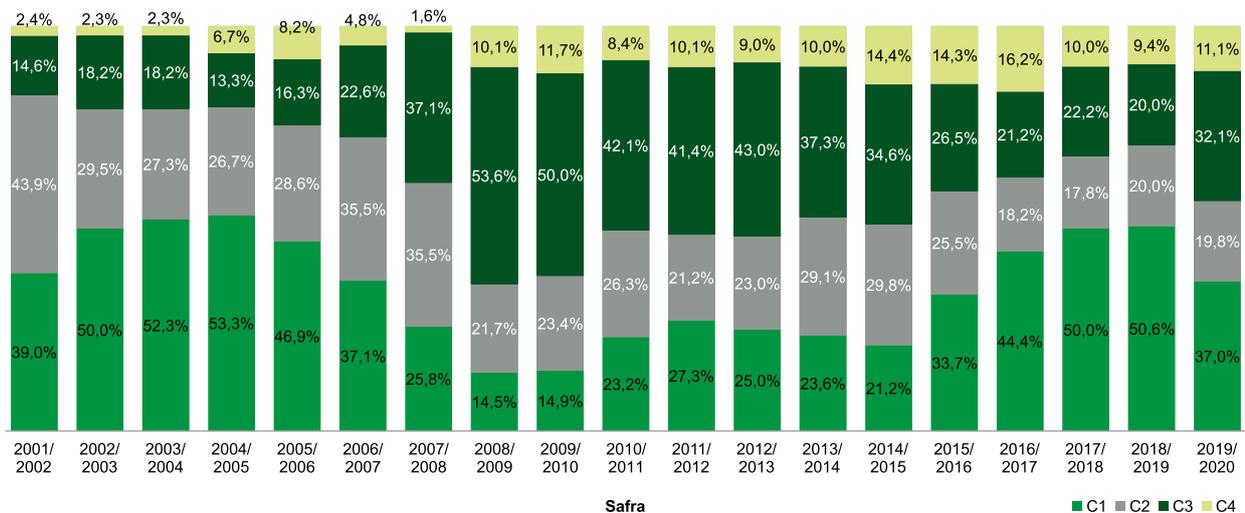


Figura 3. Representatividade dos grupos pelo número de empresas que os compõe entre as safras de 2001/2002 e 2019/2020.

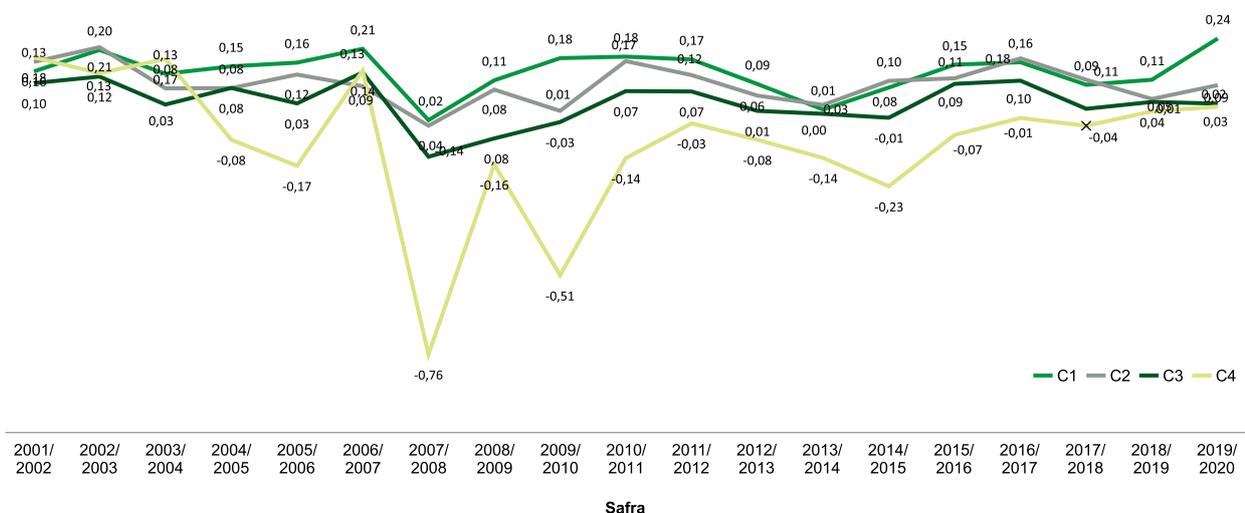


Figura 4. Margem Ebit média dos grupos durante as safras de 2001/2002 a 2019/2020.

passou de 354,7 milhões de toneladas na safra 2003/2004 para 489,2 milhões em 2007/2008 (Brasil, 2020a). Nesse mesmo período, o consumo de etanol hidratado cresceu 309,5%, saltando 3,25 bilhões em 2003 para 13,29 bilhões de litros (ANP, 2020). Essa expansão foi induzida por diversos fatores, com destaque para o lançamento dos veículos *flex-fuel*, em março de 2003. A iniciativa da indústria automobilística, potencializada pela atuação do poder público por meio da redução do Imposto sobre Produtos

Industrializados (IPI) sobre os automóveis flex, permitiu a consolidação dessa nova tecnologia no mercado brasileiro. Depois de apenas quatro anos de lançamento, os veículos flex já representavam cerca de 90% das vendas de automóveis no País (Anfavea, 2020).

A tendência de elevação das cotações internacionais do petróleo e a diferenciação tributária estabelecida domesticamente entre o etanol hidratado e a gasolina estabeleceram

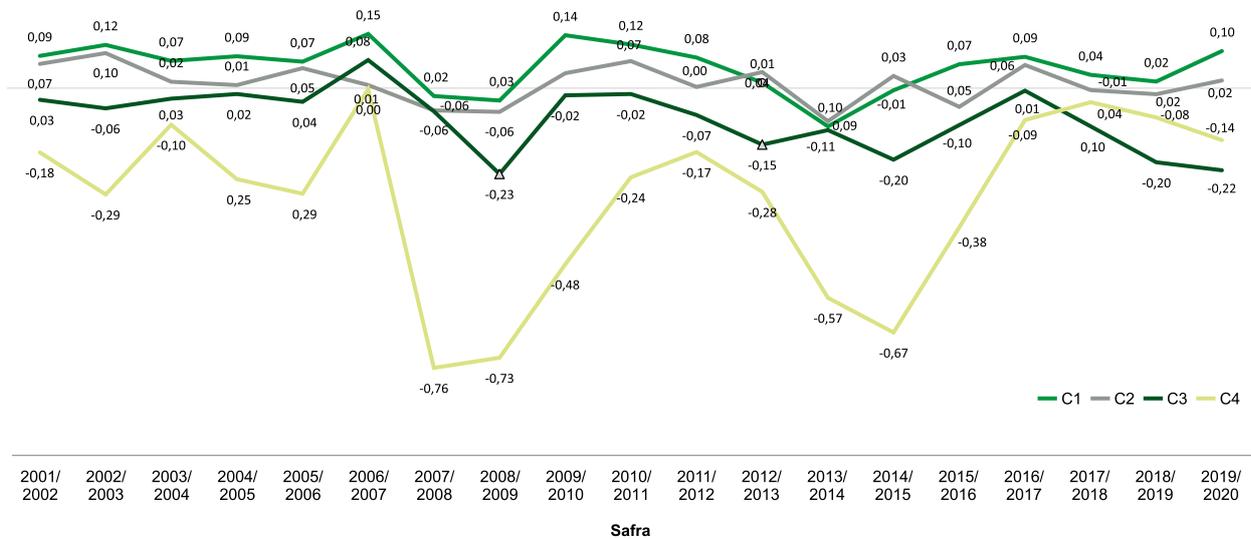


Figura 5. Margem líquida média dos grupos durante as safras de 2001/2002 a 2019/2020.

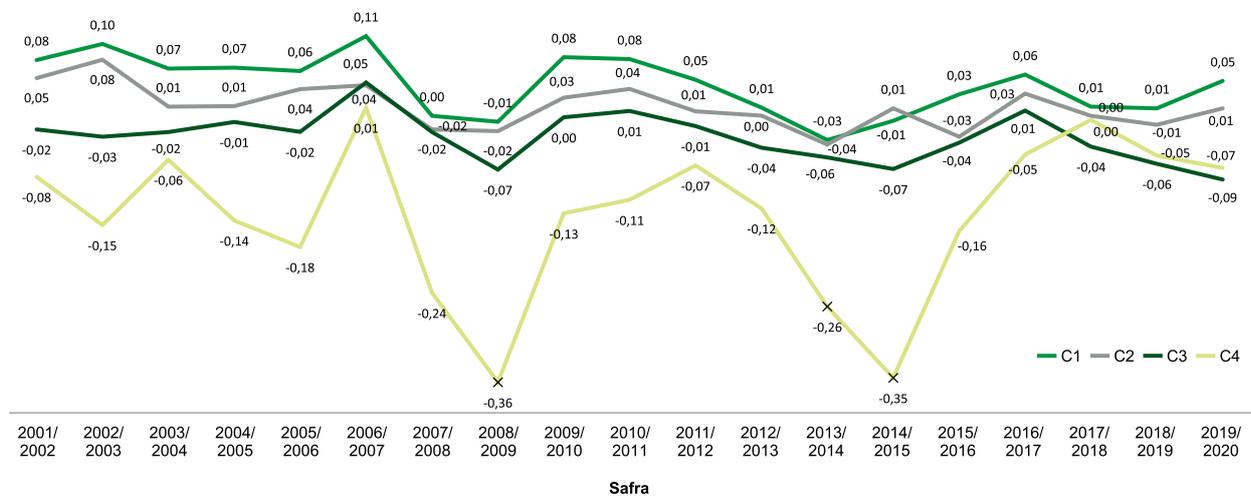


Figura 6. Retorno sobre ativo médio dos grupos durante as safras de 2001/2002 a 2019/2020.

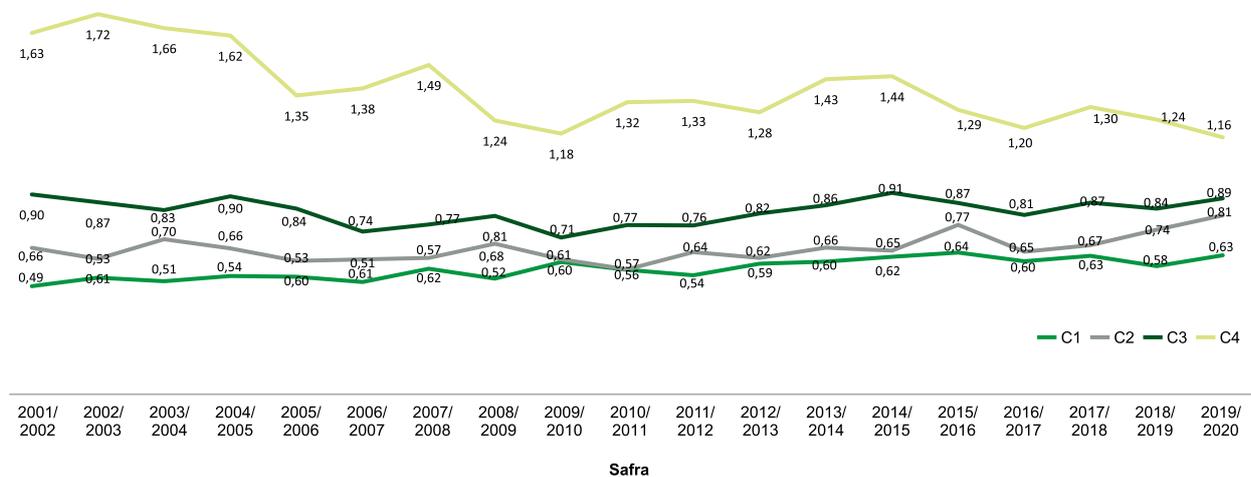


Figura 7. Endividamento geral médio dos grupos durante as safras de 2001/2002 a 2019/2020.

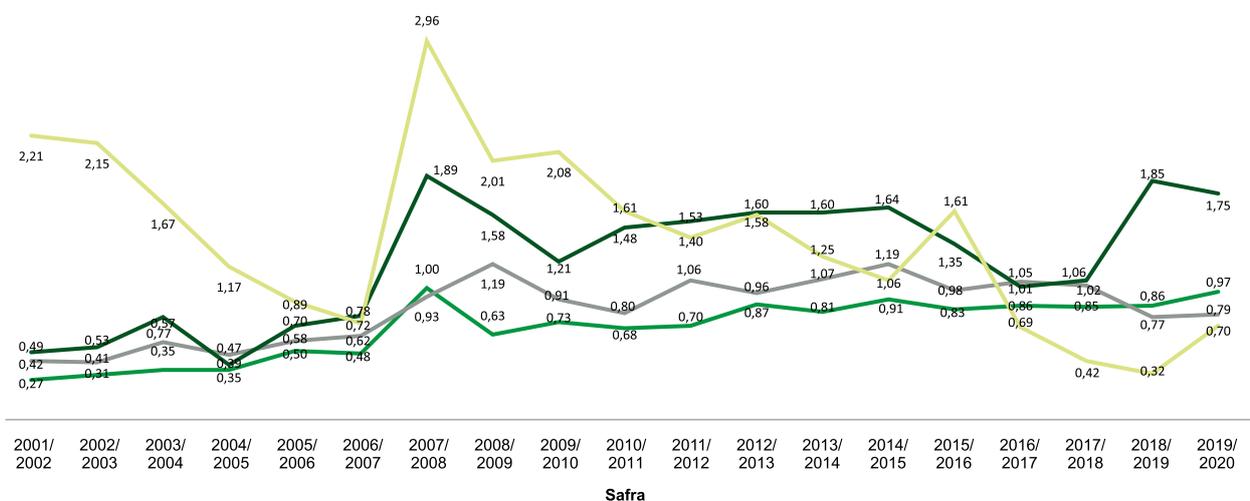


Figura 8. Endividamento oneroso médio dos grupos durante as safras de 2001/2002 a 2019/2020.

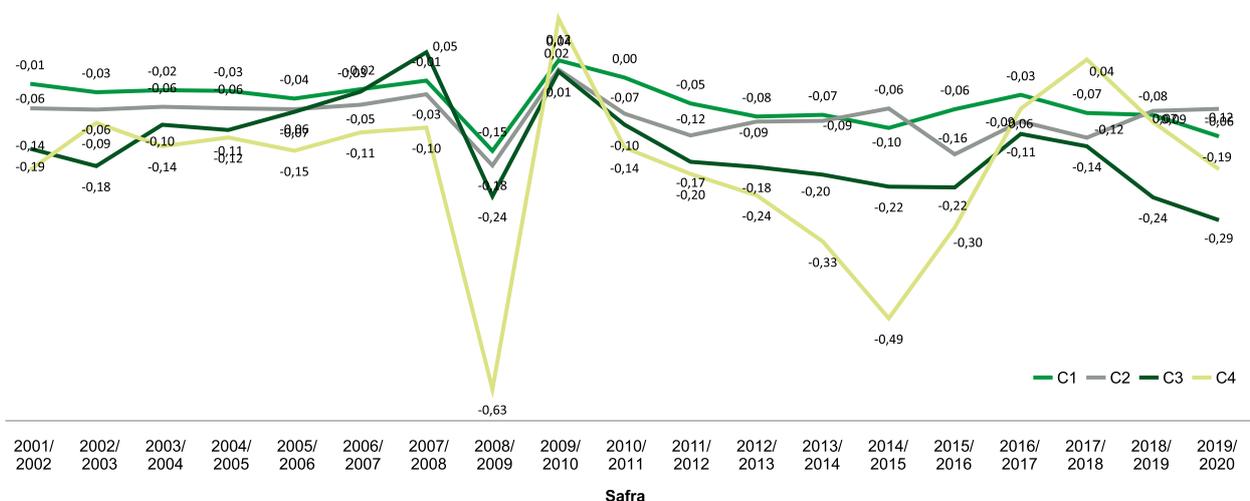


Figura 9. Despesa financeira líquida por faturamento média dos grupos durante as safras de 2001/2002 a 2019/2020.

um ambiente de negócios bastante promissor para novos investimentos em expansão da capacidade de produção do biocombustível. Os benefícios ambientais e associados à geração de emprego justificaram o uso de recursos públicos, via Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), para financiar parte dessa expansão (Milanez & Nyko, 2012; Neves & Trombim, 2014; Ferracioli et al., 2016). Cabe ainda destacar que uma parte dessa ampliação da capacidade produtiva ocorreu via financiamento

de curto prazo, ampliando também a representatividade do grupo 2 na amostra.

Mas esse movimento sofreu uma ruptura sem precedentes em 2008 com o começo da crise financeira internacional, que reduziu a liquidez dos mercados e ampliou expressivamente o custo de crédito em um momento de elevada alavancagem da indústria sucroenergética brasileira e preços pouco remuneradores para seu produto final. Essa condição é retratada nos indicadores financeiros das empresas. Depois

da safra 2006/2007, houve aumento expressivo da parcela do mercado correspondente ao terceiro agrupamento (C3), com queda brusca do número de empresas pertencentes ao primeiro grupo. No ciclo 2007/2008, a queda do lucro operacional (Ebit) da amostra alcançou 149%. O aumento da representatividade de C4 a partir da safra 2008/2009 também evidencia a piora da condição financeira da indústria nesse período. Esse cenário levou a um amplo processo de consolidação na indústria sucroenergética e, como resultado, houve mudança no fluxo de investimentos do setor, que, antes direcionados à construção de novas unidades, depois da crise passaram a ser empregados para a compra de empresas em dificuldade.

O momento pós-crise financeira mundial, por sua vez, deu início a outro período de mudanças no arcabouço institucional brasileiro, caracterizado pelo controle dos preços da gasolina no mercado doméstico. Esse movimento promoveu a deterioração da competitividade do etanol hidratado. Nesse cenário, não existiam incentivos econômicos para a construção de novas unidades produtoras, que, geralmente, são mais dependentes do etanol por causa da pior condição logística para o escoamento do açúcar a partir das regiões onde ocorre a expansão da produção. Além disso, nos anos subsequentes o setor se deparou com um período de superávit no mercado do adoçante, com redução dos preços recebidos pelo produtor e queda da produtividade da lavoura (CTC, 2018).

A situação levou a um aumento crescente do endividamento das unidades e do custo associado ao financiamento de suas operações, com consequente aumento da representatividade de C3 e C4. A dívida total da amostra subiu aproximadamente 430% (R\$ 62,67 bilhões) da safra 2007/2008 para a safra 2014/2015. O endividamento oneroso da amostra passou de 0,60 para 1,25 no período. As empresas de C4 comprometeram 49% do seu faturamento com o pagamento dos serviços da dívida na safra 2014/2015 (Figura 9). Além disso, o índice de endividamento geral (Figura 7) desse grupo

permaneceu acima de 1 durante todo o período analisado, o que indica a existência de passivo a descoberto (patrimônio líquido negativo). Como consequência, nota-se elevado número de pedidos de recuperação judicial das empresas desse agrupamento. C3, por sua vez, que passou a deter a maior parte das empresas da amostra depois do ciclo 2008/2009, exibiu nível de endividamento que superou o faturamento anual das companhias (Figura 8) e despesas financeiras que chegaram a comprometer, em média, 22% da sua receita (Figura 9). O resultado dessa situação pode ser visto pelo indicador de margem líquida (Figura 5), que, a despeito da margem Ebit (Figura 4) de -1%, registrou o valor de -20% na safra 2014/2015. Mesmo o endividamento dos grupos 1 e 2 cresceram quando comparado a sua receita. Depois da safra 2009/2010, o endividamento oneroso permaneceu acima dos 60% do faturamento anual em todo o período (Figura 8). Embora o retorno sobre ativo tenha sido positivo na maioria dos anos, a intensa redução das margens afetou a atratividade para novos investidores e a capacidade de investimento das empresas desses grupos.

É importante destacar que entre as safras 2010/2011 e 2014/2015 pode-se ter a falsa impressão de melhora da condição da indústria decorrente do aumento do *market-share* de C1 e C2 e da queda da participação de C3. Contudo, isso aconteceu porque, primeiro, houve migração de empresas de C3 para C4 e, segundo, observou-se um movimento de concentração dos grandes grupos econômicos em C1 e C2 – que acaba por elevar a parcela de mercado pertencente aos grupos. De fato, as medidas adotadas nesse período repercutiram com piora sistêmica nos índices e na composição dos grupos representativos da indústria sucroenergética. De 2008 a 2015, houve o fechamento de 96 unidades produtoras no Brasil (EPE, 2020b).

Depois do auge do que pareceu ser uma das maiores crises da história da indústria sucroenergética brasileira, algumas mudanças começaram a ser observadas a partir do ciclo agrícola 2015/2016 nos mercados de açúcar e

de etanol. Quanto ao aspecto técnico, ajustes de gestão e no quadro de colaboradores das unidades produtoras e condições climáticas favoráveis acarretaram melhoria da produtividade agrícola nessa mesma safra, com conseqüente repercussão nos custos de produção (CTC, 2018). Quanto às mudanças no arcabouço institucional, destaca-se aquela relacionada ao reajuste do preço doméstico da gasolina, que passou a ser efetuado pela Petrobrás em outubro de 2016, após a estatal sofrer graves prejuízos. Em julho de 2017, os ajustes começaram a ser feitos diariamente, para evitar a perda de *market-share* da empresa. Em 2015, o governo e diversos estados retornaram a diferenciação tributária entre etanol e gasolina. Em 2017, a ampliação do déficit público exigiu novo aumento dos tributos federais sobre a gasolina. Apesar de não ser o objetivo das medidas, esse movimento ampliou a competitividade do etanol no mercado doméstico. Por fim, os preços do açúcar recebidos pelos produtores brasileiros melhoraram substancialmente nas safras 2016/2017 e 2017/2018 por causa da desvalorização do real e do aumento das cotações internacionais do produto diante do ciclo de déficit mundial de produção. Nos ciclos 2018/2019 e 2019/2020, o preço da gasolina, agora definido com base da cotação internacional do petróleo, deu sustentação à competitividade do etanol hidratado, que alcançou o maior pico de consumo da série histórica e atingiu 22,5 bilhões de litros comercializados em 2019 (ANP, 2020).

Como resultado dessas mudanças, observou-se aumento da representatividade de C1 e C2, que, juntos, passaram a deter a maior parcela do mercado e o maior número de empresas. O endividamento da indústria cresceu no período, mas a uma taxa inferior à da receita, de modo que o índice de endividamento oneroso geral da amostra recuou de 1,25 na safra 2014/2015 para 0,95 no ciclo 2019/2020. Todavia, há uma evidente heterogeneidade no modo com que essa melhora se manifesta nas empresas da amostra. O aumento das margens de lucratividade depois da safra 2014/2015 são exclusividade dos membros de C1. De modo geral, pode-se afirmar que o cenário mais otimista observado entre as safras

2015/2016 e 2019/2020 permitiu redução da alavancagem e aumento da rentabilidade média da indústria, com muitas empresas migrando para os grupos de melhor situação financeira (C1 e C2). Essas mudanças pontuais, entretanto, não foram suficientes para garantir a revitalização da indústria no médio e longo prazos, já que 34% do *market-share* e 43% dos grupos econômicos pertencem a C3 e C4, grupos cuja situação econômico-financeira ainda é delicada. Mesmo C2, que passa a deter a maior parcela das empresas e o *market-share* no último ano, possui margens líquidas (Figuras 5 e 6) próximas de zero.

Considerações finais

Os resultados deste estudo – contrapondo as mudanças observadas na conjuntura econômica, nas condições produtivas e no conjunto de políticas públicas com impacto no mercado de etanol, especialmente – revelaram como evoluiu a condição econômico-financeira do setor sucroenergético brasileiro nos últimos 19 anos. A análise dos resultados evidencia quatro fases determinantes para a performance financeira do setor sucroenergético e a formação da estrutura da indústria em quatro *clusters*. A primeira foi marcada pela introdução da frota de carros flex no mercado brasileiro no início da década de 2000 e pelo crescimento da representatividade do *cluster* C1. A segunda fase se refere à ruptura na condição financeira das empresas em 2008, com a crise financeira internacional. Como consequência, foi observada queda das margens de lucro que, concomitantemente à alavancagem alta, resultou no aumento da representatividade dos *clusters* com maiores dificuldades financeiras e na saída de empresas da amostra por causa do intenso movimento de consolidação no setor, com fusões e fechamento de unidades produtoras.

No período pós-crise financeira, observou-se a administração do preço dos derivados no mercado interno a partir de desonerações sobre a gasolina e a prática de valores internos inferiores aos praticados internacionalmente, o que

conferiu, inclusive, perdas financeiras nas importações de gasolina pela Petrobrás. Essa condição prejudicou substancialmente a situação econômico-financeira da indústria sucroenergética, fazendo subir o endividamento das empresas e cair sua rentabilidade. Como consequência, houve aumento da representatividade dos *clusters* C3 e C4. A partir de 2015, a preocupação com o controle inflacionário dá lugar à necessidade de aumento de receitas para a redução do *déficit* público. Essa condição proporcionou um período de altas recorrentes dos tributos sobre combustíveis, com maior incidência sobre a gasolina. Nesse mesmo momento, as perdas impostas à Petrobrás exigiram a implementação de uma nova política de preços domésticos para os derivados, alinhando os valores internos àqueles vigentes no mercado internacional. Essa mudança trouxe maior previsibilidade aos preços e garantiu competitividade ao etanol. Essa condição, aliada à melhoria dos preços mundiais do açúcar, é refletida na condição financeira das empresas produtoras de etanol a partir da safra 2015/2016.

A despeito da melhora dos indicadores da indústria no período recente, é necessário destacar que na última safra analisada 32% das empresas ainda pertenciam a C3 e 11%, a C4. O primeiro (C3) é o grupo que exibe margens líquidas negativas e endividamento geral médio de 89% na safra 2019/2020. Quanto a C4, suas empresas vivenciam situação insustentável para seu crescimento e mesmo para sua continuidade, pois operam com margens líquidas, margens operacionais e patrimônio líquido negativos. Além disso, é importante destacar que 21 empresas originalmente contempladas no espaço amostral deste estudo não estão sendo contabilizadas na safra 2019/2020 por causa da situação de recuperação judicial, que desobriga a divulgação dos demonstrativos financeiros. Apesar de 11% das empresas estarem em C4, quando elas são consideradas membros “ocultos” desse grupo, a representatividade se eleva para 29%. Somado ao percentual de C3, isso resulta, portanto, que 55% das empresas pertencem a grupos de saúde financeira bastante crítica.

Os resultados evidenciam que a condição financeira atual do setor é bastante heterogênea. A maior parte das empresas possuem potencial para a readequação financeira e o crescimento da produção no longo prazo. Todavia, as condições observadas na safra 2019/2020 sugerem que 43% das empresas (55% quando considerados os membros ocultos de C4), isto é, C3 e C4, não possuem condições de elevar sua produção de forma substancial no curto e médio prazos. A situação sugere que investidores externos à indústria que desejam empregar recursos podem priorizar a aquisição de empresas em má condição financeira em vez de investirem na construção de novas unidades produtoras. Nessa condição, a sistemática de classificação via SVM, implementada neste estudo, pode ser bastante útil para a realização de *benchmarking* das empresas em operação, direcionando eventuais operações de compra e concessão de crédito, além de permitir aos gestores das unidades em operação a definição de um padrão de metas e diretrizes objetivas.

Neste ponto, a implementação da Política Nacional de Biocombustíveis pode estabelecer um novo marco para o setor sucroenergético ao definir uma estratégia de longo prazo para o uso de biocombustíveis no País. Essa é uma condição fundamental para o alcance das metas de descarbonização e para um novo ciclo de investimento na produção de etanol diante das alterações constantes de políticas públicas nos últimos anos, com medidas delineadas para atender a interesses dissociadas, na maior parte das vezes, da garantia do abastecimento interno.

Referências

- ANFAVEA. Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores. **Anuário da Indústria Automobilística Brasileira 2020**. São Paulo, 2020. Disponível em: <<http://www.anfavea.com.br/anuário2020/anuário.pdf>>. Acesso em: 31 out. 2020.
- ANP. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. **Dados Estatísticos**. 2020. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/dados-estatisticos>>. Acesso em: 31 out. 2020.

- BACEN. Banco Central do Brasil. **Histórico de Estatísticas**: nota para a imprensa. 2020. Disponível em: <<https://www.bcb.gov.br/estatisticas/historicoestatisticas>>. Acesso em: 31 out. 2020.
- BARNES, P. Methodological Implications of Non-Normally Distributed Financial Ratios. **Journal of Business Finance e Accounting**, v.9, p.51-62, 1982. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1468-5957.1982.tb00972.x>.
- BRASIL. **Lei nº 13.576, de 26 de dezembro de 2017**. Dispõe sobre a Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio) e dá outras providências. 2017. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2017/lei/l13576.htm>. Acesso em: 31 out. 2020.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Desenvolvimento Sustentável – Agroenergia**. 2020a. Disponível em: <www.agricultura.gov.br>. Acesso em: 31 out. 2020.
- BRASIL. Ministério do Trabalho. **Relação Anual de Informações Sociais – RAIS**. 2020b. Disponível em: <<http://pdet.mte.gov.br>>. Acesso em: 31 out. 2020.
- BREIMAN, L. Random forests. **Machine Learning**, v.45, p.5-32, 2001. DOI: <https://doi.org/10.1023/A:1010933404324>.
- BREIMAN, L.; FRIEDMAN, J.H.; OLSHEN, R.A.; STONE, C.J. **Classification e Regression Trees**. Boca Raton: CRC Press, 1984. 368p.
- BRESSAN FILHO, A. **Os fundamentos da crise do setor sucroalcooleiro no Brasil**. 2010. Relatório da Companhia Nacional de Abastecimento. Disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/agroenergia/fundamentos-da-crise-do-setor-sucroalcooleiro-no-brasil-conab>>. Acesso em: 28 jul. 2020.
- CHARRAD, M.; GHAZZALI, N.; BOITEAU, V.; NIKNAFS, A. NbClust: an R package for determining the relevant number of clusters in a data set. **Journal of Statistical Software**, v.6, p.1-36, 2014. DOI: <https://doi.org/10.18637/jss.v061.i06>.
- CNPE. Conselho Nacional de Política Energética. **Resolução nº 8, de 18 de agosto de 2020**. Define as metas compulsórias anuais de redução de emissões de gases causadores do efeito estufa para a comercialização de combustíveis. 2020. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/web/guest/conselhos-e-comites/cnpe/resolucoes>>. Acesso em: 19 ago. 2020.
- CRBIO. Cômite RenovaBio. **Consulta Pública nº 94, de 5 de junho de 2020**. Consulta pública sobre a proposta de definição das metas compulsórias anuais de redução de emissões de gases causadores do efeito estufa para a comercialização de combustíveis e dos seus intervalos de tolerância da Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio), instituída pela Lei nº 13.576, de 26 de dezembro de 2017 (Lei do RenovaBio), a ser encaminhada ao Conselho Nacional de Política Energética (CNPE). Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/web/guest/conselhos-e-comites/crbio>>. Acesso em: 19 ago. 2020.
- CTC. Centro de Tecnologia Canavieira. **Panorama da Safra e Perspectivas**. 2018. Disponível em: <<https://unica.com.br/publicacoes>>. Acesso em: 31 out. 2020.
- DESGRAUPES, B. **clusterCrit**: Clustering Indices. R package version 1.2.8. 2018. Disponível em: <<https://CRAN.R-project.org/package=clusterCrit>>. Acesso em: 10 jan. 2018.
- EISENBEIS, R.A. Pitfalls in the application of discriminant analysis in business, finance, and economics. **The Journal of Finance**, v.32, p.875-900, 1977. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1540-6261.1977.tb01995.x>.
- EPE. Empresa de Pesquisa Energética. **Balanco Energético Nacional 2020**: ano base 2019. Rio de Janeiro, 2020a. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-479/topico-528/BEN2020_sp.pdf>. Acesso em: 31 out. 2020.
- EPE. Empresa de Pesquisa Energética. **Cenários de Oferta de Etanol e Demanda do Ciclo Otto**. 2020b. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/cenarios-oferta-etanol-e-demanda-ciclo-otto>>. Acesso em: 31 out. 2020.
- ESTADOS UNIDOS. Department of Agriculture. Economic Research Service. **Sugar e Sweeteners Outlook**. 2020. Disponível em: <<https://www.ers.usda.gov>>. Acesso em: 31 out. 2020.
- EVERITT, B.S.; LANDAU, S.; LEESE, M.; STAHL, D. **Cluster Analysis**. 5th ed. West Sussex: J. Wiley & Sons, 2011. 352p. DOI: <https://doi.org/10.1002/9780470977811>.
- FERRACIOLLI, K.G.; BACHA, C.J.C.; JACOMINI, R.L. Linhas de crédito do BNDES para o setor sucroenergético brasileiro. **Revista de Política Agrícola**, ano25, p.52-61, 2016.
- FISHER, R.A. The use of multiple measurements in taxonomic problems. **Annals of Human Genetics**, v.7, p.179-188, 1936. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1469-1809.1936.tb02137.x>.
- GUEDES, S.N.R.; PÉRICO, E.A.; PERES, F.B.; SANTOS, R.G. Trajetória e indicadores econômico-financeiros na agroindústria brasileira: o caso do grupo Cosan. In: SANTOS, G.R. dos (Org.). **Quarenta anos de etanol em larga escala no Brasil**: desafios, crises e perspectivas. Brasília: Ipea, 2016. p.83-111.
- HASTIE, T.; TIBSHIRANI, R.; FRIEDMAN, J. **The elements of statistical learning**: data mining, inference, e prediction. 2nd ed. New York: Springer, 2009. 745p. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-0-387-84858-7>.

- HAYKIN, S. **Redes neurais: princípios e prática**. 2.ed. Porto Alegre: Bookman, 2001. 898p.
- HORRIGAN, J.O. Methodological Implications of Non-Normally Distributed Financial Ratios: A comment. **Journal of Business Finance & Accounting**, v.10, p.683-689, 1983. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1468-5957.1983.tb00462.x>.
- HORRIGAN, J.O. Some empirical bases of financial ratio analysis. **The Accounting Review**, v.40, p.558-568, 1965.
- JOHNSON, R.A.; WICHERN, D.W. **Applied Multivariate Statistical Analysis**. 6th ed. New Jersey: Pearson, 2007. 800p.
- KLECKA, W.R. **Discriminant analysis**. Newbury Park: Sage Publications, 1980. 72p. (Quantitative Applications in the Social Sciences, 19). DOI: <https://doi.org/10.4135/9781412983938>.
- MARTINS, H.H.; GOES, T.H.M.; SHIKIDA, P.F.A.; GIMENES, R.M.T.; PIACENTI, C.A. Estrutura de capital e alavancagem financeira de empresas da agroindústria canvieira: um estudo multicaso para o Centro-Oeste. **Gestão & Regionalidade**, v.31, p.76-93, 2015. DOI: <https://doi.org/10.13037/gr.vol31n93.2430>.
- MILANEZ, A.Y.; NYKO, D. O futuro do setor sucroenergético e o papel do BNDES. In: SOUSA, F.L. de (Org.). **BNDES 60 anos: perspectivas setoriais**. Rio de Janeiro: BNDES, 2012. p.62-87.
- MILLIGAN, G.W.; COOPER, M.C. An examination of procedures for determining the number of *clusters* in a data set. **Psychometrika**, v.50, p.159-179, 1985. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF02294245>.
- MORAES, M.A.F.; ZILBERMAN, D. The free market: the profound changes and the new agenda. In: MORAES, M.A.F.; ZILBERMAN, D. **Production of ethanol from sugarcane in Brazil: from state intervention to a free market**. New York: Springer, 2014. p.149-193. (Natural Resource Management and Policy, v.43). DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-03140-8_14.
- MORAES, M.L. de; BACCHI, M.R.P. Etanol: do início às fases atuais de produção. **Revista de Política Agrícola**, ano23, p.5-22, 2014.
- NASCIMENTO, D. Crise nas usinas chega à Justiça. **Revista RPA News**, n.164, p.6-13, 2014.
- NASTERI, P. **Avaliação e perspectivas do setor sucroenergético**. Brasília: Câmara Setorial de Açúcar e Alcool, 2014.
- NEVES, M.F.; TROMBIM, V.G. (Coord.). **A dimensão do setor sucroenergético: mapeamento e quantificação da safra 2013/2014**. Ribeirão Preto: Markestrat, Fundace, FEARP/USP, 2014. 62p.
- NORILLER, R.M.; CHAEDO, G.; BASTOS, S.P.S.; LOPES, A.C.V.; HALL, R.J. Comparação econômico-financeira por índices-padrão de usinas sucroenergéticas listadas na BM&F Bovespa S.A. **Revista de Administração da UEG**, v.2, p.58-77, 2011.
- RAMOS, P. Trajetória e situação atual da agroindústria canvieira do Brasil e do mercado de álcool carburante. In: SANTOS, G.R. dos (Org.). **Quarenta anos de etanol em larga escala no Brasil: desafios, crises e perspectivas**. Brasília: Ipea, 2016. p.47-82.
- RODRIGUES, L.; BACCHI, M.R.P. Light fuel demand e public policies in Brazil, 2003-2013. **Applied Economics**, v.54, p.5300-5313, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1080/0036846.2016.1176115>.
- RODRIGUES, L.; RODRIGUES, L. Economic-financial performance of the Brazilian sugarcane energy industry: an empirical evaluation using financial ratio, *cluster* e discriminant analysis. **Biomass and Bioenergy**, v.108 p.289-296, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2017.11.013>.
- WARD JR., J.H. Hierarchical grouping to optimize an objective function. **Journal of the American Statistical Association**, v.58, p.236-244, 1963. DOI: <https://doi.org/10.1080/01621459.1963.10500845>.