

**ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DOS PREÇOS DO AÇÚCAR, ETANOL E GASOLINA SOBRE O
PREÇO DE ENERGIA ELÉTRICA NO MERCADO ABERTO**

HELDER HENRIQUE MARTINS

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA (UFSC)

helder.hmartins@hotmail.com

THIAGO HENRIQUE MOREIRA GOES

FACULDADE DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E CONTABILIDADE DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - FEA

thiagogoesadm@gmail.com

ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DOS PREÇOS DO AÇÚCAR, ETANOL E GASOLINA SOBRE O PREÇO DE ENERGIA ELÉTRICA NO MERCADO ABERTO

INTRODUÇÃO

Devido à crise do setor de energia elétrica no Brasil, ocorrida entre os anos 2001 e 2002, constatou-se a necessidade de melhorar o planejamento e os investimentos na geração de energia elétrica. Conseqüentemente, formas alternativas de geração de energia, tais como a energia eólica, biomassa, biodiesel e pequenas centrais hidrelétricas, começaram a ganhar importância para o setor de energia elétrica do País.

Diante disso, a energia gerada a partir da biomassa com utilização da cana-de-açúcar como matéria-prima, objeto do presente estudo, ganhou destaque no País pelas suas qualidades, tais como o baixo custo de geração, baixa emissão de poluentes, baixos custos de transmissão e distribuição de eletricidade, possibilidade de geração de energia em épocas de estiagem (quando hidrelétricas geralmente tem menor capacidade), além de possibilitar a geração de trabalho e negócios (ASSOCIAÇÃO DA INDÚSTRIA DE COGERAÇÃO DE ENERGIA – COGEN, 2014).

Vale ressaltar que a matéria-prima utilizada na produção da energia elétrica da biomassa da cana consiste no bagaço e nas palhas, resíduos que anteriormente eram deixados no campo ou mesmo queimados para a colheita da cana. Após a inserção da geração de energia elétrica derivada dessa fonte na matriz energética brasileira, a agroindústria canavieira ganhou mais um produto com potencial para alavancar a rentabilidade das empresas do setor. Além disso, os resíduos também tem sido utilizados em algumas usinas para geração de etanol de segunda geração, também conhecido como etanol celulósico. Outro elemento importante nesse sentido refere-se ao fato de que a energia gerada pela biomassa da cana consiste em uma alternativa menos impactante para a sociedade em comparação com a energia elétrica produzida por usinas hidroelétricas (PEREIRA; SOARES; OLIVEIRA; QUEIROZ, 2008).

Entretanto, por ser um recurso comum tanto para a geração de energia quando para a produção de etanol de segunda geração, é necessário que exista rentabilidade atrativa para recompensar o investimento em ambas as tecnologias. Além disso, entende-se que quanto mais competitiva for a tecnologia de um desses produtos, haverá também maior competição pela matéria-prima, o que poderá diminuir a quantidade produzida do produto menos competitivo, podendo refletir também no preço final dos produtos. Sabe-se também que as usinas que possuem destilarias anexas podem direcionar o caldo de cana tanto para a produção de açúcar quanto para a produção de etanol. Além disso, informações sobre os preços da gasolina podem afetar a produção e os preços do etanol, pois são produtos substitutos.

Desta forma, percebe-se a importância de saber o quanto o preço desses produtos (açúcar, etanol e gasolina) podem afetar os preços do setor de energia elétrica. Com isso, este estudo possui a seguinte pergunta de pesquisa: qual a influência dos preços do açúcar, etanol e gasolina para a formação do preço da energia elétrica no mercado livre? Diante disso, este trabalho fez uso de uma análise econométrica para demonstrar o quanto os preços do açúcar, etanol e a gasolina podem influenciar os preços da energia da biomassa.

A importância deste projeto consiste na demasiada oscilação nos preços, mesmo dentro de um espaço de tempo pequeno. Isso compromete as estratégias das empresas que operam nesse mercado, pois o valor pago pela produção de energia pode não ser o planejado, podendo proporcionar prejuízos financeiros.

Este artigo está dividido em cinco partes, contando com esta introdução. A segunda parte traz uma revisão de literatura que abarca informações relevantes sobre a formação dos preços do açúcar, etanol e gasolina, além de algumas características do setor de energia elétrica da biomassa. A terceira parte é composta pelos procedimentos metodológicos. Na quarta parte são demonstrados e discutidos os resultados encontrados na pesquisa. A quinta parte finaliza o artigo com considerações finais sobre a pesquisa.

REVISÃO DE LITERATURA

Essa seção tem como objetivo apresentar uma breve demonstração sobre aspectos inerentes à formação de preços do açúcar, etanol e gasolina, bem como algumas peculiaridades do setor de energia elétrica da biomassa da cana.

FORMAÇÃO DOS PREÇOS DO AÇÚCAR, ETANOL E GASOLINA

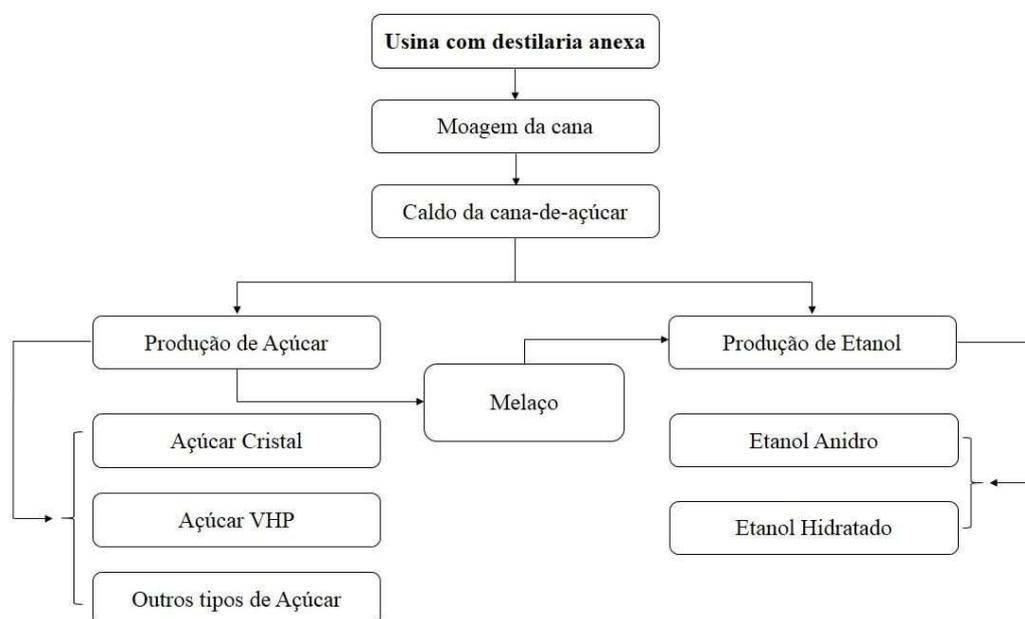
O açúcar derivado da cana é produzido há muito tempo no Brasil, País este que se transformou no principal produtor e exportador desse produto no mundo. De acordo com a *United States Department of Agriculture – USDA* (2016), o Brasil representou 21% de toda a produção de açúcar no mundo na safra 2015/2016, seguido pela Índia, com 16,8%, e pela Tailândia, com 8,5%. No que se refere às exportações desse produto (ou *commodity*, como é convencionalmente considerado no mercado), o Brasil representou 44,4%, seguido pela Tailândia, com 16%, e Austrália, com 6,7%.

Embora o Brasil tenha representativa capacidade de produção e exportação do açúcar no mundo, o País não possui controle suficiente para ditar os preços desse produto no mercado, sendo considerado um *price taker* em vez de *price maker*. Isso ocorre devido à facilidade que os demais países do globo possuem produzir (erguendo até barreiras para impedir a importação e estimular a produção própria) ou exportar esse produto de outros países. Desta forma, os preços do açúcar estão condicionados pela produção, estoques e demandas desse produto, de forma que em momentos de quebra de safra, escassez de estoque e alta demanda os preços tendem a se elevar. Quando o contrário ocorre, com super safras, estoque elevado e baixa demanda, o preço tende a diminuir (MORAES; SHIKIDA, 2002).

Vale destacar que existem produtos que, quando seus preços oscilam no mercado, refletem diretamente no preço do açúcar. O preço do petróleo, matéria-prima para a produção de gasolina, causa impacto no preço do açúcar. Um aumento no preço do petróleo faz com que aumente o preço do açúcar. Isso ocorre devido à alguns fatores. O primeiro é que o preço do petróleo sinaliza, de certo modo, o aquecimento do mercado e quando tem seu preço aumentado gera aumento nos preços das *commodities* em geral. Por ser *commodity*, o açúcar também se eleva (CAMPOS; BARROS; BACCHI, 2011). Além disso, como a gasolina é um substituto do etanol, e devido à existência de um *trade-off* na produção de açúcar e etanol, cuja produção tende para o produto que é mais rentável em determinado momento, uma oscilação positiva no preço da gasolina tende a elevar também o preço do açúcar, assim como uma oscilação negativa tende a gerar uma queda no preço do açúcar.

O *trade off* entre açúcar e etanol ocorre devido ao direcionamento da produção para um produto em detrimento da produção de outro. De acordo com a Figura 1, é possível notar que o caldo de cana pode ser direcionado para a produção de açúcar ou etanol. Quando o caldo é destinado para a produção de etanol, não há possibilidade de produção de açúcar posteriormente. Quando o caldo é direcionado para o açúcar é possível a produção de etanol a partir do melaço residual da produção do açúcar, mas em quantidade menor.

Figura 1 – Modelo simplificado de usina com destilaria anexa



Fonte: Adaptado de Lamounier et al. (2006).

A formação do preço do etanol no Brasil, antes da desregulamentação setorial, era determinada pelas políticas de preços dos derivados do petróleo, cujo governo realizava o tabelamento de preços de acordo com os interesses da economia do País e também garantia que o setor de refino de petróleo ficasse seguro. Após 1990, com o fim da regulamentação, o preço do etanol era estabelecido com o intuito de cobrir os custos de todos os agentes envolvidos nessa cadeia, sejam produtores, distribuidores e revendedores (MARJOTTA-MAINSTRO, 2002).

Embora o governo brasileiro não regulamente mais o setor do etanol, há ainda a articulação, quando necessário, sobre o preço gasolina, pois o governo utiliza esse preço como instrumento para controlar a inflação. O fato de etanol e gasolina serem bens substitutos remete à ideia de que a mudança no preço de um afeta diretamente o outro. Assim, o aumento no preço da gasolina proporciona uma maior demanda de etanol, desde que este não eleve seu preço. Da mesma forma, a queda no preço da gasolina proporciona uma redução da demanda de etanol. Nota-se que as ações do governo que envolvem o preço da gasolina causam impactos no setor de etanol, uma vez que o etanol nem sempre consegue reajustar o preço quando há necessidade, prejudicando toda a cadeia de produção desse produto.

Em longo prazo, a intervenção do governo no preço da gasolina prejudica também o próprio setor, pois impede que a Petrobras adquira a mesma margem de lucro que receberia utilizando preços de mercado. A obtenção de lucro menor prejudica a estrutura financeira da empresa, além de limitar, conseqüentemente, o investimento habitual em projetos como o pré-sal.

Atualmente, a formação de preço do etanol não é diretamente vinculada à cotação do petróleo, sendo que cada agente vincula seu preço aos seus custos, o que proporciona uma variação de preços de um lugar para outro no mesmo País. Assim, cada agente negocia seu preço, seja de etanol anidro ou hidratado, com os produtores e distribuidores.

O petróleo, matéria-prima da gasolina, leva em consideração a oferta, a demanda e os estoques existentes no mundo para a formação do seu preço no mercado. Em mercados onde não há regulação do governo, o preço da gasolina segue a mesma estrutura, considerando aspectos macroeconômicos, com adição de aspectos microeconômicos, como os custos com distribuição e revenda, impostos e o lucro da refinaria. Entretanto, não são apenas as variáveis econômicas que compõem o preço do petróleo, mas também variáveis políticas, estratégicas e sociais (SOUZA, 2006)

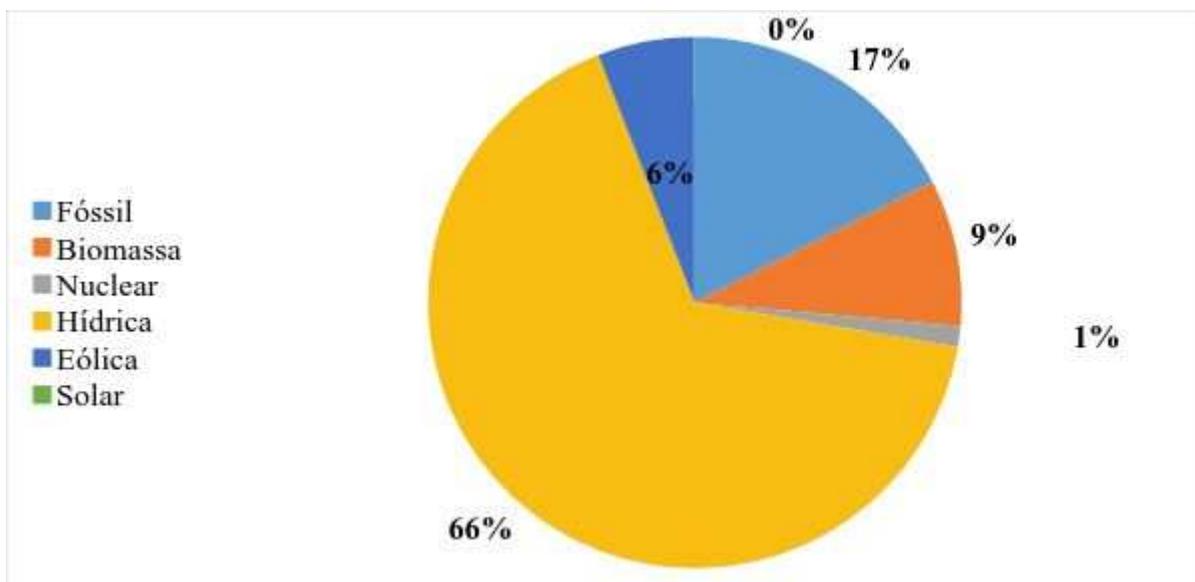
De acordo com o Instituto Brasileiro de Planejamento e Tributação - IBTP (2016), em um passado recente, a gasolina brasileira tinha seu preço estabelecido pela Petrobras e pelo governo. Esse envolvimento do governo na determinação do preço da gasolina trazia por um lado benefícios para o setor, impedindo que a rentabilidade das refinarias diminuísse frente às oscilações de mercado, e por outro malefícios para os consumidores quando a gasolina não seguia um preço justo de mercado. Isso tem acontecido nos últimos dois anos, quando observou-se a queda nos preços dos barris de petróleo, mas que não refletiu em queda dos preços nas bombas dos postos. O governo brasileiro segurou os preços da gasolina para que a Petrobras não aumentasse seu endividamento e tivesse seu lucro reduzido, o que comprometeria, por exemplo, investimentos mais elevados como no pré-sal, além da tentativa de reaver a perda originária entre 2011 e 2014, quando praticou preços abaixo do mercado internacional (ALMEIDA; OLIVEIRA, 2016).

Diante da formação dos preços dos produtos mencionados nesta seção, nota-se que existem características específicas de cada produto que podem influenciar nos preços do outro, como a influência do preço da gasolina sobre o preço do etanol, do preço do etanol sobre o preço do açúcar, do preço do açúcar sobre o preço do etanol.

A ENERGIA ELÉTRICA DA BIOMASSA DA CANA

De acordo com a Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL (2008), a energia elétrica produzida pela biomassa da cana começou a ser implementada na matriz energética do País nos anos 80, embora esse procedimento já fosse conhecido desde o século XIX. Atualmente, a energia da biomassa ocupa a terceira posição em participação no total de energia gerada no País. O Gráfico 1 apresenta a composição do setor de energia elétrica do Brasil.

Gráfico 1 – Composição do setor de energia elétrica do Brasil (kW fiscalizado)



Fonte: ANEEL (2016).

Considerando o total de kW produzido no País (atualizado em agosto de 2016), nota-se que a geração de energia da biomassa atinge quase 9% de toda a energia elétrica gerada no País. Desse total, a energia gerada que utiliza o bagaço da cana-de-açúcar como matéria-prima representa 77,8%, sendo que o restante da energia é produzida a partir do biogás-AGR, biogás-RU, biogás-RA, óleos vegetais, licor negro, carvão vegetal, lenha, resíduos florestais, capim elefante, casca de arroz, dentre outros. Em resumo, a energia elétrica da biomassa gerada a partir do bagaço da cana representa 7,3% da energia elétrica total produzida no Brasil, considerando todas as fontes utilizadas (ANEEL, 2016).

Vale destacar que, embora seja um percentual ainda pequeno comparado com o total, a energia da biomassa da cana pode obter maior representatividade. Primeiramente, segundo Novacana (2016) e Brasil Energia (2016), o País tem 371 usinas ativas em 2016, porém, apenas 177 possuem a tecnologia para geração de energia elétrica. Se todas as usinas tivessem a capacidade de gerar energia elétrica, considerando a média de produção das usinas que já produzem, a energia elétrica da biomassa da cana poderia representar cerca de 14% do total de energia elétrica gerada no Brasil. Em segundo lugar, melhoramentos no sistema de geração, nos processos e na genética das plantas para que produzam mais fibras poderiam proporcionar maior capacidade de geração de energia. Um exemplo disso são os novos tipos de plantas, denominadas de cana-energia, que possuem capacidade de produção superior à cana-de-açúcar tradicional. A cana-energia tipo II produz 85% a mais de cana e quase quatro vezes mais bagaço do que a cana-de-açúcar tradicional, considerando toneladas por hectare. Além disso, a quantidade de quilogramas de ATR (Açúcar Total Recuperável) por hectare aumenta em mais de 27%, o que favorece também o aumento da produção de açúcar ou etanol (NOVACANA, 2015). Diante disso, nota-se que existe uma capacidade de expansão que pode aumentar o potencial do setor e a sua importância na matriz energética do País.

Embora seja relevante o aumento da produção de energia elétrica da biomassa para aumentar a sua representatividade no Brasil, cabe também direcionar essa produção para o mercado. A energia elétrica da biomassa é comercializada de duas maneiras: Ambiente de Contratação Regulado (ACR) e Ambiente de Contratação Livre (ACL). A comercialização pelo ACR é promovido pelo Ministério de Minas e Energia (MME), ANEEL e Empresa de Pesquisa Energética (EPE), cuja operacionalização é realizada pela Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE). Nessa modalidade são realizados diversos tipos

leilões, tais como: Leilão de Energia Nova (LEN A-3), para início de fornecimento em três anos; Leilão de Energia Nova (LEN A-5), para início de fornecimento em cinco anos; Leilão de Energia Nova de Fontes Alternativas (LEN FA); e Leilão de Energia de Reserva (LER). Os preços-teto desses leilões são definidos pelo governo e os empreendedores dão os lances, encerrando o leilão quando igualar a oferta e demanda. Os ganhadores fornecem sua energia para os integrantes do Sistema Interligado Nacional, para que estes forneçam a energia para o mercado. Já na comercialização via ACL, os agentes podem negociar a compra e venda da energia em um contrato bilateral entre comprador e vendedor. O preço da energia é acordado entre as partes, porém alertando para a possível ocorrência de flutuações conjunturais no preço devido aspectos mercadológicos. A contratação da energia nessa modalidade pode ter prazos de curto, médio e longo prazo, de acordo com as negociações realizadas entre as partes (COGEN, 2016).

Diante disso, observa-se que a comercialização via ACL possui elementos ou variáveis que podem influir na oscilação de preços da energia elétrica, podendo gerar, por exemplo, danos financeiros tanto para o vendedor quanto para o comprador. A identificação e análise dessas variáveis pode contribuir para a melhor elaboração das estratégias dos agentes, mitigando o risco de transtornos.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

CARACTERÍSTICAS E FONTES DE DADOS DA PESQUISA

Este artigo objetiva identificar os determinantes do preço da energia elétrica da biomassa no mercado aberto. Para isso, utilizou-se uma análise de regressão linear multivariada para analisar o quanto as variáveis independentes (preços do açúcar, etanol e gasolina) influenciam na variável dependente (preço da energia da biomassa) e se realmente influenciam. Além disso, a análise de regressão linear multivariada possibilita entender os tipos de relação das variáveis dependentes com a variável dependente, ou seja, observar se há variáveis que possuem um comportamento diretamente proporcional ou inversamente proporcional.

Cabe ressaltar que, nesse artigo, o preço da biomassa é o mesmo empregado pela CCEE para a energia elétrica no mercado livre, uma vez que esse é um valor praticado para qualquer energia comercializada. A partir dessa informação, deve-se especificar o método utilizado. A regressão linear é uma técnica que tem como objetivo estimar o valor esperado para uma variável, nesse caso o preço da energia elétrica, a partir da variação de outras variáveis denominadas explicativas ou independentes, nesse caso os preços do açúcar, etanol e gasolina, considerando a variável preço da energia elétrica como uma função linear das variáveis explicativas. A regressão utilizada é linear devido à função que compõe o cálculo ser expressa por um gráfico que é uma reta. Vale ressaltar que foi elaborado um teste de dispersão com as variáveis para observar o melhor método de regressão, cuja regressão linear foi a mais apropriada para este modelo.

A variável independente “gasolina” foi escolhida pela influência que esta possui sobre os produtos derivados da cana-de-açúcar, seja de forma direta ou indireta. Já as variáveis açúcar e etanol foram selecionadas por fazerem parte da mesma agroindústria, utilizando a mesma matéria-prima, a cana. Mesmo que o açúcar e o etanol sejam produtos de produção primária e a energia um subproduto do resíduo (bagaço da cana), a influência poderia ocorrer quando uma determinada indústria resolve utilizar certas espécies de plantas cuja característica está relacionada à produtividade maior de um produto do que de outro. Existem

variedades de plantas que podem fornecer maior quantidade de fibra, com menor produção de etanol ou açúcar e maior produção de energia, assim como plantas que produzem pouca fibra, porém maior quantidade de açúcar e etanol. A escolha da melhor espécie varia de acordo com o portfólio de cada indústria.

Os dados referentes ao preço do açúcar foram extraídos do Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada – CEPEA. Já os dados inerentes ao preço do etanol e da gasolina foram extraídos da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis – ANP. Por fim, os preços da energia elétrica do mercado livre foram retirados da Câmara de Comercialização de Energia Elétrica – CCEE. Todos os dados foram coletados mensalmente, do período de janeiro de 2005 à dezembro de 2015.

ANÁLISE E DISCUSSÃO

Nesta seção serão discutidos os resultados encontrados pela regressão multivariada de acordo com as variáveis mencionadas anteriormente, bem como outras informações sobre como a dinâmica dos preços da energia elétrica no mercado aberto.

A partir das variáveis selecionadas, uma primeira regressão foi realizada. Havia inicialmente três variáveis explicativas ou independentes para explicar a variável dependente, com 132 observações em cada variável. Foi realizado um teste para retirada de *outliers*, restando 122 variáveis. Além disso, as variáveis foram logaritimizadas devido aos valores expressos na variável dependente serem muito maiores do que as variáveis independentes. Os resultados do primeiro teste estão expostos na Tabela 1.

Tabela 1 – Resultados da regressão linear multivariada inicial

					Number of obs	=	122
					F(3, 121)	=	38.32
					Prob > F	=	0.0000
					R-squared	=	0.4739
					Root MSE	=	.75702
Energia	Coef.	Robust Std. Err.	t	P > t	[95% Conf.	Interval]	
Açúcar	-1.53052	.3827273	-4.00	0.000	-2.28823	-	.7728106
Gasolina	9.313495	1.486061	6.27	0.000	6.371445	12.25554	
Etanol	-.3894274	1.153518	-0.34	0.736	-2.67312	1.894265	
_cons	1.253523	1.888977	0.66	0.508	-2.486205	4.993251	

Fonte: Elaborado pelos autores.

Diante da primeira regressão elaborada, percebeu-se que a variável preço do etanol não possui explicação para o modelo proposto. A partir disso, foi realizado um teste de multicolinearidade. O teste de multicolinearidade é importante pois verifica na regressão a possibilidade de existir variáveis independentes que possuem relações lineares entre elas, ou seja, é a ocorrência das variáveis explicativas da regressão estarem correlacionadas com

outras variáveis explicativas (FÁVERO, 2014). O teste de correlação entre as variáveis é apresentado na Tabela 2.

Tabela 2 – Análise de correlação entre as variáveis

	Energia	Açúcar	Gasolina	Etanol
Energia	1.0000			
Açúcar	-0.0590	1.0000		
Gasolina	0.5185	0.5445	1.0000	
Etanol	0.5545	0.0000	0.8673	1.0000
	0.0003	0.0000	0.0000	

Fonte: Elaborado pelos autores.

O teste de correlação entre as variáveis apontou correlação elevada entre as variáveis preço do etanol e preço da gasolina. Isso ocorreu pelo fato de que essas variáveis são bens substitutos, em que a análise de apenas uma das variáveis seria o suficiente para dar explicação à variável dependente. O teste de estatística VIF confirma a multicolinearidade, conforme a Tabela 3.

Tabela 3 – Teste de estatística VIF

Variable	VIF	1/VIF
Etanol	7.73	0.129392
Gasolina	4.62	0.216229
Açúcar	2.72	0.367245
Mean VIF	5.03	

Fonte: Elaborado pelos autores.

De acordo com Fávero et al. (2009), um VIF acima de 5 pode demonstrar problemas de multicolinearidade. Assim, percebe-se que a variável preço do etanol está causando esse problema de correlação na regressão e por isso foi retirada do modelo, permanecendo apenas o preço da gasolina e o preço do açúcar como variáveis independentes.

Após esses ajustes das variáveis, uma nova regressão foi realizada. A regressão final pode ser observada na Tabela 4.

Tabela 4 – Resultados da regressão linear multivariada final

Number of obs = 122

F(3, 121)	=	57.77
Prob > F	=	0.0000
R-squared	=	0.4926
Adj R-squared	=	0.4841
Root MSE	=	.74027

Energia	Coef.	Robust Std. Err.	t	P > t	[95% Conf. Interval]
Açúcar	-1.615906	.2452112	-6.59	0.000	-2.101448 -1.130363
Gasolina	8.861528	.8273629	10.71	0.000	7.223267 10.49979
_cons	1.812337	.8392312	2.16	0.033	.1505575 3.474099

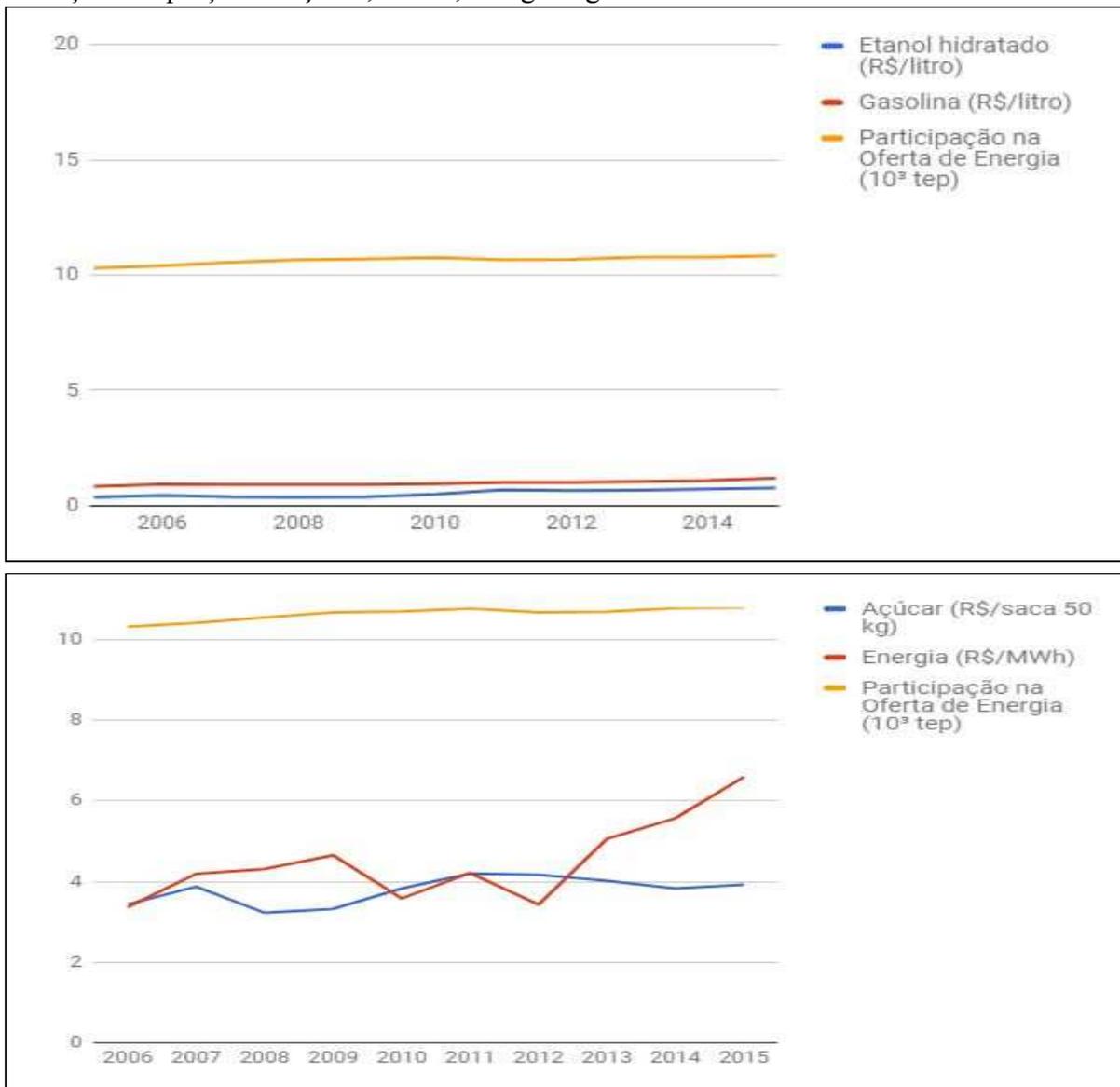
Fonte: Elaborado pelos autores.

A partir dos resultados obtidos, nota-se que o preço do açúcar é inversamente proporcional ao preço da energia, em que um aumento no preço do açúcar em 1% diminuiria o preço da energia em 1,6%. Um fato que pode explicar essa tendência é que, quando há aumento no preço do açúcar, ocorre estímulo para produção de açúcar em detrimento da produção de etanol. Se há desestímulo da produção de etanol, o bagaço de cana que poderia ser utilizado para produção de etanol de segunda geração é direcionado para a produção de energia. Produzindo maior quantidade de energia, o preço da energia da biomassa tende a diminuir.

Já a correlação entre o preço da gasolina e o preço da energia é diretamente proporcional, em que um aumento no preço da gasolina em 1% aumentaria o preço da energia em 8,9%. Essa tendência pode ser explicada pelo fato de que um aumento no preço da gasolina aumenta a demanda por etanol, pois são bens substitutos. Com aumento da demanda por etanol, as usinas tendem a produzir mais desse produto, podendo direcionar o resíduo da produção de etanol oriundo do caldo para a produção de mais etanol, desestimulando a produção de energia. Uma menor quantidade de energia produzida, eleva o preço da energia no mercado livre, pois parte do que é comercializado nessa modalidade é proveniente da biomassa de cana.

Tais informações também podem ser obtidas a partir da visualização das duas figuras a seguir. A primeira destas figuras apresenta o comportamento da produção da oferta de energia elétrica (10^3 tep) a partir da produção dos derivados da cana em comparação com os preços do açúcar e de energia. A segunda figura apresenta a mesma situação, mas em comparação com os preços de etanol e gasolina.

Figura 2 - Evolução da produção de eletricidade a partir da biomassa em comparação com a evolução dos preços de açúcar, etanol, energia e gasolina.



Fonte: Balanço Energético Nacional (2014); Balanço Energético Nacional (2016).

Observações: tanto o volume destinado para a produção de eletricidade quanto os preços foram logaritizados para que estivessem na mesma base.

Entende-se a partir das duas figuras que o destino da biomassa da cana para fins de geração de energia elétrica apresentou uma linha de tendência entre 2005 e 2015. O uso da biomassa como fonte de energia elétrica acompanhou tanto o ritmo de inovações do setor quanto a evolução dos preços de energia e de açúcar. Quando comparado com os preços da gasolina e do etanol, percebe-se também uma progressão do destino dos derivados de cana para a geração de eletricidade.

Entretanto, vale ressaltar que o mercado livre é pequeno quando comparado com o total comercializado. O percentual de energia consumida pelo mesmo varia de 20% a 25% do total demandado pelo mercado total, sendo que a maior parte é comercializada via leilões no

mercado regulado. Assim, as usinas geradoras de energia elétrica da biomassa realizam seus planejamentos de produção almejando este último já que os preços não oscilam tanto quanto no mercado livre. E apenas seu excedente de energia é direcionado para o mercado livre.

Assim como a energia da biomassa, as outras fontes possuem oscilações na geração de energia, como a falta de chuva pode afetar as hidrelétricas e PCHs e quebras de safra podem afetar a produção de cana. Diante disso, percebe-se que a oferta e a demanda por energia são variáveis que afetam o preço da energia no mercado livre.

Por fim, descobriu-se com essa análise duas variáveis que influem no preço da energia no mercado aberto, mas certamente existem outras variáveis que poderão demonstrar poder explicativo do motivo das oscilações nos preços praticados na ACL.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo deste artigo foi descobrir qual a influência dos preços do açúcar, etanol e gasolina para a formação do preço da energia elétrica no mercado livre. Para isso, utilizou-se uma regressão linear multivariada para analisar as variáveis dependentes e independentes.

Constatou-se que a variável preço do etanol não teve poder de explicação e foi retirada da análise pelo fato de haver multicolinearidade, principalmente com a variável preço da gasolina. Diante disso, realizou-se testes para tal constatação, demonstrando que o preço do etanol poderia ter fatores explicativos que já estavam embutidos na variável preço da gasolina. As variáveis explicativas que restaram, preço do açúcar e preço da gasolina foram novamente utilizadas em uma nova regressão sem a variável preço do etanol.

A partir dos resultados obtidos da nova regressão, notou-se que o preço do açúcar foi inversamente proporcional ao preço da energia, em que um aumento no preço do açúcar em 1% diminuiria o preço da energia em 1,6%, cuja explicação está relacionada com oferta e demanda do açúcar na agroindústria canavieira. Já a correlação entre o preço da gasolina e o preço da energia foi diretamente proporcional, em que um aumento no preço da gasolina em 1% aumentaria o preço da energia em 8,9%. A explicação sobre esta variável independente também está atrelada à oferta e demanda de gasolina. Vale ressaltar que certamente existem outras variáveis que influem na oscilação do preço da energia no mercado aberto, como a própria oferta e demanda da energia no mercado.

Para pesquisas futuras, novas análises que considerem outras variáveis são importantes para entender o motivo de tanta oscilação nos preços da energia do mercado livre, sendo que a presente análise apresentou um poder de explicação de cerca de 49%.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL. **Atlas de energia elétrica do Brasil**. 2008. Disponível em: <

http://www.aneel.gov.br/documents/656835/14876406/atlas3ed_.pdf/ad6dfab8-d770-47fc-9472-2f80ee18c97f?>. Acesso em: 30 ago. 2016.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL. **Banco de informações de geração**. 2016. Disponível em: <

<http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/FontesEnergia.asp?>>. Acesso em: 30 ago. 2016.

ALMEIDA, E.; OLIVEIRA, P. Controle de preços da Petrobras: chegou a hora de pagar a conta. **Blog Infopetro**. 2016. Disponível em: <<https://infopetro.wordpress.com/2016/03/28/controle-de-precos-da-petrobras-chegou-a-hora-de-pagar-a-conta/>>. Acesso em: 05 out. 2016.

ASSOCIAÇÃO DA INDÚSTRIA DE COGERAÇÃO DE ENERGIA – COGEN. **Cogeração**. 2014. Disponível em: <<http://www.cogen.com.br/cogeracao/conceito-e-tecnologias>>. Acesso em: 19 ago. 2016.

ASSOCIAÇÃO DA INDÚSTRIA DE COGERAÇÃO DE ENERGIA – COGEN. **Comercialização**. 2016. Disponível em: <<http://www.cogen.com.br/infocogen/comercializacao/mercado>>. Acesso em: 31 ago. 2016.

BRASIL ENERGIA. **Mais biomassa na rede**. 2016. Disponível em: <<http://brasilenergia.editorabrasilenergia.com/news/renovaveis/biomassa/2016/07/mais-biomassa-na-rede-450367.html>>. Acesso em: 25 ago. 2016.

CAMPOS, S. K.; BARROS, G. S. C.; BACCHI, M. R. P. Fundamentos econômicos da formação do preço internacional de açúcar e dos preços domésticos de açúcar e etanol. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, 49, Belo Horizonte, 2011. **Anais...** Brasília: SOBER, 2011.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Balanco Energético Nacional 2016: ano base 2015**. Empresa de Pesquisa Energética - Rio de Janeiro: EPE, 2016.

FÁVARO, L. P. L.; BELFIORE, P.; SILVA, F. L.; CHAN, B. L. **Análise de dados: Modelagem Multivariada para Tomada de Decisões**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009.

INSTITUTO BRASILEIRO DE PLANEJAMENTO E TRIBUTAÇÃO – IBPT. **Notícias**. 2016. Disponível em: <<http://www.ibpt.com.br/noticia/2540/O-que-define-o-preco-da-gasolina-no-Brasil>>. Acesso em: 05 out. 2016.

LAMOUNIER, W. M.; CAMPOS FILHO, M. F.; BRESSAN, A. A. Análise do *trade off* na produção de açúcar e álcool nas usinas da região Centro-Sul do Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, 44, Fortaleza, 2006. **Anais...** Brasília: SOBER, 2006.

MARJOTTA-MAINSTRO, M. C. **Ajustes nos mercados de álcool e gasolina no processo de desregulamentação**. Piracicaba, 2002. Tese (Doutorado em Economia Aplicada) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz da Universidade de São Paulo.

MORAES, M. A. F. D.; SHIKIDA, P. F. A. **Agroindústria canavieira no Brasil: evolução, desenvolvimento e desafios**. 1 ed. São Paulo: Atlas, 2002. v. 1. 367 p.

NOVACANA. **Usinas do Brasil**. 2016. Disponível em: <<http://www.novacana.com/usinas-brasil/>>. Acesso em: 30 ago. 2016.

NOVACANA. **Notícias**. 2015. Disponível em: <
[https://www.novacana.com/n/cana/variedades/especial-cana-energia-revolucao-sucroenergetic
a-201015/](https://www.novacana.com/n/cana/variedades/especial-cana-energia-revolucao-sucroenergetica-201015/)>. Acesso em: 30 ago. 2016.

PEREIRA, A. O.; SOARES, J. B.; OLIVEIRA, R. G.; QUEIROZ, R. P. Energy in Brazil: toward sustainable development. **Energy Policy**, 36, p. 73-83, 2008.

SOUZA, F. R. **Impacto do preço do petróleo na política energética mundial**. Rio de Janeiro, 2006. Dissertação (Mestrado em Ciências em Planejamento Energético) – Universidade Federal do Rio de Janeiro.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE - USDA. **Production, Supply and Distribution Online**, 2016. Disponível em: <
<https://apps.fas.usda.gov/psdonline/psdHome.aspx>>. Acesso em: 19 ago. 2016.