

Shadow prices e o processo de coordenação da cadeia produtiva do feijão

Shadow prices and the coordination process of the bean production chain

Paulo Eterno Venâncio Assunção^{1,2} , Alcido Elenor Wander^{1,3,4} 

¹Programa de Pós-graduação em Agronegócio, Universidade Federal de Goiás (UFG), Goiânia (GO), Brasil.

E-mails: eternopaulo05@gmail.com; alcido.wander@embrapa.br

²Centro Universitário de Goiátuba (UniCerrado), Goiátuba (GO), Brasil.

³Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa Arroz e Feijão), Santo Antônio de Goiás (GO), Brasil.

⁴Centro Universitário Alves Faria (UNIALFA), Goiânia (GO), Brasil.

Como citar: Assunção, P. E. V., & Wander, A. E. (2024). *Shadow prices* e o processo de coordenação da cadeia produtiva do feijão. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, 62(3), e271914. <https://doi.org/10.1590/1806-9479.2023.271914>

Resumo: O objetivo da presente pesquisa é investigar o modelo dos *shadow prices* na sensibilidade dos preços, nos níveis tecnológicos e produtivos e seus impactos na coordenação da cadeia produtiva de feijão-comum. O modelo dos *shadow prices* considera o produto marginal da produção de feijão e a capacidade de processamento de duas plantas industriais. Os dados de produção marginal foram levantados nos municípios goianos de Cristalina, Joviânia e Morrinhos, locais onde foi utilizado o sistema de amostragem por conveniência, com a escolha de 50 produtores (20 em Cristalina, 15 em Joviânia, e 15 em Morrinhos). Tais dados foram levantados nos registros das agroindústrias em Cristalina, Goiânia e Joviânia. A capacidade de processamento foi baseada nas plantas industriais localizadas em Cristalina e em Goiânia. Os dados apontam que o nível tecnológico e a oscilação dos preços são os principais causadores de *shadow prices*, sendo que eles contribuem para a não coordenação da cadeia e a geração de margens excedentes dentro da cadeia produtiva em si. O modelo de *shadow prices* apresentou boa adequação para a presente análise, indicando que os modelos de coordenação que são adotados são pertinentes para o funcionamento da cadeia produtiva do feijão.

Palavras-chave: tecnologia, excedentes de produção, oscilação de preços, comercialização.

Abstract: The objective of this research is to use the *shadow prices* model in price sensitivity, technological and production levels and their impacts on the coordination of the common bean production chain. The *shadow prices* model considers the marginal production and processing capacity of two industrial plants. The marginal production data were collected in Cristalina, Joviânia and Morrinhos, in Goiás state, Brazil. Through convenience sampling, we choose 50 producers (20 in Cristalina, 15 in Joviânia and 15 in Morrinhos) based on bean processors in Cristalina, Goiânia and Joviânia. The processing capacity was based on the industrial plants located in Cristalina and Goiânia. The data show that the technological level and the price fluctuation are the main causes of *shadow prices*, since they contribute to the non-coordination of the chain and the generation of surplus margins within the chain itself. The *shadow prices* model was well suited to the present analysis, indicating that the coordination models adopted are relevant to the functioning of the chain.

Keywords: technology, production surpluses, price fluctuation, commercialization.

1 Introdução

A cadeia produtiva de feijão-comum apresenta um funcionamento específico em relação ao seu processo de coordenação. Os custos de transação dentro da cadeia são altos, e a produção de excedente de preços ou margens de comercialização, que são repassados em forma de receita dentro da cadeia para os agentes que a compõem, tornam os mecanismos de coordenação complexos e difíceis de serem adotados (Assunção & Wander, 2015).



O conceito de *shadow prices* é importante na análise de sensibilidade dos processos econômicos, sendo que ele corresponde à variação do valor da função objetivo obtido através do relaxamento de alguma restrição em uma unidade, ou seja, o *shadow price* é o preço máximo que se deve pagar por uma unidade adicional de um recurso escasso, sendo que recursos ociosos apresentam *shadow prices* nulos.

Logo, os *shadow prices* podem ser utilizados para corrigir uma estrutura de preços e bens e serviços cujo valor de mercado está acrescido de valores referentes aos custos das externalidades ou de pelo menos parte deles (Sartori et al., 2014). As externalidades aqui são entendidas como os processos que não podem ser controlados pelos produtores e pela indústria dentro do funcionamento da cadeia produtiva do feijão-comum. Normalmente, os *shadow prices* não são praticados no mercado, apresentando uma ampla utilidade em estudos de valoração voltados para a análise de projetos, estudos em que se queira mensurar os danos causados pelas atividades econômicas em relação ao meio ambiente e na análise da sensibilidade de funcionamento das atividades econômicas (De Bruyn et al., 2010). Os *shadow prices* podem ser utilizados como *inputs* dos projetos nas análises econômicas, podendo ser empregados para analisar aspectos de viabilidade econômica, características da transação, e, se bem-adaptados, para avaliar as influências na coordenação de cadeias produtivas (Sartori et al., 2014).

Embora a metodologia dos *shadow prices* não tenha sido desenvolvida para analisar o processo de coordenação das cadeias produtivas, o modelo pode ser adaptado para captar as sensibilidades dessas cadeias em relação aos preços que são praticados e à atuação de seus agentes. A intenção da presente pesquisa é de adaptar o modelo dos *shadow prices* para analisar a sensibilidade das receitas da cadeia produtiva de feijão-comum e os processos de coordenação que são adotados na cadeia, sendo eles eficientes ou não, tendo em vista que esta aplicação nunca foi realizada na cadeia produtiva do feijão-comum.

Com isso, o objetivo da presente pesquisa é investigar o modelo dos *shadow prices* na sensibilidade dos preços, níveis tecnológicos e produtivos e seus impactos na coordenação da cadeia produtiva de feijão-comum.

2 Fundamentação Teórica

Na presente seção demonstra-se o funcionamento do conceito de *shadow prices* e o mecanismo pelo qual eles são adotados e utilizados para o desenvolvimento de estudos de sensibilidade de preços.

2.1 Distorções de mercado e os *shadow prices*

As distorções de mercado apresentam implicações diretas no funcionamento das cadeias produtivas, seja considerando tais distorções como efeitos internos da cadeia (falta de coordenação, falhas de coordenação, entrada e saída de agentes econômicos etc.), assim como exógenos à cadeia, voltadas à atuação das políticas públicas (sejam políticas de incentivo internas à cadeia ou políticas de incentivo ao consumo dos produtos). Como destacado por Warr (1974), uma das características de uma cadeia produtiva não desenvolvida está relacionada às distorções dos preços no mercado, que podem acontecer em função de os próprios mercados não conseguirem ser eficientes, ou aos efeitos de políticas públicas. Suas fontes são as seguintes distorções:

- i. comportamento não competitivo dos agentes: os agentes não se comportam como tomadores de decisão em cenários de riscos, considerando que os preços da cadeia serão subsidiados de alguma forma, seja pelo setor privado, seja pelo setor público (associações de produtores ou mesmo aquisições do governo);
- ii. não convexidade da produção: ligada diretamente a não existência de um equilíbrio competitivo, ou seja, se ocorrer uma baixa de preços, devido ao aumento da produção do produto, os agentes da cadeia não possuem a capacidade de atingir uma solução interna à cadeia, necessitando de um choque exógeno para a situação ser resolvida (por exemplo: políticas de estoques públicos para regular o mercado);
- iii. externalidades de sombra: os mercados não existem para suprir a demanda dos consumidores, sendo artificialmente desenvolvidos ou mantidos conforme necessidades dos governos ou de agentes internos da cadeia, afetando diretamente sua competitividade por não serem direcionados pelos preços dos produtos nos mercados, mas sim por incentivos ou aquisições realizadas pelo Estado;
- iv. assimetria de informação: nesse ponto, a assimetria assume o contexto de falhas de informação, nas quais os mercados podem falhar em operar com eficiência porque os indivíduos não conhecem todas as alternativas disponíveis para tomada de decisão, tanto na escolha de sistemas produtivos como no momento da comercialização da sua produção;
- v. distribuição de renda: quando a distribuição de renda é distorcida e assimétrica, tal distribuição afeta os preços de mercado, pois se a distribuição for julgada como não ideal, os preços de mercado que daí resultam também podem ser julgados como não ideais, mesmo que perfeitamente competitivos, sendo acionadas políticas de regularização desses preços (tal aspecto apresenta maior implicação em Estados intervencionistas na economia);
- vi. efeitos da política pública adotada: o Estado pode causar distorções em relação ao funcionamento da cadeia quando é tomador de decisão direta sobre as decisões de política monetária, como são os seguintes casos: moeda nacional supervalorizada; tarifas e cotas de importação; limites máximos de taxas de juros; tetos para arrendamento da terra; políticas de salário-mínimo; políticas internas de subvenção de impostos para preços de *commodities* etc.

Como destacado por Barbier (1996), algumas distorções que são observadas na forma de *shadow prices* acontecem por não ajustamento de políticas públicas à realidade dos processos econômicos, não havendo, como destacado por Warr (1974), a diferenciação entre bens públicos e semipúblicos, tornando o processo de desenvolvimento truncado e de difícil incentivo. Demsetz (1968) ainda destaca que esse é um problema de alocação de recursos e que a melhor decisão a ser tomada seria os agentes presentes dentro da distorção tomarem as decisões de como coordenar e organizar essas distorções, enquanto o Estado apenas serviria como garantidor de direitos.

He et al. (2021) destacam que, conforme a atuação do Estado como um gerador de bens públicos na economia, ele não consegue definir os direitos de propriedade de maneira clara, principalmente em economias planejadas, como a chinesa, na qual o estudo é desenvolvido, o que gera a dificuldade de coordenação e arranjo econômico. Tal situação torna as cadeias produtivas menos eficientes no que tange a prestação de serviços e redução dos seus impactos, como é o caso dos gases do efeito estufa.

Conforme ocorre a dificuldade de coordenação da cadeia produtiva, seja pela não definição das atribuições dos agentes e como eles deveriam atuar dentro dela, seja por políticas públicas que distorcem o funcionamento do mercado, como o subsídio de preços, a cadeia produtiva que sofre com os *shadow prices* não definidos e não evitados, portanto, perde competitividade e eficiência. Conforme Wang et al. (2022), as políticas de subsídios de preços tornam os agentes mais fracos da cadeia produtiva mais dependentes desse tipo de política, reduzindo sua capacidade de negociação e de aferir lucros, gerando os *shadow prices* de assimetria de informação.

Quando ocorre um ambiente de distorções por meio do Estado, sua interferência pode causar retornos decrescentes para os agentes com menor poder de barganha dentro da cadeia, sendo esses os responsáveis por pagar os excedentes produtivos (na forma de impostos e taxas). As distorções podem ser manipuladas por indivíduos que possuem maior influência com burocratas, capazes de gerar essas distorções em proveito próprio (Konrad et al., 2017). Tal processo pode ocorrer com associações de representação de classes, organizações estaduais, nacionais e até internacionais que possuem um poder de *lobby* maior do que os outros agentes, podendo manipular a cadeia para alcançar seus objetivos.

Dessa forma, num contexto de desenvolvimento para as distorções e os *shadow prices*, podem ser observados três cenários para tal situação:

- a) aqueles mercados onde os preços funcionam em princípio conforme as expectativas dos agentes da cadeia produtiva, e esses preços não são distorcidos por nenhuma ação de nenhum agente, endógeno ou exógeno à cadeia, ligados assim aos anseios dos consumidores;
- b) aqueles mercados onde os preços não funcionam em princípio, podendo ser pela não convexidade de produção, ou pela interferência de agentes endógenos ou exógenos à cadeia, que causam distorções e dificultam o processo de transação entre os agentes;
- c) aqueles mercados onde os preços funcionam em princípio, mas os preços de mercados são distorcidos pela ação de agentes endógenos e exógenos à cadeia.

A presente pesquisa trata do caso (c), no qual as distorções podem ocorrer por meio de pressões de interesses de agentes internos à cadeia, ou mesmo pela intervenção do Estado, seja buscando controlar o preço do feijão-comum por meio da compra via estoques reguladores, ou a intervenção por meio de políticas de incentivo à produção. O cenário (c) é propício também, visto que nenhum dos agentes pode prever com exatidão suas ações dentro da cadeia produtiva de feijão-comum, pois também não podem garantir um bom funcionamento de uma política adotada que poderá melhorar o efeito distorcido constatado na cadeia.

2.2 Princípio dos *shadow prices*

Os *shadow prices* são uma forma de identificação da distribuição dos fluxos de preços sobre cadeias produtivas, possibilitando que se possa observar quais são os incentivos dos agentes e quais são os retornos possíveis para esses agentes dentro das trocas econômicas, utilizando esses fluxos de preços para entender o funcionamento da governança/coordenação das cadeias produtivas (Bockel & Tallec, 2016). Outro aspecto que pode ser observado utilizando a metodologia dos *shadow prices* é a questão de eficiência, tanto observando os termos econômicos quanto os termos sociais. Os termos econômicos estão relacionados com a forma que os preços são transferidos dentro da cadeia, como os agentes conseguem coordenar e governar a cadeia e como acontece a eficiência de transformação dos produtos e a chegada ao consumidor final. Os termos sociais estão envolvidos na questão relacional entre os agentes e como esses agentes buscam solucionar os conflitos relacionados com as informações e remunerações das cadeias.

Bockel & Tallec (2016) e Halámek (2006) destacam que – para a construção do modelo de *shadow prices* – utilizam os preços de mercado apenas como referência, sendo necessária a utilização de preços de referência. Os preços de mercado podem não refletir o verdadeiro valor econômico dos bens e serviços dentro do modelo de *shadow prices*, por isso, são realizadas estimativas em cima de tais preços. Alguns fatores estão relacionados com esse processo, como destacado por Starret (2000):

- i. a ausência de concorrência pura e perfeita: tal processo pode ser influenciado pela presença de monopólios e oligopólios, a presença de assimetria de informação (informação imperfeita) e *free riders* dentro da cadeia produtiva;
- ii. intervenção do Estado: as intervenções que acabam sendo benéficas ou maléficas para a cadeia, como o caso dos impostos, regulamentações, cotas de todos os tipos e medidas econômicas adotadas que perturbam o funcionamento da cadeia;
- iii. mecanismo de coordenação inadequado: quando os agentes da cadeia buscam mecanismos de coordenação que não contemplam as especificidades da cadeia e que não conseguem integrar os agentes dentro da cadeia produtiva.

Dessa forma, as distorções que são geradas pelos agentes, ou pelo Estado, fazem com que os preços não desempenhem seu papel de informação e regulação real do mercado, sendo que, em alguns momentos, os mercados podem atuar com preços subsidiados. Preços subsidiados geram distorções na concorrência e impedem a evolução real das cadeias, podendo, até em casos de distorções mais severas, tornar as cadeias produtivas ineficientes no seu processo de coordenação, fazendo com que estas não consigam alcançar seu melhor desenho de coordenação e governança (Petrick & Kloss, 2012).

3 Metodologia

Para a estimativa dos *shadow prices* no processo de coordenação da cadeia produtiva de feijão-comum, o modelo considera o produto marginal da produção de feijão e a capacidade de processamento de duas plantas agroindustriais. Os dados de produção marginal foram levantados nos municípios goianos de Cristalina, Joviânia e Morrinhos, que possuem diferentes níveis tecnológicos no processo de produção do feijão-comum. Foi adotada a amostra por conveniência, que é uma técnica que consiste em selecionar a amostra da população por meio da acessibilidade dos casos. Foram levantados os dados de 50 produtores de feijão-comum, com diferentes níveis tecnológicos, sendo 20 em Cristalina, 15 em Joviânia, e 15 em Morrinhos.

Os dados foram obtidos com as agroindústrias que processam a produção dos produtores desses municípios. Para os produtores de Cristalina os dados foram levantados na planta industrial de Cristalina; de Joviânia na cooperativa de processamento da cidade; e de Morrinhos, na planta industrial de Goiânia. Os dados apresentam característica de dados em painel, que apresentam três dimensões de observação, na presente pesquisa: produção, preço e período de tempo. Tal período de tempo considerado abrangeu os anos entre 2014 e 2019, perfazendo 6 anos de dados.

Cristalina apresenta uma característica de produção com perímetro irrigado, proximidade dos agentes, produtores e agroindústria, e uma estrutura tecnológica desenvolvida para a produção de feijão-comum. No caso de Joviânia, a cidade apresenta uma estrutura de integração horizontal: os produtores de feijão-comum se juntaram em um grupo de compras de insumos e venda dos grãos e fundaram uma agroindústria de processamento, com marca registrada no mercado. Morrinhos apresenta um nível tecnológico alto, o feijão-comum como segunda safra, sendo substituto em sua maioria do milho plantado em pivô central, e uma estrutura de comercialização com a presença de intermediários individuais ou ligados a agroindústrias ou corretoras.

Os dados de produção marginal são aqueles relacionados com as margens de capacidade de aumento da produção que tais produtores possuem durante um ciclo produtivo, que é estimado dentro do modelo. A capacidade de processamento das plantas industriais de feijão foi estimada a partir das plantas em Cristalina e em Goiânia.

Os dados de processamento foram estimados sobre a capacidade de processamento que as duas plantas apresentam, sendo baseados entre os anos de 2014 e 2019. Essa relação de capacidade de produção de ambos os atores se justifica pela capacidade de demanda de produto da indústria e a capacidade que os produtores rurais possuem de suprir essa possível demanda, sendo esse o fator que irá influenciar no processo de coordenação. Em relação ao fator coordenação da cadeia, o modelo é construído sendo observado o mecanismo de coordenação via mercado, utilizando-se preços pagos no período de dezembro de 2019.

O produto marginal da produção de feijão é determinado pela estimativa de uma função de produção e pela tomada da derivada parcial em relação à produção de feijão. Essa função de produção deve atender a certas condições, como a concavidade observada por Chambers (1988), que será testada na estimativa econométrica. No modelo, a função de produção é aplicada para modelar a produção de cultura com base em fatores de produção, como terras agrícolas, insumos de produção (exemplo: sementes, fertilizantes e defensivos) e a capacidade de produção (nível tecnológico).

$$Y = f(A, X, W, e) \quad (1)$$

Onde:

Y = produção da cultura dada em quilos;

A = terras utilizadas na produção em hectares;

X = vetor de n insumos negociáveis (sementes, fertilizantes, defensivos, trabalho e capital);

W = vetor de nível tecnológico;

e = erro do modelo.

As informações foram levantadas com aspectos reais, observados pelos produtores antes das distorções causadas pelos impostos. O modelo visa estimar esse processo, sendo que os níveis tecnológicos também são simulados pelo modelo. O impacto de todas as variáveis no rendimento é estimado econometricamente. Os parâmetros estimados são usados para calcular o valor do aumento da produção e sua influência no mecanismo de coordenação (aqui visando estimar o que é causado na cadeia produtiva de feijão caso seja aumentada a produção além do previsto ou a demanda da agroindústria acima do que foi produzido, com os preços reais pagos no mercado). Para estimação do modelo foram utilizados os dois aspectos da produção: aumento da produção por fatores não controlados pelo produtor (fatores edafoclimáticos¹ que contribuem para esse aumento) e a redução da produção (fatores edafoclimáticos que não contribuem para a redução). Portanto, foram incluídos aumento da produção (AP) e redução da produção (RP) como uma entrada separada na função de produção, assumindo que a indústria não conseguirá lidar com nenhuma das duas situações.

Foi desenvolvida uma especificação para estimar a função de produção através da função de produção Cobb-Douglas. Se considerarmos terra, insumos, nível tecnológico e os dois tipos de cenários de produção, a função Cobb-Douglas é representada pela seguinte equação:

$$Y = \beta_0 - A^{\beta_A} \cdot X^{\beta_X} \cdot AP^{\beta_{AP}} \cdot RP^{\beta_{RP}} \cdot e \quad (2)$$

Onde os coeficientes do modelo β_i são estimados a partir de:

$$\ln Y = \ln \beta_0 + \beta_A \ln A + \beta_X \ln X + \beta_{AP} \ln AP + \beta_{RP} \ln RP + \beta_{RP} \ln NT + e \quad (3)$$

¹ Fatores edafoclimáticos são aqueles que estão ligados a características definidas através do clima, relevo, a litologia, a temperatura, a humidade do ar, a radiação, o tipo de solo, o vento, a composição atmosférica e a precipitação pluvial.

O produto marginal da produção de feijão-comum com baixa tecnologia é igual ao produto marginal com alto nível tecnológico, se ambos forem aplicados nos sistemas de produção na margem. A derivada parcial da função de produção em relação a um determinado nível tecnológico (NT) fornece o produto marginal desse processo:

$$PM_{NT} = \frac{\partial \ln Y}{\partial \ln NT} \cdot \frac{Y}{NT} = \beta_{NT} \cdot \frac{Y}{NT} \quad (4)$$

Multiplicado pelo preço de saída, fornece o *shadow price* do processo de produção de feijão:

$$P_{shadow} = P_{output} \cdot PM_{nt} \quad (5)$$

O preço mínimo depende da produtividade marginal do nível tecnológico (NT), da produtividade média (aumento ou redução) e do preço pago por safra (Equações 4 e 5). Se os produtores aplicarem tecnologia no nível economicamente viável, o custo marginal da tecnologia (preço por unidade aumentada da produção) é igual ao preço mínimo.

Além da especificação pela função de produção Cobb-Douglas, também é possível estimar uma função de produção quadrática e translog a partir do nível tecnológico (NT). Conforme proposto por Kiani & Abbasi (2012), a função de produção quadrática fornece os parâmetros de relação linear entre o presente ramo da função, quando aplicações de insumo variável são feitas em pequenas quantidades.

$$Y = \alpha\beta_0 + \beta_1 NT + \beta_2 NT^2 \quad (6)$$

Na especificação da função de produção Cobb-Douglas, assume-se que todas as entradas são substitutas e que a elasticidade da substituição entre os insumos é constante, ou seja, se ocorre o aumento do uso de tecnologia, a diminuição da aplicação de defensivos pode ocorrer. Como proposto por Christensen et al. (1973), a função translog é capaz de fornecer uma gama mais ampla de substituição de padrões de transformação do que aqueles fatores restritos na constante de elasticidade da substituição que está implícita na função Cobb-Douglas. A função de produção é representada pela seguinte equação:

$$\ln Y = \beta_0 + \beta_1 \ln A + \sum \beta_{2n} \ln X_n + \sum \beta_{3j} \ln NT_j + \frac{1}{2} \beta_4 (\ln A)^2 + \frac{1}{2} \beta_{5nn} (\ln X_n)^2 + \frac{1}{2} \beta_{6jj} (\ln NT_j)^2 + \sum \beta_{7n} \ln A \ln X_n + \sum \beta_{8j} \ln A \ln NT_j + \sum \sum \beta_{9nj} \ln X_n \ln NT_j + e \quad (7)$$

Onde T é o vetor de j entradas de tecnológica (1 = alta produção (AP) e 2 = baixa produção (BP)) e X é o vetor de n insumos comercializáveis (1 = sementes; 2 = fertilizante; 3 defensivos agrícolas; 4 = trabalho; 5 = capital; 6 = tecnologia; 7 = terra; 8 = fatores mensuráveis; e 9 = fatores não mensuráveis).

A função Cobb-Douglas é uma forma restrita de uma função de produção translog (Skoufias, 1994). O produto marginal da entrada de tecnologia é igualmente derivado considerando as derivadas parciais da produção agrícola em relação à capacidade que a indústria possui de processamento (PP) por sacas/hectares, $j = 1$, (PP) $e_j = 2$.

$$PM_{T_j} = \frac{\partial \ln Y}{\partial \ln T_j} \cdot \frac{Y}{T_j} = \left(\beta_{3j} + \beta_{6jj} \ln T_j + \beta_{8j} \ln A + \beta_{9nj} \ln X_n \right) \cdot \frac{Y}{T_j} \quad (8)$$

Na primeira análise, os coeficientes de correlação entre as utilizações de tecnologia são significativos, o que pode levar a estimadores de multicolinearidade tendenciosos quando as funções de produção são estimadas. A explicação para esse processo de altos coeficientes de correlação é devido à mobilidade do processo, ou seja, a análise se pauta em estimadores do mundo real da agricultura que estão sujeitos a modificações a qualquer instante, sendo apenas um parâmetro de funcionamento – e não a realidade de fato. Para corrigir esse fator, é utilizado o Teste F, como proposto por Greene (2002), para avaliar qual especificação é mais apropriada: uma função de produção de translog ou uma função de produção Cobb-Douglas. Finalmente, são calculadas as elasticidades para verificar se a função de produção estimada cumpre as propriedades de uma função de produção, ou seja, se dentro dos parâmetros poderá ocorrer a diminuição da produtividade marginal, como indicado por Chambers (1988).

Como demonstrado por Greene (2002), a introdução de uma variável como o efeito da coordenação pode ser realizada por meio de um modelo de efeitos fixos e um modelo de efeitos aleatórios na estimação. Na presente pesquisa considerou-se os efeitos da coordenação da cadeia como sendo um efeito fixo, visto que poucos produtores utilizam outro mecanismo de coordenação que não via mercado.

Na estimação do modelo, vieses de variáveis omitidas são prováveis de acontecer (Chambers, 1988), pois alguns dados foram estimados como parâmetro de análise, como o caso do trabalho, capital e insumos (em alguns casos, defensivos agrícolas com preços estimados pela dificuldade de se conseguir tais preços). Dadas essas propriedades dos dados empregados, utilizar o estimador por meio dos dados em painel é o mais apropriado para a estimativa das funções de produção e os processos de coordenação que são derivados delas. Algumas vantagens são observadas pela utilização de dados em painel, como destacado por Duarte et al. (2008), sendo elas: a possibilidade de modelagem de tempo e efeitos específicos da unidade analisada; o menor potencial de omitir algum viés das variáveis; a separação de dentro e entre as variações dos dados; o menor efeito da multicolinearidade; e estimativas mais eficientes.

Para explorar a eficiência do modelo em observar os efeitos dos *shadow prices* sobre o processo de coordenação da cadeia produtiva de feijão, foram estimados modelos alternativos, nos quais removeram-se as variáveis explicativas e se realizou a comparação dos parâmetros estimados com o modelo original, testando diferenças nos ajustes do modelo. Como destacado por Gujarati & Porter (2011), a multicolinearidade entre variáveis explicativas torna as estimativas de parâmetros sensíveis a pequenas alterações na especificação, podendo causar desvios nas estimativas dos parâmetros como resultados dessas variáveis omitidas. Foi adicionada uma tendência temporal como uma variável dependente ao se levar em conta o desenvolvimento tecnológico que influencia os resultados da produção agrícola nas funções produtivas:

$$\ln\left(\frac{Y_{it}}{A_{it}}\right) = y_0 + y_1 \ln A_{it} + y_3 \ln\left(\frac{X_{it}}{A_{it}}\right) + y_4 \ln\left(\frac{W_{it}}{A_{it}}\right) + y_4 \ln^2 A_{it} + y_5 \ln\left(\frac{X_{it}}{A_{it}}\right) \ln A_{it} + y_6 \ln\left(\frac{W_{it}}{A_{it}}\right) \ln A_{it} + y_7 \ln^2\left(\frac{X_{it}}{A_{it}}\right) + y_8 \ln^2\left(\frac{W_{it}}{A_{it}}\right) + y_9 \ln\left(\frac{X_{it}}{A_{it}}\right) \ln\left(\frac{W_{it}}{A_{it}}\right) + y_{10} \ln t_{it} + e_{it} \quad (9)$$

4 Resultados e Discussão

A presente seção apresenta os resultados da estimação dos modelos para os *shadow prices* e a cadeia produtiva de feijão.

4.1 O uso da tecnologia

O modelo econométrico estimado pode ser utilizado para orientar a realocação do uso de tecnologia a partir da produção de feijão com sistemas de produção com *shadow prices* mais altos. Como o foco da pesquisa está em procurar os *shadow prices* como influência no processo de coordenação da cadeia produtiva do feijão, esse processo de coordenação teria como objetivo melhorar a eficiência do funcionamento da cadeia produtiva de feijão num processo de produção com alto excedente de produção e com baixo excedente de produção. A Figura 1 explica esquematicamente uma função de receita para os dois cenários, que são obtidos multiplicando-se as funções de produção para os dois cenários e com alto nível tecnológico, com os preços cobrados em dezembro de 2019.

A receita para o cenário de alta tecnologia com excedente de produção é mais alta do que no segundo cenário de alta tecnologia e baixo excedente de produção. Em termos de coordenação, o segundo cenário é mais propício ao processo de coordenação para os produtores via mercado, porém, não é interessante para a indústria, pois essa possui *shadow prices* muito elevados por ter que buscar feijão no mercado para suprir sua demanda. O resultado é apresentado na Figura 1a, em que a alta tecnologia e o excedente de produção passam a ser mais interessantes para o produtor – a coordenação feita não por via mercado; e para a indústria o mercado passa a ser a melhor opção de coordenação.

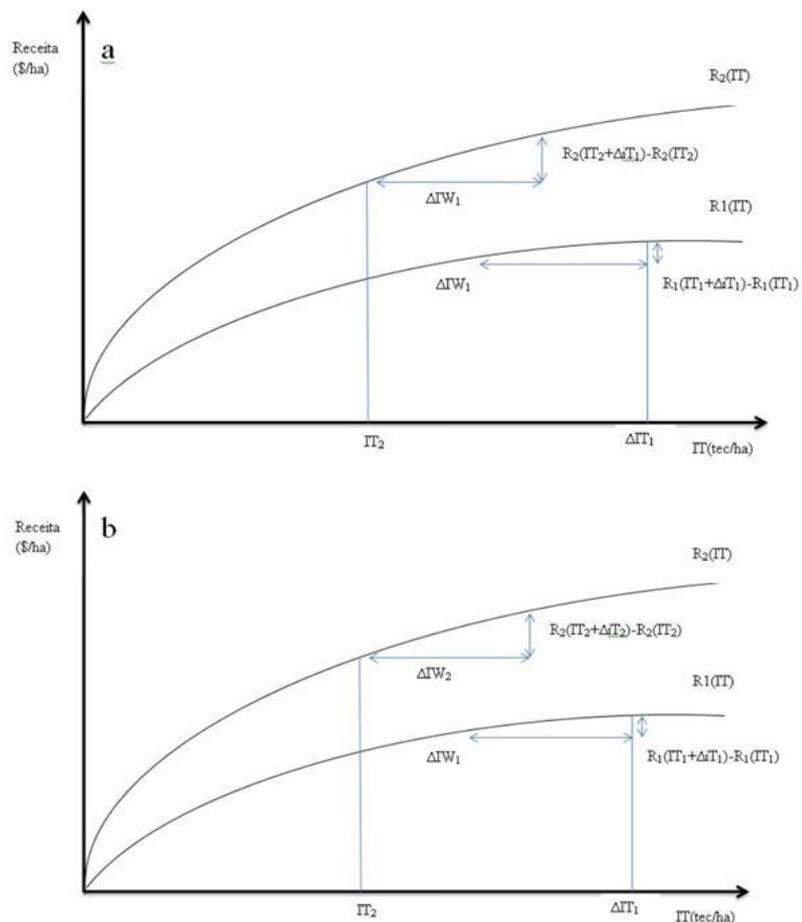


Figura 1. Realocação de tecnologia com os usos mais eficientes em relação ao processo de coordenação da cadeia produtiva de feijão. Fonte: Dados da pesquisa.

O cenário "a" é a realocação de IT de uma safra com baixo *shadow price* para uma com um *shadow price* mais alto para aumentar as receitas. O rendimento total aumenta $R = R_1 + R_2$ aumenta, e o IT total $= IT_1 + IT_2$ permanece constante; a diferença entre as curtas R_2 e R_1 trata-se dos excedentes dos *shadow prices* que são repassados dentro da cadeia, demonstrando que o processo de coordenação é sim uma forma de gerar margens de comercialização dentro da cadeia, que pode ser absorvida por ambos os agentes. O presente modelo não considerou a participação do intermediário e não teve a intenção de mensurar para quem essas margens são realocadas. O cenário "b" é a realocação de IT de uma safra com baixo *shadow price* para um *shadow price* mais alto para diminuir as receitas. O rendimento total permanece constante $R = R_1 + R_2$ permanece constante, e o total $IT = IT_1 + IT_2$ diminui. Nessa mesma forma, os excedentes dos *shadow prices* são formados, demonstrando que mesmo num cenário de redução de receitas pelo emprego de tecnologia e baixa produtividade, as margens também são formadas e realocadas dentro da cadeia.

4.2 Parâmetros estimados para a função de produção

Utilizando-se dados de um painel para uma série de produção, apresentados na Tabela 1, na qual são estimados os parâmetros das funções de produção para os dois cenários e um nível alto de tecnologia, comparou-se o modelo translog com o modelo Cobb-Douglas, e, usando um Teste F em modelos alinhados, descobriu-se que o modelo translog explica os dados significativamente melhor do que o modelo Cobb-Douglas. No entanto, no processo de especificação de translog, foram encontradas elasticidades inconsistentes com a teoria da função de produção, ou seja, eles devem ser menores do que 1 para retornos decrescentes com as entradas. Como consequência, optou-se por usar a função mais simples de Cobb-Douglas. Para esta função, as elasticidades de saída são idênticas ao parâmetro estimado para todos os insumos, exceto para a "terra", porque é uma função de produção estimada, e, nesses casos, a terra é um fator de produção fixo e não sofre tantas influências da tecnologia.

Dessa forma, o *shadow price* foi encontrado na Equação 5 – multiplicando-se pela produtividade marginal – encontrando para o cenário 1 (-0,018) e para o cenário 2 (0,970). Dessa forma, utilizou-se o modelo translog para a construção dos indicadores para cada cenário observado.

No processo de especificação de Hausman (Greene, 2002) foi utilizado para testar se o modelo de efeitos aleatórios é apropriado. O Teste de Hausman indicou que o modelo de efeitos fixo era mais apropriado para os dois cenários. O termo de efeitos fixos pode ser interpretado como as diferenças de rendimento produtivo que podem ser alcançadas com níveis de tecnologias diferentes, sendo fatores incluídos na função de produção. A função de produção resultante tem a seguinte forma:

Tabela 1. Estimativas de parâmetros das funções de produção a partir da translog de efeitos fixos e seus níveis de significância para os dois cenários analisados.

Parâmetros	Cenário 1	Cenário 2
y_A	-0,055	0,702***
y_{NT}	-0,018	0,970*
y_{IT}	0,222*	0,652***
y_E	0,467***	0,443*
y_t	0,500**	0,222**
y_0	0,762***	0,087*
R ² ajus.	0,96	0,92

* significância a 10%; ** significância a 5%; *** significância a 1%. Fonte: Dados da pesquisa.

Conforme se observa nos dados estimados na Tabela 1, as elasticidades de saída estão sujeitas a um processo de maior incerteza, pois, mesmo que se invista em tecnologia, a produção agrícola estará sujeita a efeitos não controláveis pelos agricultores. Dessa forma, os *shadow prices* devem ser observados com cuidado, pois podem sofrer ruídos pelos eventos climáticos, por exemplo, que não estão sob controle dos agricultores. Outro efeito que pode explicar essa incerteza é a oscilação dos preços que estão fora de controle de ambos os agentes, produtores e indústria, que são tomadores de preços.

No caso do processo de coordenação, se o preço for menor do que o preço real pago por saca de 60 kg de feijão, o preço mínimo será menor, gerando um efeito de saída da cultura e causando a redução da quantidade de produto no mercado, provocando uma insegurança de planejamento para a agroindústria. Tal reflexo será visto no processo de coordenação da cadeia, sendo mais interessante para a agroindústria manter a coordenação via mercado, pois não havendo a oferta de feijão na região onde a planta industrial está instalada, tal indústria poderá buscar a produção em outra região, inserindo esse custo de transação do deslocamento nos preços finais aos consumidores. Tal efeito foi observado no estudo desenvolvido por Assunção & Wander (2015). Portanto, em situações em que os agricultores investem em um nível médio de tecnologia em seus processos produtivos, incluindo os custos nesse processo, o preço mínimo deve ser maior do que nos casos em que os produtores recebem subsídios para a produção (aqui considerados como preços mínimos), pois esses garantem renda fora do mercado, gerando uma distorção no funcionamento do mercado. Como citado por Potts (1990), em situações de distorções pela participação do Estado, o produtor que não se adequa a essa distorção está em uma situação de menor competitividade, o que gera uma distorção de coordenação para a cadeia analisada.

Os dados remontam a um processo de integração interessante entre os quesitos observados, demonstrando que os custos de transação dentro da cadeia são mais baixos do que os níveis de elasticidades (nenhum dos fatores observados teve valor acima de 1). Os resultados encontrados por R^2 também demonstram a adequação do modelo em explicar como os parâmetros influenciam o processo de coordenação da cadeia, sendo que a tomada de decisão dos agentes sobre qual mecanismo será adotado está atrelada aos processos de produção que serão adotados, assim como o nível de produção que podem alcançar.

O efeito da intervenção não pode ser captado por esse primeiro modelo, sendo que a coordenação ficou a cargo dos agentes internos à cadeia, não havendo a participação das políticas públicas dentro da coordenação da cadeia produtiva do feijão.

4.3 Estimando os *shadow prices*

Para a estimação dos *shadow prices* foi considerado o processo de intervenção na cadeia com preços subsidiados e como os agentes se comportam em relação aos mecanismos de coordenação. Na Tabela 2 são apresentados as relações de preço em diferentes cenários de coordenação da cadeia produtiva de feijão.

Tabela 2. *Shadow prices* dos preços do feijão nos cenários de coordenação.

Tipo de coordenação	Cenário 1		Cenário 2	
	Alta tecnologia e excedente de produção	Alta tecnologia e baixo excedente de produção	Alta tecnologia e excedente de produção	Alta tecnologia e baixo excedente de produção
	<i>Shadow price</i> mínimo (R\$)	<i>Shadow price</i> máximo (R\$)	<i>Shadow price</i> mínimo (R\$)	<i>Shadow price</i> mínimo (R\$)
Mercado	101,00	130,00	145,00	200,00
Híbrido	98,00	102,00	132,00	142,00
Contratos	120,00	120,00	132,00	132,00

Fonte: Dados da pesquisa.

Os valores dos *shadow prices* para os preços do feijão observados na coordenação via mercado indicam que os preços podem ser subsidiados por algum agente externo ao processo de coordenação. A coordenação híbrida apresenta os menores preços em relação ao cenário 1 e preços instáveis em relação ao cenário 2. Os contratos não apresentaram oscilações em relação a nenhum dos dois cenários, pois garantem preços específicos dentro da negociação, sendo um mecanismo menos volátil e que apresenta menores oscilações para os agentes.

O que se observa para o modelo é que o processo de intervenção por políticas públicas (de incentivo fiscal, impostos ou qualquer outra natureza) causa distorções no funcionamento da cadeia produtiva, podendo ser uma forma de gerar as margens excedentes que já foram observadas no estudo. Uma consequência desse processo de redução da intervenção seria o deslocamento da demanda para uma maior estabilização em relação à oferta, sendo coordenada de maneira mais eficiente entre os agentes que compõem a cadeia.

5. Conclusões

A cadeia produtiva do feijão é complexa em seu funcionamento quanto ao quesito coordenação, pois os mecanismos que historicamente são utilizados não foram capazes de tornar a cadeia produtiva mais eficiente em relação aos seus agentes e aos mecanismos de coordenação que estão disponíveis no funcionamento do mercado. A função de produção da cadeia apresenta um retorno positivo, indicando que a cadeia produtiva possui potencial de retorno econômico positivo em relação aos investimentos que são utilizados.

O modelo desenvolvido na presente pesquisa apresenta algumas falhas no seu funcionamento, pois os *shadow prices* não foram desenvolvidos, como análise da sensibilidade dos preços da cadeia produtiva em relação ao seu processo de coordenação, no entanto, por outro lado, apresentou bons resultados em relação aos objetivos da presente pesquisa, que visava analisar se os excedentes de preços dentro da cadeia eram passados dentro dela sem gerar receitas específicas, ou seja, se os mecanismos de coordenação adotados pelos produtores e indústrias são adequados para o funcionamento da cadeia produtiva.

Os *shadow prices* são positivos, apresentam distorções em relação ao funcionamento da cadeia, porém, não foi possível captar o nível de intervenção do Estado no funcionamento da cadeia. Apresentou-se apenas a sensibilidade de funcionamento dela em relação aos seus mecanismos de coordenação, demonstrando que os mecanismos de coordenação via contratos são mais seguros e apresentam menor nível de oscilação.

Por fim, seria interessante que estudos similares fossem feitos em outras cadeias produtivas, com melhor coordenação e transparência, visando compreender como os *shadow prices* podem contribuir para o melhor funcionamento destas cadeias produtivas.

6 Referências

- Assunção, P. E. V., & Wander, A. E. (2015). Transaction costs in beans Market in Brazil. *Ciência Rural*, 45(5), 933-938. <http://dx.doi.org/10.1590/0103-8478cr20140725>
- Barbier, E. (1996). The economics of soil erosion: theory, methodology and examples. In E. Barbier. *The economics of environment and development* (pp. 281-307). Cheltenham: Edward Elgar Publishing. <https://doi.org/10.4337/9781035303618.00022>
- Bockel, L., & Tallec, F. (2016). *Commodity chain analysis*. Rome: FAO.
- Chambers, R. G. (1988). *Applied production analysis: a dual approach*. Cambridge: Cambridge University Press.

- Christensen, L. R., Jorgensen, D. W., & Lau, L. J. (1973). Transcendental logarithmic production frontiers. *The Review of Economics and Statistics*, 55(1), 28-45. <http://dx.doi.org/10.2307/1927992>
- De Bruyn, S., Korteland, M. H., Markowska, A. Z., Davidson, M. D., De Jong, F. L., Bles, M., Sevenster, M. N. (2010). *Valuation and weighting of emissions and environmental impacts*. Delft: CE Delft.
- Demsetz, H. (1968). Why regulate utilities? *The Journal of Law & Economics*, 11, 55-66.
- Duarte, P. C., Lamounier, W. M., & Colauto, R. D. (2008). Modelos econométricos para dados em painel: aspectos teóricos e exemplos de aplicação à pesquisa em contabilidade e finanças. In J. Lopes, F. Ribeiro Filho, & M. Pederneiras (Orgs.), *Educação contábil: tópicos de ensino e pesquisa* (1. ed.). São Paulo: Atlas.
- Greene, W. H. (2002). *Econometric analysis* (5. ed.). Upper Saddle River NJ: Prentice Hall.
- Gujarati, D. N., & Porter, D. C. (2011). *Econometria básica* (5. ed.). Porto Alegre: AMGH.
- Halánek, M. (2006). Shadow prices for costs and benefits in the regional development projects. *Zagreb International Review of Economics & Business*, 88, 1-7.
- He, Y., Zhu, S., Zhang, Y., & Zhou, Y. (2021). Calculation, elasticity and regional differences of agricultural greenhouse gas shadow prices. *The Science of the Total Environment*, 790, 10-18. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.148061>
- Kiani, A. R., & Abbasi, F. (2012). Optimizing water consumption using crop water production functions. *Crop Production Technologies*, 8, 73-92. <http://doi:10.13140/2.1.1565.7922>.
- Konrad, M. T., Andersen, H. E., Gyldenkerne, S., & Termansen, M. (2017). Synergies and trade-offs in spatially targeted water quality and climate change mitigation policies. *Land Economics*, 93(2), 309-327. <http://dx.doi.org/10.3368/le.93.2.309>
- Petrick, M., & Kloss, M. (2012). *Drivers of agricultural capital productivity in selected EU member states*. FACTOR MARKETS Coordination: Centre for European Policy Studies (CEPS). Factor Markets Working Paper.
- Potts, D. (1990). Shadow pricing agricultural projects: an approach using unknown parameters. *Project Appraisal*, 5(3), 167-174. <http://dx.doi.org/10.1080/02688867.1990.9726766>
- Sartori, D., Catalano, G., Genco, M., Pancotti, C., Sirtori, E., Vignetti, S., & Bo, C. (2014). *Guide to cost-benefit analysis in investment projects: economic appraisal tool for cohesion policy 2014-2020*. UK: Union European Edition.
- Skoufias, E. (1994). Using shadow wages to estimate labor supply of agricultural households. *American Journal of Agricultural Economics*, 76, 215-227. <http://dx.doi.org/10.2307/1243623>
- Starret, D. A. (2000). Shadow pricing in economics. *Ecosystems (New York, N.Y.)*, 3(1), 16-20. Recuperado em 09 de fevereiro de 2023, de <http://www.jstor.org/stable/3658662>
- Wang, Z., Song, Y., & Shen, Z. (2022). Global sustainability of carbon shadow pricing: the distance between observed and optimal abatement costs. *Energy Economics*, 110, 17-35. <http://doi.org/10.1016/j.eneco.2022.106038>.
- Warr, P. G. (1974). *The economics of shadow pricing: market distortions and public investment*. Virginia: Department of Agricultural and Applied Economics. Staff Paper.

Recebido: Fevereiro 09, 2023.

Aceito: Agosto 11, 2023.

JEL Classification: O13, Q13.