



ANÁLISE DOS BENEFÍCIOS ECONÔMICOS DA DIVERSIFICAÇÃO DA PRODUÇÃO EM SISTEMAS DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA-FLORESTA

Grupo de Pesquisa: GT1. Mercados Agrícolas e Comércio Exterior

Autor(es) Júlio César dos Reis¹, Mariana Yumi Takahashi Kamoi², Miqueias Michetti³, Flávio Jesus Wruck¹

Filiação ¹ Embrapa Agrossilvipastoril MT; ² Rede de Fomento em ILPF – Fundação Eliseu Alves ³ Senar MT

E-mail: julio.reis@embrapa.br

Grupo de Pesquisa: GT1. Mercados Agrícolas e Comércio Exterior

Resumo

O mercado de commodities apresenta grande variação de preços ao longo do tempo, o que implica em elevado grau de risco de mercado para os produtores. O sistema de integração lavoura-pecuária-floresta (iLPF) tem sido considerado uma estratégia promissora para minimizar riscos via diversificação da produção e, ao mesmo tempo, proporcionar retornos econômicos maiores. Utilizou-se de um modelo VAR, funções impulso-resposta e análise da decomposição da variância para verificar se os mercados das principais *commodities* utilizadas nos sistemas de integração (soja, milho, algodão e boi gordo), em Mato Grosso, se relacionavam no curto e/ou no longo prazo. Após observar que os mercados se mostram independentes, e partindo da abordagem dos benefícios da diversificação proposta por Markowitz (1952), a não relação entre os mercados é positiva para um sistema de integração e, também, funcionando como um instrumento mitigador de risco econômico. Para verificar de que forma a diversificação poderia minimizar possíveis prejuízos, realizou-se uma análise de sensibilidade com os indicadores: Índice de Lucratividade (IL) e Valor Presente Líquido anualizado (VPLa) de três diferentes sistemas de produção: um sistema (iLPF) implementado na região nordeste de Mato Grosso e duas fazendas representativas para sistemas exclusivos: uma de lavoura com produção de soja e milho segunda safra e outra de pecuária de corte com sistema de cria, para a mesma região. Observou-se que o sistema iLPF apresentou resultados superiores (IL) de 1,52 enquanto o sistema de lavoura apresentou (IL) 1,04 e o sistema de pecuária (IL) 1,02. Ao simular variações nos preços de venda da soja e do boi, observou-se que, além de resultados econômicos melhores, o sistema iLPF apresentou menores variações nos indicadores econômicos, resultado importante para o planejamento de longo prazo.

Palavras-chave: Modelo VAR, diversificação de riscos, sistemas iLPF

Abstract

The commodity market presents a large price variation over time, which implies a high degree of market risk for producers. The integrated crop-livestock-forest system (iCLF) has been considered as a promising strategy to minimize market risks through products diversification and, at the same time, provides greater economic returns. A VAR model, impulse-response function and forecast-error variance decomposition analysis were applied to verify if the markets of the main products used in integrated systems (soy, corn, cotton and cattle), in Mato Grosso, present some relationship in the short and/or long term. The markets turned out independent. Thus, considering Markowitz (1952) approach of benefits of diversification, the non-relationship between markets is positive, working as market risk



mitigation in an integrated system. To verify how diversification could minimize possible losses a sensitivity analysis was made by using economic viability indicators: Profitability Index (IL) and Net Present Value (NPV) of three different production systems: an integrated crop-livestock-forest system (iCLF) implemented in the northeast region of Mato Grosso and two representative farms for exclusive systems: a crop system with soybean and corn second crop and another one of cattle ranching for the same region. It was demonstrated that the iCLF system presented superior results (IL) 1,52, while the crop system presented (IL) 1,04 and the livestock system (IL) 1,02. Moreover, the sensitivity analysis showed that, besides provides better economic results, the iCLF system presented smaller variations in economic indicators, an important outcome for famers long-term planning.

Key words: VAR model, risk diversification, iCLF systems

1. Introdução

A agricultura brasileira tem contribuído sobremaneira para os resultados positivos observados na Balança Comercial ao longo dos últimos anos: 44,2% (US\$ 96 bilhões) do valor total das exportações brasileiras em 2017 (MAPA, 2018). Apesar do baixo crescimento econômico que o país tem apresentado, o setor agropecuário é um dos poucos setores que apresenta taxas positivas de crescimento: 13% de crescimento em 2017, enquanto o PIB do país cresceu 1% em comparação ao ano de 2016 (IBGE, 2017). Nesse contexto, merece destaque o estado de Mato Grosso que, desde 2015, assumiu a posição de principal produtor agrícola do Brasil, sendo o estado com as maiores produções de soja (31 mil/ton), milho de segunda (30 mil/ton) e algodão (1 mil/ton pluma) e (2,6 mil/ton caroço) para a safra 2016/2017, além de possuir o maior rebanho bovino do Brasil, com 30,2 mil/cabeças (IBGE, 2017; IMEA, 2017).

As atividades agropecuárias de larga escala, conectadas ao mercado internacional de *commodities*, caracterizam-se como um setor altamente competitivo, tecnificado, com um grande número de produtores ofertando um produto homogêneo e no qual o produtor apresenta pouco, ou nenhum, poder de mercado (GASQUES; VIEIRA FILHO; NAVARRO, 2010). O setor de *commodities* agrícolas poderia ser entendido como um exemplo próximo ao que a teoria econômica clássica define como mercado de concorrência perfeita, no qual os produtores são tomadores de preços (PINDYCK; RUBINFELD, 2015; VARIAN, 2015). A alta volatilidade dos preços no mercado internacional de *commodities*, movimento influenciado por fatores internos e externos como oferta e demanda mundial, nível de estoques global, câmbio, juros e decisões políticas de toda sorte que se traduzem em impactos nos preços, faz com que os produtores de *commodities* agrícolas precisem lidar, além dos riscos inerentes à atividade produtiva, com riscos de mercado associados ao movimento dos preços de comercialização, variável sobre a qual eles não possuem quase nenhuma capacidade de gerenciamento ou controle (GOODWIN, 2000; MIRANDA; GLAUBER, 1997).

Como estratégia para permanecer no mercado o produtor agrícola precisa aumentar sua eficiência produtiva - reduzindo custos e aumentando produtividade – e/ou buscar sistemas produtivos que possibilitem a redução dos impactos negativos da oscilação dos preços em seus retornos. Considerando o segundo aspecto, uma alternativa seria a redução dos riscos de mercado via diversificação da produção, seguindo a lógica desenvolvida por Markowitz (1952) para o mercado de ações. Markowitz (1952) demonstrou que através da diversificação de ativos e em função da correlação entre os retornos esperados das opções de investimento disponíveis, o agente econômico teria possibilidades de, para um dado nível de retorno, escolher uma opção de composição de sua carteira de investimentos que apresentaria



menor nível de risco ou, ao contrário, para um dado nível de risco, escolher a composição de carteira que ofereceria um maior retorno (GITMAN, 2010; MARKOWITZ, 1952).

Tendo em conta as políticas públicas e planos do governo brasileiro para a intensificação da adoção de sistemas agrícolas sustentáveis, especialmente nos biomas Amazônia e Cerrado, como o Plano Setorial de Mitigação e de Adaptação às Mudanças Climáticas para a Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura (Plano ABC) e o Plano Amazônia Sustentável (PAS) tem-se como uma alternativa para a diversificação da produção agropecuária os sistemas de integração Lavoura - Pecuária – Floresta (iLPF). Esses sistemas têm como princípio básico a produção sustentável por meio da integração de atividades agrícolas, pecuárias e florestais, realizados em uma mesma área, em cultivo consorciado, em sucessão ou rotacionado, buscando efeitos sinérgicos entre os componentes do agroecossistema, contemplando a adequação ambiental, a valorização do homem e a viabilidade econômica (BALBINO; BARCELLOS; STONES, 2011; LEMAIRE et al., 2014; MACEDO, 2009; NAIR, 1991; REIS et al., 2016).

Estudos realizados em diferentes regiões do Brasil, em especial nas áreas de cerrado, indicam como potenciais benefícios da adoção de sistemas iLPF: i) a preservação da qualidade do solo; ii) a conservação de água; iii) o aumento do rendimento animal pelo conforto térmico; iv) a mitigação dos efeitos de GEEs; v) a recuperação de áreas degradadas por meio da intensificação do uso da terra, potencializando os efeitos complementares e/ou sinérgicos existentes entre as diversas espécies vegetais e a criação de animais e; vi) a maior estabilidade no fluxo de caixa em função da diversificação das fontes de receitas (KLUTHCOUSKI; STONE; AIDAR, 2003; LAZZAROTTO et al., 2010; LEMAIRE et al., 2014; MACEDO, 2009; MUNIZ et al., 2007; OLIVEIRA et al., 2013; SALTON et al., 2014; VILELA et al., 2011).

Todavia, é reduzido o número de estudos que avaliam os benefícios econômicos dos sistemas iLPF advindos da diversificação. Nossa pesquisa encontrou apenas os trabalhos de Lazzarotto et al., (2010); Muniz et al., (2007); Oliveira et al., (2013). Como ponto em comum, todos os trabalhos investigaram os benefícios da diversificação através de análises de sensibilidade identificando os impactos de mudanças nos preços dos produtos nos resultados de indicadores de viabilidade econômica como o VPL, TIR e IL, e comparando os resultados entre sistemas iLPF e sistemas exclusivos de lavoura e pecuária.

O presente trabalho tem como objetivo contribuir com a discussão dos efeitos da diversificação da produção sobre os retornos esperados pelos produtores agropecuários ao propor uma análise que aprofunda o entendimento sobre os impactos dos preços dos componentes dos sistemas iLPF nos retornos observados pelos produtores. Para tanto, utilizaremos uma abordagem de análise de séries temporais para avaliar as relações entre os preços dos produtos que compõem os sistemas iLPF mais observados em Mato Grosso – soja, milho, algodão, pecuária de corte – investigando se existe influência entre os mercados de cada um desses produtos no período de janeiro de 2009 a dezembro de 2017. As informações de preços foram disponibilizadas pelo Instituto Mato-grossense de Economia Agropecuária (Imea). Na sequência, será apresentada uma análise de sensibilidade dos indicadores de viabilidade (IL e VPL) dos sistemas avaliados quando à variação nos preços dos produtos. Como estudos de caso para a análise de sensibilidade, utilizaremos um sistema iLPF (soja, pecuária de corte e eucalipto) implementado na região nordeste de Mato Grosso e, como comparação, utilizaremos fazendas representativas de lavoura (soja e milho) e de pecuária de corte (cria) ambas para a mesma região nordeste. Para a análise das variações nos sistemas exclusivos foram construídas fazendas representativas para cada um dos sistemas tendo como



fonte de informação os painéis de custos de produção e caracterização dos sistemas de produção realizados pelo Imea e Cepea-Esalc/USP para culturas solteiras.

A hipótese a ser testada é a de que os mercados dessas *commodities* são relativamente independentes, ou seja, seus respectivos preços são influenciados por fatores e conjunturas diferentes, não apresentando associação nem no curto prazo nem no longo prazo. Se é assim, tendo como base a teoria do portfólio de Markowitz (1952), a diversificação da produção proporcionada pelos sistemas iLPF poderia contribuir para a diminuição dos riscos de mercado.

As perguntas que o presente trabalho tem como objetivo responder são: a diversificação produtiva, que é a base para a implementação de sistemas iLPF, é vantajosa para o produtor tendo em conta o retorno esperado e a dinâmica dos preços dos componentes dos sistemas iLPF no estado de Mato Grosso? Além disso, como choques não previstos nas séries de preço em um dos produtos considerados são ou não transmitidos para as outras *commodities*, considerando o mercado em Mato Grosso?

O presente trabalho está dividido em quatro seções além dessa introdução. A seção dois será destinada à revisão de literatura na qual será apresentada, em linhas gerais, a teoria do portfólio de Markowitz (1952) assim como uma breve revisão dos trabalhos que discutem os benefícios econômicos da diversificação em sistemas iLPF. Na seção três será apresentada a metodologia de séries temporais e de análise de sensibilidade utilizadas nesse trabalho. Na seção quatro serão apresentados os resultados. Uma última seção é destinada às considerações finais.

2- Revisão de Literatura

A percepção comum de que uma boa estratégia para minimizar o risco é a diversificação é o pano de fundo para a construção da Teoria Moderna do Portfólio apresentada por Markowitz em seu trabalho seminal de 1952. Markowitz (1952) demonstra, baseando-se na relação entre risco e retorno dos ativos disponíveis no mercado, que é possível, via diversificação, obter um determinado retorno esperado (rentabilidade) a um nível menor de risco (variância dos retornos esperados) (GITMAN, 2010; MARKOWITZ, 1952). Partindo de premissas que são a base do *mainstream* econômico: i) agentes econômicos são racionais; ii) são movidos pela lógica de maximização de lucros e; iii) são avessos ao risco, Markowitz (1952) formaliza o processo de escolha da carteira ótima de ativos para um agente representativo como sendo condicionada pelo desempenho agregado de todos os componentes da carteira e não pelo desempenho de um componente de forma tomado de forma isolada.

A demonstração matemática apresentada por Markowitz (1952) explicita que a diversificação por si só não é condição suficiente para a redução do risco (GITMAN, 2010), a correlação entre os ativos é fator determinante (MARKOWITZ, 1952). Para que a diversificação auxilie na minimização do risco do portfólio de investimento, os ativos que compõem a carteira não devem ser influenciados por fatores semelhantes. A redução dos riscos acontece quando a correlação entre os ativos que compõem a carteira seja negativa, ou apresentem uma correlação imperfeita (GITMAN, 2010; MARKOWITZ, 1952). Todavia, é importante destacar que a diversificação dos ativos que compõem a carteira ótima possibilita a minimização do risco próprio ou específico associado ao ativo. A diversificação não reduz o risco sistemático ou conjuntural (GITMAN, 2010). Mesmo com a diversificação, o risco associado ao setor econômico e a fatores externos ao mercado não são passíveis de redução via diversificação (MARKOWITZ, 1952).



A abordagem proposta por Markowitz (1952), elaborada para retratar o mercado de ativos financeiros, tem sido amplamente utilizada não somente nesse setor, mas também em setores como a agricultura, principalmente no mercado de *commodities*, dado que é possível fazer uma associação direta tanto entre as características dos produtos vendidos em ambos os mercados - produtos homogêneos com elevada elasticidade renda - quanto em relação à estrutura do mercado, próximo ao modelo de concorrência perfeita (PINDYCK; RUBINFELD, 2015; VARIAN, 2015).

Contudo, e considerando os potenciais benefícios econômicos da diversificação, são poucos os trabalhos que procuram avaliar como a diversificação produtiva proporcionada por sistemas iLP ou iLPF pode contribuir para minimizar os riscos de mercado. De maneira geral, os trabalhos encontrados utilizam a técnica de análise de sensibilidade e simulação, aplicando variações percentuais aos preços dos produtos finais e avaliam o quanto essas variações impactam nos valores finais de indicadores de viabilidade econômica consolidados na literatura de análise de projetos como Valor Presente Líquido, (VPL) Taxa de Interna de Retorno (TIR) e Índice de Lucratividade (IL). Os resultados são comparados aos observados para os mesmos indicadores de viabilidade para sistemas de produção exclusivos - monoculturas ou sistema de pecuária tradicional -. Via de regra, os sistemas de integração considerados apresentaram resultados melhores, indicando que a diversificação contribui para minimizar os riscos observados pelos produtores.

Em relação aos trabalhos encontrados, Muniz et.al. (2007) desenvolveram uma abordagem de sistemas dinâmicos para avaliar um sistema de integração lavoura-pecuária (iLP) em Goiás, Brasil. O estudo utilizou informações de três ciclos produtivos para elaborar indicadores de viabilidade (VPL, TIR e IL) e simulações por meio cenários, com o objetivo de avaliar a viabilidade de diferentes configurações de sistemas iLP. Os resultados indicaram que o sistema iLP se mostrou economicamente viável em todos os cenários considerados. Lazzarotto et.al. (2010) confrontaram os resultados de viabilidade econômica de um sistema (iLP) com um sistema de lavoura exclusiva, com plantio de soja e milho no verão e trigo no inverno, e com um sistema de pecuária de corte, todos implementados no estado do Paraná, Brasil. O período de avaliação foi de 13 anos, e a área de cada um dos sistemas foi definida em 300 ha⁻¹. O conjunto de indicadores de viabilidade: VPL, TIR e IL inicialmente foi construído em uma situação determinística e, na sequência, com base nas variáveis que mais contribuíram para a formação desses indicadores, foi desenvolvida uma análise de sensibilidade. Os autores demonstraram que tanto nas condições determinísticas quanto de incertezas, o sistema (iLP) apresentou resultados econômico-financeiros melhores que os sistemas exclusivos, com VPL 103% maior do que o sistema de lavoura e 19,6% maior do que o sistema de bovinocultura de corte. Por fim, de Oliveira et. al. (2013) analisaram, para um período de doze anos (2001 a 2012) os resultados de produção, produtividade e a margem bruta de sistemas de integração lavoura-pecuária (iLP), com diferentes estratégias de manejo para a altura de pastagem. Os resultados foram confrontados com os valores observados para um sistema de soja exclusivo, ambos os sistemas conduzidos no estado do Rio Grande do Sul, Brasil. Apesar de considerarem apenas os custos operacionais e terem concentrado a análise nos valores de margem bruta, os sistemas de integração apresentaram melhores resultados, especialmente nos anos nos quais o volume de chuva no momento de desenvolvimento da lavoura foi insuficiente. Como principal resultado, os autores ressaltaram a importância do componente pecuária, ou seja, da diversificação de produtos, para a manutenção de margens brutas positivas, principalmente em anos ruins para a lavoura.



Um desdobramento da teoria moderna dos portfólios, não necessariamente associado à ideia de avaliação dos potenciais benefícios da diversificação, mas que utiliza as proposições sobre a importância de se avaliar as correlações entre retornos de ativos, nesse caso, entendidos como os preços de mercados dos ativos, financeiros ou não, é a aplicação da análise de séries temporais para avaliar a existência de influências de curto e/ou longo prazo entre os preços das variáveis em análise, utilizando técnicas estatísticas modelos vetoriais auto regressivos (VAR), avaliação da existência de cointegração (JOHANSEN, 1988), causalidade (GRANGER, 1986), funções impulso-resposta e análises de decomposição de variância (ENDERS, 2010; GREENE, 2012; WOOLDRIDGE, 2015).

Os modelos VAR, inicialmente proposto por (SIMS, 1980), tem sido muito utilizado para avaliar as correlações e os impactos entre variáveis macroeconômicas como câmbio, juros, inflação e Produto Interno Bruto (PIB) (MENDONÇA, 2007; KILIAN; PARK, 2009) e para avaliar a existência, ou não, de influencia de uma variável definida como exógena, como o preço do petróleo ou a taxa de juros externa nos agregados macroeconômicos internos (AKRAM, 2009; REZITINIS, 2015).

Ainda, alguns trabalhos recentes tem utilizado a análise de séries temporais para avaliar a existência de relações entre os preços (retornos) de *commodities* agrícolas (BOECHAT, 2012; NAZLIOGLU; ERDEM; SOYTAS, 2013; TRUJILLO-BARRERA; MALLORY; GARCIA, 2012), mas buscam avaliar se os preços no mercado internacional de determinado produto específico tem influencia na determinação do mesmo produto no mercado interno (ABITANTE, 2008; VIEIRA; SANTOS; COSTA, 2003; YANG; BESSLER; LEATHAM, 2001). Não encontramos em nossa pesquisa trabalhos que buscam avaliar a influência cruzada nos preços de produtos agropecuários diferentes produzidos no mercado interno e, conseqüentemente, como a existência ou não dessas influências podem auxiliar o produtor a minimizar riscos. Essa é uma das principais contribuições desse trabalho.

3- Metodologia

3.1- Descrição dos sistemas de produção

Sistema iLPF: O sistema iLPF utilizado nesse estudo está localizado na Fazenda Brasil, propriedade situada entre os municípios de Barra do Garças e Nova Xavantina, região nordeste de Mato Grosso. A propriedade é dividida em 2.890 ha⁻¹ de pecuária de corte, 1.650 ha⁻¹ com agricultura e 70 ha⁻¹ com seringueira. O restante são áreas de preservação permanente (APPs) e reservas legais. A área de iLPF foi implantada em 110 ha⁻¹ e distribuída em módulos, nos quais diversas espécies florestais e espaçamentos foram testados. No presente trabalho, utilizou-se os dados do módulo com eucalipto (*Eucalyptus camaldulensis*) plantado em linha dupla com espaçamentos de 3 metros entre árvores, 2 metros entre linhas e 23 metros entre renques. O sistema, implantado em 2010, teve quatro anos de soja (não era realizado segunda safra) e em 2013 os animais foram colocados na área para recria, onde permaneceram até 2017, quando as árvores, cuja finalidade era lenha, foram cortadas. Para a realização das comparações com as fazendas representativas de sistemas exclusivos, os resultados observados para o sistema iLPF foram extrapolados para uma área de 700 ha⁻¹.

Fazenda representativa de agricultura: A propriedade possui 700 ha⁻¹, sendo plantada soja na safra em 100% da área, e o milho na segunda safra com porcentagens de área crescentes ao longo dos anos. Esse escalonamento na área de milho tem como objetivo acompanhar a dinâmica do crescimento da importância econômica dessa cultura para Mato Grosso nos últimos anos. Em 2010, o milho safrinha foi plantado em 10% da área da soja, e ao final do período avaliado (2017), era plantado em 25% da área.



Fazenda representativa de pecuária: o sistema de pecuária para a região Nordeste de Mato Grosso é feito em uma área de 1.500 ha⁻¹, sendo 1.035 ha⁻¹ de pastagem. O sistema de produção realizado é a cria, tendo, portanto, como receita principal, a venda de bezerro desmamado. Também para esse sistema foi realizado o ajuste de área para permitir a comparação dos resultados.

3.2 - Análise de séries temporais

Como ponto de partida para identificar a existência, ou não, de influência entre as variáveis que compõem essa análise, inicialmente será avaliada a estacionaridade - média e variância constantes ao longo do tempo e covariância dependente unicamente do número de defasagens - das séries de preço (ENDERS, 2010) para se evitar o problema de regressão espúria (ENDERS, 2010; GUJARATI; PORTER, 2011; WOOLDRIDGE, 2015). Para tanto, utilizaremos os testes consolidados na literatura - Dickey Fuller Aumentado (ADF) e Phillips-Perron (PP) - para avaliar a presença, ou não, de raízes unitárias. Como para a grande maioria das séries de preço, espera-se que as séries analisadas apresentem raiz unitária.

Após os testes de estacionaridade, serão realizados os testes de cointegração para avaliar a existência de relação de longo prazo entre as variáveis, isto é, se elas são cointegradas (ENDERS, 2010; JOHANSEN, 1988). A existência de vetores de cointegração indica que as informações apresentam uma trajetória semelhante ao longo do tempo (ENDERS, 2010), o que, para o nosso caso, representaria uma situação na qual os diferentes preços responderiam de forma semelhante a choques externos ao setor agrícola. Para avaliar se as variáveis são cointegradas, utilizou-se o teste do traço ($\lambda_{\text{traço}}$) e do máximo autovalor (λ_{max}) proposto por Johansen (1988). Para a definição do número de defasagens (*lags*) a serem utilizadas nos testes considerou-se os critérios AIC (*Akaike Information Criterion*), SBC (*Schwarz Bayesian Criterion*) e HQIC (*Hannan-Quinn*)¹ (GREENE, 2012; WOOLDRIDGE, 2015).

Na sequência, para avaliar se existe relação de curto prazo entre as variáveis e para estimar as funções impulso-resposta e para construir a tabela de decomposição da variância, será estimado um modelo VAR irrestrito, considerando todas as variáveis como endógenas. Como o propósito dessa análise é identificar se existe alguma relação entre as séries de preço, tem-se que é recomendável não estabelecer, *a priori*, nenhuma restrição que condiciona a relação entre as variáveis (ENDERS, 2010). Assim, e considerando a estrutura do modelo VAR, para qualquer um dos elementos que compõem o vetor de variáveis dependentes (y_{it}), esse pode ser influenciado tanto por suas informações defasadas ($y_{i(t-n)}$) quanto pelas informações correntes e defasadas das variáveis independentes ($x_{it}, x_{i(t-n)}$) (ENDERS, 2010; GREENE, 2012; WOOLDRIDGE, 2015). A equação geral para o modelo VAR pode ser descrita como:

$$Y_t = \beta_0 + \sum_{i=0}^n \beta_i X_{t-i} + \varepsilon_t \quad (1)$$

Em que Y_t é um vetor $n \times 1$ composto pelas informações dos preços correntes dos produtos, β_0 é o vetor $n \times 1$ de constantes, β_i é uma matriz $n \times n$, X_{t-i} é um vetor $n \times 1$

¹ Esses mesmos critérios foram utilizados para a determinação do número de defasagens utilizadas para estimação do modelo VAR.



incluindo as variáveis independentes e ε_t é um vetor $n \times 1$ de erros independentes e identicamente distribuídos (i.i.d.) (ENDERS, 2010). Para validar o número de defasagens usados no modelo VAR, além dos critérios AIC, SBC e HQIC, utilizou-se o teste de determinação de lags de Wald (ENDERS, 2010; GREENE, 2012).

Como forma de validar os resultados encontrados pelo modelo VAR (equação 1), foi realizado o teste de causalidade Granger (GRANGER, 1986). Esse teste parte da premissa de que quando os valores futuros de uma variável x_{t+i} que compõe o vetor as variáveis independentes (X) auxiliarem na previsão dos valores futuros da variável dependente y_{t+i} que compõe o vetor (Y) pode-se inferir que a variável x_i causará, no sentido de Granger, a variável y_i (ENDERS, 2010; GRANGER, 1986; GREENE, 2012). Além do teste de causalidade de Granger, também se verificou a validade do modelo VAR através da análise dos resíduos, verificando se esses satisfazem as condições de normalidade (testes Jarque-Bera, skewness e kurtosis) e de ausência de autocorrelação serial (teste do Multiplicador de Langrange) (ENDERS, 2010; GREENE, 2012).

Por fim, como complemento aos resultados encontrados pelo modelo VAR e para avaliar a relação entre as variáveis de preço ao longo do tempo, foram estimadas as funções de impulso-resposta e construída a tabela de decomposição da variância para cada uma das variáveis. Para a construção de ambos os resultados foi considerado ao método de decomposição de Cholesky, que considera os choques em cada uma das variáveis como ortogonais, ou seja, os choques não apresentam correlação para um mesmo período (corr $(\varepsilon_{it}, \varepsilon_{st}) = 0 \forall i \neq s$) (ENDERS, 2010; HAMILTON, 1994). A decomposição da variância fornece, em termos percentuais, a influência de um choque exógeno em uma variável sobre as demais ao longo de um período pré-determinado considerando a estrutura do modelo VAR previamente estimado. Já a função impulso-resposta é uma representação gráfica de como um choque exógeno em uma variável se propaga pelo conjunto de informações que compõem o modelo VAR, explicitando como uma variável exerce influência sobre o comportamento futuro das demais (ENDERS, 2010; GREENE, 2012; WOOLDRIDGE, 2015).

3.3- Análise de viabilidade econômica e análise de sensibilidade

Para a elaboração dos indicadores de viabilidade - VPL e IL – construiu-se o Fluxo de Caixa (FC) considerando-se os resultados de custos, receitas, investimentos dos diferentes sistemas de produção – integrado e exclusivos - durante um período de 7 anos (2010 a 2017), tendo como base o ano de 2010. Para a construção do fluxo de caixa, utilizou-se a seguinte estrutura (LAPPONI, 2013):

$$FC_t = FCO_t \pm \Delta I \pm \Delta CG_t \quad (2)$$

Em que:

FCO_t = Fluxo de caixa operacional;

ΔI = Investimento líquido em ativos;

ΔCG_t = Investimento líquido em capital de giro.

Assim, o FC em um determinado período é função do resultado operacional, do fluxo de caixa dos ativos envolvidos no processo de produção e do fluxo do capital de giro. Seus resultados levam em consideração, além da relação entre custos e receitas, as deduções de juros, tributos, impostos de comercialização e encargos trabalhistas, evidenciando, assim, a



capacidade de geração de caixa de cada um dos sistemas². Como indicador de inflação, utilizou-se o Índice de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA), elaborado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), que é o índice oficial de inflação no Brasil.

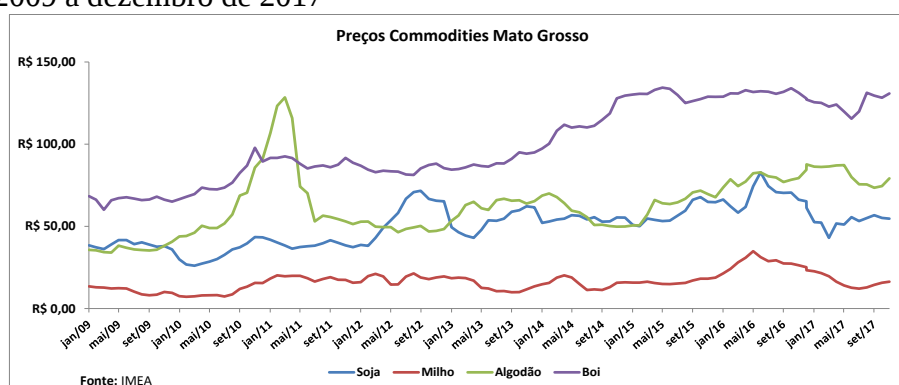
A análise de sensibilidade foi realizada por meio de variações percentuais: ($\pm 15\%$, $\pm 10\%$, $\pm 5\%$ e $\pm 1\%$) aplicadas aos preços dos produtos finais dos sistemas. Ao final, apresentamos uma tabela síntese e comparativa do IL para cada um dos sistemas - iLPF, Lavoura exclusiva e Pecuária exclusiva - dado que esse indicador apresenta, de forma direta, o retorno observado para cada unidade monetária investida, representando um parâmetro consistente de comparação para diferentes investimentos (GITMAN, 2010; LAPPONI, 2013).

4- Resultados

4.1- Análise de séries temporais

Desde o início da década de 2000, o mercado internacional de *commodities* agrícolas tem apresentado uma trajetória de crescimento tanto em relação ao volume transacionado quanto em relação aos preços, em que pese a relativa queda nos anos de 2008/2009 em função da crise financeira internacional (UNITED NATIONS CONFERENCE ON TRADE AND DEVELOPMENT, 2012). Essa trajetória é, em grande medida, determinada pelo crescimento da demanda por alimentos dos países em desenvolvimento, em especial a China. A conjuntura favorável para esse setor explica o constante crescimento da agricultura no Brasil nos últimos anos, fator decisivo para a economia brasileira que tem apresentado desempenho ruim nos setores de indústria e serviços (IBGE, 2017). Apesar da trajetória de crescimento, em virtude da natureza estrutural do mercado de *commodities* agrícolas, é possível observar uma grande variação nos preços derivada dos desequilíbrios entre oferta e demanda ao longo do tempo. O Graf. 1 apresenta os preços correntes praticados em Mato Grosso para a soja, o milho, o algodão e a arroba do boi gordo entre janeiro de 2009 a dezembro de 2017. Observando o comportamento das séries, pode-se supor que essas apresentam uma tendência de crescimento determinística e que elas não são estacionárias.

Gráfico 1. Preços correntes: soja, milho, algodão e arroba do boi gordo para Mato Grosso - janeiro de 2009 a dezembro de 2017



A análise gráfica é o ponto de partida para a análise de séries temporais, pois ela oferece pistas sobre como realizar os testes estatísticos para avaliar o comportamento das

² Para esse trabalho, a parcela do capital de giro foi desconsiderada. Já o fluxo dos ativos foi incorporado ao resultado operacional observado no último ano de avaliação.



séries (ENDERS, 2010; GREENE, 2012; HAMILTON, 1994). Considerando a trajetória das séries apresentadas no Graf. 1, os testes ADF e PP para avaliar a estacionaridade, ou seja, se as séries apresentam raiz unitária, foram realizados nas variáveis transformadas em logaritmo e considerando a presença de tendência determinística. Os resultados na segunda e terceira colunas da Tab. 1 indicam que, para ambos os testes, as séries transformadas em logaritmo não se mostraram estacionárias. Todas as séries apresentaram como resultado ($p\text{-value} > 0,05$) indicando que a hipótese nula de existência de raiz unitária não poderia ser rejeitada ao nível de 5% de confiança. Assim, de acordo com Enders (2010); Hamilton (1994) e Wooldridge (2015) utilizamos a técnica do operador de diferenças para tornar as séries estacionárias. Os resultados na quinta e sexta colunas da Tab.1 indicam que a transformação em primeira diferença foi suficiente para tornar as séries estacionárias. Os resultados para todas as variáveis apresentaram ($p\text{-value} < 0,01$) indicando que a hipótese nula de existência de raiz unitária poderia ser rejeitada com um elevado nível de confiança.

Tabela 1 - Teste ADF e PP para estacionaridade das series
Teste Dickey-Fuller Aumentado (ADF)

Variáveis em nível	Estatística	$p\text{-value}$	Variáveis em 1ª diferença	Estatística	$p\text{-value}$
Soja	- 3,25	0,07	Soja	- 5,41	0,00
Milho	- 2,51	0,32	Milho	- 5,38	0,00
Algodão	- 3,33	0,06	Algodão	- 5,69	0,00
Boi Gordo	- 1,94	0,64	Boi Gordo	- 5,92	0,00

Teste Phillips-Perron (PP)

Variáveis em nível	Estatística	$p\text{-value}$	Variáveis em 1ª diferença	Estatística	$p\text{-value}$
Soja	$Z(\rho)$ -16,20	0,19	Soja	$Z(\rho)$ -79,08	0,00
	$Z(\tau)$ - 2,79	0,19		$Z(\tau)$ - 7,88	0,00
Milho	$Z(\rho)$ -12,43	0,34	Milho	$Z(\rho)$ -54,17	0,00
	$Z(\tau)$ - 2,47	0,34		$Z(\tau)$ -6,22	0,00
Algodão	$Z(\rho)$ - 11,61	0,34	Algodão	$Z(\rho)$ - 65,46	0,00
	$Z(\tau)$ - 2,46	0,34		$Z(\tau)$ -6,79	0,00
Boi Gordo	$Z(\rho)$ - 7,74	0,65	Boi Gordo	$Z(\rho)$ - 84,40	0,00
	$Z(\tau)$ - 1,90	0,65		$Z(\tau)$ -8,69	0,00

Obs: Testes realizados usando tendência e *lag* (2) seguindo os critérios AIC e SBC

Tendo em vista que todas as séries de preços se mostraram estacionárias em primeira diferença, o próximo passo é avaliar se existe alguma relação de longo prazo entre as suas trajetórias, ou seja, se elas são cointegradas (ENDERS, 2010; HAMILTON, 1994). A existência de vetores de cointegração indicaria que as variáveis apresentam uma trajetória semelhante no longo prazo, o que, para o nosso caso, sugeriria que os preços dos diferentes produtos são influenciados pelos mesmos fatores. Os resultados do teste para a existência de vetores de cointegração proposto por Johansen (1988) estão apresentados na Tab. 3. Na Tab. 2 são apresentados os resultados dos critérios de AIC (*Akaike Informacion Criterion*), SBIC (*Schwarz Bayesian*) e HQIC (*Hannan- Quinn*) para a seleção do número de defasagens



(lags) a serem utilizados no teste de cointegração de Johansen³. Conforme apresentado na Tab. 2, os critérios AIC e HQIC apontam para a utilização de dois lags.

Tabela 2- Seleção de lags, utilizando os critérios de AIC, HQIC e SBIC

Lags	AIC	HQIC	SBIC
0	-0,825448	-0,784243	-0,72374
1	-10,4751	-10,2691	-9,96656*
2	-10,7544*	-10,3836*	-9,83906
3	-10,7435	-10,2078	-9,42131
4	-10,6452	-9,94469	-8,91615

*Indica a ordem do lag a ser utilizado

Tabela 3 - Resultados para o teste de cointegração de Johansen

Maximum rank	$\lambda_{\text{Traço}}$	Valor Crítico (5%)	λ_{max}	Valor Crítico (5%)
0	39,40	47,21	22,04	27,07
1	17,36	29,68	9,54	20,97
2	7,81	15,41	6,38	14,07

Os resultados, tanto para a estatística do traço ($\lambda_{\text{Traço}}$) quanto para a estatística do máximo autovalor (λ_{max}), indicaram não ser possível rejeitar a hipótese nula de que não há vetor de cointegração entre as variáveis soja, milho, algodão e arroba do boi para Mato Grosso no período avaliado com um nível de confiança de 5%. Esses resultados evidenciam que não há uma relação de equilíbrio no longo prazo entre as séries de preços, ou seja, elas tendem a se mover de forma independente e estão em acordo com a hipótese de independência entre os mercados das diferentes *commodities*, o que seria um aspecto positivo para a suposição de que a diversificação da produção contribuiria para a minimização dos riscos de mercado.

Como a hipótese de existência de ao menos um vetor de cointegração entre as variáveis foi rejeitada, apesar de todas elas serem estacionárias em primeira diferença (I(1)), foi estimado um modelo VAR irrestrito considerando todas as variáveis como endógenas e dois lags conforme os resultados dos critérios de AIC e SBC apresentados na Tab.2. Os resultados do modelo VAR irrestrito estão dispostos na Tab. 4. Os coeficientes do modelo (β_i), desde que significativos, indicam a existência de relação de causalidade de curto prazo.

Analisando os resultados de forma agregada, em nenhuma situação as variáveis independentes se mostraram estatisticamente significativas, à exceção da própria variável dependente defasada. Considerando como exemplo o preço da soja, apenas as informações defasadas da soja foram significativas e ajudam a explicar o preço corrente da soja e, ainda assim, apenas a primeira defasagem (L1). O mesmo padrão é observado para as demais variáveis. Esse resultado indica que os preços de soja, milho, algodão e arroba de boi gordo no Mato Grosso não apresentam relação de causalidade no curto prazo.

Tabela 4 - Modelo VAR: *Commodities* Mato Grosso 2009 – 2017

³ Utilizamos esses resultados para determinar o número de defasagens a serem utilizadas nos testes ADF e PP assim como para a estimação do modelo VAR apresentado na sequência.



Isoja				Imilho				lboi				lalgodao			
<i>Isoja</i>				<i>Imilho</i>				<i>lboi</i>				<i>lalgodao</i>			
	Coef	Z	P> Z		Coef.	Z	P> Z		Coef.	Z	P> Z		Coef	Z	P> Z
L1	1,12	11,52	0,00	L1	-0,46	-0,34	0,73	L1	0,00	0,01	0,98	L1	0,14	1,51	0,13
L2	-0,93	-0,62	0,53	L2	0,12	0,59	0,55	L2	0,02	0,36	0,71	L2	-0,24	-1,67	0,09
<i>Imilho</i>				<i>Imilho</i>				<i>Imilho</i>				<i>Imilho</i>			
	Coef	Z	P> Z		Coef.	Z	P> Z		Coef.	Z	P> Z		Coef	Z	P> Z
L1	0,08	1,27	0,20	L1	1,41	14,08	0,00	L1	-0,01	-0,38	0,70	L1	0,08	1,20	0,22
L2	-0,15	-1,41	0,15	L2	-0,71	-4,48	0,00	L2	0,04	0,92	0,36	L2	-0,09	-0,87	0,38
<i>lboi</i>				<i>lboi</i>				<i>lboi</i>				<i>lboi</i>			
	Coef	Z	P> Z		Coef.	Z	P> Z		Coef	Z	P> Z		Coef	Z	P> Z
L1	0,20	0,92	0,35	L1	0,27	0,86	0,39	L1	0,96	10,75	0,00	L1	-0,14	-0,66	0,50
L2	-0,32	-0,10	0,91	L2	-0,1	-0,23	0,82	L2	-0,15	-1,24	0,21	L2	-0,1	-0,33	0,73
<i>lalgodao</i>				<i>lalgodao</i>				<i>lalgodao</i>				<i>lalgodao</i>			
	Coef	Z	P> Z		Coef.	Z	P> Z		Coef	Z	P> Z		Coef	Z	P> Z
L1	0,14	-1,46	0,14	L1	-0,06	-0,46	0,64	L1	-0,34	-0,88	0,38	L1	1,14	11,86	0,00
L2	0,11	0,79	0,42	L2	0,17	0,83	0,40	L2	0,75	1,24	0,21	L2	0,03	0,26	0,79

LM teste			Teste normalidade dos resíduos			Teste de Wald		
Lag	χ^2	Prob. > χ^2	Estatística	χ^2	Prob. > χ^2	Lag	χ^2	Prob. > χ^2
1	16,17	0,44	Jarque-Bera	244,01	0,00	1	641,71	0,00
2	27,43	0,35	Skeweness	33,91	0,00	2	32,29	0,00
			Kurtosis	210,09	0,00	3	33,26	0,00

Para ratificar os resultados do modelo VAR, realizou-se o teste de causalidade de Granger (GRANGER, 1986). Os resultados estão apresentados na Tab. 5. e seguem os observados no modelo VAR. Nenhuma relação de causalidade no sentido de Granger foi encontrada. Assim, a hipótese nula de não causalidade no sentido de Granger não pode ser rejeitada. Somando esse resultado à aceitação da hipótese de ausência de cointegração, pode-se concluir que os mercados de soja, milho, algodão e arroba do boi gordo apresentam uma dinâmica própria, sendo afetados por fatores distintos e que não há uma tendência de equilíbrio para a relação dos preços dessas *commodities* no longo prazo.

Tabela 5 – Teste de Causalidade de Granger: *Commodities* Mato Grosso 2009 – 2017

Teste	Estatística χ^2	Prob. > χ^2
Preço da soja não causa preço do milho	4,26	0,23
Preço da soja não causa preço do boi	3,12	0,37
Preço da soja não causa preço do algodão	1,59	0,66
Preço do milho não causa preço da soja	5,13	0,16
Preço do milho não causa preço do boi	2,25	0,52
Preço do milho não causa preço do algodão	1,76	0,62
Preço do boi não causa preço da soja	1,41	0,70

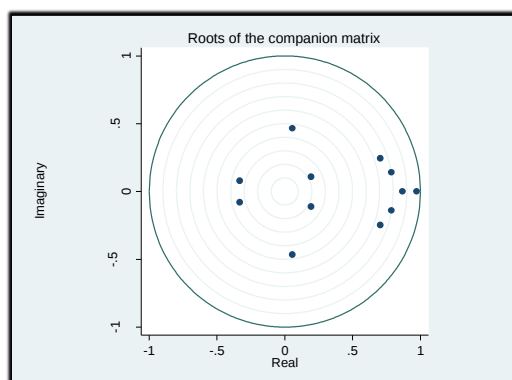


Preço do boi não causa preço do milho	5,63	0,13
Preço do boi não causa preço do algodão	2,41	0,49
Preço do algodão não causa preço da soja	1,51	0,67
Preço do algodão não causa preço do milho	1,85	0,60
Preço do algodão não causa preço do boi	7,96	0,14

Para analisar a validade do modelo VAR irrestrito estimado, realizamos o teste do Multiplicador de Lagrange (*LM test*) para avaliar a presença de autocorrelação nos resíduos do modelo. Os resultados para o *LM test* considerando as duas defasagens utilizadas para a estimação do modelo VAR irrestrito estão apresentados na Tab. 4 e indicaram que a hipótese nula de ausência de autocorrelação não pode ser rejeitada. Esse resultado indica que não há erro de especificação no modelo e, portanto, que o modelo estimado é válido. Também na Tab. 4 são apresentados os resultados para o teste de normalidade dos resíduos e o teste de Wald para a identificação do número de defasagens a ser utilizada para a estimação do modelo VAR. Os resultados para todas as estatísticas do teste de normalidade indicaram que a hipótese nula de que os resíduos apresentam distribuição normal pode ser rejeitada com um elevado nível de significância ($p\text{-value} < 0,01$). Esse resultado sugere um problema de viés nos coeficientes estimados. Contudo, considerando os objetivos da análise – avaliar se existem relações entre as séries de preço ao longo do tempo – esse resultado não se configura como um problema dado que não se tem como propósito fazer inferência tendo como base os parâmetros estimados. Ainda, de acordo com Enders (2010); Hamilton (1994) e Lütkepohl (2005) modelos VAR com baixo número de *lags* tendem a apresentar resíduos não normais, o que pode ser o presente caso dado que o modelo VAR foi estimado com apenas dois *lags*. O teste de Wald indicou que o modelo VAR poderia ser estimado com três *lags*. Contudo, considerando que os critérios de AIC, HQIC e SBC indicaram a estimação com dois *lags*, adotando o princípio da parcimônia e de acordo com Enders (2010); Hamilton (1994) e Wooldridge (2015) que um maior número de *lags* implica em um maior intervalo de confiança dos estimadores, fazendo com esses se tornem inconsistentes, optamos pelo modelo com dois *lags*.

Uma vez identificado que o modelo VAR irrestrito estimado não apresenta erro de especificação, para que as funções de impulso-resposta e para que as análises de decomposição da variância sejam válidas, o modelo VAR deve, como condição necessária e suficiente, ser estável (ENDERS, 2010; HAMILTON, 1994; LÜTKEPOHL, 2005). De acordo com Hamilton (1994) e Lütkepohl (2005) se o módulo de cada um dos autovalores da matriz de variáveis independentes (X_{t-i}) for menor do que um ($|\lambda_i| < 1 \forall i$), o modelo VAR é estável. O Graf. 2 apresenta os resultados para o teste de estabilidade. O eixo x apresenta os componentes reais dos autovalores e o eixo y seus respectivos componentes imaginários. Os resultados atenderam à condição ($|\lambda_i| < 1 \forall i$), indicando que o modelo é estável e que as funções de impulso-resposta assim como a análise de decomposição da variância baseadas nos resultados do modelo VAR irrestrito estimado são válidas, mesmo considerando a não normalidade dos resíduos do modelo (ENDERS, 2010; HAMILTON, 1994; LÜTKEPOHL, 2005).

Gráfico 2. Condição de estabilidade – representação gráfica dos autovalores do modelo VAR



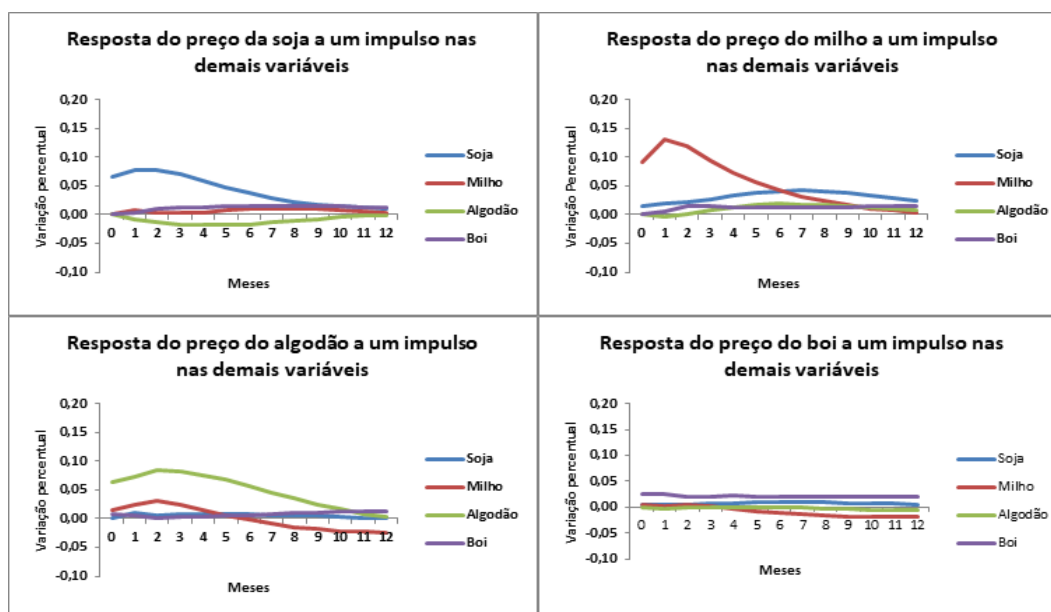
Obs: Resultado estimado usando o software StataMP 12

Para a construção das funções impulso-resposta foi atribuído um choque exógeno e ortogonal ($\text{corr}(\varepsilon_{it}, \varepsilon_{st}) = 0 \forall i \neq s$) de um desvio-padrão para cada uma das variáveis. Seguido a estrutura do modelo VAR estimado e estratégia da decomposição de Cholesky, as funções-impulso resposta apresentadas indicam o comportamento da variável resposta para uma dada variação exógena na variável impulso mantendo todas as demais condições do modelo constantes (ENDERS, 2010; HAMILTON, 1994).

Os resultados para todas as situações, mais uma vez, demonstraram a não relação entre as variáveis de preço, indicando que os mercados das *commodities* agrícolas de Mato Grosso tendem a se comportar de forma independente, o que pode ser entendido como um resultado positivo para a perspectiva de minimizar riscos de mercado através da diversificação. Em todas as situações, apenas choques nos preços da própria variável resposta apresentou um efeito significativo para explicar o comportamento da respectiva série de preço nos 12 meses seguintes ao choque.

Interessante observar que os efeitos dos respectivos choques são decrescentes, mas tendem a se manter até o final do período de 12 meses, indicando que o ajuste de preços nos mercados não se dá de forma rápida. O único mercado que apresentou uma trajetória diferente foi o do boi. Apesar da intensidade do efeito ser menor em comparação ao observado para as demais culturas, o efeito do choque no preço se mantém praticamente inalterado ao longo do período e não apresenta tendência de retorno ao nível anterior ao choque. Esse comportamento da série de preço do boi pode ser percebido no Graf. 1. A trajetória da série do boi ao longo do período é a que mais evidencia a presença de uma tendência de crescimento determinística. Ainda, esse resultado também reflete a relativa inelasticidade da pecuária em responder a desequilíbrios de oferta e demanda em relação às demais *commodities* analisadas.

Gráfico 3- Funções Impulso-Resposta: *Commodities* Mato Grosso 2009 – 2017



As tabelas de decomposição da variância, Tab. 6, apresentam a contribuição de cada uma das variáveis endógenas para explicar o erro previsto na variância associado à previsão da variável resposta em função de choques exógenos e ortogonais ($\text{corr}(\varepsilon_{it}, \varepsilon_{st}) = 0 \forall i \neq s$) nas variáveis que compõem o modelo VAR (ENDERS, 2010; GREENE, 2012a; HAMILTON, 1994). Assim como observado nos resultados do modelo VAR e nas funções-impulso-resposta, os resultados contidos na Tab. 6 indicam a não relação entre as séries de preço e, conseqüentemente, dos mercados de *commodities* agrícolas em Mato Grosso. Para todas as *commodities*, até o 8º mês, a respectiva variável foi responsável por explicar mais de 80% da variação nos seus valores de preço previstos. No caso da soja, esse valor foi de 90%.

Uma mudança foi observada no último quadrimestre para série de preços da arroba do boi gordo. A participação do preço do milho dobra entre o 8º e o 12º mês, isso depois de ter quintuplicado entre o 4º e o 8º mês. Embora não tenha aparecido nenhuma relação consistente entre as séries de preços de arroba de boi gordo e milho nas demais análises, o resultado apresentado pela decomposição de variância pode ser decorrente da prática de utilização do milho na alimentação animal. Contudo, como para a grande maioria dos pecuaristas a base da alimentação animal é o pasto, a associação entre milho e boi indicada após o 6º mês pode ser entendida mais como um resultado não esperado do que como uma relação sistemática. O fato dessa relação aparecer somente após o 6º mês reforça essa perspectiva.

Tabela 6- Análise de Decomposição da Variância: *Commodities* Mato Grosso 2009 – 2017

	Decomposição variância soja				Decomposição variância milho			
Período	Soja	Milho	Algodão	Boi	Soja	Milho	Algodão	Boi
1	1,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,97	0,00	0,00
4	0,96	0,00	0,03	0,01	0,04	0,95	0,00	0,01
8	0,90	0,01	0,05	0,03	0,11	0,86	0,02	0,02
12	0,87	0,02	0,05	0,06	0,17	0,79	0,03	0,02
	Decomposição variância boi				Decomposição variância algodão			
Período	Soja	Milho	Algodão	Boi	Soja	Milho	Algodão	Boi



1	0,02	0,03	0,00	0,95	0,00	0,05	0,94	0,01
4	0,04	0,02	0,00	0,93	0,01	0,09	0,90	0,00
8	0,09	0,10	0,00	0,81	0,01	0,07	0,92	0,01
12	0,09	0,22	0,01	0,68	0,01	0,09	0,88	0,02

4.2- Análise de viabilidade econômica e de sensibilidade

A Tab. 7 apresenta os resultados dos indicadores de viabilidade para os três sistemas, considerando o período de 7 anos: 2010 a 2017. Ainda que os três sistemas tenham se mostrado viáveis, pois apresentaram VPLA maior que zero e Índice de Lucratividade maior que um, percebe-se que a iLPF proporcionou um lucro de R\$ 300,54/ha⁻¹/ano um valor bem maior que o observado pela fazenda representativa de lavoura R\$ 18,06/ ha⁻¹/ano e, principalmente, muito maior que a fazenda representativa de pecuária R\$ 2,13/ ha⁻¹/ano, considerando para o mesmo período e mesma taxa mínima de atratividade (8%)⁴. Para cada um real investido a integração gerou R\$ 0,52, enquanto as fazendas de lavoura e pecuária geraram R\$0,04 e R\$0,02, respectivamente. Essa diferença de lucratividade é explicada pela diversificação de produtos na iLPF. De 2010 a 2012 esse sistema teve como renda apenas a venda da soja. Em 2013 a receita foi composta pela venda da soja e da pecuária, que permaneceu na propriedade até 2017, quando as árvores foram cortadas e vendidas para lenha. O *payback*, que indica o tempo que o sistema precisou para recuperar o investimento realizado no ano de implantação corrobora os resultados do VPLA e do IL, de que o sistema iLPF não só se mostra mais rentável, como também possui uma capacidade maior de recuperar o investimento realizado.

Tabela 7 – Indicadores de Viabilidade – Sistemas iLPF, L e P.

Indicadores	iLPF	Lavoura - Soja e milho	Pecuária - cria
VPLA (R\$/ha)	R\$ 300,54	R\$ 18,06	R\$ 2,13
Índice de lucratividade	1,52	1,04	1,02
<i>Payback</i> (anos)	6	7	7

A análise de séries temporais indicou que o mercado de *commodities* em Mato Grosso para o período analisado se comportou de forma independente. Assim, a não associação das trajetórias dos preços poderia proporcionar aos produtores situações positivas em um dado mercado em um momento que outro estivesse ruim. A flutuação dos retornos das *commodities* é um dos principais fatores que determinam a flutuação das receitas dos produtores, o que tende a comprometer o planejamento de longo prazo para esses agentes.

Dado que o sistema iLPF apresentou resultados econômicos melhores do que os sistemas exclusivos de lavoura e de pecuária conforme apresentado anteriormente, a questão em relação aos potenciais benefícios da diversificação remete à avaliação dos resultados econômicos em situações nas quais os preços dos produtos finais sofrem alterações (LAZZAROTTO et al., 2010). Na Tab. 8 são apresentados os resultados para o índice de lucratividade (IL)⁵ de variações percentuais: ($\pm 15\%$, $\pm 10\%$, $\pm 5\%$ e $\pm 1\%$) aplicadas aos preços dos produtos finais dos sistemas. Para a lavoura, mesmo a fazenda representativa produzindo soja e milho, apenas variações no preço da soja foram consideradas dado que o

⁴ Valor calculado segundo poderação de capital e juros levantados nos painéis de custos de produção.

⁵ Os resultados para o VPL estão no anexo.



sistema iLPF possui apenas a soja como componente da agricultura. Para a pecuária, as variações consideraram os produtos principais de cada sistema: boi magro para a pecuária da iLPF e bezerro para a pecuária da fazenda representativa de pecuária.⁶ O preço de venda da lenha na iLPF permaneceu constante em ambos os cenários, tendo em vista que o mercado de floresta plantada ainda está se estabelecendo no estado de Mato Grosso, carecendo de informações consolidadas para o preço de venda.

Tabela 8 – Variações percentuais no preço dos produtos finais: iLPF, L e P e Índice de Lucratividade (IL)

Δ% preço Lavoura						Δ% preço Pecuária			
Δ%	iLPF	Lav.	Δ% iLPF	Δ% Lav.	Δ%	iLPF	Pec.	Δ% iLPF	Δ% Pec.
-15%	1,09	0,55	-28%	-47%	-15%	1,43	0,88	-6%	-14%
-10%	1,24	0,72	-18%	-31%	-10%	1,46	0,93	-4%	-9%
-5%	1,38	0,88	-9%	-15%	-5%	1,49	0,98	-2%	-4%
-1%	1,49	1,00	-2%	-4%	-1%	1,51	1,01	-1%	-1%
0%	1,52	1,04	-	-	0%	1,52	1,02	-	-
1%	1,55	1,07	2%	3%	1%	1,53	1,03	1%	1%
5%	1,66	1,20	9%	15%	5%	1,55	1,07	2%	5%
10%	1,80	1,35	19%	30%	10%	1,58	1,13	4%	11%
15%	1,95	1,50	28%	44%	15%	1,61	1,19	6%	17%

Os resultados demonstram que o sistema iLPF é menos sensível a variações nos preços tanto em comparação ao sistema de soja e milho quanto em comparação ao sistema de pecuária exclusiva. Tanto para variações positivas quanto negativas, para todos os valores considerados, os resultados finais de lucratividade para o sistema iLPF foram maiores que dos sistemas exclusivos. Outro aspecto interessante é o efeito final das variações dos componentes. Os efeitos finais para variações nos preços da soja são muito maiores do que nos preços da pecuária. A redução de 1% no preço da soja causa uma diminuição de 4% na lucratividade no sistema de lavoura exclusiva, enquanto que na iLPF essa redução na lucratividade é de 2%. Uma variação negativa de 10% nos preços da soja representou a uma diminuição de 18% no IL na iLPF e 31% na lavoura. Considerando os mesmos valores de variação para a pecuária, a redução em 1% o preço do produto pecuário final ocasionou a diminuição de 1% na lucratividade em ambos os sistemas, enquanto que reduções de 10% levaram à reduções de 4% na iLPF e 9% na pecuária exclusiva.

A maior sensibilidade para os resultados de variações nos preços da lavoura em relação à pecuária reflete o efeito escala de produção e também os efeitos da tecnologia e dos custos de produção envolvidos em cada um dos sistemas. A fazenda de lavoura representativa apresenta um nível de adoção de tecnologia muito maior do que as práticas produtivas que configuram o aporte tecnológico utilizado no sistema de produção da fazenda representativa de pecuária. E, mesmo considerando que a fazenda com iLPF apresenta, em grande medida, uma mistura de ambos os sistemas e, consequentemente, de práticas, tecnologias e custos, os

⁶ Considerou-se que o produto de pecuária vendido na iLPF foi o boi magro, pois apenas a recria dos animais era realizada na integração. Apesar do produto final da fazenda representativa de pecuária ser o bezerro, entende-se que ambos os mercados sofrem oscilações semelhantes, ainda que em períodos distintos. A suposição é que essas diferenças sejam refletidas nos preços de mercado considerados.



resultados apresentados pelo sistema iLPF, seguindo o observado por (LAZZAROTTO et al., 2010; MUNIZ et al., 2007; OLIVEIRA et al., 2013) se mostram superiores em todas as situações.

Resgatando as perguntas do trabalho, nossas análises mostraram que choques nos preços das *commodities*: soja, milho, algodão e boi gordo em Mato Grosso tendem a não serem transmitidos entre os respectivos mercados. Sendo assim, como evidenciado pela análise de sensibilidade, a estratégia de diversificação da produção, como a adoção de sistemas iLPF se mostra como uma alternativa para os produtores minimizarem os riscos de mercado, permitindo uma maior estabilidade no fluxos de retornos esperados e, como consequência, maior capacidade de planejamento de longo prazo e maiores possibilidades de permanência no mercado.

5- Considerações Finais

O elevado grau de competitividade e a oscilação dos preços no mercado internacional de *commodities* são características intrínsecas desse setor e são fatores que os produtores não controlam. Maximizar o retorno e minimizar os riscos é o desafio enfrentado pelos produtores agropecuários. Esse desafio é potencializado no atual contexto de crescente preocupação com os impactos ambientais das atividades produtivas agropecuárias.

O presente trabalho demonstrou que os sistemas iLPF podem ser considerados estratégias viáveis e competitivas para minimizar os riscos de mercado, proporcionando melhores condições para os produtores se planejarem no longo prazo. A relativa independência dos mercados de *commodities* e, como consequência, a não correlação entre os respectivos preços de mercado oferece possibilidades para minimizar os riscos de mercado via diversificação da produção, seguindo as ideias originais de Markowitz (1952). Os resultados para o IL e VPL demonstraram como os efeitos de variações negativas nos preços afetam sobremaneira os sistemas de produção exclusivos, especialmente os sistemas de lavoura. Por outro lado, o sistema iLPF se mostrou mais estável. Os impactos nos seus indicadores foram menores, indicando sua capacidade de minimizar alterações nos retornos esperados, aspecto fundamental para produtores avessos ao risco e atuantes em mercados altamente competitivos.

Embora relevantes, esses resultados apenas indicam um longo caminho a ser percorrido. Mais estudos de caso, em diferentes contextos regionais e com diferentes relações entre os preços dos produtos precisam ser considerados. Os compromissos assumidos pelos Brasil em âmbito internacional de ampliar as áreas de sistemas iLPF – até 2020 aumentar em 4 milhões de hectares (Plano ABC) e mais 5 milhões até 2030 (iNDC) -, definido como uma das metas centrais para as reduções de emissão de GEES pela agricultura, passa pela ampla disponibilização dos resultados econômicos esperados para sistemas iLPF, assim como pela demonstração dos potenciais benefícios que esses sistemas podem proporcionar, como a minimização dos riscos de mercado via diversificação.

Referências Bibliográficas

- ABITANTE, K. G. Co-integração entre os mercados spot e futuro: evidências dos mercados de boi gordo e soja. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 46, n. 1, p. 75–96, 2008.
- AKRAM, Q. F. Commodity prices, interest rates and the dollar. **Energy Economics**, v. 31, n. 6, p. 838–851, nov. 2009.
- BALBINO, L. C.; BARCELLOS, A. O.; STONES, L. F. ET AL. Marco referencial: integração lavoura- pecuária-floresta. p. 130, 2011.
- BOECHAT, A. M. DA F. Análise Do Comportamento Dos Preços Do Boi Gordo E Do Boi Magro.



Revista de Economia e Agronegócio, v. 11, n. 3, p. 419–438, 2012.

COSTA, F. P. et al. Avaliação econômica de sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta voltados para a recuperação de áreas degradadas em Mato Grosso do Sul. **VII Congresso Latinoamericano de Sistemas Agroflorestais para a Produção Pecuária Sustentável**, n. October 2015, p. 523–527, 2012.

ENDERS, W. **Applied Econometric Times Series**. New York - USA: John Wiley & Sons Inc, 2010.

GASQUES, J. G.; VIEIRA FILHO, J. E. R.; NAVARRO, Z. ET AL. **A agricultura: Desempenho, desafios e perspectivas**. Brasília - DF, Brasil: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada - IPEA, 2010.

GITMAN, L. J. **Princípios de Administração Financeira**. v. Ed. 12, 2010.

GOODWIN, B. K. Instability and Risk in U . S . Agriculture. **Journal of Agribusiness**, v. 18, n. March, p. 71–89, 2000.

GOVERNO BRASILEIRO. **Agronegócio bate recorde em 2017 e impulsiona crescimento**.

GRANGER, C. W. J. DEVELOPMENTS IN THE STUDY OF COINTEGRATED ECONOMIC VARIABLES. **Oxford Bulletin of Economics and Statistics**, v. 48, n. 3, p. 213–228, 1986.

GREENE, W. H. **Econometric analysis**. 5ª ed. New Jersey - USA: Pearson Education, 2012a.

GREENE, W. W. H. . **Econometric analysis**. [s.l.: s.n.]. v. 97

GUJARATI, D. N.; PORTER, D. C. **Econometria Básica**. 5ª ed. São Paulo - SP, Brasil: Amgh Editora, 2011.

HAMILTON, J. D. **Time Series Analysis**. [s.l.: s.n.].

IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. Sistema IBGE de Recuperação Automática - SIDRA**. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/home/pnadcm>>. Acesso em: 20 set. 2017.

IMEA. **Instituto Matogrossense de economia agropecuária**. Disponível em:

<<http://www.imea.com.br/imea-site/>>.

IZERROUGENE, B. Dólar , petróleo e novas práticas de comércio internacional. **Economía, Sociedad y Territorio**, v. 11, n. 37, p. 707–728, 2011.

JOHANSEN, S. Statistical analysis of cointegration vectors. **Journal of Economic Dynamics and Control**, v. 12, n. 2–3, p. 231–254, 1988.

KILIAN, L.; PARK, C. The impact of oil price shocks on the U.S. stock market. **International Economic Review**, v. 50, n. 4, p. 1267–1287, 2009.

KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F.; AIDAR, H. Integração Lavoura-Pecuária. **Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão**, 2003.

LAPPONI, J. Projetos de Investimento na Empresa. **Elsevier Brasil**, 2013.

LAPPONI, J. C. Projetos de Investimento na Empresa. **Elsevier Brasil**, 2007.

LAZZAROTTO, J. J. et al. Financial viability and risks of integrated crop-livestock systems in the state of Paraná. **Organizações Rurais & Agroindustriais**, v. 12, n. 1, p. 113–130, 2010.

LEMAIRE, G. et al. Integrated crop-livestock systems: Strategies to achieve synergy between agricultural production and environmental quality. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 190, p. 4–8, 2014.

LÜTKEPOHL, H. **New Introduction to Multiple Time Series Analysis**. [s.l.: s.n.].

MACEDO, M. C. M. Integração lavoura e pecuária: O estado da arte e inovações tecnológicas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. SUPPL. 1, p. 133–146, 2009.

MARKOWITZ, H. M. Portfolio selection. **The Journal of Finance**, v. 7, n. 60, p. 77–91, 1952.

MENDONÇA, H. F. DE. Metas para inflação e taxa de juros no Brasil: uma análise do efeito dos preços livres e administrados. **Revista de Economia Política**, v. 27, n. 3, p. 431–451, 2007.

MIRANDA, M. J.; GLAUBER, J. W. Systemic Risk, Reinsurance, and the Failure of Crop Insurance Markets. **American Journal of Agricultural Economics**, v. 79, n. 1, p. 206–215, 1997.

MUNIZ, L. et al. Análise de risco da integração lavoura e pecuária com a utilização de System Dynamics. **Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural**, n. 1, 2007.

NAÇÕES UNIDAS. **Comisión Económica para América Latina (CEPAL). Volatilidad de precios em los mercados agrícolas (2000-2010): implicaciones para América Latina y opciones de**



políticas. Boletín2011. Santiago, Chile: [s.n.].

NAIR, P. K. R. State-of-the-art of agroforestry systems. **Forest Ecology and Management**, v. 45, n. 1–4, p. 5–29, 30 nov. 1991.

NAZLIOGLU, S.; ERDEM, C.; SOYTAS, U. Volatility spillover between oil and agricultural commodity markets. **Energy Economics**, v. 36, p. 658–665, 2013.

OLIVEIRA, P. DE et al. Evolução de Sistemas de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (iLPF): estudo de caso da Fazenda Santa Brígida, Ipameri, GO. p. 1–51, 2013.

PINDYCK, R.; RUBINFELD, D. **Microeconomia**. São Paulo - SP, Brasil: Pearson Education, 2015.

REIS, J. et al. Integração Lavoura-Pecuária-Floresta no Brasil: uma estratégia de agricultura sustentável baseada nos conceitos da Green Economy Initiative. **Sustentabilidade em Debate**, v. 7, n. 1, p. 58–73, 2016.

REZITINIS, A. The relationship between agricultural commodity prices, crude oil prices and US dollar exchange rates: a panel VAR approach and causality analysis. **International Review of Applied Economics**, v. 29, n. 3, p. 851–868, 2015.

SALTON, J. C. et al. Integrated crop-livestock system in tropical Brazil: Toward a sustainable production system. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 190, p. 70–79, 2014.

SIMS, C. A. Macroeconomics and Reality. **Econometrica**, v. 48, n. 1, p. 1–48, 1980.

TRUJILLO-BARRERA, A.; MALLORY, M.; GARCIA, P. Volatility spillovers in U.S. crude oil, ethanol, and corn futures markets. **Journal of Agricultural and Resource Economics**, v. 37, n. 2, p. 247–262, 2012.

UNITED NATIONS CONFERENCE ON TRADE AND DEVELOPMENT. **Recent developments in key commodity markets : trends and challenges**. Geneva: [s.n.].

VARIAN, H. R. **Microeconomia - Uma abordagem moderna**. 9ª Edição ed. Rio de Janeiro - RJ; Brasil: Elsevier, 2015.

VIEIRA, W.; SANTOS, L.; COSTA, V. Co-Integração Entre Os Preços Da Soja Cotados Nos Mercados Brasileiro E Norte-Americano : Uma Análise Empírica. **Caderno de Pesquisas em Administração**, v. 10, p. 69–78, 2003.

VILELA, L. et al. Sistemas de integração lavoura - pecuária na região do Cerrado. n. 1, p. 1127–1138, 2011.

WOOLDRIDGE, J. M. **Introductory Econometrics: A Modern Approach**. 6ª ed. Boston - USA: Cengage Learning, 2015.

YANG, J.; BESSLER, D. A.; LEATHAM, D. J. Asset storability and price discovery in commodity futures markets: A new look. **The Journal of Futures Markets**, v. 21, n. 3, p. 279–300, 2001.

ANEXO 1

Variações percentuais no preço dos produtos finais: iLPF, L e P e Valor Presente Líquido por hectare/ano (VPLa/ha⁻¹)

Δ% preço Lavoura						Δ% preço Pecuária*			
Δ%	ILPF	Lav.	Δ% ILP	Δ% Lav.	Δ%	ILPF	Pec.- cria	Δ% ILP	Δ% Pec
-15%	54,77	-225,19	-82%	-1147%	-15%	247,93	-10,83	-18%	-408%
-10%	136,61	-141,79	-55%	-685%	-10%	265,38	-6,00	-12%	-182%
-5%	218,45	-61,80	-27%	-242%	-5%	282,83	-1,47	-6%	-31%
-1%	283,92	2,09	-6%	-88%	-1%	296,79	1,31	-1%	-38%
0%	300,54	18,06	-	-	0%	300,54	2,13	-	-
1%	316,66	34,03	5%	88%	1%	303,77	2,55	1%	20%
5%	382,13	97,92	27%	442%	5%	317,73	6,72	6%	215%
10%	463,97	175,18	54%	870%	10%	335,18	11,87	12%	457%
15%	545,81	251,66	82%	1293%	15%	352,63	17,52	17%	723%

* Para a iLPF: preço do boi magro e para a Fazenda de Pecuária representativa: preço bezerro