



EFEITO DOS FATORES CLIMÁTICOS NO COMPORTAMENTO DOS CUSTOS DE PRODUÇÃO DA SOJA: um estudo nas principais cidades produtoras brasileiras no período de 2005 a 2015

Karine Gonzaga de Oliveira
Mestre em Controladoria
E-mail: karinegonzaga@ymail.com

Marcelo Tavares
Doutor em agronomia
E-mail: mtavares@ufu.br

RESUMO

Assim como outros produtos agrícolas, a soja é afetada diretamente pelas condições do ambiente, tornando-se dependente dos fatores climáticos como temperatura, fotoperíodo e disponibilidade hídrica. Com isso, o objetivo do estudo foi investigar o comportamento dos custos nos estágios de produção da soja em relação aos fatores climáticos nas principais cidades produtoras do Brasil no período de 2005 a 2015, por meio de uma regressão linear múltipla. Os fatores climáticos analisados foram: insolação, nebulosidade média, dias de precipitação, precipitação total, temperatura média, máxima e mínima. Os principais resultados indicaram que, no período vegetativo, o aumento da insolação e a redução da nebulosidade diária reduziram os custos de produção com mão de obra temporária, sementes, fertilizantes, agrotóxicos e depreciações e o aumento do número de dias de precipitação e da precipitação total no período vegetativo aumentaram os custos de produção com operação com máquinas, manutenção periódica de máquinas, sementes, fertilizantes, agrotóxicos e mão de obra permanente. Já no período reprodutivo, o aumento da disponibilidade hídrica diminuiu os custos de operação com máquinas e mão de obra temporária e o aumento das temperaturas média e máxima aumentaram os custos com agrotóxicos, talvez por conta da proliferação de parasitas.

Palavras-chave: Produção agrícola. Soja. Custo de produção. Fatores climáticos.

1 INTRODUÇÃO

A agricultura contribui para o crescimento econômico de vários países, dentre eles o Brasil, além de ser um tema relevante dentro das teorias econômicas e sociais (CONTE; FERREIRA FILHO, 2007). A partir dessa importância, tem-se o agronegócio ou *agribusiness*, que compõe os negócios relacionados à agropecuária dentro do ponto de vista econômico (BATALHA, 2007).

No agronegócio, o setor primário tem destaque no desenvolvimento econômico, principalmente quanto às exportações, de acordo com Beline et al.



(2009). Um produto agrícola que tem sua importância no agronegócio é a soja que, segundo estudo de Dall'Agnol et al. (2007), teve um crescimento de 763% na produção mundial no período de 1970 a 2007, enquanto que outras culturas como trigo, arroz, milho, feijão, cevada e girassol cresceram no máximo um terço desse percentual. Percebe-se, assim, a evolução relevante dessa cultura.

De acordo com Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), a soja é o produto com maior destaque na economia do Brasil e corresponde à 49% da área plantada em grãos no país. Além disso, a soja brasileira é a cultura que mais cresceu nos últimos 30 anos e alcançou um "padrão ambientalmente responsável" por utilizar práticas de agricultura sustentável (BRASIL, 2015b). Os líderes mundiais em produção de soja, além do Brasil, são os Estados Unidos, a Argentina, a China, e a Índia, que representam 90% da produção mundial da soja, e desse percentual, o Brasil tem a cota de 30% (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA, 2015b).

O agronegócio brasileiro apresentou, na última década, um superávit de 466,77 bilhões de dólares e, um dos fatores principais para esse crescimento foi o complexo da soja. Dados da EMBRAPA (2015b) indicam que, somente em 2012 a cultura da soja e seus derivados representaram cerca de 27,3% do total das exportações agrícolas brasileiras. Isso evidencia o destaque dessa cultura para a economia do país.

Dada essa relevância da cultura da soja e do agronegócio, o gerenciamento dos fatores de produção tornam-se uma ferramenta necessária para o produtor rural, que também é um gestor, para conhecer o comportamento dos preços passados, presentes e futuros percebidos e de todos os custos envolvendo a produção (RICHETTI, 2014). Nesse sentido, a contabilidade auxilia esse produtor, configurando-se como ferramenta de gestão do seu negócio, sobretudo no que compete à custos e sua composição.

O gestor rural desempenha um papel relevante no agronegócio, pois o seu conhecimento técnico no plantio e venda da produção, e a sensibilidade e competência na realização de transações determinam seu sucesso. Segundo Beline et al. (2009, p. 77), "no mundo dos negócios, as mudanças ocorrem desenfreadamente, gerando incertezas devido ao comportamento das variáveis econômicas e da concorrência cada vez mais acirrada". Assim, o gestor rural está vulnerável a riscos envolvendo sua produção e um dos grandes fatores que impactam diretamente a produção, e conseqüentemente os custos dela, são os elementos climáticos (SEIPT et al., 2013).

Estudos sobre o clima são necessários para a criação de um quadro conceitual que indique os impactos das mudanças climáticas sobre os produtores rurais (MORTON, 2007). Isso se dá porque, de acordo com Chen e Chen (2013), um dos fatores mais críticos e determinantes para a distribuição e disponibilidade de recursos orgânicos no mundo é o clima. De acordo com os autores, a energia elétrica e a água são necessárias na agricultura, pois impactam diretamente na produção, criando uma dependência. Cada indicador referente à temperatura, precipitação, umidade, vento, radiação, etc. são relevantes para o desenvolvimento de todas as culturas, inclusive da soja.

Complementando, Berlato, Fontana e Gonçalves (1992) indicam que, na cultura da soja, as variáveis que estão mais diretamente relacionadas com desenvolvimento e rendimento da planta são a temperatura, o fotoperíodo e a disponibilidade hídrica. Isso deixa o resultado da produção da soja, ou seja, o rendimento dos grãos, muito sensível aos fatores climáticos.

Contudo, as mudanças climáticas são indicadas como "um dos maiores desafios ambientais do século XXI", de acordo com Cunha et al. (2013, p. 370). Ademais, Vermeulen et al. (2012) preveem o aumento populacional nos próximos anos e, conseqüentemente, o aumento da demanda por alimento, o que fará a produção agrícola aumentar. Apesar disso, os autores ainda indicam que as mudanças climáticas vão desestabilizar os sistemas agrícolas atuais, forçando os produtores a se adaptar.

Com isso, segundo Kolk e Pinkse (2004), essas mudanças climáticas também impactam diretamente a estratégia das empresas. De acordo com Tachie-Obeng, Akponikpè e Adiku (2013), a adaptação é um ponto crucial para lidar com os impactos climáticos. O que acontece no agronegócio não é diferente, pois o produtor rural com o conhecimento sobre o impacto das variações do clima em sua cultura, pode estar preparado para tomar decisões que minimizem os impactos deste.

Assim, buscou-se analisar o seguinte problema de pesquisa: quais os efeitos dos fatores climáticos no comportamento dos custos relacionados com os estágios da produção da soja nas principais regiões produtoras do Brasil? A partir disso, objetivo principal do trabalho foi investigar o comportamento dos custos nos estágios de produção da soja em relação aos fatores climáticos nas principais cidades produtoras do Brasil no período de 2005 a 2015.

Coral et al. (2005, p. 1) afirmam que o estudo das relações entre o clima e a produção agrícola, ou seja, o estudo agrometeorológico, "é um dos principais campos da climatologia e tem por finalidade explicar as influências dos efeitos climáticos em nosso meio, fornecendo subsídios ao planejamento rural". Assim, percebe-se a relevância de estudos nessa área, diante da importância da agricultura no meio econômico, ambiental e social.

Os produtores rurais, com uma administração eficiente, estão mais propensos ao sucesso em seu negócio, pois é necessário o uso de ferramentas de controle e gestão para indicar informações úteis que os auxiliarão na análise evolutiva da atividade, no conhecimento técnico e operacional, na maximização da produtividade e da rentabilidade e na prevenção de fatores que ocasionam riscos para o agronegócio (ANDRADE et al., 2012).

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 O agronegócio e o controle de custos como ferramenta de gestão

O agronegócio é o setor que mais cresce (HOFER et al., 2006), devido ao poder do mercado agrícola na economia. Beline et al. (2009, p. 77) indicam que o setor primário "possui lugar de destaque no desenvolvimento econômico brasileiro, tendo na agricultura, os principais produtos de exportação".

O mercado agrícola é movido pelo preço das commodities. Segundo Adämmer e Bohl (2015), as commodities agrícolas atingiram níveis altos em meados do ano de 2008, mas a crise financeira que se instalou logo a seguir fez com que o preço delas caísse, porém recuperou-se em 2011 quando conseguiu novamente um pouco de estabilidade. Este é um exemplo da propensão desse setor a oscilações constantes. Ainda segundo os autores, esta instabilidade pode provocar grandes impactos sobre um país, pois os aumentos nos preços agrícolas afetam a inflação, a distribuição de renda e, conseqüentemente, a pobreza.

Binotto, Siqueira e Nakayama (2009) acreditam na necessidade de buscar novas oportunidades de negócios ante as mudanças no panorama econômico mundial, pois elas provocam transformações a nível local, regional, nacional e acaba impactando no mercado internacional. Em um mercado competitivo como é o agronegócio, os diferenciais devem ser buscados para a sobrevivência do produtor rural. De acordo com Kruger, Mazzioni e Boettcher (2009), o produtor diferenciado é aquele que tem o controle da sua atividade em um ponto onde ele consiga reduzir os custos operacionais e ao mesmo tempo garanta sua lucratividade e capacidade de investimento.

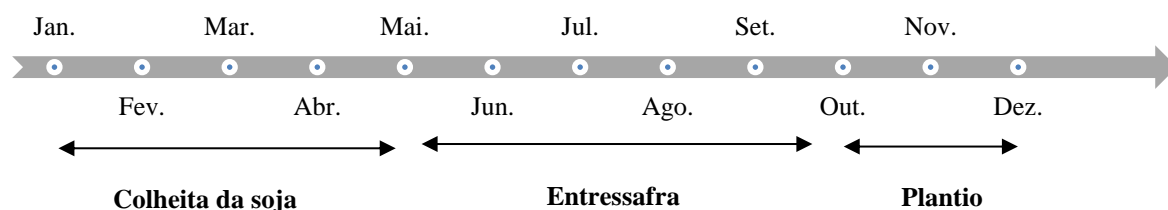
Beline et al. (2009) indicam que, assim como todas as empresas integrantes da economia, as empresas de atividades rurais também necessitam de um sistema de controle de custos. Por meio desse controle, o gestor rural terá conhecimento de sua atividade e poderá alcançar a otimização de sua produção, assim, ele estará apto a tomar decisões tempestivas com base em dados sólidos, o que aumenta as chances das decisões serem acertadas.

A contabilidade dará o apoio necessário para que o produtor rural consiga o controle dos custos de sua atividade, obtendo assim o máximo de "benefícios das informações geradas para a tomada de decisões e a gestão sobre as receitas, os custos e as despesas de cada atividade desenvolvida ou de cada unidade produtiva" (KRUGER, MAZZIONI E BOETTCHER, 2009, p. 2). Com isso, o produtor rural pode ter em suas mãos uma ferramenta de gestão eficiente. De acordo com Santos (1996, p. 43, apud Beline et al. 2009), "a agricultura será tão mais próspera quanto maior for o domínio que o homem venha a ter sobre o processo de produção, que se obterá na medida do conhecimento acerca das técnicas de execução e gerência".

2.2 Fases e aspectos técnicos da soja

A soja é cultivada no Brasil por meio do plantio direto para reduzir a perda de matéria orgânica que ocorre por causa das altas temperaturas e pluviosidade (FLASKERUD, 2003). Normalmente, o plantio ocorre de outubro a dezembro e a colheita de janeiro a abril, conforme figura a seguir.

Figura 1 - Período de safra da soja no Brasil



Fonte: adaptado de CEGN (2015).

O esquema apresentado na Figura 1 representa o período de safra que normalmente ocorre nas plantações, mas pode haver variações. É relevante ressaltar que no período de maio a setembro é obrigatório a ocorrência de um vazio sanitário nos estados do Mato Grosso (MT), Mato Grosso do Sul (MS), Goiás (GO), São Paulo (SP), Minas Gerais (MG), e Maranhão (MA), a fim de evitar a ferrugem asiática.

Da safra desse produto pode derivar vários compostos, que são os estágios do complexo da soja como o grão, o farelo, o óleo, molhos, entre outros, de acordo com Caldarelli, Câmara e Sereia (2009). Os autores ainda indicam que o grão, o farelo e o óleo são os insumos mais relevantes na produção e exportação mundial. Por essa variedade de compostos, a cultura da soja tem características especiais.

Sua estrutura é formada pelo conjunto de raízes e da parte aérea (caule, ramos e folhas). De acordo com Mundstock e Thomas (2005), a adaptação para a produção da soja irá depender do local de cultivo, principalmente por conta da luminosidade (fotoperíodo) e da temperatura a que está exposta, que são os fatores que regulam a época da floração. A estrutura e o desenvolvimento da cultura da soja podem ser divididos em dois períodos: o período vegetativo e o período reprodutivo. O balanço entre crescimento vegetativo e reprodutivo é um dos principais fatores para a maximização da produção (MUNDSTOCK; THOMAS, 2005).

A seguir é apresentado o Quadro 1 que expõe, resumidamente, a descrição dos estágios que compreendem os períodos de desenvolvimento da cultura da soja.

Quadro 1 - Estágio de desenvolvimento da soja

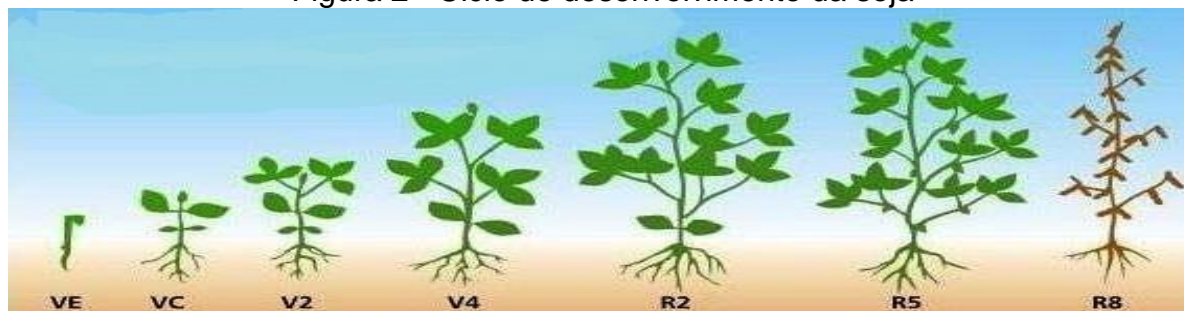
Período	Estágio	Descrição	Tempo
Vegetativo	VE	Cotilédones acima da superfície do solo	1º ao 7º dia
	VC	Cotilédones completamente abertos	8º ao 14º dia
	V1	Folhas unifolioladas completamente desenvolvidas	15º ao 21º dia
	V2	Primeira folha trifoliolada completamente desenvolvida	22º ao 28º dia
	V3	Segunda folha trifoliolada completamente desenvolvida	29º ao 35º dia
	Vn	Ante-enésima folha trifoliolada completamente desenvolvida	36º ao 49º dia
Reprodutivo	R1	Início do florescimento - Uma flor aberta em qualquer nó do caule	50º ao 58º dia
	R2	Florescimento pleno - Uma flor aberta num dos 2 últimos nós do caule com folha completamente desenvolvida	59º ao 65º dia
	R3	Início da formação da vagem - Vagem com 5 mm de comprimento num dos 4 últimos nós do caule com folha completamente desenvolvida	66º ao 75º dia

R4	Vagem completamente desenvolvida - Vagem com 2 cm de comprimento num dos 4 últimos nós do caule com folha completamente desenvolvida	76° ao 87° dia
R5	Início do enchimento do grão - Grão com 3 mm de comprimento em vagem num dos 4 últimos nós do caule, com folha completamente desenvolvida	88° ao 100° dia
Subvenções do estágio R5	R5.1 - grãos perceptíveis ao tato (o equivalente a 10% da granação)/ R5.2 – 11% a 25% da granação/ R5.3 – 26% a 50% da granação/ R5.4 – 51% a 75% da granação/ R5.5 – 76% a 100% da granação.	
R6	Grão cheio ou completo - vagem contendo grãos verdes preenchendo as cavidades da vagem de um dos 4 últimos nós do caule, com folha completamente desenvolvida	
R7	Início da maturação - Uma vagem normal no caule com coloração de madura	101° ao 111° dia
R8	Maturação plena - 95% das vagens com coloração de madura	112° ao 118° dia
		119° ao 125° dia

Fonte: adaptado de EMBRAPA (2013).

O Quadro 1 apresenta os estágios de desenvolvimento da soja em seus períodos vegetativos e reprodutivos. O Quadro 1 também apresenta o tempo que cada estágio leva para seu desenvolvimento, indicado em dias. Para o cálculo do tempo é necessário apontar a época da semeadura, que no Centro-Oeste acontece normalmente no período de 20 de outubro a 10 de dezembro, no Norte e Nordeste no período de 1º de novembro a 15 de dezembro e no Centro-Sul de 15 de outubro a 15 de novembro. As informações do Quadro 1 podem ser ilustradas de acordo com a Figura 2 a seguir.

Figura 2 - Ciclo de desenvolvimento da soja



Fonte: adaptado de Wright e Lenssen (2013).

Como observado no Quadro 1 e na Figura 2, o período vegetativo (VE até Vn) compreende aquele em que a planta cresce e se estrutura. É uma etapa relevante, pois o desenvolvimento nessa fase determinará o rendimento dos grãos. Já o período reprodutivo (R1 até R8) é aquele que abrange o florescimento, desenvolvimento dos legumes (vagem) e enchimento de grãos e maturação, ou seja, da floração até fim do ciclo da cultura.

O desenvolvimento da soja necessita de algumas exigências climáticas. Tem-se que 90% da planta é constituída por água, e esse elemento atua em todos os processos fisiológicos e bioquímicos, além de ter a função de distribuir calor. Além disso, a semente da soja necessita absorver pelo menos 50% do seu peso em água

para conseguir iniciar a germinação (EMBRAPA, 2013). Assim, percebe-se a importância da disponibilidade hídrica da planta.

Além destes fatores, tem-se na etapa vegetativa: o acamamento, que favorece o crescimento vegetativo, mas diminui o número de legumes; a retenção foliar, que mantém a planta em crescimento vegetativo e retém o reprodutivo; e a disponibilidade hídrica, onde o excesso de água favorece o desenvolvimento vegetativo e a planta se desenvolve o suficiente para a geração das flores (MUNDSTOCK; THOMAS, 2005).

O período reprodutivo apresenta o estágio mais crítico em relação à exigência hídrica. A necessidade de água da soja vai aumentando no decorrer de seu desenvolvimento e no estágio da floração-enchimento a planta necessita de aproximadamente de 7 a 8mm por dia. O déficit hídrico nesse estágio pode provocar alterações fisiológicas na planta, como o fechamento estomático e o enrolamento de folhas, ocasionando redução no rendimento dos grãos da soja (EMBRAPA, 2013).

Os elementos climáticos fotoperíodo (exposição a luz), a umidade e a temperatura do ambiente também são relevantes em todos os períodos da planta. A cultura da soja se adapta melhor na semeadura com temperatura de 25°C e no decorrer do desenvolvimento com temperaturas do ambiente entre 20°C e 30°C. As temperaturas baixas prejudicam os estágios de germinação e emergência da planta onde há um florescimento tardio, ciclo longo e plantas maiores. Já as altas temperaturas favorecem o florescimento precoce, ciclos mais curtos e retêm o crescimento da planta, ou seja, plantas de portes baixos (EMBRAPA, 2013).

A sensibilidade ao fotoperíodo também é um fator que influencia, principalmente, o crescimento da planta. Cada período dessa cultura possui seu fotoperíodo crítico, sendo considerada uma planta de dia curto, onde o florescimento é atrasado. Assim, a faixa de adaptabilidade de cada cultivo varia à medida que se desloca em direção ao Norte ou ao Sul, ou seja, tem-se a variabilidade da data da floração devido à resposta diferencial das culturas ao comprimento do fotoperíodo. Quanto à umidade, esta também influencia no desenvolvimento da cultura, pois evita precipitação durante estágios críticos. Com isso, observa-se a relevância dos vários fatores do ambiente para o desenvolvimento das plantas da soja (EMBRAPA, 2013).

Além dos fatores ambientais, os elementos tecnológicos também têm importância para a produção da cultura da soja e seu desenvolvimento durante a produção. As principais tecnologias à disposição dos agricultores e que devem ser praticadas em conjunto são: sistema regional de conservação do solo em microbacias hidrográficas; calagem e adubação; cobertura vegetal do solo; processos de cultivo; preparo do solo; época e densidade de semeadura; cultivares adaptadas; qualidade e tratamento de sementes; população de plantas; controle de plantas daninhas, pragas e doenças; semeadura direta; integração agropecuária; e silvicultura (EMBRAPA, 2013).

Outro fator relevante na produção da soja, e que a distingue, é o tipo de semente utilizada no plantio, que pode ser dividida entre semente de soja do tipo convencional e do tipo transgênica. A soja do tipo convencional é aquela a qual sua semente não sofreu qualquer tipo de alteração genética, enquanto a soja transgênica são organismos geneticamente modificados (OGM) (CASAGRANDE, 2011).

A semente da soja tipo transgênica foi criada com o objetivo desenvolver um produto que seja mais resistente a alguns insetos e ao herbicida glifosato, que pode ser utilizado contra diversos tipos de ervas daninhas em vários tipos de culturas (CASAGRANDE, 2011). Por outro lado, há aqueles que defendem a utilização da soja convencional, alegando alto custo para pequenos produtores e receio quanto ao produto final, pois citam a insuficiência de teste para negar ou comprovar os perigos à saúde dos consumidores causados pela manipulação genética (FUSCALDI, 2010). A soja transgênica é aprovada nos Estados Unidos desde 1994, já no Brasil, o cultivo foi aprovado em 2005, com a Lei de Biossegurança (Lei nº 11.105/2005).

A partir desses componentes de produção, dos fatores ambientais e tecnológicos citados em relação à produção da soja, o produtor pode ter o conhecimento para aprimorar a produtividade, obtendo os melhores resultados para sua cultura (DALCHIAVON; CARVALHO, 2012). Assim, com maior rendimento de sua produção, o gestor do agronegócio da soja pode se situar no mercado em que está inserido, contribuindo para a economia regional, nacional e até mundial.

2.3 O clima e as influências na produção da soja

O clima vem sofrendo constantes mudanças, algumas por conta de fatores naturais e outras por conta da má utilização dos recursos ambientais pelo homem, e é certo que grandes consequências ocorrerão se as mudanças continuarem no ritmo atual (BARTELMUS, 2015). Protocolos e leis têm sido criados para minimizar os impactos climáticos, mas de acordo com Mercer, Christesen e Buxton (2007), essas formalidades não conseguem ter a eficácia que deveria. Percebe-se que há a necessidade de maiores preparos para as mudanças climáticas.

O clima é uma variável relevante na produção de qualquer cultura, inclusive a da soja. Guven e Hoxha (2014) indicam que os fatores climáticos estão diretamente relacionados aos riscos de produção de qualquer cultura. De acordo com Raíces (2003, p. 14):

O clima é, claramente, o fator de risco sobre o qual o produtor tem menos poder de influência - prejuízos podem ser evitados, contudo, quando se tem em mão dados histórico-climáticos confiáveis. [...] Isso incrementou a agricultura em várias regiões e levou o produtor a adotar um perfil mais profissional de administração.

Com isso, observa-se que é necessário ao gestor rural ter conhecimento dos fatores climáticos que podem influenciar a sua produção, para que assim ele possa minimizar as consequências desses fatores. Griffiths, Haigh e Rassias (2007) afirmam que há uma necessidade da realização de estudos que abordem o clima e as mudanças climáticas, pois estas se tornaram questões cruciais nos sistemas econômicos e de negócios, principalmente no agronegócio.

Kolk e Pinkse (2004) também afirmam que as questões climáticas estão impactando o mercado e a economia, de forma geral, nos seus vários setores. Isso ocorre porque, segundo os autores, os impactos das mudanças climáticas se tornaram uma ferramenta estratégica ou um fator prejudicial potencial. Unindo essa

questão ao agronegócio, tem-se que o gestor rural deve buscar se beneficiar ante tantos impactos climáticos, ou pelo menos ser minimamente atingido.

Adaptar-se é a questão chave para os agricultores (TAO; ZHANG, 2010). Segundo Tao e Zhang (2010), as mudanças climáticas afetaram a produtividade dos cultivos em várias regiões mundiais. Ocorrerão mais mudanças temporais e espaciais, de acordo com os autores, alterando o ciclo da água, o que acarretará em estresse hídrico e grandes oscilações nas temperaturas máximas e mínimas.

Bryan et al. (2013) indicam que as alterações climáticas exigirão dos gestores agrícolas mudanças nas práticas de manejo das culturas, como escolha do solo, sementeiras e variedade de culturas, novas técnicas de irrigação, medidas de proteção do solo e da água e fertilidade do solo, além de exigir também investimento tecnológico.

Sem o conhecimento e a adaptação às mudanças climáticas que estão ocorrendo e ainda ocorrerão, o gestor rural está fadado ao prejuízo se não tiver gestão eficiente dos custos (TACHIE-OBENG; AKPONIKPÈ; ADIKU, 2013). Para os produtores da soja, essas questões são de grande necessidade, pois irão alterar os ciclos dessa cultura completamente. A seguir são apresentados alguns impactos que a cultura da soja pode ter.

3 METODOLOGIA

Este estudo classifica-se como descritivo quanto aos objetivos, quantitativo quanto à abordagem do problema e documental quanto aos procedimentos metodológicos, pois utilizaram-se fontes secundárias de dados.

Trata-se de uma relação de análise entre custos nos estágios de produção e fatores climáticos dentre as principais cidades produtoras de soja, não havendo, portanto, elementos díspares para análise, como: tecnologia, logística, terra, entre outros, os quais se classificam como variáveis *ceteris paribus* na análise. Cabendo, portanto, uma relação única de comparabilidade que envolve custos e clima, cujos procedimentos, desmembramentos de variáveis e instrumentais estatísticos, serão descritos a seguir.

Quanto à amostra, esta teve a característica de ser intencional, pois foi composta pelas cidades que têm os dados dos custos de produção da soja disponibilizados pela CONAB. A amostra, tipo de plantio e período analisado de cada uma é apresentada a seguir no Quadro 2.

Quadro 2 - Amostra das cidades produtoras de soja e o período analisado

	Cidades	Plantio	Período analisado
1	Barreiras/BA	Convencional	2006/2007 até 2014/2015
2	Balsas/MA	Convencional	2006/2007 até 2014/2015
3	Campo Mourão/PR	Convencional	2005/2006 até 2014/2015
		Transgênico (OGM*)	2007/2008 até 2014/2015
4	Campo Novo do Percis/MT	Convencional	2006/2007 até 2014/2015
5	Chapadão do Sul/MS	Convencional	2005/2006 até 2014/2015
6	Cristalina/GO	Convencional	2011/2012 até 2014/2015
7	Cruz Alta/RS	Transgênico (OGM)	2013/2014 até 2014/2015
8	Londrina/PR	Convencional	2005/2006 até 2014/2015
		Transgênico (OGM)	2007/2008 até 2014/2015
9	Primavera do Leste/MT	Convencional	2005/2006 até 2014/2015
		Transgênico (OGM)	2007/2008 até 2014/2015
10	Rio Verde/GO	Convencional	2005/2006 até 2014/2015
11	São Luiz Gonzaga/RS	Transgênico (OGM)	2009/2010 até 2014/2015
12	Sorriso/MT	Convencional	2007/2008 até 2014/2015
		Transgênico (OGM)	2007/2008 até 2014/2015
13	Unaí/MG	Convencional	2005/2006 até 2014/2015

Fonte: elaboração própria, a partir dos dados da pesquisa.

*OGM – Organismos Geneticamente Modificados

Como pode ser observado no Quadro 2, a amostra é composta por treze cidades que são destaque na produção de soja nacional, segundo a CONAB. As cidades 1, 2, 4, 5, 6, 10 e 13 apresentam informações sobre os custos de produção, disponibilizados pela CONAB pelo sistema de plantio convencional, sem modificação genética. As cidades 3, 8, 9 e 12 têm dados disponibilizados pelo plantio convencional e pelo plantio OGM. Já as cidades 7 e 11 apresentam apenas dados sobre plantio OGM. Assim, obteve-se dezessete informações de custos de produção de soja.

Quanto ao período analisado, este contemplou a safra da soja, que abrange o período de out./X0 até abr./X1. Verificou-se que, para algumas cidades, não haviam dados disponibilizados que contemplassem o período proposto pelo trabalho (2005-2015). Percebeu-se que a CONAB vem aumentando gradualmente o número de cidades as quais contabiliza os custos de produção da soja. Assim, para este estudo, analisaram-se os períodos disponíveis na ocasião, conforme Quadro 2.

A apuração dos custos de produção disponibilizada pela CONAB segue uma metodologia desenvolvida juntamente com produtores, entidades representantes de vários segmentos da agricultura, fábricas de maquinários e implementos agrícolas, universidades e centros de pesquisa especializados e de administração pública, para chegar a uma metodologia concisa, sustentável e transparente (BRASIL, 2010).

Assim, para a coleta dos dados desse estudo, buscou-se as séries históricas dos custos de produção da soja para a cultura de verão por hectare, conforme metodologia atualizada da CONAB, divulgada em 2010.

A CONAB utiliza uma metodologia que abrange o custeio pleno, ou seja, são atribuídos ao produto todos os custos e despesas que envolvem a produção da cultura. Assim, optou-se por separar apenas os custos diretamente relacionados à cultura da soja durante o período da lavoura, excluindo os itens considerados como

despesa. Isso resultou na seguinte composição dos custos de produção para análise deste estudo, apresentados no Quadro 3.

Os custos de produção da soja foram divididos entre Custos Variáveis – CV (OpAv, OpMáq, AlgMáq, MOTemp, Semet, Fertz, Agtx) e Custos Fixos – CF (DepreBenInst, DepreMáq, DepreImpl, ManutMáq, MOPerm). A soma deles resultou no Custo Total – CT de produção da soja utilizada no estudo. Dentro dos Custos Variáveis, não foram utilizadas as variáveis OpAv e AlgMáq por não apresentarem valores na maioria das cidades analisadas. Também, uniram-se os Custos Fixos DepreBenInst, DepreMáq, DepreImpl para a criação da variável Depre3, por serem semelhantes. Assim, resultou-se em um $n = 8$ variáveis de custo.

Quadro 3 - Composição do custo de produção da soja

Custo	Composição
Custo Variável - CV (A)	1 - Operação com aviões (OpAv) 2 - Operação com máquinas (OpMáq) 3 - Aluguel de máquinas (AlgMáq) 4 - Mão de obra temporária (MOTemp) 5 - Sementes (Semet) 6 - Fertilizantes (Fertz) 7 - Agrotóxicos (Agtx)
Custo Fixo - CF (B)	1 - Depreciação de benfeitorias e instalações (DepreBenInst) 2 - Depreciação de máquinas (DepreMáq) 3 - Depreciação de implementos (DepreImpl) 4 - Manutenção periódica de máquinas (ManutMáq) 5 - Mão de obra permanente e encargos sociais (MOPerm)
Custo Total - CT	(A+B)

Fonte: elaboração própria, a partir dos dados da pesquisa.

Os custos de cada cidade foram atualizados para valores monetários da data de fechamento da última cultura proposta nesse estudo (30/04/2015), segundo a variação do preço de venda da saca de 60kg de soja em dólar calculados pela Escola de Estudos de Agricultura "Luiz de Queiroz" (ESALQ) em conjunto com a Bolsa de Valores, Mercadorias e Futuros (BM&FBOVESPA) e divulgados pelo Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA).

Para a análise dos fatores climáticos, coletaram-se os dados junto ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Os dados são armazenados no Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP) e são disponibilizados de forma digital. Assim, buscaram-se as estações meteorológicas correspondentes às cidades analisadas. As informações sobre as estações correspondentes são apresentadas no Quadro 4.

Quadro 4 - Estações meteorológicas por cidades da amostra

Unidade municipal	Estação	Proximidade
Barreiras/BA	Estação Barreiras - 83236	-
Balsas/MA	Estação Balsas - 82768	-
Campo Mourão/PR	Estação Campo Mourão - 83783	-
Campo Novo do Parecis/MT	Estação São José do Rio Claro - 83267	151 km
Chapadão do Sul/MS	Estação Paranaíba - 83565	196 km
Cristalina/GO	Estação Ipameri - 83522	139 km
Cruz Alta/RS	Estação Cruz Alta - 83912	-

Londrina/PR	Estação Londrina - 83766	-
Primavera do Leste/MT	Estação Poxoréo - 83358	46 km
Rio Verde/GO	Estação Rio Verde - 83470	-
São Luiz Gonzaga/RS	Estação São Luiz Gonzaga - 83907	-
Sorriso/MT	Estação Gleba Celeste - 83264	84 km
Unai/MG	Estação Unai -83428	-

Fonte: elaboração própria, a partir dos dados da pesquisa.

Cinco cidades (Cristalina/GO, Primavera do Leste/MT, Campo Novo do Parecis/MT, Sorriso/MT e Chapadão do Sul/MS) não apresentavam estações na sua localidade, então optou-se por coletar as informações das estações mais próximas a essas cidades. Para todas as estações meteorológicas indicadas no Quadro 4, obtiveram-se os dados necessários referentes ao período proposto para análise (2005-2015), exceto para a estação Gleba Celeste, que não apresentou dados do ano de 2015. Optou-se por excluir da amostra as cidades de Campo Novo do Parecis/MT, Chapadão do Sul/MS e Cristalina/GO por apresentarem estações meteorológicas distantes dos municípios analisados (acima de 100km de distância). Com isso, os dados de custos, que eram dezessete, se reduziram para catorze.

A escolha dos fatores climáticos se deu conforme as principais exigências climáticas indicadas pela EMBRAPA (2013). Assim, as variáveis meteorológicas analisadas foram: Insolação Total (InsTt), Nebulosidade Média (NebMd), Números Dias Precipitação (NDPrecip), Precipitação Total (PrecipTt), Temperatura Máxima Média (TempMx), Temperatura Compensada Média (TempMd) e Temperatura Mínima Média (TempMn). A variável relacionada à umidade relativa do ar foi considerada no início da análise, mas foi excluída, visto que havia poucas informações sobre essa variável na fonte coletada no período proposto de análise.

Para a análise dos dados, a cultura da soja foi dividida em conjunto de estágios que compreendem os períodos de desenvolvimento, conforme evidenciado anteriormente no Quadro 1. Com isso, para este estudo, dividiu-se os estágios que compõem o ciclo comum de produção da soja (nov./X0 a mar./X1, sendo X0 o ano do plantio e X1 o ano seguinte). Na produção da soja é atribuído, normalmente, a época de semeadura entre o período de 15 de outubro a 15 de dezembro e a colheita nos meses de março e abril, assim, buscando uma média, adotou-se o mês de novembro para início da semeadura e março para a colheita. A partir dessas condições, tem-se o esquema apresentado no Quadro 5.

Quadro 5 - Esquematização dos dados e períodos de análise

Período da cultura	Estágio de desenvolvimento	Mês	Custos analisados	Fatores climáticos
Semeadura	Semeadura	nov./X0	OpMáq; MOPtemp; Semet; Fertz; Agtx; Depre3; ManutMáq; MOPerm	InsTt; NebMd; NDPrecip; PrecipTt; TempMd; TempMx; TempMn.
Reprodutivo	VE até V2	nov./X0		
Reprodutivo	V3 até Vn	dez./X0		
Vegetativo	R1 até R4	jan./X1		
Vegetativo	R5 até R8	fev./X1		
Colheita	Colheita	mar./X1		

Fonte: elaboração própria, a partir dos dados da pesquisa.

Assim, para o caso da semeadura realizada em novembro de X0, tem-se a primeira parte do período reprodutivo (VE a V2) ocorrendo no mês de novembro do

ano X0, a segunda parte desse período (V3 a Vn) ocorrendo no mês de dezembro de X0, a primeira parte do período vegetativo (R1 a R4) em janeiro de X1, a segunda parte do período vegetativo (R5 a R8) em fevereiro e a colheita em março de X1. As variáveis meteorológicas foram testadas em todos os períodos mensais propostos e analisadas em conjunto com os custos de produção

A análise desses dados, objetivando identificar o comportamento dos custos de produção da soja em relação aos fatores climáticos, se deu pela análise de regressão linear múltipla. Com isso, alguns pré-requisitos estatísticos foram testados antes do início das análises para que essas fossem consideradas confiáveis, são eles: verificação de *outliers*, teste de normalidade dos resíduos, teste de multicolinearidade, especificação do modelo, heterocedasticidade e autocorrelação.

A análise de *outliers* foi necessária para verificar a existência de valores extremos que são muito distantes ou discrepantes em relação ao restante das observações. Para verificar se a distribuição dos resíduos é normal, o teste de normalidade escolhido foi Shapiro-Wilk, por este ser mais adequado para amostras compostas por menos de 30 observações. Já a realização do teste de multicolinearidade foi necessária para verificar a existência de uma relação linear perfeita entre as variáveis explanatórias de regressão. Nesse caso, utilizou-se a análise da Inflação da Variância (VIF) para testar possíveis problemas de multicolinearidade. O teste de especificação de RESET de Ramsey foi realizado para conferir se há variáveis omitidas que possam influenciar no modelo (GUJARATI; PORTER, 2011).

Em relação à regressão linear, o modelo clássico pressupõe que os termos de erro que aparecem na função devem ser homocedásticos, ou seja, ter a mesma variância e não existir autocorrelação nos termos de erro. Assim, foi necessário verificar a presença de heterocedasticidade nos resíduos e, para isso, foi utilizado o teste de Breusch-Pagan-Godfrey (BPG) (GUJARATI; PORTER, 2011).

Na análise de regressão linear múltipla buscou-se investigar a influência das variáveis independentes, que são os fatores climáticos (InsTt; NebMd; NDPrecip; PrecipTt; TempMd; TempMx; TempMn), sobre as variáveis dependentes, os custos de produção da soja (OpMáq3; MOTemp; Semet; Fertz; Agtx; Depre3; ManutMáq; MOPerm) em todas as cidades da amostra conjuntamente.

Após essa etapa, prosseguiu-se para a análise das regressões por blocos (8 blocos de custos e 7 blocos climáticos), ou seja, para cada variável dependente (bloco de custos), foram gerados sete modelos (com os blocos climáticos), dos quais foram incluídas cinco variáveis independentes de acordo com os estágios de produção da soja: semeadura e VE a V2 (1); V3 a Vn (2); R1 a R4 (3); R5 a R8 (4); colheita (5). Os estágios semeadura e VE a V2 representam o mesmo período, por isso foram analisados conjuntamente. Com isso, elaborou-se os modelos de regressão a partir do modelo da Equação 1:

$$\text{Equação 1: } Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_p X_p$$

Onde,

Y_i : valor estimado da variável dependente;

$\beta_0, \beta_1, \beta_2 \dots \beta_p$: estimativas dos parâmetros da equação;

X_1, X_2, X_p : valor das variáveis independentes para cada observação i .

Logo, tem-se o exemplo, conforme fórmulas no Quadro 6, para o bloco de Custo dos Agrotóxicos.

Quadro 6 - Exemplo de modelo de regressão para o Bloco de Custo dos Agrotóxicos

Bloco de Custo dos Agrotóxicos (Agtx)	
$Agtx_1 = \beta_0 + \beta_1 InsTt1 + \beta_2 InsTt2 + \beta_3 InsTt3 + \beta_4 InsTt4 + \beta_5 InsTt5$	
$Agtx_2 = \beta_0 + \beta_1 NebMd1 + \beta_2 NebMd2 + \beta_3 NebMd3 + \beta_4 NebMd4 + \beta_5 NebMd5$	
$Agtx_3 = \beta_0 + \beta_1 NDPrecip1 + \beta_2 NDPrecip2 + \beta_3 NDPrecip3 + \beta_4 NDPrecip4 + \beta_5 NDPrecip5$	
$Agtx_4 = \beta_0 + \beta_1 PrecipTt1 + \beta_2 PrecipTt2 + \beta_3 PrecipTt3 + \beta_4 PrecipTt4 + \beta_5 PrecipTt5$	
$Agtx_5 = \beta_0 + \beta_1 TempMx1 + \beta_2 TempMx2 + \beta_3 TempMx3 + \beta_4 TempMx4 + \beta_5 TempMx5$	
$Agtx_6 = \beta_0 + \beta_1 TempMd1 + \beta_2 TempMd2 + \beta_3 TempMd3 + \beta_4 TempMd4 + \beta_5 TempMd5$	
$Agtx_7 = \beta_0 + \beta_1 TempMn1 + \beta_2 TempMn2 + \beta_3 TempMn3 + \beta_4 TempMn4 + \beta_5 TempMn5$	
Agtx: Agrotóxicos; InsTt: Insolação Total; NebMd: Nebulosidade Média; NDPrecip: Número de Dias de Precipitação; PrecipTt: Precipitação Total; TempMx: Temperatura Máxima; TempMd: Temperatura Média Compensada; TempMn: Temperatura Mínima.	

Fonte: elaboração própria, a partir dos dados da pesquisa.

A partir dos modelos, realizaram-se os seguintes testes de análise: teste t e R² (coeficiente de determinação múltiplo). Para os testes foi determinado um nível de significância de 0,05. O teste t indica, individualmente, a significância de cada coeficiente da regressão ($\beta_1; \beta_2; \dots; \beta_p$) e também da constante (β_0) (GUJARATI; PORTER, 2011). Com isso, determinou-se quais variáveis climáticas influenciaram nos custos de cada estágio de análise.

O coeficiente de determinação múltiplo, o R², é uma medida resumida que diz quanto da linha de regressão amostral ajusta-se aos dados. Este coeficiente indica a proporção da variação de Y que é explicada, conjuntamente, pelas variáveis X. Como os valores de R² variam de zero a um, tem-se que quando multiplicado por 100, o resultado de R² indica o percentual da variabilidade da variável dependente que é explicada pelas variáveis independentes (GUJARATI; PORTER, 2011). Assim, quanto maior o valor de R², maior o poder preditivo dos fatores climáticos para explicar a variabilidade dos custos de produção da soja no cenário proposto pelo estudo.

4 RESULTADOS

A seguir são apresentados os resultados da análise de regressão múltipla de cada bloco de custo de produção da soja em relação os fatores climáticos propostos. Foram evidenciadas, nessa etapa, apenas as correlações significativas a um nível de significância de 0,05 e as regressões que não apresentaram problemas de multicolinearidade, heterocedasticidade e variáveis omitidas.

Observando os resultados, as regressões não apresentaram problemas de multicolinearidade, heterocedasticidade e variáveis omitidas, exceto entre o bloco de custo de MOPerm e os fatores climáticos relacionadas com o NDPrecip, que evidenciaram problemas de heterocedasticidade, como apresentado no Apêndice I do trabalho.

Tabela 1 – Síntese dos coeficientes de regressão linear múltipla de cada bloco de custo de produção da soja e os fatores climáticos InsTt e NebMd significativas (sig.<0,05)

OpMáq		MOTemp		Semet		Fertz		Agtx		Depre3		ManutMáq	
Coef.	R ²	Coef.	R ²	Coef.	R ²	Coef.	R ²	Coef.	R ²	Coef.	R ²	Coef.	R ²

InsTt1	-		0,037		-		-1,263		-		-		-
InsTt2	-	0,17	-	0,15	-0,323	0,10	-0,719	0,39	-1,294	0,17	-0,415	0,12	-
InsTt3	-		-		-		0,651		-		-		-
InsTt5	0,508		-		-		-		-		-		-
NebMd1	-		-		-		43,52		-		-		-
NebMd2	12,36	0,13	-	-	-	0,12	-	0,22	-	-	-	-	0,18
NebMd3	-		-		-12,70		-44,46		-		-		-
NebMd4	-		-		-		-		-		-		-4,682

OpMáq: Operação com Máquinas; MOTemp: Mão de Obra Temporária; Semet: Sementes; Fertz: Fertilizantes; Agtx: Agrotóxicos; Depre3: Depreciação de Benfeitorias e Instalações, Depreciação com Máquinas e Depreciação de Implementos; ManutMáq: Manutenção de Máquinas.

InsTt: Insolação Total; NebMd: Nebulosidade Média.

Fonte: elaboração própria, a partir dos dados da pesquisa.

Conforme os resultados da Tabela 1, observando os fatores climáticos relacionados com o fotoperíodo, InsTt e NebMd, teve-se que no estágio 1 (semeadura e VE a V2) o custo com MOTemp aumentou de acordo com o aumento de InsTt, e o custo com Fertz diminuiu com o aumento da InsTt e aumentou conforme o aumento da NebMd. Nesse estágio, a disponibilidade do fotoperíodo (aumento InsTt e redução NebMd) pode incentivar a germinação da semente da soja, pois o solo precisa estar aquecido o suficiente para que a germinação aconteça (EMBRAPA, 2013). Um maior rendimento dos grãos pode aumentar a necessidade de MOTemp para suprir essa situação e diminuir os custos com Fertz, pois a produção se desenvolveria naturalmente, o que foi representado nos resultados.

Já no estágio 2, que também compreende o período vegetativo, os custos com Semet, Fertz, Agtx e Depre3 diminuíram de acordo com o aumento da InsTt, e o custo com OpMáq aumentou conforme o aumento da NebMd. De acordo com a EMBRAPA (2013), a deficiência de fotoperíodo pode estimular um crescimento tardio da planta no período vegetativo, com isso, seria necessário o depósito de mais sementes, fertilizantes e maquinários (aumentando a depreciação destes) com a deficiência do fotoperíodo para repor o baixo rendimento da lavoura. Esta questão corrobora os resultados apresentados.

Para os estágios relacionados com o período reprodutivo (3: R1 a R4 e 4: R5 a R8), tem-se que o custo com Fertz aumentou de acordo com o aumento da InsTt e diminuiu com o aumento da NebMd no estágio 3, e o custo com Semet diminuiu com o aumento da NebMd. No estágio 4 o custo de ManutMáq diminuiu com o aumento da NebMd. No período reprodutivo a alta exposição ao fotoperíodo acelera o desenvolvimento da planta, o que ocasiona em uma maturação acelerada (EMBRAPA, 2013). Assim, os resultados atestaram essa informação, pois maior nebulosidade poderia fazer com que a planta se desenvolvesse melhor e rendesse mais, diminuindo os custos com sementes e fertilizantes. Um maior rendimento natural também poderia significar menor necessidade de investimento em maquinários para corrigir a produção.

Observando o estágio 5 (colheita) relacionado com o fotoperíodo apresentado na Tabela 1, apenas o custo com OpMáq foi estatisticamente significativo em relação à InsTt, onde foi exposto que o aumento da InsTt aumentou os gastos com OpMáq. Como citado anteriormente, com um alto fotoperíodo a planta se desenvolve

mais rapidamente (EMBRAPA, 2013), sendo necessário mais investimento em máquinas para uma colheita mais rápida, buscando minimizar perdas. Para as variáveis InsTt e NebMd, os maiores R² foram apresentados para a variável de custo com Fertz (0,39 e 0,22, respectivamente). Isso evidencia que o poder preditivo desses fatores climáticos, para explicar a variabilidade dos custos, foi maior para o bloco de custo com Fertz.

Tabela 2 – Síntese dos coeficientes de regressão linear múltipla de cada bloco de custo de produção da soja e os fatores climáticos NDPrecip e PrecipTt significativas (sig.<0,05)

	OpMáq		MOTemp		Semet		Fertz		Agtx		Manut Máq		MOPerm	
	Coef.	R ²	Coef.	R ²	Coef.	R ²	Coef.	R ²	Coef.	R ²	Coef.	R ²	Coef.	R ²
NDPrecip1	-		-0,352		-		-		-		-		-	
NDPrecip2	2,540	0,17	-	0,19	-		9,774	0,24	6,082	0,10	0,561	0,21	-	
NDPrecip5	-2,255		-		-		-		-		-0,562		-	
PrecipTt1	-		-		-		0,261		-		-		-0,116	
PrecipTt2	-	0,07	-	0,07	0,155	0,11	-	0,14	0,363	0,12	-		0,106	0,13
PrecipTt3	-		-		-		-		-		-		0,119	
PrecipTt4	-0,94		-0,013		-		-		-		-		-	

OpMáq: Operação com Máquinas; MOTemp: Mão de Obra Temporária; Semet: Sementes; Fertz: Fertilizantes; Agtx: Agrotóxicos; MOPerm: Mão de Obra Permanente. NDPrecip: Número de Dias de Precipitação; PrecipTt: Precipitação Total.

Fonte: elaboração própria, a partir dos dados da pesquisa.

De acordo com a Tabela 2, quanto à disponibilidade hídrica, que envolve os fatores climáticos NDPrecip e PrecipTt, teve-se que, no primeiro estágio, o custo com MOTemp diminuiu com o aumento do NDPrecip, o custo com Fertz aumentou com o aumento de PrecipTt e o custo com MOPerm diminuiu com o aumento de PrecipTt. No segundo estágio, o custo com OpMáq, Fertz, Agtx e ManutMáq aumentou com o aumento da NDPrecip e o custo com Semet, Agtx e MOPerm aumentou com o aumento de PrecipTt.

Era esperado que os custos diminuíssem com o aumento da disponibilidade hídrica natural, pois a literatura apresenta que a semente da soja necessita, para iniciar a germinação, absorver no mínimo 50% do seu peso em água, e que o excesso de disponibilidade de água nos primeiros estágios auxilia no desenvolvimento vegetativo da planta (EMBRAPA, 2013).

Assim, com uma maior disponibilidade hídrica, menor deveria ser a necessidade de maquinários e implementos (que aumentariam os custos com OpMáq e ManutMáq), mão de obra adicional (temporária e permanente) e menores os custos com sementes, fertilizantes, e agrotóxicos, pois a planta teria um desenvolvimento natural. Apenas os resultados de MOTemp e MOPerm coincidiram com o esperado, de acordo com a literatura. Isso pode ter ocorrido pelo fato de que o excesso hídrico pode chegar a um ponto onde ele acaba prejudicando a plantação.

Observando as variáveis relacionadas ao período reprodutivo, tivemos nos resultados que os custos de OpMáq e MOTemp diminuíram com o aumento da PrecipTt no estágio 4 e os custos com MOPerm aumentaram com o aumento desse fator climático no estágio 3. No período reprodutivo, a necessidade hídrica da soja vai aumentando até o ápice no estágio 3 e vai decrescendo até o fim do estágio 4

(EMBRAPA, 2013). Além disso, o déficit de água no início da floração e da formação das vagens da soja pode ocasionar o aumento irregular da flor, o aumento das vagens e a redução dos grãos (MERCER; CHRISTESEN; BUXTON, 2007; KOBRAEE; SHAMSI, 2011).

Com isso, o aumento da disponibilidade de água deveria diminuir a urgência de aumento de recursos pessoais de maquinários. Isso foi evidenciado nos resultados da pesquisa para as variáveis de custo OpMáq e MOTemp.

Assim como para as variáveis relacionadas ao fotoperíodo, para aquelas relacionadas com a disponibilidade hídrica, os maiores R² também foram para o bloco de custo de Fertz, sendo que, entre NDPrecip e esse bloco de custo, o R² foi de 0,24 e, entre PrecipTt, foi de 0,14.

Tabela 3 – Síntese dos coeficientes de regressão linear múltipla de cada bloco de custo de produção da soja e os fatores climáticos TempMd, TempMx e TempMn significativas (sig.<0,05)

	OpMáq		MOTemp		Semet		Fertz		Agtx		Depre3		Manut Máq		MOPerm	
	Coef.	R ²	Coef.	R ²	Coef.	R ²	Coef.	R ²	Coef.	R ²	Coef.	R ²	Coef.	R ²	Coef.	R ²
TempMd1	-		-		-		43,23		-		-		-		-	
TempMd2	-		-		-		-		-		-		-		-	
TempMd3	9,68	0,12	1,59	0,16	11,13	0,33	63,86	0,41	49,36	0,28	17,6	0,19	-	-	10,81	0,08
TempMd4	-		-1,37		-		-		-		-22,2		-		-	
TempMx1	-		-		-		47,26		-		-		-		-	
TempMx2	-		-		-		-		-		-		-		-	
TempMx3	-		2,60	0,28	12,16	0,40	60,45	0,42	52,92	0,26	29,5	0,17	-	-	16,47	0,11
TempMx4	-		-1,63		-		-		-		-32,4		-		-	
TempMn1	-		-		-		50,60		31,77		-		-		-	
TempMn2	9,77	0,08	-	0,37	-	0,08	41,15	0,35	-	0,06	-	-	-	0,09	-	0,20
TempMn3	-		-		-		22,19		-		-		-		30,29	

TempMn5	-	-3,34	-	-	-	-	-	4,58	21,06
---------	---	-------	---	---	---	---	---	------	-------

OpMáq: Operação com Máquinas; MOTemp: Mão de Obra Temporária; Semet: Sementes; Fertz: Fertilizantes; Agtx: Agrotóxicos; Depre3: Depreciação de Benfeitorias e Instalações, Depreciação com Máquinas e Depreciação de Implementos; ManutMáq: Manutenção de Máquinas; MOPerm: Mão de Obra Permanente.

TempMd: Temperatura Média; TempMx: Temperatura Máxima; TempMn: Temperatura Mínima.

Fonte: elaboração própria, a partir dos dados da pesquisa.

Relacionado os fatores climáticos relacionadas a temperatura (TempMd, TempMx e TempMn) apresentados na Tabela 3, foi visto que, no período da semeadura e início do período vegetativo (estágio 1), o custo com Fertz aumentou com o aumento da TempMd, TempMx e TempMn, e o custo com Semet diminuiu com o aumento da TempMx. De acordo com a EMBRAPA (2013), nessa primeira etapa do desenvolvimento da planta da soja, tem-se que o aumento da temperatura auxilia na germinação, pois as sementes necessitam de um solo aquecido para que elas germinem. Visto isso, os resultados da pesquisa corroboraram essas informações quando o custo com sementes diminuiu à medida que a temperatura máxima aumentou, mas esperava-se que o custo com fertilizantes também diminuísse com o aumento da temperatura, o que ocorreu apenas para TempMd.

Ainda nesse sentido, tem-se que a semeadura não deve ocorrer quando a temperatura do solo estiver menor que 20°C, assim, as temperaturas mínimas baixas dificultariam o rendimento da planta, aumentando os custos com sementes e fertilizantes. Os resultados do estudo não indicaram essa relação.

Quanto à temperatura, Campos et al. (2013) apontam que o aumento da temperatura expande o número de parasitas na plantação relacionada à soja. Assim, era esperado que o aumento de TempMd e TempMx aumentasse os custos com agrotóxicos. Os resultados corroboraram esse apontamento no estágio 3 da produção.

Os resultados do estudo mostram que o aumento de TempMd ampliou os custos com OpMáq, MOTemp, Depre3 e MOPerm no estágio 3, e diminuiu os custos de MOTemp e Depre3 no estágio 4. O aumento da TempMx também aumentou os custos com MOTemp, Depre3 e MOPerm no estágio 3, e diminuiu os custos com MOTemp e Depre3 no estágio 4.

Como dito anteriormente, o aumento excessivo da temperatura nos estágios vegetativo e reprodutivo pode acelerar o processo de desenvolvimento da planta e causar deficiência hídrica nas mesmas, podendo causar até aborto dos grãos (CAMARGO, 2010). Assim, maiores temperaturas máximas e médias podem ocasionar mais gastos com máquinas e implementos agrícolas, além de mão de obra extra para solucionar problemas decorrentes das altas temperaturas e deficiências hídricas, e evitar perdas. Os resultados do estudo corroboraram, nesse sentido, para o estágio 3, que compreende o início do período reprodutivo.

Para as variáveis relacionadas com a temperatura, assim como as demais (fotoperíodo e disponibilidade hídrica), os maiores R² também foram entre o bloco de custo de Fertz e o fator climático TempMd (R² = 0,41) e TempMx (R² = 0,43). Apenas em relação ao fator climático TempMn (R² = 0,37) o maior R² apresentado foi entre esta variável e o bloco de conteúdo Semet. Assim, ficou evidenciado o poder

preditivo dos fatores climáticos, em geral (exceto TempMn), para explicar a variabilidade do bloco de custo, foi maior em relação ao custo com Fertz.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo teve o objetivo de investigar o comportamento dos custos nos estágios de produção da soja (operação com máquinas, mão de obra temporária, sementes, fertilizantes, agrotóxicos, depreciação de benfeitorias, instalações, máquinas e implementos, manutenção periódica de máquinas, mão de obra permanente e encargos sociais) em relação aos fatores climáticos (insolação, nebulosidade média, dias de precipitação, precipitação total, temperatura compensada média, temperatura máxima e temperatura mínima) nas principais cidades produtoras do Brasil no período de 2005 a 2015.

Os principais resultados evidenciaram que, no período analisado, nos primeiros estágios de produção da soja (período vegetativo), o aumento da insolação e a redução da nebulosidade diária resultaram em uma redução dos custos de produção com mão de obra temporária, sementes, fertilizantes, agrotóxicos e depreciações. Estes resultados corroboraram o indicado pela EMBRAPA (2013), o qual sugere que a exposição ao fotoperíodo no período vegetativo auxilia no bom desenvolvimento da planta. No período reprodutivo, os resultados apontaram que o custo com sementes, fertilizantes e manutenção periódica de máquinas diminuiu com o aumento da nebulosidade diária. Estes resultados também afirmam o que é apresentado na literatura: a redução do fotoperíodo no estágio reprodutivo auxilia na maturação progressiva da planta.

Quanto à disponibilidade hídrica, os resultados indicaram que o aumento do número de dias de precipitação e da precipitação total, no período vegetativo, esteve associado a um aumento dos custos de produção da soja com operação com máquinas, manutenção periódica de máquinas, sementes, fertilizantes, agrotóxicos e mão de obra permanente. Esses resultados não eram esperados, pois a disponibilidade natural hídrica deveria diminuir a urgência de alguns custos como mão de obra, maquinários e implementos (ex: irrigadores) e aumentaria o rendimento da planta, diminuindo os custos com sementes, fertilizantes e agrotóxicos. Já no período reprodutivo, o aumento da disponibilidade hídrica associou-se a uma diminuição custos com operação com máquinas e mão de obra temporária. Esses resultados apoiaram os estudos de EMBRAPA (2013), que indicam que esse é o estágio o qual a necessidade hídrica da planta vai aumentando.

Relacionado à temperatura, este estudo apontou que, para o período de análise, o aumento da temperatura máxima resultou em uma diminuição dos custos de produção da soja com sementes na etapa da semeadura. Essa relação era esperada, visto que, a semente necessita de um solo bem aquecido para germinar (EMBRAPA, 2013). Apesar disso, os custos com fertilizantes aumentaram nesse estágio, não corroborando essa relação. Já no período reprodutivo, o aumento das temperaturas média e máxima aumentou os custos com agrotóxicos, talvez por conta da proliferação de parasitas. Como indicado por Campos et al. (2013), o aumento da temperatura aumenta o número de parasitas na plantação da soja.



Em relação à análise do coeficiente de determinação múltiplo (R^2), os resultados indicaram que, na maioria das regressões, o poder preditivo das variáveis climáticas para explicar a variabilidade dos custos de produção da soja foi maior para o bloco de custo com fertilizantes. Já as regressões realizadas apenas com a cidade de Primavera do Leste e de Sorriso apresentaram os maiores R^2 em relação às outras regressões realizadas (todas as cidades conjuntamente, apenas cidades de plantio convencional e apenas cidades de plantio OGM).

Espera-se, com este estudo, contribuir com informações que possam auxiliar na gestão do produtor rural na sua atividade, expondo um panorama dos impactos nos custos quanto às influências de fatores climáticos na produção da soja, e talvez assim, tornando-se essa uma ferramenta para tomada de decisão do produtor. Com isso, pesquisas que analisem este e outros produtos agrícolas, outras localidades e outros períodos, principalmente no sentido de atualizar os dados deste estudo, podem ser relevantes e oportunas. As principais limitações encontradas durante a realização do estudo foram: a falta de dados relativo aos custos em algumas cidades que compunham a amostra e a ausência de estações meteorológicas em algumas cidades da amostra para obtenção de dados climáticos para a pesquisa.

REFERÊNCIAS

ADÄMMER, P.; BOHL, M. T. Speculative bubbles in agricultural prices. **The quarterly Review of Economics and Finance**, v. 55, p. 67-76, fev. 2015.

ANDRADE, M. G. F.; MORAIS, M. I.; MUNHÃO, E. E.; PIMENTA, P. R. Controle de custos na agricultura: um estudo sobre a rentabilidade na cultura da soja. **Custos e @gronegócios**, v. 8, n. 3, jul./set. 2012.

BARTELMUS, P. How bad is climate change? **Environmental Development**, p. 1-16, jan. 2015.

BATALHA, M. O. **Gestão agroindustrial**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

BELINE, H.; MEGLIORINI, E.; SLOMSKI, V. G.; PEREIRA, A. C. Cultura da soja: receita não realizada das perdas evitáveis durante a colheita. **Custos e @gronegócios**, v. 5, n. 1, jan./abr. 2009.

BERLATO, M. A.; FONTANA, D. C.; GONÇALVES, H. M. Relação entre o rendimento de grãos da soja e variáveis meteorológicas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 27, n. 5, p. 695-705, mai. 1992

BINOTTO, E.; SIQUEIRA, E. S.; NAKAYAMA, M. K. Criação de conhecimento no agronegócio. **Revista de Administração da UFSM**, Santa Maria, v. 2, n. 3, p. 367-384, set./dez. 2009.



BRASIL. Companhia Nacional de Abastecimento. **Custos de produção agrícola: a metodologia da Conab**. Brasília: Conab, 2010.

_____. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Culturas: soja**, 2015. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/vegetal/culturas/soja>>. Acesso em: 05 mar. 2015.

BRYAN, E.; RINGLER, C.; OKOBA, B.; RONCOLI, C.; SILVESTRI, S.; HERRERO, M. Adapting agriculture to climate change in Kenya: household strategies and determinants. **Journal of Environmental Management**, v. 114, p. 26-35, jan. 2013.

CALDARELLI, C. E.; CÂMARA, M. R. G.; SEREIA, V. J. O complexo agroindustrial da soja no Brasil e no Paraná: exportações e competitividade no período 1990 a 2007. **Organizações Rurais & Agroindustriais**, Lavras, v. 11, n. 1, p. 106-120, 2009.

CAMARGO, M. B. P. O impacto da variabilidade climática e as alterações climáticas na cultura do café arábica no Brasil. **Bragantia**, v. 69, n. 1, 2010.

CAMPOS, H. D.; SILVA, J. R. C.; CAMPOS, V. P.; SILVA, L. H. C. P.; COSTA, L. S. A. S.; SILVA, W. J. R. Efeito da temperatura do solo na infectividade e reprodução de *Meloidogyne javanica* e *Heterodera glycines* em cultivares de soja. **Ciência Agrotécnica**, v. 35, n. 5, p. 900-907, set./out. 2011.

CASAGRANDE, M. J. Soja convencional x soja transgênica. **Jornal da UEM**, n. 99, 2011. Disponível em: <<http://www.jornal.uem.br/2011/index.php/edicoes-2011/85-jornal-99-julho2011/726-soja-convencional-x-soja-transgenica>>. Acesso em: 01 dez. 2015.

CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA. **Indicador Soja ESALQ/ BM&FBOVESPA**. Disponível em: <<http://cepea.esalq.usp.br/soja/#>>. Acesso em: 06 jul. 2015.

CENTRO DE ESTUDOS EM GESTÃO NAVAL. **Período de safra da soja, milho e cana-de-açúcar**. Disponível em: <<http://www.gestaonaval.org.br/arquivos/documentos/Log%C3%ADstica/CEGN%20-%20Per%C3%ADodo%20de%20safra%20da%20soja%20milho%20e%20cana-de-a%C3%A7%C3%BAcar%20no%20Brasil.pdf>>. Acesso em: 31 mar. 2015.

CHEN, D.; CHEN, H. W. Using the Koppen classification to quantify climate variation and change: an example for 1901 - 2010. **Environmental Development**, v. 6, p. 69-79, abr. 2013.

CONTE, L.; FERREIRA FILHO, J. B. S. Substituição de fatores produtivos na produção da soja no Brasil. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Brasília, v. 45, n. 2, abr./jun. 2007.



CORAL, A.; ASSAD, E.; PINTO, H. S.; IAFFE, A. Utilização de um modelo agrometeorológico na estimativa de produtividade da cultura da soja no Estado do Paraná. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 14, 2005, Campinas, **Agrometeorologia, agroclimatologia e agronegócio: caderno de resumos**. Campinas: UNICAMP, 2005.

CUNHA, D. A.; COELHO, A. B.; FÉRES, J. G.; BRAGA, M. J.; SOUZA, E. C. Irrigação como estratégia de adaptação de pequenos agricultores às mudanças climáticas: aspectos econômicos. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Brasília, v. 51, n. 2, abr./jun. 2013.

DALCHIAVON, F. C; CARVALHO, M. P. Correlação linear e espacial dos componentes de produção e produtividade. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 33, n. 2, p. 541-552, abr. 2012.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **O Agronegócio e o saldo da balança comercial brasileira**. Disponível em: <http://www.cnpso.embrapa.br/sojaemnumeros/app/graf5.html>. Acesso em 05 mar. 2015b.

_____. **Tecnologias de Produção de Soja** – região central do Brasil 2014. Londrina: Embrapa Soja, 2013.

FLASKERUD, G. **Brazil's soybean production and impact**. Edition 79 de Extension Bulletin. Fargo: NDSU Extension Service, 2003. Disponível em: <<http://ageconsearch.umn.edu/bitstream/23092/1/eb030079.pdf>>. Acesso em: 14 mar. 2015.

FUSCALDI, K, C. **Soja convencional e transgênica: parâmetros legais para garantia desta coexistência**. 2010. 192f. Dissertação (mestrado) - Universidade de Brasília, Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, 2010.

GRIFFITHS, A.; HAIGH, N.; RASSIAS, J. A framework for understanding institutional governance systems and climate change: the case of Australia. **European Management Journal**, v. 25, n. 6, p. 415-427, 2007.

GUJARATI, D. N.; PORTER, D. C. **Econometria básica**. 5. ed. Porto Alegre: AMGH, 2011.

GUVEN, C.; HOXHA, I. Rain or shine: Happiness and risk-taking. **The Quarterly Review of Economics and Finance**, 2014. Disponível em: <http://ac.els-cdn.com/S1062976914000830/1-s2.0-S1062976914000830-main.pdf?_tid=0bbba108-e910-11e4-a35c-00000aacb362&acdnat=1429721765_73c9bf0bafc50addea4b70bf335c38cf>. Acesso em: 15 abr. 2015.



HOFER, E.; RAUBER, A. J.; DIESEL, A.; WAGNER, M. Gestão de custos aplicada ao agronegócio: culturas temporárias. **Contabilidade Vista & Revista**, v. 17, n. 1, p. 29-46, jan./mar. 2006.

INMET – INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Banco de dados meteorológicos para ensino e pesquisa**, 2015. Disponível em: <www.inmet.gov.br>. Acesso em 01 mar. 2015.

KOBRAEE, S.; SHAMSI, K. Evaluation of soybean yield under drought stress by path analysis. **Australian Journal of Basic and Applied Sciences**, v. 5, n. 10, p. 890-895, 2011.

KOLK, A.; PINKSE, J. Market strategies for climate change. **European Management Journal**, v. 22, n. 3, p. 304-314, 2004.

KRUGER, S. D.; MAZZIONI, S.; BOETTCHER, S. F. A importância da contabilidade para a gestão das propriedades rurais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CUSTOS, 16, 2009, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza, 2009.

MERCER, D.; CHRISTESEN, L.; BUXTON, M.; Squandering the future: climate change, policy failure and the water crisis in Australia. **Futures**, v. 39, p. 272-287, 2007.

MORTON, J. F. The impact of climate change on smallholder and subsistence agriculture. **PNAS**, v. 104, n. 50, p. 19697-19704, 2007.

MUNDSTOCK, C. M.; THOMAS, A. L. **Soja**: fatores que afetam o crescimento e o rendimento de grãos. Porto Alegre: Departamento de Lavoura da Universidade Federal do Rio Grande do Sul: Evangraf, 2005.

RAÍCES, C. **Guia valor econômico de agronegócios**. São Paulo: Globo, 2003.

RICHETTI, A. **Viabilidade econômica da cultura da soja na safra 2014/2015, em Mato Gross do Sul**. Comunicado Técnico 194. Dourados: EMBRAPA, 2014.

SEIPT, C.; PADGHAM, J.; KULKARNI, J.; AWITI, A. O. Capacity building for climate change risk management in Africa: Encouraging and enabling research for informed decision-making. **Environmental Development**, v. 5, p. 1-5, 2013.

TACHIE-OBENG, E.; AKPONIKPÈ, P. B. I.; ADIKU, S. Considering effective adaptation options to impacts of climate change for maize production in Ghana. **Environmental Development**, v. 5, p. 131-145, jan. 2013.



TAO, F.; ZHANG, Z. Adaptation of maize production to climate change in North China Plain: quantify the relative contributions of adaptation options. **European Journal of Agronomy**, v. 33, n. 2, p. 103-116, ago. 2010.

VERMEULEN, S. J.; AGGARWAL, P. K.; AINSLIE, A.; ANGELONE, C. CAMPBELL, B. M.; CHALLINOR, A. J.; HANSEN, J. W.; INGRAM, J. S. I.; JARVIS, R.; KRISTJANSON, P.; LAU, C.; NELSON, G. C.; THORNTON, P. K.; WOLLENBERG. Options for support to agriculture and food security under climate change. **Environmental Science & Policy**, v. 15, n. 1, p. 136-144, jan. 2012.

WRIGHT, D.; LENSSEN, A. W. Staging Soybean Development. **Agriculture and Environment Extension Publications**, v. 191, 2013. Disponível em: <http://lib.dr.iastate.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1189&context=extension_ag_publications>. Acesso em: 16 abr. 2015.