

## **Differences in production costs' structures of conventional and genetically modified corn in Brazil, on the second crop: 2010/2011, 2013/2014 and 2014/2015**

Reception of originals: 11/21/2016  
Release for publication: 06/01/2018

### **Lucilio Rogerio Aparecido Alves**

Doutor em Ciências (Economia Aplicada) pela ESALQ/USP  
Professor da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (ESALQ/USP). Departamento de Economia, Administração e Sociologia (LES). Pesquisador do Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA/ESALQ/USP)  
Av. Pádua Dias, 11 – Piracicaba/SP – CEP 13418-900.  
E-mail: [lralves@usp.br](mailto:lralves@usp.br)

### **Matheus Sleiman da Costa**

Graduado em Engenharia Agrônômica pela Universidade Federal de São Carlos (UFSCar).  
Analista de Inteligência de Mercado da INTL FCStone  
E-mail: [sleiman.costa@gmail.com](mailto:sleiman.costa@gmail.com)

### **Fábio Francisco de Lima**

Engenheiro Agrônomo pela Universidade Estadual de Maringá. Mestrando em Administração pela Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (ESALQ/USP).  
Pesquisador do Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA/ESALQ/USP).  
E-mail: [ffagro@gmail.com](mailto:ffagro@gmail.com)

### **Joaquim Bento de Souza Ferreira Filho**

Doutor em Economia pela Universidade de São Paulo (USP).  
Professor Sênior da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (ESALQ/USP). Departamento de Economia, Administração e Sociologia (LES). Pesquisador do Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA/ESALQ/USP).  
E-mail: [jbsferre@usp.br](mailto:jbsferre@usp.br)

### **Mauro Osaki**

Doutor em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de São Carlos (UFSCAR)  
Técnico Especializado Superior da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (ESALQ/USP). Departamento de Economia, Administração e Sociologia (LES). Pesquisador do Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA/ESALQ/USP).  
E-mail: [mosaki@usp.br](mailto:mosaki@usp.br)

### **Renato Garcia Ribeiro**

Economista pela Universidade Federal do Paraná (UFPR). Mestrando em Administração pela Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (ESALQ/USP).  
Pesquisador do Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA/ESALQ/USP).  
E-mail: [renatogarciaribeiro@gmail.com](mailto:renatogarciaribeiro@gmail.com)

**Luiz Henrique de Almeida**

Gestor Ambiental pela Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ/USP).  
Mestrando em Desenvolvimento Econômico – NEA/Unicamp  
E-mail: [luizhenrique.dealmeida@gmail.com](mailto:luizhenrique.dealmeida@gmail.com)

**Abstract**

The objective of this study is to analyze the differences in the composition of operational costs between conventional and genetically modified corn crops. Considering the operational cost structures of second crop grown in 2010/11, 2013/14 and 2014/15, in selected regions of Brazil, functions of distribution of each cost item and yield will be sought, allowing the calculation of operational costs per hectare and per unit of production, making it possible to identify how each variable behaves. The analysis considered 25 different cost structures, both for conventional (NOGM) and genetically modified (GMO) corn. The results showed that the cost differences between the two technologies prevailed especially in the “seed” and “insecticides” variables. The other variables of the operational cost had a less significant difference. In the aggregate, the operational cost per hectare was 4.1% higher for the genetically modified varieties compared to conventional. As the productivity of GM surpassed only 2% the productivity of conventional varieties, the cost per unit of output was 1.7% higher in genetically modified varieties.

**Keywords:** Production cost. Genetically modified organism. Agricultural economics. Competitiveness.

**1. Introdução**

O objetivo deste trabalho é analisar as diferenças na composição de custos operacionais entre os cultivos de milho com sementes convencionais e geneticamente modificadas, na segunda safra. Considerando as estruturas de custos operacionais de segunda safra cultivados em 2010/11, 2013/14 e 2014/15, em regiões selecionadas do Brasil, objetiva-se, especificamente, identificar as funções de distribuições de cada item do custo e da produtividade, assim como gerar aleatoriamente 5.000 novos dados, permitindo calcular o custo operacional por hectare e por unidade de produção, possibilitando identificar como se comporta cada variável.

O cultivo de milho segunda safra vem crescendo de forma expressiva no Brasil, em detrimento do cultivo de primeira safra. Cerca de 2/3 da área total de milho no Brasil se relaciona ao cultivo de segunda safra (CONAB, 2016). Do total, mais de 80% da área se refere ao cultivo de variedade geneticamente modificadas, apesar de a liberação do cultivo e comercialização ter sido realizada em maior número de eventos há poucos anos. Assim, questiona-se qual a diferença em custos agrícolas, e em cada item que compõe o custo de

produção, entre variedades convencionais e geneticamente modificadas e qual pode ser a diferença em custos por unidade produzida. Em outras palavras, busca-se entender as diferenças em estruturas e se isto trouxe ganhos ao produtor.

A agricultura brasileira se destaca pela rápida expansão no cultivo de Organismos Geneticamente Modificados (OGM). Com 181,5 milhões de hectares cultivados com OGM no mundo, o Brasil ocupou o segundo lugar em área cultivada, com 42,2 milhões de hectares (JAMES, 2015). A inovação no melhoramento genético de plantas se faz necessário para superar desafios globais, tais como o crescimento exponencial da população mundial e a mudança nos padrões climáticos globais (LUSSER et al., 2011).

No Brasil, o uso comercial de tecnologia de sementes transgênicas é liberado pela Comissão Técnica Nacional de Biossegurança (CTNBio) apenas para as culturas de soja, algodão, milho e feijão. A adoção se iniciou com o cultivo da soja transgênica, em 1996/97, em seguida com a aprovação do uso do algodão geneticamente modificado em 2005/06, pela adoção do milho OGM em 2008/09, pela liberação do feijão em 2011 e, por fim, do eucalipto em 2015 (CTNBio, 2016).

A taxa de adoção de sementes geneticamente modificadas (GM) vem apresentado crescimento expressivo no Brasil. Segundo estimativa da CÉLERES (2015), a área cultivada com tecnologia GM no Brasil atingiu 42,5 milhões de hectares na safra de 2014/2015, aumento de 4,8% em relação à safra. A cultura do milho teve 12,5 milhões de hectares cultivados com variedades GM, na safra brasileira de 2014/2015, o que representou 82,7% da área plantada com o cereal.

O milho geneticamente modificado foi lançado comercialmente nos Estados Unidos em 1996, posteriormente aprovado para cultivo na Argentina, Japão e Canadá. Segundo (ISAAA, 2016), 145 variedades geneticamente modificadas são comercializadas por todo o mundo.

No Brasil, o uso comercial da tecnologia GM na cultura do milho foi inicialmente aprovado em 2007. No início do ano de 2016 haviam 32 eventos de milho aprovados pela CTNBio (2016), dos quais 11 foram liberados no ano de 2015. Destes, cinco variedades são resistentes a insetos, seis apresentam tolerância a herbicidas, 20 possuem genes piramidados que combinam a resistência a insetos e tolerância a herbicidas e, por fim, um possui capacidade de restauração de fertilidade para a produção de sementes (CTNBio, 2016).

O principal motivo para o uso de variedades transgênicas é facilitar o manejo de pragas e plantas invasoras, diminuir o custo do controle e possibilitar maiores rendimentos do

produtor rural. Segundo CÉLERES (2015b), estimativas indicam que de 2014/2015 a 2023/2024, os benefícios em adotar cultivares OGM podem chegar US\$ 82,5 bilhões. Embora vantagens agronômicas sejam mais facilmente identificáveis, há poucos trabalhos que mostram a vantagem econômica em se adotar a tecnologia de OGM.

É neste contexto que este trabalho se insere. Além desta introdução, o trabalho está dividido em quatro seções. Na segunda, é apresentada a revisão bibliográfica com aspectos econômicos do uso de OGM na cultura do milho e simulação de risco, por meio do método de simulação de Monte Carlo na agricultura; na terceira, a metodologia utilizada; na quarta, os resultados obtidos; e na quinta, as principais considerações finais.

## 2. Aspectos Econômicos e Avaliações de Riscos no Cultivo de Milho

Nesta seção, são apresentados trabalhos que analisaram aspectos econômicos relacionados ao uso de sementes OGM na cultura do milho e avaliações de risco em diferentes sistemas de produção agrícola, por meio do método de simulação de Monte Carlo. ALVES et al. (2012) destacam que para o bom desenvolvimento de uma lavoura, o manejo fitossanitário, o clima, solo, e ainda o potencial genético do cultivar, desempenha um papel de grande importância. O melhoramento genético visa atribuir aos cultivares características que permitam que o produtor possa contornar as adversidades da produção agrícola.

Segundo Huang et al. (2005) e Xu et al., (2013), além do aumento na produtividade, a resistência a insetos e a tolerância a herbicida impactam diretamente na menor demanda por aplicações de produtos químicos e, conseqüentemente, na mão de obra e no uso de máquinas. Portanto, há impactos diretos nos custos de produção.

Qaim (2009) revisou a literatura disponível para estruturar um panorama econômico das culturas geneticamente modificadas. O autor concluiu em sua revisão que o uso de milho transgênico, com o gene *Bacillus thuringiensis* (Bt), refletiu em um importante aumento nas produtividades efetivas, principalmente em regiões quentes e úmidas onde a pressão de pragas é maior quando comparada a climas temperados.

Wu (2004) estimou em US\$ 432 milhões anuais os ganhos anuais para a sociedade americana decorrentes da adoção do milho Bt nos EUA. A maior parte desse benefício vem do aumento da produção e do lucro para a indústria, através da taxa sobre a tecnologia Bt. O autor destaca a maior receita dos produtores, menores custos com insumos (pesticidas), e menor risco em relação ao milho mofado.

Coupe e Capel (2016) estudaram as tendências do uso de herbicidas e inseticidas nas culturas do milho e da soja, no período de 1992 a 2009, desde a introdução das variedades geneticamente modificadas. O autor discute que para o milho, em 2009, houve 90,5% de adoção de milho OGM e um uso de 1,8 milhão de quilos de inseticidas (por ingrediente ativo). Já em 1992, não havia área alguma com milho OGM e a quantidade atingia 10,3 milhões de quilos de inseticida. Nos últimos 17 anos, portanto, a quantidade de inseticida aplicada diminuiu em 82,52%. É interessante frisar que a área para o cultivo de milho aumentou durante os anos analisados.

Gipmans et al. (2014) mostra, a partir da metodologia de Análise do Ciclo de Vida (ACV) e do *input* de dados do *The Nebraska Crop Budgets*, que as vantagens são claras no uso de variedades geneticamente modificadas de milho em todos os aspectos econômicos e na maioria dos aspectos ambientais. O autor mostra que o uso de fertilizantes e a produtividade atingida são dois dos principais fatores para a produção sustentável de milho. Outro ponto importante é que, apesar dos benefícios no uso de inseticidas mostrarem-se limitados, os ganhos econômicos entre variedades geneticamente modificadas se mostraram significantes.

O levantamento e estudo das cultivares GM de soja e milho liberadas até o ano de 2011 foi realizado por Alves et al., (2012b) no qual analisam o impacto da introdução dessa biotecnologia no Brasil e no Mundo, bem como o desenvolvimento da tecnologia transgênica ao longo dos anos. Neste estudo, os autores analisam as vantagens e desvantagens relacionadas ao uso do milho transgênico. O trabalho destaca o controle eficaz da lagarta-de-cartucho (*S. frugiperda*) com o uso do milho Bt, no Brasil, resultando em uma maior produtividade, menor custo com insumos e maior receita ao produtor. Os autores também chamam a atenção no fato de que muitas análises mostraram que a intensificação do uso de milho transgênico pode reduzir a biodiversidade e selecionar pragas resistentes ao milho Bt.

Pavão e Ferreira Filho (2011) avaliaram economicamente os impactos do milho Bt11 no Brasil e, comparativamente, apenas no Paraná, onde era discutida a proibição dessa tecnologia. Esse estudo foi feito por meio de uma simulação calibrada para 2001. De forma geral, os efeitos da adoção do híbrido geneticamente modificado no Brasil afetaram toda a cadeia produtiva, aumentando o PIB, as exportações e os consumos das famílias. Já no Paraná, simulando-se a não adoção do Bt11, houve perda de competitividade produtiva, reduzindo empregos, o consumo das famílias e diminuindo o nível das atividades.

Miguel et al. (2013) avaliaram os riscos econômicos atrelados ao cultivo de milho Bt, tomando como base: a) riscos atrelados à variação da economia, ou seja, os custos de diversos

níveis de infestação e preços de inseticidas b) e riscos atrelados aos ganhos provenientes do aumento da produtividade e dos preços do milho. Os resultados mostraram grande diferença no número de aplicações de inseticidas para controle de Lepidópteros no cultivo de sementes geneticamente modificadas. Ainda por meio da formulação do modelo e da aplicação do método Monte Carlo observou-se que há 90% de segurança que os produtores deverão obter ganhos líquidos ao cultivar o milho Bt.

O método de simulação de Monte Carlo para avaliar o risco em diferentes sistemas de produção agrícola pode ser encontrado em trabalhos como de Osaki et al. (2015), Melo; Silva; Esperancini (2012) e Lima et al., (2007). Osaki et al. (2015) analisaram o risco do sistema de produção de uma propriedade representativa de Cascavel (PR), por meio da técnica de simulação de Monte Carlo. Os autores estudaram cinco possíveis sistemas de produção, combinando quatro produtos agrícolas (soja, milho, milho segunda safra e trigo) para as seis diferentes formas de uso do solo para a primeira e a segunda safras. Os autores identificaram o sistema de produção com maior rentabilidade e menor risco, e o produto que eleva o risco e a rentabilidade do sistema de produção.

Por meio da técnica de simulação, Melo; Silva; Esperancini (2012) analisaram o preço e custo de produção da soja e milho primeira safra no estado do Paraná. Os resultados do trabalho indicaram que a soja apresentou maior possibilidade de prejuízo para menores níveis de risco. À medida que o risco aumenta, os resultados da receita líquida para a soja são melhores do que para o milho.

A rentabilidade da soja foi estimada pela técnica de simulação e análise de sensibilidade por Lima et al., (2007), para sistema convencional e semeio direto na região Norte Fluminense do Estado do Rio de Janeiro. Os resultados indicam que o preço da soja foi identificado como a variável de maior efeito sobre a rentabilidade para os dois sistemas, seguida das operações mecânicas no sistema convencional e fertilizantes no semeio direto.

### **3. Metodologia**

Nesta seção, seguem informações sobre a obtenção dos dados, a estrutura do custo de produção e os tratamentos de dados e variáveis.

#### **3.1. Fonte dos dados e estrutura de custos de produção**



Os dados utilizados neste trabalho foram obtidos no Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA/ESALQ/USP, 2016). As informações se referem aos custos operacionais (CO), por itens de custos, de milho segunda safra, para os anos-safras de 2010/11, 2013/14 e 2014/15. Segundo o CEPEA/ESALQ/USP (2016), os dados de custos foram obtidos através da técnica de painel. Informações sobre as características de painéis podem ser obtidas, entre outros, em Osaki et al. (2015), Ikeda; Osaki; Alves (2013), Alves et al., (2012b) e Alves et al., (2012a).

Resumidamente, a estrutura original de custo de produção era separada por itens que compõem o Custo Operacional Efetivo (CO), o Custo Operacional Total (COT) e o Custo Total (CT), tomando como referência a descrição de Matsunaga; Bemelmans; Toledo (1976) e o método de alocação de custo fixo discutida por Bornia (1995). No Custo Operacional Efetivo (CO) constam todos os itens considerados variáveis ou gastos diretos representados pelo dispêndio em dinheiro, tais como insumos (fertilizantes, sementes e defensivos agrícolas), operação mecânica (diesel e manutenção preventiva), mão-de-obra, serviço terceirizado, comercialização agrícola, transporte, despesa financeira, despesa com tributos de comercialização e despesa gerais. O Custo Operacional Total (COT) é formado pela soma do CO com a parcela dos custos indiretos representados pela depreciação de máquinas, implementos e benfeitorias e taxas associadas ao processo de produção. Por fim, o Custo Total (CT) é a soma do COT com o custo oportunidade de uso do capital e da terra.

Neste trabalho, foram utilizados apenas o CO, tendo como composição as seguintes variáveis, ou itens de custos, em R\$/ha: fertilizantes, sementes + tratamento de sementes, herbicidas, inseticidas, fungicidas, máquinas/equipamentos/transporte, mão de obra, impostos/seguros/assistência técnica, outros custos (que podem ser, a depender da região, adjuvantes, custo geral, comercialização e armazenamento e arrendamento) e financiamento do capital de giro. Também foi analisada o indicador de produtividade, para que fosse possível calcular o CO médio por unidade de produto.

As regiões consideradas nas análises e os respectivos anos-safras constam na Tabela 1. Foram consideradas apenas as regiões em que foi possível obter custos tanto para variedades convencionais e geneticamente modificadas. No agregado, 25 diferentes estruturas de custos foram consideradas, sendo cinco para da safra 2010/11, onze da safra 2013/14 e nove da safra 2014/15. Todos os custos foram deflacionados pelo Índice Geral de Preços – Disponibilidade Interna (IGP-DI), base dezembro de 2015. Foram considerados índices médios do deflator, considerando para cada ano-safra o período entre julho de um ano e junho do ano seguinte.

**Tabela 1: Regiões e anos-safras consideradas nas análises de custos de produção de milho segunda safra, para variedades convencionais e geneticamente modificadas.**

Estado	Região	Ano-safra		
		2010/11	2013/14	2014/15
GO	Rio Verde	X	X	X
	Mineiros	X	X	X
	Jataí		X	
PR	Cascavel	X	X	
	Londrina	X	X	
MG	Unaí	X	X	
MT	Sinop		X	X
	Sorriso		X	X
	Campo Novo do Parecis		X	X
	Primavera do Leste		X	X
	Querência		X	X
MS	Naviraí			X
MA	Balsas			X

Fonte: Dados da pesquisa.

### 3.2. Identificação de funções de distribuição e geração de números aleatórios

O para atender aos objetivos deste trabalho, buscou-se trabalhar num contexto de grandes números, partindo da base das 25 diferentes estruturas de custos, para os três anos focos do trabalho. Ao trabalhar com grandes números, o fator risco também pode ser analisado.

A geração de grandes números será feita através de simulação de Monte Carlo, conforme citado por Martines Filho e Peres (1998). A simulação de Monte Carlo foi desenvolvida por Hertz (1964) e, segundo Oliveira e Medeiros Neto (2012), é um método eficaz para ser aplicado a fluxos de caixas e assim medir incertezas sobre variáveis no qual não há domínio e que são significantes na tomada de decisão.

Para cada variável da estrutura de custos, identificou-se a distribuição de probabilidade. A partir dos parâmetros impostos das distribuições, foi simulado 5.000 interações aleatórias de cada variável e formou-se um novo custo médio por unidade de produto. Todo o processo de identificação das funções de distribuição e geração de números aleatórios foi realizado pelo *software* @Risk, que se baseia nos testes de Komogorov e Qui-quadrado ( $\chi^2$ ) para dimensionar as melhores respostas, disponibilizando-as em uma lista, onde o próprio pesquisador pode fazer os ajustes necessários, conforme sua necessidade.



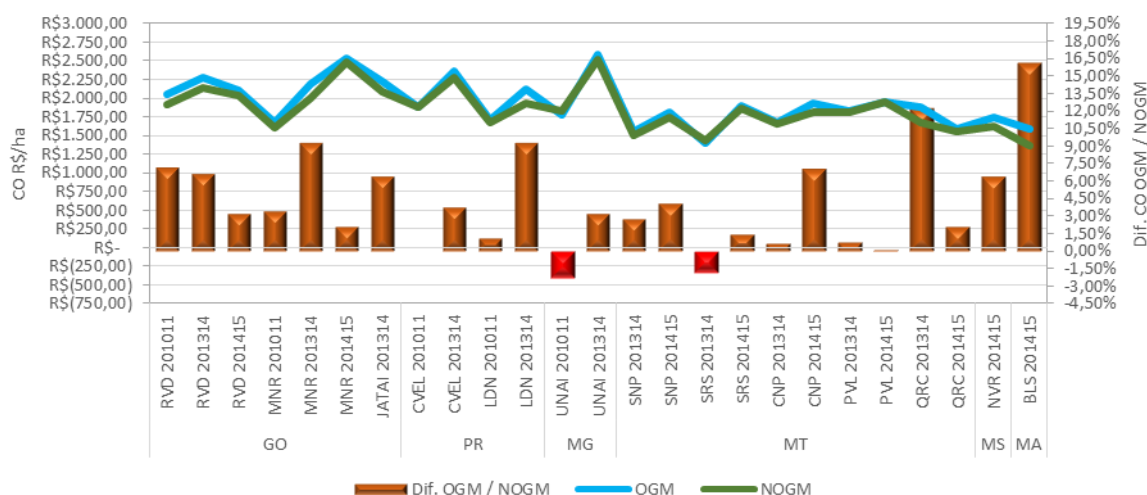
Após as definições das funções de distribuições características para cada item do custo de produção, foram adicionados truncamentos com o valor zero para que não houvesse geração de valores negativos para o custo. Além disso, todas as funções de distribuições foram correlacionadas, para que pudessem manter as características originais de relações entre variáveis. Os números aleatórios para cada variável foram agregados para gerar novos custos Operacionais simulados, tanto para as variedades convencionais quanto para as variedades geneticamente modificadas.

#### **4. Resultados**

Nesta seção, inicialmente serão apresentadas algumas considerações sobre as variáveis originais em estudo, de forma que possibilite maior entendimento dos resultados de comparação entre o uso de variedades convencionais (NOGM) e geneticamente modificadas (OGM). Na subseção dois será detalhada os resultados da simulação, comparando também entre as tecnologias para o milho de segunda safra.

##### **4.1. Características de custos de produção de milho convencional e geneticamente modificado**

Inicialmente, discute-se as diferenças em termos de Custos Operacionais de milho entre o uso de variedades convencionais (NOGM) e geneticamente modificadas (OGM). Os dados da Figura 1 apontam que com exceção das regiões de Unaí/MG, em 2010/11, e Sorriso/MT, em 2013/14, em todas as demais o custo da OGM superou o custo da NOGM, com a primeira tendo um CO de até 16% maior que a segunda. A média aritmética de custo original, base dez/15, da OGM ficou em R\$ 1.932,22/ha, enquanto da NOGM, em R\$ 1.855,40/ha.



**Figura 1: Custos operacionais de variedades geneticamente modificadas (OGM) e convencionais (NOGM), em R\$/ha, e diferenças entre os custos, em regiões selecionadas, nas safras 2010/11, 2013/14 e 2014/15, deflacionados pelo IGP-DI, base dez/15.**

Fonte: CEPEA/ESALQ/USP (2016).

Obs.: RVD = Rio Verde/GO; MNR = Mineiros/GO; JATAI = Jataí/GO; CVEL = Cascavel/PR; LDN = Londrina/PR; UNAI = Unai/MG; SNP = Sinop/MT; SRS = Sorriso/MT; CNP = Campo Novo do Parecis/MT; PVL = Primavera do Leste/MT; QRC = Querência/MT; NVR = Naviraí/MS; BLS = Balsas/MA.

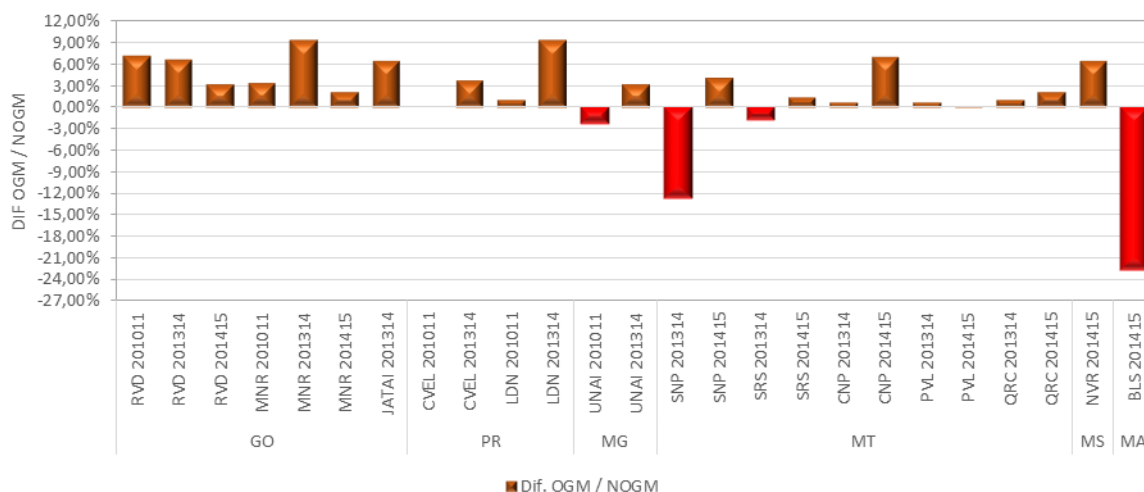
Um ponto importante é que em apenas três casos a produtividade da OGM superou a da NOGM, ficando igual nos demais casos. Em Sinop/MT (2013/14), Querência/MT (2013/14) e Balsas (2014/15), as produtividades da OGM ficaram 17,7%, 11,11% e 50% maiores que de variedades convencionais.

Com isso, em somente quatro casos os custos médios por unidade de produção da OGM ficaram inferiores aos de variedades convencionais, conforme dados da Figura 2. Como as produtividades médias regionais são praticamente iguais, os dados apontam que o menor desembolso com inseticidas, nas variedades OGM, relacionadas às tecnologias Bt (Figura 3), é mais que compensada com o maior custo com sementes (Figura 4).

Este é um resultado surpreendente, quando se leva em conta a elevada taxa de adoção do milho GM no Brasil. Os dados de campo apontam que um ponto principal associado com a adoção é a redução de riscos na produção, do ponto de vista dos produtores. Também podem ser listados a qualidade esperada de sementes (potencial genético), apesar de os dados não apontarem diferenças de produtividade, e, surpreendentemente, em certas regiões, a baixa disponibilidade de sementes não-transgênicas.

Entre outros itens do custo de produção, também podem haver diferenças de desembolsos. Com menor necessidade de aplicação de inseticidas, por exemplo, reduz-se o gasto com máquinas e equipamentos, assim como com a mão de obra. Se houver diferenças

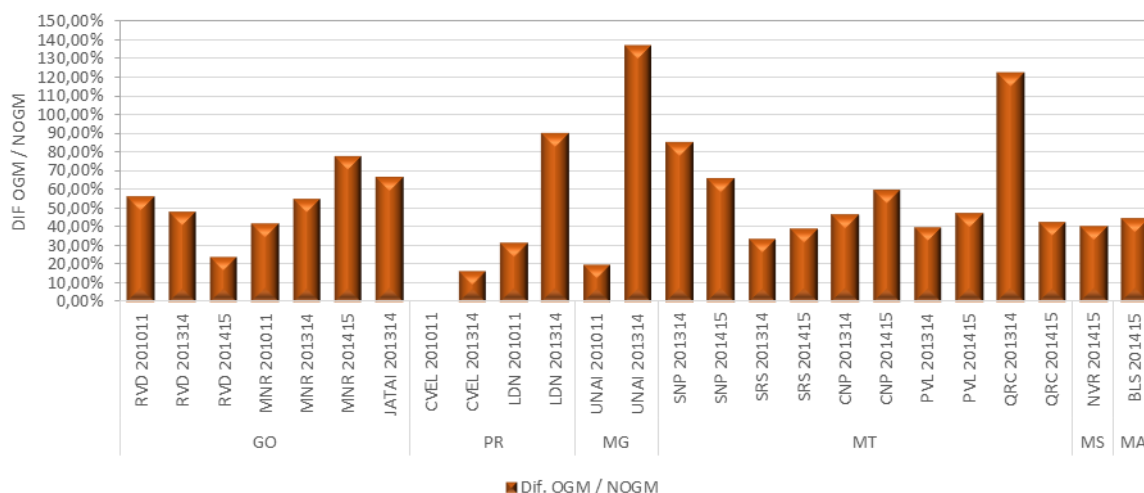
em produtividades, também há alterações na mesma direção de gastos com transporte e impostos sobre a produção. Como as diferenças são menos expressivas, optou-se por analisar apenas quando das simulações de números aleatórios.



**Figura 2: Diferenças de custos operacionais médios (R\$/sc de 60 kg) de variedades geneticamente modificadas (OGM) e convencionais (NOGM), em regiões selecionadas, nas safras 2010/11, 2013/14 e 2014/15.**

Fonte: Dados da pesquisa.

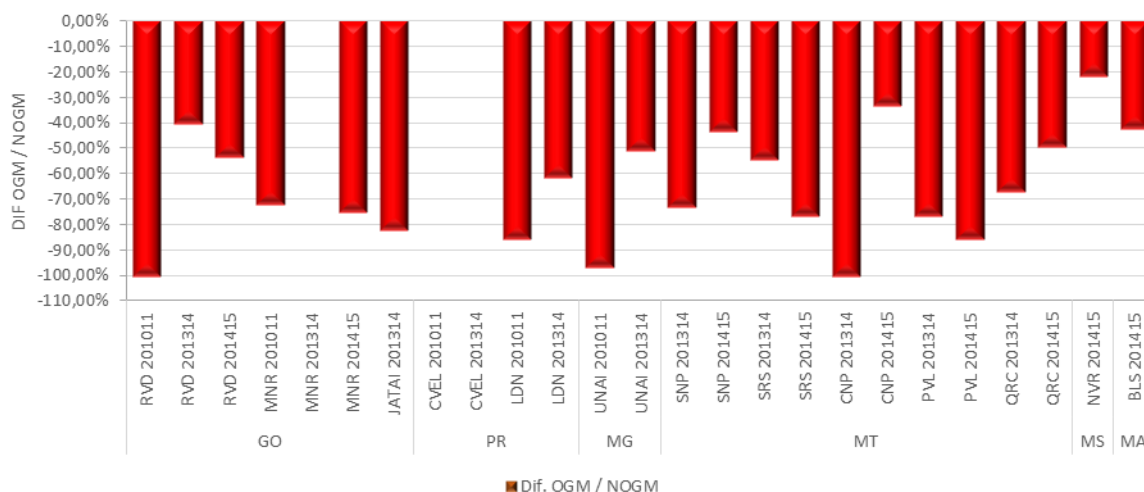
Obs.: RVD = Rio Verde/GO; MNR = Mineiros/GO; JATAI = Jataí/GO; CVEL = Cascavel/PR; LDN = Londrina/PR; UNAI = Unai/MG; SNP = Sinop/MT; SRS = Sorriso/MT; CNP = Campo Novo do Parecis/MT; PVL = Primavera do Leste/MT; QRC = Querência/MT; NVR = Naviraí/MS; BLS = Balsas/MA.



**Figura 3: Diferenças de custos com sementes de variedades geneticamente modificadas (OGM) e convencionais (NOGM), em R\$/ha, em regiões selecionadas, nas safras 2010/11, 2013/14 e 2014/15.**

Fonte: Dados da pesquisa.

Obs.: RVD = Rio Verde/GO; MNR = Mineiros/GO; JATAI = Jataí/GO; CVEL = Cascavel/PR; LDN = Londrina/PR; UNAI = Unai/MG; SNP = Sinop/MT; SRS = Sorriso/MT; CNP = Campo Novo do Parecis/MT; PVL = Primavera do Leste/MT; QRC = Querência/MT; NVR = Naviraí/MS; BLS = Balsas/MA.



**Figura 4: Diferenças de custos com inseticidas de variedades geneticamente modificadas (OGM) e convencionais (NOGM), em R\$/ha, em regiões selecionadas, nas safras 2010/11, 2013/14 e 2014/15.**

Fonte: Dados da pesquisa.

Obs.: RVD = Rio Verde/GO; MNR = Mineiros/GO; JATAI = Jataí/GO; CVEL = Cascavel/PR; LDN = Londrina/PR; UNAI = Unaí/MG; SNP = Sinop/MT; SRS = Sorriso/MT; CNP = Campo Novo do Parecis/MT; PVL = Primavera do Leste/MT; QRC = Querência/MT; NVR = Naviraí/MS; BLS = Balsas/MA.

#### 4.2. Funções de distribuições características de cada item do Custo Operacional do milho segunda safra

Tomando como referências os custos deflacionados, o passo seguinte foi a identificação das funções de distribuição que melhor caracteriza cada uma das variáveis do custo operacional do milho segunda safra no Brasil, tanto para variedades convencionais quanto geneticamente modificadas. Conforme dados da Tabela 2, prevaleceu a função de distribuição Extreme Value entre as variáveis, sendo que detalhes sobre essa função podem ser encontrados em Kotz e Nadarajah (2000). Também houve dois casos da exponencial, especialmente nas variáveis que podem ter valores zero e positivos expressivos, e um da distribuição normal. O custo operacional é considerado um resultado (output) da soma das demais variáveis. O custo médio por unidade de produção será calculado pela divisão do output pelo resultado da distribuição da produtividade.

**Tabela 2: Definição das funções de distribuição para as variáveis de custos operacionais de produção de milho segunda safra**

Função de distribuição	Variáveis enquadradas
Extreme Value	Fertilizantes; Sementes + tratamento de sementes; Herbicidas; Inseticida (NOGM);

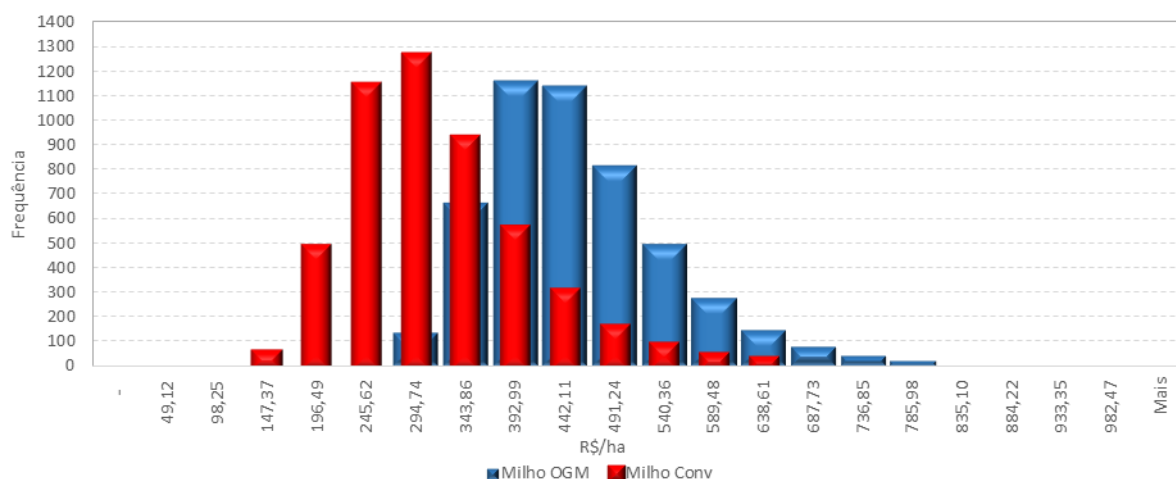
	Fungicida; Máquinas/Equipamentos/Transportes; Mão de Obra; Impostos/Seguros/Assistência Técnica; Financiamento de Capital de Giro
<b>Exponencial</b>	Inseticidas (OGM); Outros Custos.
<b>Normal</b>	Produtividade
<b>Output</b>	Custo Operacional

Fonte: Dados da pesquisa.

### 4.3. Comparações de distribuição de custos operacionais

Após definidas as funções de distribuições para cada item do custo de produção, assim como as estatísticas que permitem a geração de dados aleatórios, foram simulados 5.000 novos dados para cada uma. Com os novos dados, elaboraram-se os gráficos de distribuição de frequência, considerando numa análise as distribuições para as tecnologias OGM e NOGM, visando facilitar o entendimento das diferenças de custos em cada item, assim como no custo operacional médio por hectare e por unidade de produção.

Conforme discutido anteriormente, as maiores diferenças de custos entre a tecnologias estão relacionadas aos gastos com sementes e inseticidas. No caso de sementes, o gasto médio calculado em variedades de milho convencionais foi de R\$ 291,80/ha, enquanto no OGM foi de R\$ 430,47/ha (Figura 5), ou seja, em média, o gasto com sementes no milho OGM ficou 47,5% maior que no convencional. Além disso, o intervalo de frequência de valores mais recorrentes para o OGM na simulação ficou 51,8% maior que no NOGM (Tabela 3).



**Figura 5: Níveis de custos com sementes + tratamento de sementes, em R\$/ha, nas variedades geneticamente modificadas (OGM) e convencionais (NOGM), através da simulação de número aleatórios.**

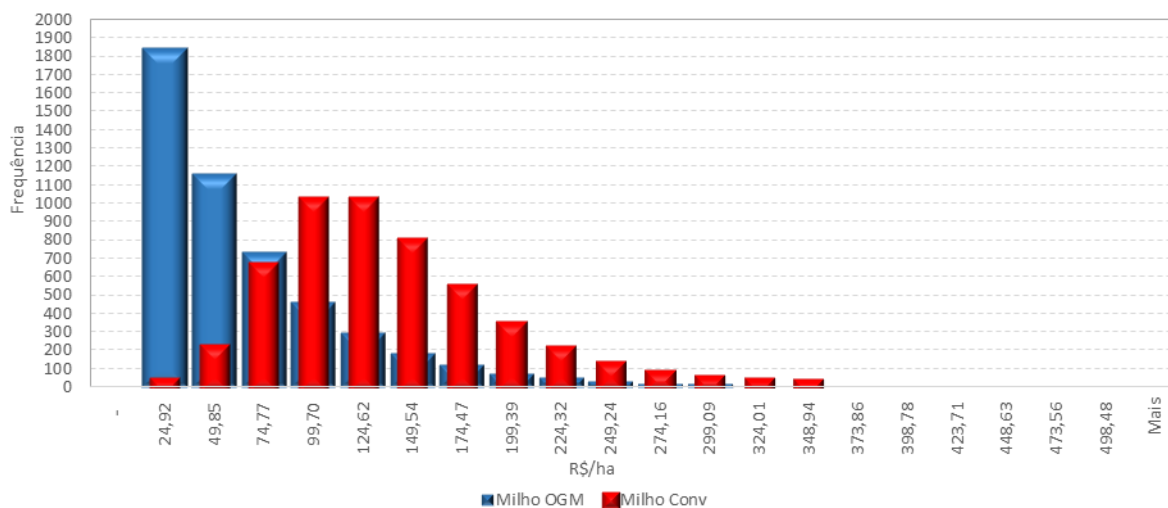
Fonte: Dados da pesquisa.

**Tabela 3: Estatísticas relacionadas às simulações de custos com sementes + tratamento de sementes, em R\$/ha, nas variedades geneticamente modificadas (OGM) e convencionais (NOGM), em R\$/ha.**

Variedades	Média	Moda	Máximo	Mínimo
<b>OGM</b>	430,48	387,62	1143,15	207,24
<b>Convencional</b>	291,78	255,33	839,60	90,12

Fonte: Dados da pesquisa.

No caso dos inseticidas, como o esperado o custo foi menor nas variedades OGM, comparativamente às NOGM (Figura 6), compensando, partes, o maior desembolso nas sementes. Para a OGM, a maior frequência observada foi de custos entre zero e cerca de R\$ 25,00/ha. Porém, há probabilidade de os gastos com inseticidas serem inclusive equivalentes aos registrados nas variedades NOGM. Enquanto no OGM o custo médio ficou em R\$ 54,18/ha, no NOGM a média foi de R\$ 123,50/ha. Conforme apresentado na Tabela 4, a média de gasto com inseticida para variedades OGM ficou 56,1% menor que para a convencional. Identifica-se também que a moda, ou seja, o valor que mais ocorreu na simulação com 5.000 novos dados, na tecnologia OGM ficou quase 100% menor na da convencional.



**Figura 6: Níveis de custos com inseticidas, em R\$/ha, nas variedades geneticamente modificadas (OGM) e convencionais (NOGM), através da simulação de número aleatórios.**

Fonte: Dados da pesquisa.

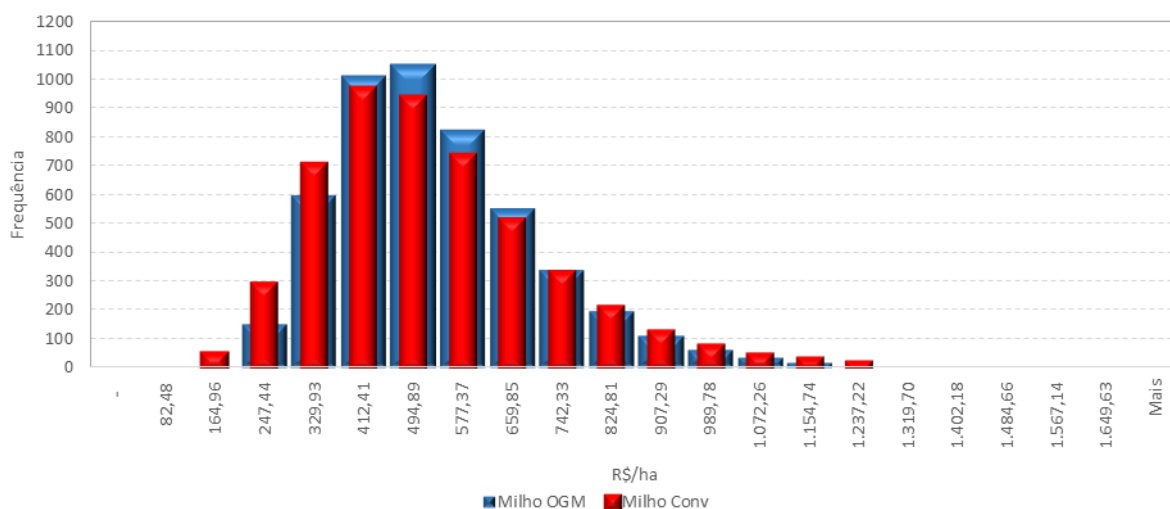
**Tabela 4: Estatísticas relacionadas às simulações de custos com inseticidas, em R\$/ha, nas variedades geneticamente modificadas (OGM) e convencionais (NOGM).**

Variedades	Média	Moda	Máximo	Mínimo
<b>OGM</b>	54,18	0,27	490,04	0,009
<b>Convencional</b>	123,50	98,30	512,68	4,64



Fonte: Dados da pesquisa.

As diferenças de custos entre as demais variáveis consideradas foram menos expressivas entre as tecnologias em análise. Os custos com fertilizantes tiveram médias diferentes de apenas 2% entre OGM e NOGM, ficando em R\$ 496,74/ha e R\$ 487,63/ha, respectivamente. Conforme dados da Figura 7, 90% dos valores se concentraram entre R\$ 265/ha e R\$ 827/ha para as duas tecnologias. Porém, pode-se dizer que os custos nas variedades convencionais são mais dispersos que nas variedades OGM.

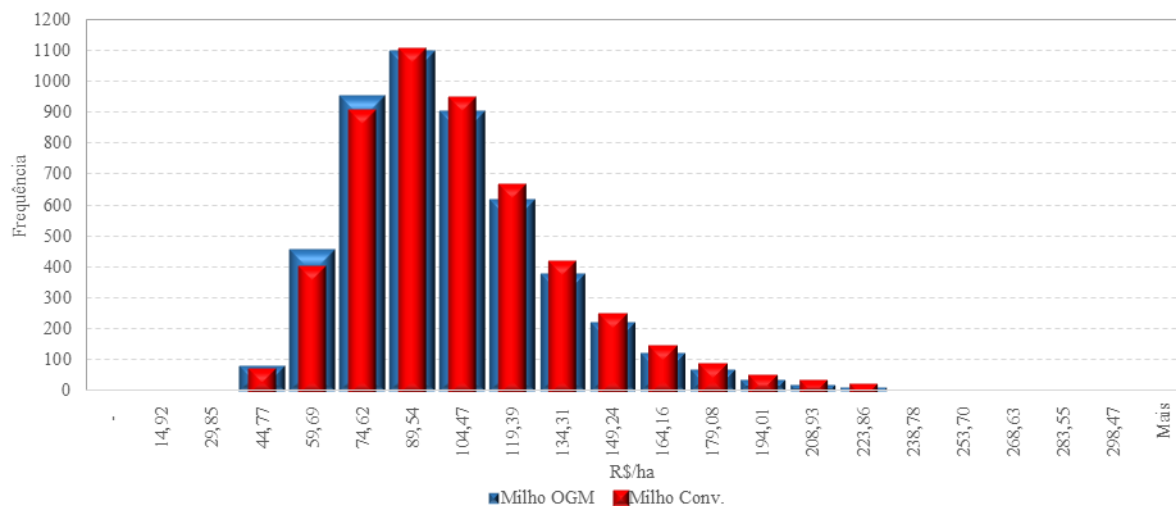


**Figura 7: Níveis de custos com fertilizantes, em R\$/ha, nas variedades geneticamente modificadas (OGM) e convencionais (NOGM), através da simulação de número aleatórios.**

Fonte: Dados da pesquisa.

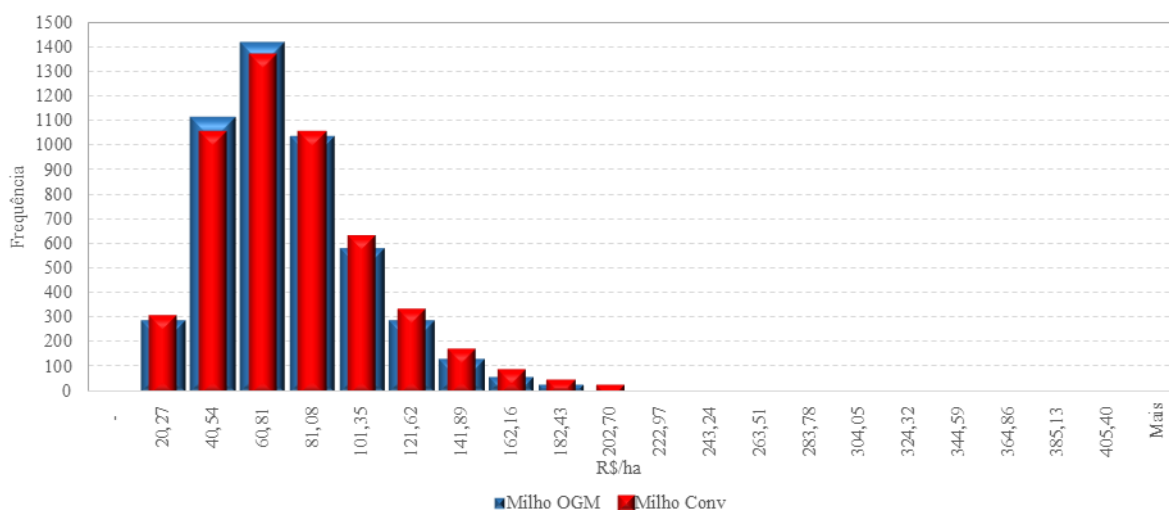
Nos custos com herbicidas (Figura 8) também não foram obtidas diferenças expressivas de distribuição de frequência entre variedades OGM e convencionais. Em tecnologias OGM, o custo médio com herbicida ficou em R\$ 93,24/ha, contra R\$ 95,44/ha nas variedades convencionais.

Os custos com fungicidas são menos expressivos na cultura do milho, apesar de se observar crescimento a cada ano-safra. O valor médio para as variedades geneticamente modificadas e convencionais ficaram em R\$ 61,21/ha e R\$ 63,40/ha, respectivamente (Figura 9).



**Figura 8: Níveis de custos com herbicidas, em R\$/ha, nas variedades geneticamente modificadas (OGM) e convencionais (NOGM), através da simulação de número aleatórios.**

Fonte: Dados da pesquisa.



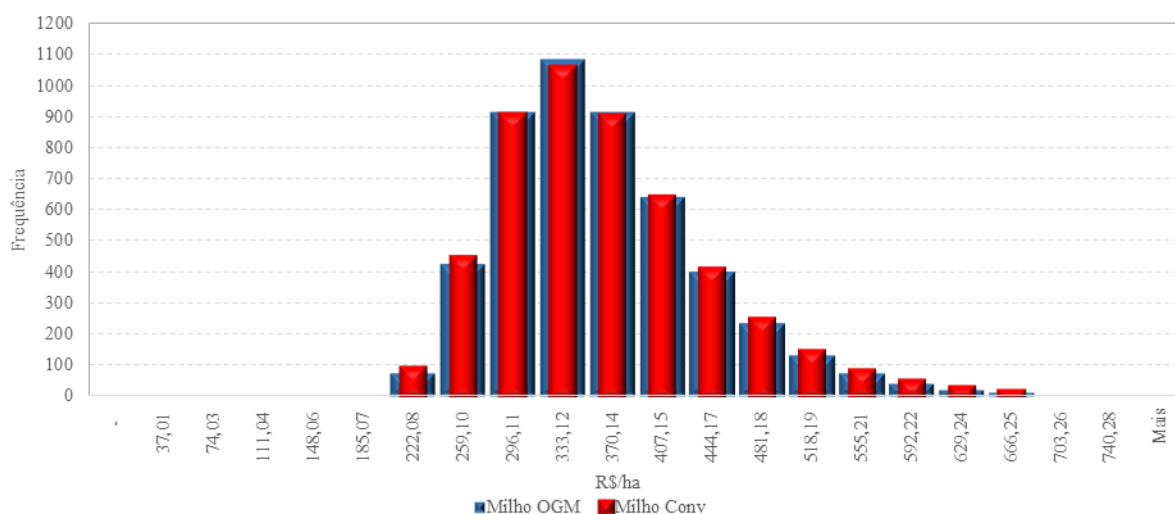
**Figura 9: Níveis de custos com fungicidas, em R\$/ha, nas variedades geneticamente modificadas (OGM) e convencionais (NOGM), através da simulação de número aleatórios.**

Fonte: Dados da pesquisa.

Apesar do menor custo com inseticidas, os desembolsos com máquinas, equipamentos e transportes conjuntamente ficaram praticamente iguais entre as tecnologias (Figura 10). Os dados apontam que mesmo aplicando menos inseticida, talvez tenha sido necessária a realização de aplicações de outros defensivos químicos, não reduzindo a utilização de máquinas e equipamentos. Como a produtividade foi semelhante entre as tecnologias, o custo com transporte também não se altera. O custo médio com esses itens ficou em R\$ 346,15/ha

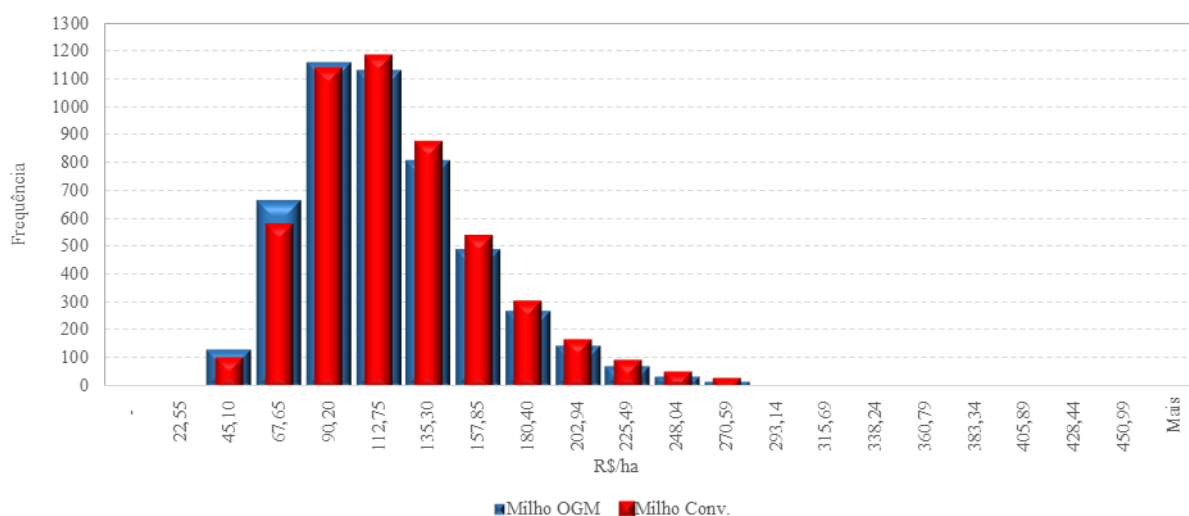
na tecnologia OGM e R\$ 346,84/ha na convencional, com base nos 5.000 dados gerados aleatoriamente.

Situação semelhante se observa nos custos com a mão de obra (Figura 11). Porém, nas variedades convencionais há um deslocamento para a direita no gráfico de frequência, sinalizando maior custo por hectare. Com base nos dados aleatórios, o custo médio com mão de obra nas variedades OGM ficou em R\$ 107,10/ha, indo para R\$ 110,20/ha na convencional.



**Figura 10: Níveis de custos com máquinas, equipamentos e transportes, em R\$/ha, nas variedades geneticamente modificadas (OGM) e convencionais (NOGM), através da simulação de número aleatórios.**

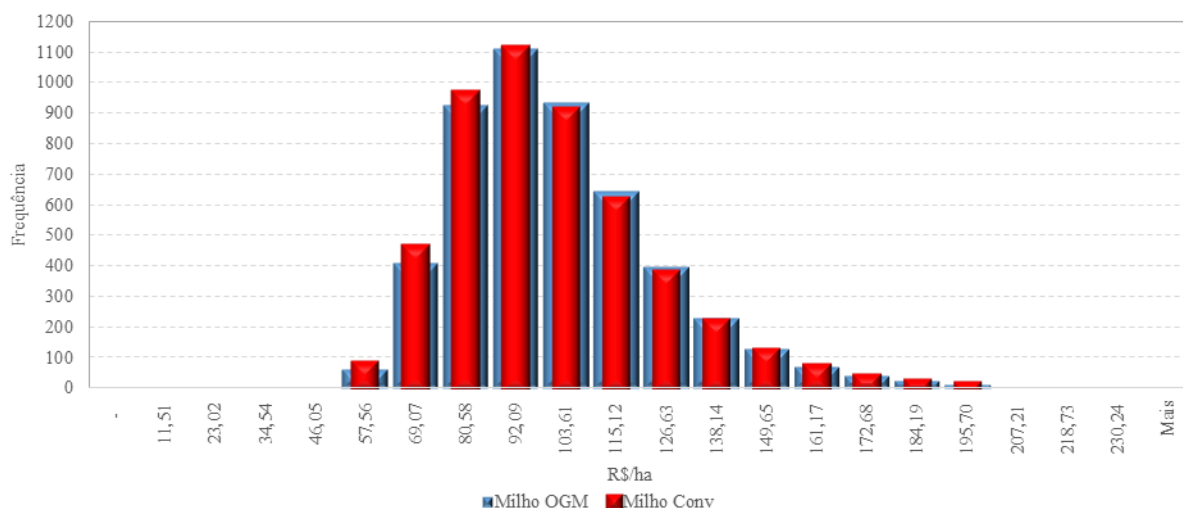
Fonte: Dados da pesquisa.



**Figura 11: Níveis de custos com mão de obra, em R\$/ha, nas variedades geneticamente modificadas (OGM) e convencionais (NOGM), através da simulação de número aleatórios.**

Fonte: Dados da pesquisa.

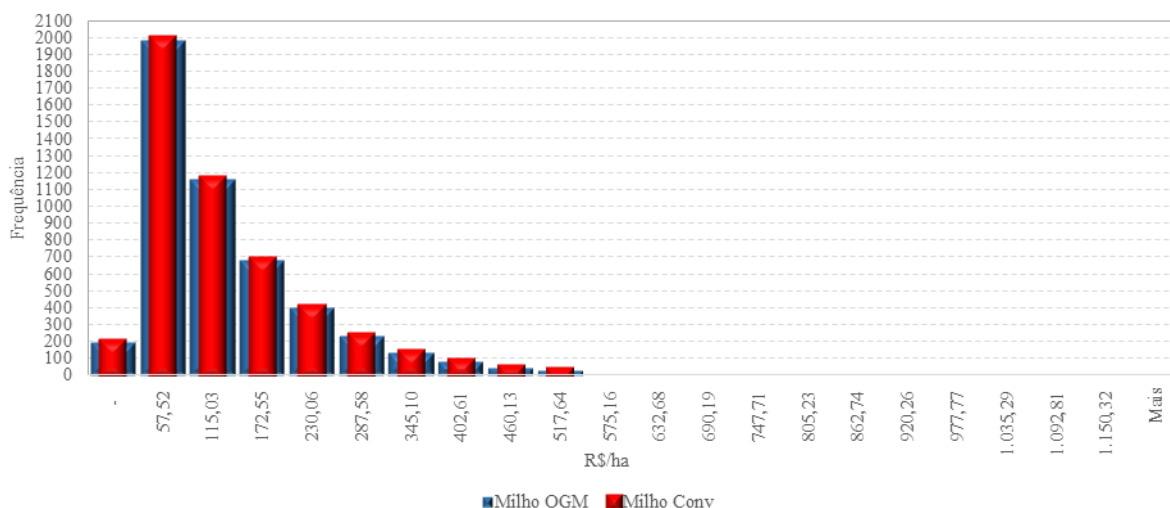
Em impostos, seguros e assistência técnica, o custo médio ficou ligeiramente maior para variedades OGM. Porém, a Figura 12 indica que é para variedade convencionais que custo pode chegar a valores mais expressivos. De outra forma, é nas variedades convencionais que a distribuição de frequência mostrou caldas mais longas, inclusive para valores menores.



**Figura 12: Níveis de custos com impostos, seguros e assistência técnica, em R\$/ha, nas variedades geneticamente modificadas (OGM) e convencionais (NOGM), através da simulação de número aleatórios.**

Fonte: Dados da pesquisa.

Nos outros custos, a simulação mostrou que há concentração de valores até R\$ 115,03/ha, mas também pode chegar a quase R\$ 1.000,00 (Figura 13). O fato é que neste grupo há um caso que inclui o desembolso com arrendamento, o que acaba por ampliar a dispersão das informações.

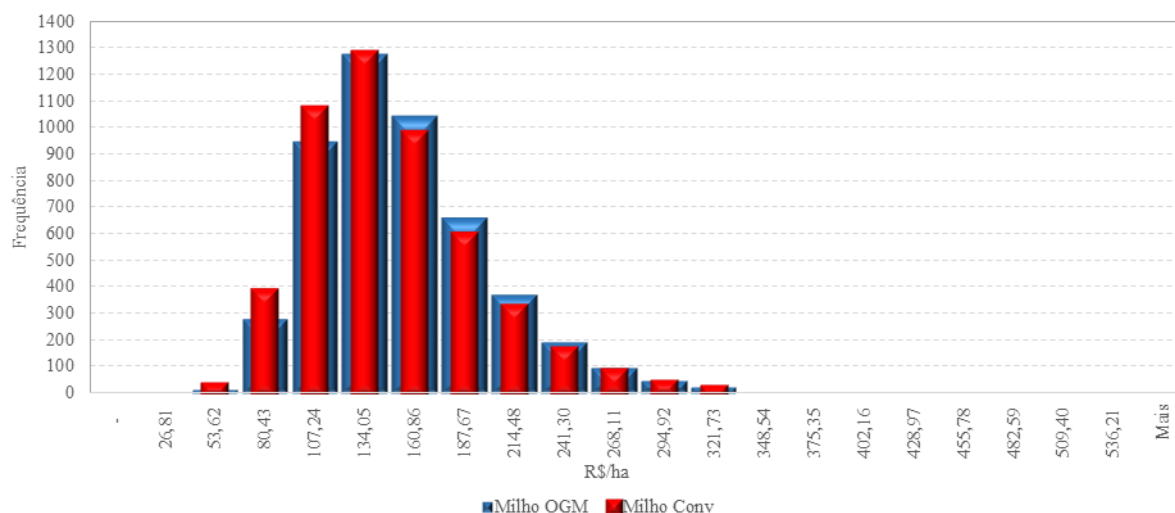


**Figura 13: Níveis de custos com Outros Custos, em R\$/ha, nas variedades geneticamente modificadas (OGM) e convencionais (NOGM), através da simulação de número aleatórios.**

Fonte: Dados da pesquisa.

Para completar o custo operacional, falta apenas analisar o custo com capital de giro, cujos dados constam na Figura 14. O que se observa, é que os maiores custos com insumos nas variedades OGM, especialmente puxado pelo item sementes, elevou o custo também com capital de giro. Enquanto na NOGM a calda da esquerda tem maior representatividade percentual, na OGM é a calda direita da distribuição de frequência que prevalece. O custo médio na OGM ficou em R\$ 141,53/ha, contra R\$ 135,97/ha na convencional. Observe há probabilidades de este item chegar a valores considerados altos, ou muito acima de suas médias.

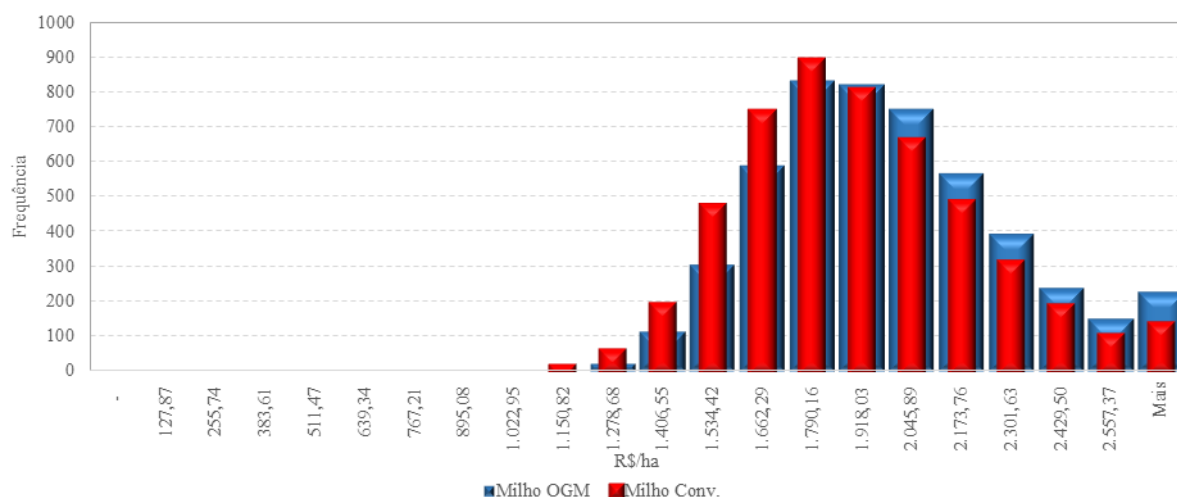
A soma dos custos médios e das distribuições acima apresentadas, permite calcular um novo Custo Operacional Médio por hectare, agora envolvendo 5.000 dados aleatórios. Como já esperado, o custo do OGM superou o custo por hectare do NOGM – a diferença foi de 4,1% –, ficando em R\$ 1.927,94/ha e R\$ 1.852,45/ha, respectivamente (Figura 15). Observa-se que na OGM os intervalos acima da média superam as frequências do NOGM, apontando maior probabilidade de os custos no OGM serem ainda maiores. Na prática, o fato de se adquirir sementes geneticamente modificadas e ainda ser necessária a aplicação de inseticidas, no caso da não efetivamente da tecnologia, é o que pode elevar o risco e o custo do cultivo.



**Figura 14: Níveis de custos com financiamento de capital de giro, em R\$/ha, nas variedades geneticamente modificadas (OGM) e convencionais (NOGM), através da simulação de número aleatórios.**

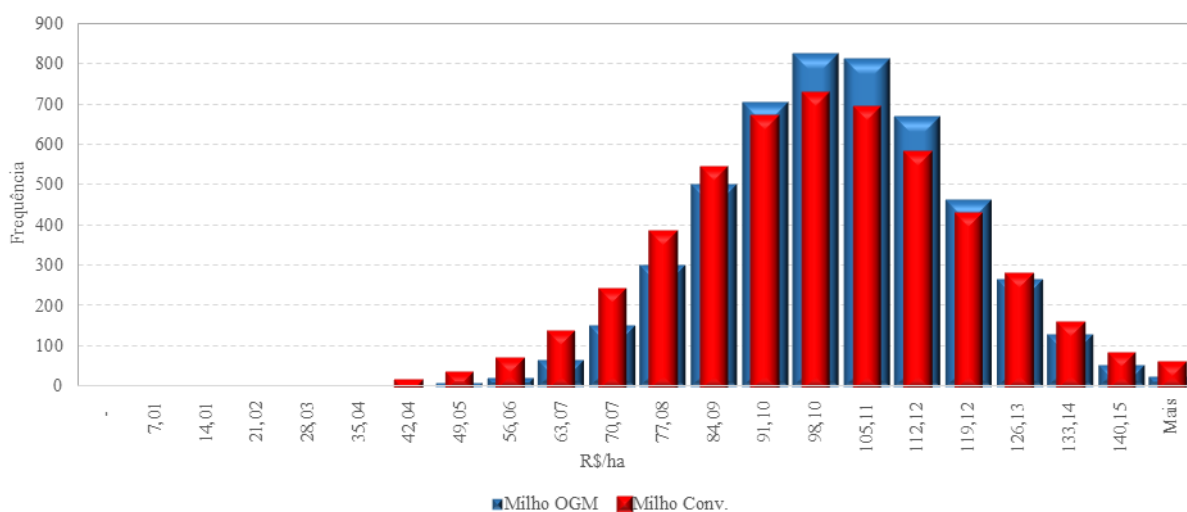
Fonte: Dados da pesquisa.

Por fim, o que efetivamente se busca, é um custo por unidade produzida menor, o que pode efetivamente gerar ganhos ao produtor da inserção de uma nova tecnologia – claramente considerando preço e oferta agregada constante. As produtividades simuladas para as duas tecnologias mostraram comportamentos similares. Apesar do investimento em mais tecnologia, os cultivares de milho geneticamente modificado não justificaram o valor com valores em sacas por hectare muito maiores (Figura 16). Para a OGM, a produtividade média ficou em 97,44 sacas de 60 kg/ha, com 90% de probabilidade de ficar entre 70,2 sc/ha e 124,6 sc/ha. Na NOGM, a produtividade média foi de 95,56 sacas de 60 kg/ha, sendo que em 90% dos casos oscila entre 63,9 sc/ha e 127,2 sc/ha – indica um maior risco em relação à OGM.



**Figura 15: Níveis de custos operacionais, em R\$/ha, nas variedades geneticamente modificadas (OGM) e convencionais (NOGM), através da simulação de número aleatórios.**

Fonte: Dados da pesquisa.



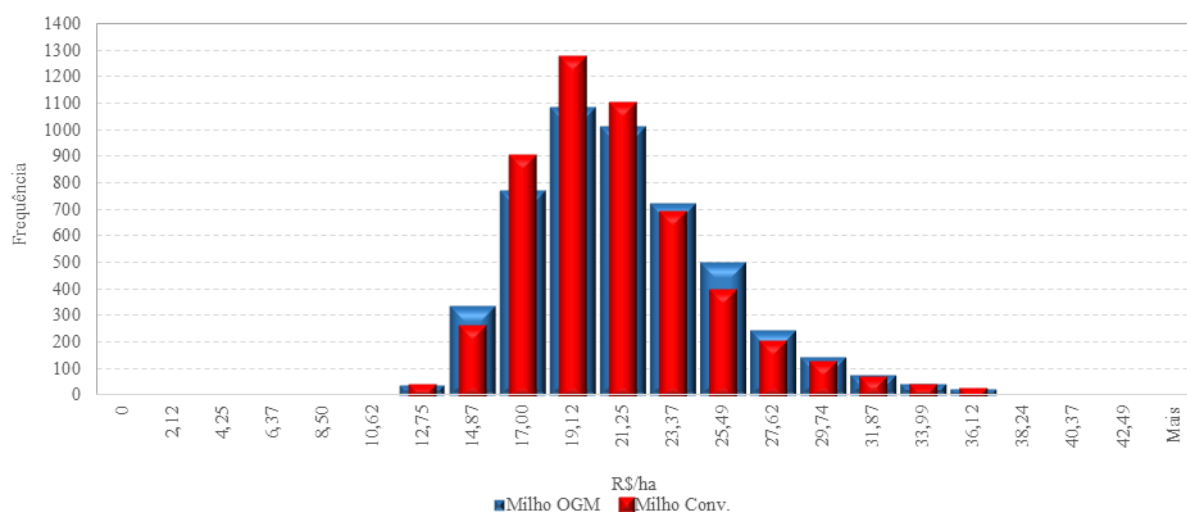


**Figura 16: Níveis de produtividade, em sacas de 60 kg/ha, nas variedades geneticamente modificadas (OGM) e convencionais (NOGM), através da simulação de número aleatórios.**

Fonte: Dados da pesquisa.

Ao dividir o custo operacional por hectare pela produtividade média obtida nas simulações, encontra-se o custo médio por unidade de produto (Figura 17). Para o milho OGM, o custo ficou em R\$ 20,23/sc de 60 kg, sendo que no NOGM ficou em R\$ 19,90/sc de 60 kg, ou seja, o custo do OGM ficou 1,7% maior.

Com 90% de probabilidade, o custo do OGM ficou entre R\$ 14,35/sc de 60 kg e R\$ 28,12/sc de 60 kg. Ao analisar um intervalo menor, em 80% das vezes o custo fica entre R\$ 15,40/sc e R\$ 25,78/c. Para o NOGM, os valores são próximos aos citados para o OGM. Em 90% das vezes fica entre R\$ 14,73/sc e R\$ 27,37/sc, e em 80% das vezes, entre R\$ 15,62/sc e 24,92/sc.



**Figura 17: Custo médio de produção do milho segunda safra, em R\$/saca de 60 kg/ha, nas variedades geneticamente modificadas (OGM) e convencionais (NOGM), através da simulação de número aleatórios.**

Fonte: Dados da pesquisa.

## 5. Considerações Finais

O objetivo deste trabalho foi analisar as diferenças na composição de custos operacionais entre os cultivos de milho com sementes convencionais e geneticamente modificadas, na segunda safra. Considerando as estruturas de custos operacionais de segunda safra cultivados em 2010/11, 2013/14 e 2014/15, em regiões selecionadas do Brasil, buscou-se identificar as funções de distribuições de cada item do custo e da produtividade, assim

como gerar aleatoriamente 5.000 novos dados, permitindo calcular o custo operacional por hectare e por unidade de produção, possibilitando identificar como se comporta cada variável.

Foram consideradas na análise 25 estruturas de custos diferentes, tanto para o milho convencional (NOGM) quanto para o geneticamente modificado (OGM). No geral, o custo operacional de produção do OGM nos dados originais superou o do convencional. Entre as tecnologias, as maiores diferenças entre o milho OGM e convencional foram observados no desembolso com sementes e inseticidas. Observou-se uma relação inversa, ou seja, o alto investimento na tecnologia de sementes ocasionou uma diminuição nos custos de aplicação de inseticidas, porém, o maior custo com sementes mais que compensou a redução do custo com inseticidas.

Para cada variável, foi identificada a função de distribuição que melhor caracterizava a série de dados, de forma que fosse possível gerar 5.000 novos dados aleatórios, mantendo as mesmas características dos dados originais. A simulação de Monte Carlo foi executada com o software @Risk.

Os dados de grandes números mostraram que prevaleceram as diferenças de custos especialmente nos itens sementes e inseticidas. Nas demais variáveis do custo operacional, as diferenças foram menos expressivas. No agregado, o custo operacional por unidade de área ficou maior 4,1% maior no cultivo de variedades geneticamente modificadas, comparativamente às convencionais. Como a produtividade da OGM superou apenas 2% a produtividade das variedades convencionais, o custo por unidade de produto ficou 1,7% maior nas variedades geneticamente modificadas.

Este é um resultado surpreendente, quando se leva em conta a elevada taxa de adoção do milho GM no Brasil. Os dados de campo apontam que um ponto principal associado com a adoção é a redução de riscos na produção, do ponto de vista dos produtores. Também podem ser listados a qualidade esperada de sementes (potencial genético), apesar de os dados não apontarem diferenças de produtividade, e, surpreendentemente, em certas regiões, a baixa disponibilidade de sementes não-transgênicas.

O resultado apresentado neste trabalho é mais um passo no sentido de melhor compreender a estrutura de custos de produção do produtor agrícola no Brasil, por meio de informações de área de produção significativa e representativas no cenário nacional, referentes ao uso de sementes geneticamente modificadas. A agenda de novos trabalhos abordando o tema de custos de produção agrícola e riscos segue aberta, sendo desejados

novos trabalhos que detalhem os reais impactos socioeconômicos para o produtor e de outros elos da cadeia produtiva.

## 6. Referências

ALVES, L. R. A. et al. *Cultivo de milho geneticamente modificado no Brasil: estrutura de custos, rentabilidades e diferenciais com os sistemas convencionais - safra 2010/11*. 50 Congresso da Sober - Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural. Anais...Vitória: Sober, 2012a

ALVES, L. R. A. et al. *O estado da arte de liberações de tecnologias geneticamente modificadas de soja e milho no Brasil*. 50 Congresso da Sober - Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural. Anais...Vitória: Sober, 2012b

BORNIA, A. C. *Mensuração das perdas dos processos produtivos: uma abordagem metodologica de controle interno*. [s.l.] Tese (doutorado). Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, 1995.

CÉLERES. *Informativo Biotecnologia*. Disponível em: <[http://www.celeres.com.br/docs/biotecnologia/IB1501\\_150611.pdf](http://www.celeres.com.br/docs/biotecnologia/IB1501_150611.pdf)>. Acesso em: 20 jan. 2016a.

CÉLERES. *Os benefícios econômicos da biotecnologia agrícola no Brasil: 1996/97 – 2013/14*. Disponível em: <<http://www.celeres.com.br/os-beneficios-economicos-da-biotecnologia-agricola-no-brasil-199697-201314/>>. Acesso em: 20 jan. 2016b.

CEPEA/ESALQ/USP. *Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada. Custos de produção*. Disponível em: <<http://www.cepea.esalq.usp.br/>>. Acesso em: 1 fev. 2016.

CONAB. *Companhia Nacional de Abastecimento. Levantamentos de Safra*. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1253&t=2>>. Acesso em: 1 fev. 2016.

COUPE, R. H.; CAPEL, P. D. Trends in pesticide use on soybean, corn and cotton since the **Custos e @gronegocio on line** - v. 14, n. 2, Apr/Jun. - 2018. ISSN 1808-2882  
[www.custoseagronegocioonline.com.br](http://www.custoseagronegocioonline.com.br)

introduction of major genetically modified crops in the United States. *Pest Management Science*, v. 72, n. 5, p. 1013–1022, 2016.

CTNBIO. *Comissão Técnica Nacional de Biossegurança. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação.* Disponível em: <<http://ctnbio.mcti.gov.br/documents/566529/1684467/Tabela+Resumo+de+Plantas+Aprovadas+pela+CTNBio/7a98283f-39e7-4548-8960-ad489b29e281?version=1.4>>. Acesso em: 5 abr. 2016.

GIPMANS, M. et al. *Assessing the socio-economic and environmental impact of GMO corn varieties and consequential changes in farm management practices.* Proceedings of the 9th International Conference on Life Cycle Assessment in the Agri-Food Sector. **Anais...**San Francisco, USA.: USA: ACLCA, 2014Disponível em: <<http://www.lcafood2014.org/papers/137.pdf>>

HERTZ, D. B. Risk analysis in capital investment. *Harvard Business Review*, v. 42, n. 1, p. 95–106, 1964.

HUANG, J. et al. Insect-resistant GM rice in farmers' fields: assessing productivity and health effects in China. *Science*, v. 308, p. 688–690, 2005.

IKEDA, V. Y.; OSAKI, M.; ALVES, L. R. A. *Análise econômica da introdução da soja na área de pousio do arroz irrigado de Camaquã (RS) - safra 2011/12.* 51 Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural. *Anais...*Belém/PA: Sober, 2013

ISAAA. *International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications.* Disponível em: <<http://www.isaaa.org/gmaprovaldatabase/default.asp>>. Acesso em: 22 jan. 2016.

JAMES, C. *Global Status of Commercialized Biotech / GM Crops : 2014.* Disponível em: <<https://www.isaaa.org/resources/publications/briefs/49/executivesummary/default.asp>>. Acesso em: 26 jan. 2016.

KOTZ, S.; NADARAJAH, S. *Extreme value distributions: theory and applications*. London: Imperial College Pres, 2000.

LIMA, E. A. DE et al. Avaliação econômica e de risco da produção de soja em rotação com cana-de-açúcar na Região Norte Fluminense. *Acta Scientiarum. Agronomy*, v. 29, n. 3, p. 403–409, 2007.

LUSSER, M. et al. *New plant breeding techniques: State-of-the-art and prospects for commercial development*. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2011.

MARTINES FILHO, J. G.; PERES, F. C. *Mecanismos de administração de riscos: Série didática*, 122. Noções de economia e administração. PiracicabaESALQ/USP. Departamento de Economia, Sociologia e Administração, , 1998.

MATSUNAGA, M.; BEMELMANS, P. F.; TOLEDO, P. E. N. DE. Metodologia de custo de produção utilizada pelo IEA. *Agricultura em Sao Paulo*, v. 23, n. 1, p. 123–139, 1976.

MELO, C. O. DE; SILVA, G. H. DA; ESPERANCICNI, M. S. T. Análise econômica da produção de soja e de milho na safra de verão, no Estado do Paraná. *Revista de Política Agrícola*, v. XXI, n. 1, p. 121–132, 2012.

MIGUEL, F. B. et al. Adoção de milho transgênico no Estado de São Paulo: resultados econômicos e riscos. *Informações Econômicas*, v. 43, n. 6, p. 5–13, 2013.

OLIVEIRA, M. R. G. DE; MEDEIROS NETO, L. B. DE. Simulação de monte carlo e valuation: uma abordagem estocástica. *REGE Revista de Gestão*, v. 19, n. 3, p. 449–466, 2012.

OSAKI, M. et al. *Avaliação de risco do sistema de produção com dupla safra em Cascavel, PR*. 53o Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural. *Anais...* João Pessoa, PB: Sober, 2015

PAVÃO, A. R.; FERREIRA FILHO, J. B. D. S. Impactos econômicos da introdução do milho

Bt11 no Brasil: uma abordagem de equilíbrio geral inter-regional. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, v. 49, n. 1, p. 81–108, 2011.

QAIM, M. The economics of genetically modified crops. *Annual Review of Resource Economics*, v. 1, n. 1, p. 665–693, 2009.

WU, F. Explaining public resistance to genetically modified corn: an analysis of the distribution of benefits and risks. *Risk Analysis*, v. 24, n. 3, p. 715–726, 2004.

XU, Z. et al. The realized yield effect of genetically engineered crops: U.S. maize and soybean. *Crop Science*, v. 53, p. 735–745, 2013.