

Modelo teórico de evolução tecnológica para cultivares: um diferencial para a cobrança de royalties

Theoretical model of technological evolution for cultivars: a differential for royalty collection

Modelo teórico de evolución tecnológica para cultivares: un diferencial para la recaudación de regalías

Recebido: 07/07/2022 | Revisado: 19/07/2022 | Aceito: 24/07/2022 | Publicado: 30/07/2022

Eduardo José de Souza Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3429-6236>

Universidade Federal de Sergipe, Brasil

E-mail: eduardojcufs@gmail.br

Renata Silva-Mann

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5993-3161>

Universidade Federal de Sergipe, Brasil

E-mail: renatamann@academico.ufs.br

Crislaine Costa Calazans

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6100-0608>

Universidade Federal de Sergipe, Brasil

E-mail: cris.calazans@yahoo.com.br

Resumo

No Brasil, a Lei de Proteção de Cultivares ampliou as condições de apropriação por parte das instituições que pesquisam novos genótipos vegetais. A partir de então, a utilização de cultivares protegidas implica no pagamento de royalties aos seus respectivos obtentores. O presente artigo sugere um modelo teórico para auxiliar na estimativa da evolução tecnológica de cultivares e sua contribuição para a cobrança de royalties. O modelo foi formulado baseado em dados de meta-análise em que se verificou como se define a taxa dos royalties para as cultivares protegidas e como estes poderiam ser ponderados no modelo de evolução tecnológica. Definição das variáveis de acordo com a cultivar e a área de produção. Simulações analisadas para o lucro do agricultor. Verificou-se que a homoscedasticidade não foi necessária para o simples intuito da previsão de valores através do modelo de regressão. Entretanto, foi feito os teste de Breusch-Pagan e Durbin-Watson para averiguar a violação dos resíduos. A estimativa da Evolução Tecnológica das Cultivares (algodão e cana-de-açúcar) mostrou semelhanças entre as características agrônomicas de acordo com o teste de Wilcoxon. Considerando a evolução tecnológica de cada cultivar a equação de correção foi proposta aos royalties cobrados nas cultivares de algodão. A equação de correção foi proposta aos royalties cobrados nas cultivares de cana-de-açúcar. O modelo de regressão linear ratificou a utilização do modelo de correção que poderá ser usado na valoração de royalties e que pode auxiliar na identificação da evolução tecnológica das cultivares.

Palavras-chave: Agronegócio; Modelagem; Produção; Produtividade.

Abstract

In Brazil, the Plant Variety Protection Law has broadened the conditions for appropriation by institutions that research new plant genotypes. Since then, the use of protected cultivars implies the payment of royalties to their respective breeders. This paper suggests a theoretical model to help estimate the technological evolution of cultivars and its contribution to the collection of royalties. The model was formulated based on meta-analysis data in which it was verified how the royalty rate for protected cultivars is defined and how these could be weighted in the technological evolution model. Definition of variables according to cultivar and production area. Simulations analyzed for farmer's profit. It was verified that homoscedasticity was not necessary for the simple purpose of predicting values through the regression model. However, the Breusch-Pagan and Durbin-Watson tests were performed to check for violation of the residuals. The estimation of the Technological Evolution of Cultivars (cotton and sugarcane) showed similarities between the agronomic characteristics according to the Wilcoxon test. Considering the technological evolution of each cultivar the correction equation was proposed to the royalties charged on cotton cultivars. The correction equation was proposed to the royalties charged on sugarcane cultivars. The linear regression model ratified the use of the correction model that may be used in the valuation of royalties and that may help in the identification of the technological evolution of cultivars.

Keywords: Agribusiness; Modeling; Production; Productivity.

Resumen

En Brasil, la Ley de Protección de las Obtenciones Vegetales amplió las condiciones de apropiación por parte de las instituciones que investigan nuevos genotipos vegetales. A partir de entonces, el uso de cultivares protegidos implica el pago de derechos a sus respectivos obtentores. El presente artículo propone un modelo teórico para ayudar a estimar la evolución tecnológica de los cultivares y su contribución a la recaudación de derechos. El modelo se formuló a partir de datos de meta-análisis en los que se comprobó cómo se define la tasa de regalías para los cultivares protegidos y cómo se pueden ponderar en el modelo de evolución tecnológica. Definición de las variables según el cultivar y la zona de producción. Simulaciones analizadas para el beneficio del agricultor. Se verificó que la homocedasticidad no era necesaria para el simple propósito de predecir valores a través del modelo de regresión. Sin embargo, se realizaron las pruebas de Breusch-Pagan y Durbin-Watson para comprobar la violación de los residuos. La estimación de la Evolución Tecnológica de los Cultivos (algodón y caña de azúcar) mostró similitudes entre las características agronómicas según la prueba de Wilcoxon. Teniendo en cuenta la evolución tecnológica de cada cultivar, se propuso la ecuación de corrección de los cánones cobrados por los cultivares de algodón. El modelo de regresión lineal ratificó el uso del modelo de corrección que puede ser utilizado en la valoración de los derechos y que puede ayudar en la identificación de la evolución tecnológica de los cultivares.

Palabras clave: Agroindustria; Modelado; Producción; Productividad.

1. Introdução

Com área agrícola estimada em 236.159 milhões de hectares, o Brasil é um líder importante no comércio mundial, respondendo por 7,3% das exportações agrícolas globais. É o terceiro maior exportador mundial de produtos agrícolas, atrás apenas da União Europeia (UE) e dos Estados Unidos da América (EUA). Produtos de soja continuam sendo o maior produto de exportação, seguidos por produtos da cana-de-açúcar (açúcar e etanol), carnes (principalmente aves e bovinos), café e cereais. Dessa forma, o setor agrícola é vital para o desenvolvimento econômico e social do país (Food and Agriculture Organization [FAO], 2021). Contudo, o avanço e a comercialização de novas variedades de plantas são essenciais para a lucratividade dos produtores.

A cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) é uma planta cultivada em todo mundo, inclusive no Brasil, o qual se destaca no cenário mundial, com uma produção de mais 480.000.000 de toneladas de cana. A produção de etanol, como um biocombustível renovável, tem sido intensamente estimulada principalmente na produção de veículos automotores populares, com a tecnologia do carro flex-fuel. Essa tecnologia, tem aumentado a produção de cana-de-açúcar no país para substituir os combustíveis fósseis por biocombustíveis. As inovações tecnológicas que resultem em novas cultivares (variedades ou híbridos) a proteção é por direito sui generis de propriedade intelectual incumbindo os pagamentos de royalties e uma fração desses royalties é revertido em pesquisa, inovação e tecnologia (Lima et al., 2021).

Estima-se que cerca de 350 milhões de pessoas em todo o mundo estejam envolvidas em atividades econômicas relacionadas ao algodão, uma das 20 *commodities* mais essenciais do mercado mundial em termos de valor. Na região da América Latina, o algodão é cultivado há milhares de anos. É uma das culturas mais importantes do mundo, representando um item essencial na subsistência de milhões de famílias agricultoras por meio da geração de emprego e renda e contribuindo significativamente para a segurança alimentar, especialmente nos países em desenvolvimento (FAO, 2022).

No Brasil, o melhoramento genético é realizado por instituições públicas e privadas, com grande interação com o setor produtivo. Os programas de melhoramento genético de cana-de-açúcar, Instituto Agrônomo de Campinas (IAC); Centro de Tecnologia Canavieira (CTC); Rede Interuniversitária de Desenvolvimento do Setor Sucroenergético (Ridesa), usam os royalties como a principal fonte de receita para financiamento das pesquisas e desenvolvimento de tecnologias, na busca da alta produtividade no campo e vantagens genéticas adaptativas das variedades de cana-de-açúcar (Cherubin, 2017; Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária [EMBRAPA], 2021).

O artigo 10 da Lei 9.456 (1997) Proteção de Cultivares diz respeito ao que não fere o direito de proteção sobre cultivar protegida exceto a cultura de cana-de-açúcar onde são cobrados os royalties. Na legislação atual, é permitido reservar as sementes para uso próprio ou em estabelecimento de terceiros e usar ou vender como alimento ou matéria prima o produto obtido de seu

plântio, exceto para fins reprodutivos e utilizar a cultivar como fonte de variação no melhoramento genético ou na pesquisa científica (Bonfim, Gomes, Haidar, & Garrafa, 2018).

Os melhoristas de plantas desenvolveram várias variedades diferenciadas que têm a capacidade de serem comercializadas com preços que podem competir nos mercados, após isto sendo chamadas de cultivares, atendendo aos pressupostos da Lei 10.711 de 2003, e da Lei 9.456 de 1997. Entretanto, se essas inovações não forem comercializadas ou não apresentem a melhor qualidade possível, os benefícios da pesquisa serão bastante reduzidos (Akhundjanov, Gallardo, McCluskey, & Rickard, 2018).

No Brasil, a cada ano, um grande número de novas cultivares é submetido ao registro e proteção. Assim, a partir do momento em que uma nova cultivar é obtida, o registro permite a produção e comercialização no país. Este processo garante a identidade genética e a qualidade varietal das cultivares. Além disso, a proteção garante os direitos intelectuais aos melhoristas e permite que empresas públicas e privadas de pesquisa se beneficiem, pois garantem a continuidade dos programas de melhoramento, com o uso parcial ou total desses materiais (Silva et al., 2017).

A regulação dos direitos dos melhoristas de plantas é regida pelo Serviço Nacional de Proteção de Cultivares (SNPC), junto ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Em nível internacional a proteção é feita pela União Internacional de proteção de novas variedades de plantas (UPOV). O órgão é responsável pela coordenação da execução da proteção de novas variedades de plantas. Os direitos dos melhoristas de plantas estão sujeitos à legislação de cada país.

A proteção de cultivares, regida pela Lei nº 9.456/97 (LPC) e SNPC, tem competência para acatar os pedidos e assegurar o direito de propriedade intelectual dos obtentores de novas combinações genéticas na forma de cultivares com atributos que as tornam distintas, homogêneas e estáveis (DHE) (Bonfim et al., 2018).

As empresas de melhoramento de plantas, privadas e muitas com financiamento público, cobram dos agricultores pelo uso das variedades que desenvolvem. Agricultores e melhoristas, no entanto, demonstram ter preferências opostas para mecanismos de cobrança de royalties (Kingwell, 2001). No entanto, pode-se contribuir para mostrar a evolução das cultivares ao longo dos anos, dentro dos programas de melhoramento e valorizar ainda mais esta evolução tecnológica.

O primeiro estudo sobre os efeitos dos regimes de royalties com o desenvolvimento de modelos separados para agricultores e melhoristas, considerando quatro cenários possíveis de royalties, foi desenvolvido por Kingwell (2001). O royalty de ponto de venda fornece apropriação sobre os propágulos comercializados, mas incentiva os agricultores a produzirem seus próprios propágulos para a próxima safra, limitando assim o retorno aos melhoristas. Um royalty de ponto final supera esses dois problemas, uma vez que não incentiva o uso das sementes/propágulos reservadas para a próxima safra, que são também denominadas sementes salvas. Neste caso de royalty de ponto final é pago com o resultado da produção, o que permite controle da evasão, erro ou omissões nas declarações dos agricultores, o que é menos provável do que no caso de royalties de sementes salvas (Beard, 2008).

O modelo de cobrança de royalty desenvolvido por Arnold (2015) é um modelo qualitativo, em que a produção depende da qualidade do material de propagação e assume-se que o agricultor combina material recém adquirido dos obtentores e materiais salvos, denominados reserva técnica. Nesse modelo permite-se o privilégio do agricultor e, portanto, a reserva técnica produzida pela multiplicação do material protegido pelo agricultor, mas assume que o agricultor declara totalmente toda a reserva técnica e a sua produção. No entanto, a declaração precisa da reserva técnica, nem sempre é feita, e muitos agricultores multiplicam materiais protegidos não para uso próprio, mas para comercialização ilegal, cujas sementes são rotineiramente denominadas sementes piratas.

No mercado a falta de sementes certificadas restringe o desempenho de qualquer sistema de produção. Independentemente da escolha da época, sementes salvas não cumprem aos padrões estabelecidos de produção de sementes, o que pode resultar em problemas como falhas na germinação, retardo na emergência de plântulas, disseminação de patógenos,

entre outros. A utilização e o comércio de sementes salvas é uma realidade dos agricultores envolvidos na seleção, produção, disseminação, vendas, trocas ou doações que ocorrem na comunidade local nesse sistema que não possuem nenhum tipo de certificação ou garantia de procedência, não passam por processos adequados de produção originando-se sementes piratas (Santos, Silveira, & Jamhour, 2019).

Visando coibir as sementes piratas e, portanto, garantir a proteção dos direitos dos obtentores, em 18 de dezembro de 2020, foi outorgado o novo decreto que regulamenta a Lei nº 10.711, de 5 de agosto de 2003, que dispõe sobre o Sistema Nacional de Sementes e Mudanças. O novo decreto Nº 10.586 (2020) preconiza:

[...Art. 146. Fica proibido e constitui infração de natureza leve dos usuários de sementes ou de mudas:

I - reservar sementes ou produzir mudas para uso próprio de espécie ou de cultivar de domínio público oriundas de áreas não declaradas ao órgão de fiscalização; e

II - reservar sementes ou produzir mudas para uso próprio de cultivar protegida oriundas de áreas não declaradas ao órgão de fiscalização.

Reservar parte da colheita para uso como semente em uma próxima safra e vender a maior produção delas é uma atividade frequente, principalmente para as espécies autógamas como soja e feijão, ou aquelas de propagação assexuada, como a cana-de-açúcar. No entanto, deve-se considerar que estes materiais usados nos plantios, além de serem materiais protegidas, ainda podem possuir tecnologia embarcada na planta, na forma de patente (genes), como nas plantas geneticamente modificadas (GM).

A demanda por produtos do mercado de sementes e mudas e o estabelecimento de instituições, que garantam o direito de propriedade dos obtentores de tecnologia, propiciaram o aparecimento de intermediários entre o desenvolvedor da semente genética certificada e o produtor de grãos (Castro et al., 2021).

[...] Art. 147. Sem prejuízo do disposto no art. 146, fica proibido e constitui infração de natureza leve dos usuários de sementes ou de mudas:

I - adquirir sementes ou mudas de produtor, de reembalador ou de comerciante inscrito no Renasem sem a documentação correspondente à comercialização;

II - utilizar sementes ou mudas de cultivar não inscrita no RNC, ressalvados os casos previstos no inciso III do caput do art. 20; e

III - desatender às exigências e deixar de prestar as informações previstas em norma complementar na declaração do material de propagação reservado como semente para uso próprio ou produzido como muda para uso próprio.

Art. 148. Fica proibido e constitui infração de natureza grave dos usuários de sementes ou de mudas:

I - adquirir sementes ou mudas de produtor, de reembalador ou de comerciante que não esteja inscrito no Renasem, ressalvado o disposto nos incisos I, II e III do § 1º do art. 4º;

II - deixar de identificar as sementes reservadas ou as mudas produzidas para uso próprio de acordo com o disposto em norma complementar; e

III - transportar sementes reservadas ou mudas produzidas para uso próprio sem autorização do órgão de fiscalização.[...] Decreto, Nº 10.586/2020.

Assim, sugere-se considerar o preconizado no decreto supracitado e considerá-lo nas estimativas de royalties, como variável a ser ponderada, uma vez que as sementes de reserva técnica, rotineiramente denominadas sementes salvas, precisam ser reportadas aos órgãos fiscalizadores.

[...] Art. 149. Fica proibido e constitui infração de natureza gravíssima dos usuários de sementes ou de mudas:

I - beneficiar ou armazenar sementes reservadas ou mudas produzidas para uso próprio fora da área rural de sua propriedade ou de que detenha a posse, ressalvados os casos previstos em norma específica;

II - utilizar sementes reservadas ou mudas produzidas para uso próprio cuja utilização tenha sido suspensa sem autorização do órgão de fiscalização; e...]... Decreto, Nº 10.586/2020.

A atual legislação brasileira é vista como frágil e pouco protetora da empresa que desenvolve sementes certificadas, pois não oferece garantias para exploração de direitos sobre o produto desenvolvido. Não há certeza de que o multiplicador de sementes pagará os devidos royalties sobre a semente de cultivar protegida que foi multiplicada, com espaço para ocultar a real produção de sementes ou a comercialização da semente como grão (Castro et al., 2021).

Tradicionalmente os agricultores pagam pelo uso de uma nova variedade quando adquirem suas sementes. Quando há pouco uso de sementes salvas pelo agricultor e, conseqüentemente, compra de sementes, a cobrança é simples. As vendas de sementes são uma oportunidade restrita para melhoristas de plantas cobrarem royalties pelo uso varietal. Nessas situações, outros meios de cobrança precisam ser considerados, que buscam um retorno sobre seu investimento no melhoramento de plantas (Kingwell, 2001).

É importante ressaltar que o termo ganho genético é um parâmetro genético usado para verificar o quanto uma amostra superou uma população original, após a seleção de uma variedade melhorada em um programa de melhoramento. Usando a mesma lógica, mas pensando no quanto uma cultivar supera outra, em termos tecnológicos o termo Evolução Tecnológica de Cultivar (ETEC) considera quanto uma outra cultivar supera outra, não somente em nível de produção.

Tendo em vista que não existe fórmula de cobrança de royalties na literatura, sendo as taxas de royalties estabelecidas apenas com base nos custos da operação, e não levando em consideração a tecnologia empregada no melhoramento genético e a sua evolução em nível tecnológico ao longo do tempo, este trabalho propõe a elaboração de um modelo teórico baseado na estimativa de royalties com base na evolução da cultivar, quando comparada com outras do mesmo programa de melhoramento.

2. Metodologia

Este trabalho baseia-se na análise quantitativa e aplicada, sendo empregado o modelo de regressão linear múltiplo na valoração dos royalties que foi desenvolvido conforme ilustrado na Figura 1. Em decorrência da impossibilidade da obtenção de dados de pesquisas, devido a pandemia de COVID-19, foram utilizados dados secundários para validação do modelo matemático.

Figura 1 - Atributos para construção do modelo de Evolução Tecnológica de cultivares (ETEC), como contribuição na valoração de royalties.



Fonte: Autores (2021).

A metodologia foi conduzida considerando duas culturas, o algodão, cuja propagação se dá na forma de sementes; e a cana-de-açúcar, cuja propagação se dá por meio de propagação assexuada. Apesar de o setor agrícola apresentar várias *commodities* brasileiras líderes entre as principais culturas de alcance produtivo mundial, esse estudo limitou-se ao uso de

algodão e cana-de-açúcar devido a dificuldade de acesso a informações técnicas sobre dados produtivos utilizados no registro de novas cultivares.

A primeira etapa foi buscar junto ao Serviço Nacional de Proteção de Cultivares (SNPC) as variáveis quantitativas elencadas para estas culturas e que estão nos formulários de avaliação das cultivares para o Registro Nacional de Cultivares (RNC), que são usadas nos ensaios de Valor de Cultivo e Uso (VCU). É importante ressaltar que as variáveis estão relacionadas às características quantitativas que permitem a distinção entre as cultivares. As variáveis estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Variáveis quantitativas para as culturas agrícolas usadas no modelo de evolução tecnológica de cultivares (ETEC).

Cultura	Variáveis (dados médios)
Algodão	Peso do capulho: peso médio (g) do algodão em caroço de um capulho (PACC) Peso médio (g), de 100 (cem) sementes, após a retirada das fibras (PCSSF) Percentagem de fibra (F) Quantidade de algodão em caroço (kg/ha) (QAC) Quantidade de fibra (kg/ha) (QF) Teor de óleo (%) (TO) Peso do capulho (g) (PC) Peso de 100 (cem) sementes (g) (PCS) Produção por hectare (P)
Cana-de-açúcar	Rendimento de cana de açúcar recuperável estimado (ERS) Teor de fibras (FIB) Número de hastes por moita (NSC) Diâmetro médio da haste (DP) Sólidos solúveis totais ou (BRIX) Produção de cana (PC) Porcentagem estimada de cristal recuperável (ERC%) Teor aparente de sacarose no suco (POL) Tonelagem total de açúcar recuperável (ATR) Tonelagem total de açúcar recuperável por hectare (ATR t / ha)

Fonte: Autores (2021).

A modelagem foi baseada em cinco fases, a primeira por meio de uma meta-análise se verificou como se define a taxa dos royalties para as cultivares protegidas. Esta etapa foi realizada visando elencar achados na literatura que trouxessem informações sobre como se dão as estimativas de royalties e se existe algum modelo no qual se considere a evolução tecnológica de cultivares (Silva et al., 2021).

Na segunda etapa realizou-se revisão sistemática, na qual se focou nas estimativas de ganhos genéticos e como estes poderiam ser ponderados no modelo de evolução tecnológica (Silva et al., 2021). O terceiro passo foi considerar o custo de produção que é variável de acordo com a cultivar e a área de produção. O quarto passo, com as simulações analisadas para o lucro do agricultor, e por fim o quinto passo com a consideração de variáveis relevantes inseridas na construção da modelagem visando a obtenção de um modelo de controle de decisões de compra de sementes.

É importante ressaltar que neste trabalho definiu-se um conceito Evolução Tecnológica de uma Cultivar (ETEC) (Eq. 1), obtido pela diferença entre uma cultivar lançada e outra, estimada pela diferença entre elas para cada uma das variáveis definidas.

Equação 1.

$$ETEC = (Var_1 C_2 - Var_1 C_1) + (Var_2 C_2 - Var_2 C_1) + \dots + (Var_n C_j - Var_n C_i),$$

Onde:

$ETEC$ = Evolução Tecnológica da cultivar (%);

var i_{c_j} = Características agronômicas tecnológicas da variável analisada na cultivar j submetida a valor de cultivo e uso (VCU).

var i_{c_i} = Características agronômicas tecnológicas da variável analisada cultivar i .

$$i, j \text{ e } c_i = 1, \dots, n; c_j = j+1, \dots, n$$

Modelo de correção proposto poderá ser usado na valoração de royalties (RETEC) considerando:

Equação 2.

$$RETEC (R\$) = ETEC * royalties/hectare \quad (2)$$

onde:

RETEC = Royalties com base na evolução tecnológica da cultivar (R\$);

ETEC = Evolução tecnológica da cultivar (%);

ha = hectare (unidade de gleba correspondente a 10.000 m²)

3. Resultados e Discussão

O primeiro estudo dos efeitos dos regimes de royalties foi realizado por Kingwell (2001), com o desenvolvimento de modelos separados para agricultores e obtentores e descreveu mecanismos de cobrança pelo uso de novas variedades como:

a) Taxa fixa por hectare aplicável à área plantada da cultivar. O royalty tradicional das sementes/propágulos, se paga anualmente e se a taxa de semeadura for fixada, também pode ser expressa como uma taxa fixa por hectare.

b) Taxa fixa aplicada à produção a partir da utilização da cultivar. Tais encargos podem ser encontrados em várias regiões e, são frequentemente, associados a sistemas de marketing de circuito fechado. Uma taxa é imposta a cada tonelada de grãos da variedade entregue.

c) Encargo ao valor da produção. Royalties adicionais sobre novas variedades estavam sendo considerados na Austrália em 1999. No entanto, as taxas realmente introduzidas foram cobradas com base nas toneladas entregues.

d) Royalty baseado no lucro. Tais royalties com base no lucro (por exemplo, taxa de aluguel de recursos) aplicam-se a algumas indústrias de energia e mineração.

O modelo proposto por Kingwell (2001) compara funções para a média e a variância do lucro do agricultor. O lucro de um agricultor pelo uso da cultivar protegida pode ser especificado da seguinte forma:

Equação 3.

$$E(\pi) = pyA - CA - F \quad (3)$$

Onde:

π = lucro

p = o preço incerto

y = o rendimento incerto

A = a área fixa

C = custos variáveis de produção por hectare e F os custos de produção fixos.

A Equação 3 pode ser modificada para representar mecanismos de cobrança de royalties e o resultado esperado da exploração e a variação do lucro, assumindo que o preço e o rendimento do produto são independentes conforme o Quadro 1.

Quadro 1. Lucro esperado e variação do lucro dado os mecanismos de cobrança de royalties.

Mecanismo de cobrança	Lucro	Varição do lucro
Royalties fixo por hectare	$E(\pi_j) = (\bar{p} - f)ACA - F$	$Var(\pi_j) = A^2(\bar{p}^2Var(y) + \bar{y}Var(p) + Var(p)Var(y))$
Royalties fixo por produção	$E(\pi_t) = (\bar{p})A - \bar{y}A - CA - F$	$Var(\pi_t) = A^2(\bar{p}^2Var(y) + \bar{y}Var(p) + Var(p)Var(y) - A^2t^2Var(y))$
Encargo a produção	$E(\pi_r) = (1 - r)\bar{p}A - CA - F$	$Var(\pi_r) = (1 - r)^2A^2(\bar{p}^2Var(y) + \bar{y}Var(p) + Var(p)Var(y))$
Royalty baseado no lucro	$E(\pi_s) = (1 - s)(\bar{p} - C)A - F$	$Var(\pi_s) = (1 - s)^2A^2(\bar{p}^2Var(y) + \bar{y}Var(p) + Var(p)Var(y))$

Fonte: Autores (2021).

Onde f é a taxa fixa por hectare, t é o encargo por tonelada, r é o royalty por valor unitário do produto e s é o royalty por unidade de lucro. Dadas as simulações, na literatura verifica-se que os agricultores preferem royalties baseados em lucro, enquanto os melhoristas preferem royalties baseados em área ou tonelagem plantada, ou seja, o rendimento (Kingwell, 2001).

De acordo com Beard (2008), o royalty pode ser estimado considerando o caso de um royalty de ponto de venda.

Equação 4.

$$E(\pi_t) = p(1 - \theta)f(xt + bt) - (c_1 + r)bt - c_2\theta_0f(xt + bt) \quad (4)$$

onde as variáveis e constantes utilizadas são as seguintes:

p é o preço de venda do grão;

θ a proporção de grãos retidos (reserva técnica, de acordo com o Decreto 10.458 de 18/12/2020) para semente no próximo período;

x_t a quantidade de semente disponível do transporte; b_t a quantidade de semente comprada a cada período; $f(x_t + b_t)$ a função de produção para grãos;

c_1 o preço da semente; r são royalties;

θ_0 proporção de semente salva (reserva técnica, de acordo com o Decreto 10.458 de 18/12/2020).

c_2 o custo de armazenar grãos de um período para o outro.

Os royalties do ponto final envolvem a imposição de uma taxa sobre a quantidade colhida de grãos. Se isso for feito para a venda de grãos, o lucro será o seguinte:

Equação 5.

$$E(\pi_t) = (p - r)(1 - \theta)f(xt + bt) - c_1bt - c_2\theta_0f(xt + bt) \quad (5)$$

Nos royalties de ponto de venda verificou-se que, contrariamente às expectativas do obtentor das cultivares, o impacto dos royalties nas sementes era susceptível a ser negativo, ou seja, um esquema de royalties era susceptível a redução na procura de sementes protegidas. No caso de royalty de ponto final com monitoramento de colheita, um lucro de royalties pode ter um impacto positivo sobre as sementes agrícolas (Beard, 2008).

Arnold (2015) desenvolveu um modelo teórico; não é um modelo econométrico nem um modelo de previsão; nem é quantitativo. Nesse modelo, a produção depende da qualidade da semente, e assume-se que o agricultor combina sementes novas e salvas (reserva técnica) para maximizar uma soma descontada de lucros futuros, quantidade líquida de royalties. As instituições de cada país determinam quais royalties são permitidos pela legislação do país. Os melhoristas maximizam os lucros esperados definindo as taxas de royalties, tendo em vista a melhor resposta esperada do agricultor. O agricultor escolhe o quantitativo de sementes a comprar para maximizar seu lucro esperado.

A combinação de sementes compradas e salvas determinam a qualidade da semente a ser semeada no início da próxima estação. O agricultor paga os royalties do ponto de venda na semente comprada. O agricultor paga royalties de sementes salvas. Todo o trigo produzido, mas não mantido como semente salva, é vendido. Este ciclo é repetido anualmente.

Dado este modo, o lucro esperado do agricultor para o ano t é dado por:

Equação 6.

$$E(\pi f_T) = (1 - r)Q_T - Pb\psi b_T - Ps\psi(1 - b_T) - C \quad (6)$$

Em que, a área tem tamanho unitário, $\psi > 0$ é a quantidade de semente (trigo) necessária para semear (kg) toda a área. O agricultor semeia $b_T \in [0,1]$ da gleba para comprar sementes; o restante, $1 - b_T \in [0,1]$, é a proporção de sementes salvas e $\psi(1 - b_T)$ é a quantidade de sementes economizadas.

$Pb > 0$ é denominado royalties de ponto de venda e C todos os custos do cultivo que depende da área total, mas não da divisão entre os tipos de sementes, e assim, para área de tamanho unitário, é um custo fixo. A produção no ano T é de Q_T toneladas e a venda de toneladas de sementes é $Qt - \psi(1 - b_T)$. Após a produção cobra-se royalties de ponto final a uma taxa de $r \in [0,1]$, \$ por \$ de valor de produção. Assumindo royalties de ponto final são devidos em toda a produção, o pagamento total é rQ_T , e a receita líquida do agricultor, depois de pagar é $(1 - r) Q_T$ (Arnold, 2015).

Uma classe de modelos muito importante na modelagem estatística é a de Modelos Lineares Generalizados (MLG), que envolve uma variável resposta univariada, variáveis explicativas e n observações independentes, levando em consideração uma distribuição de probabilidade que pertença à família exponencial. O caso mais simples de MLG é a regressão linear simples, utilizada para uma variável resposta numérica $E(Y)$ (Cordeiro & Demétrio, 2009).

Assim, se propõe o modelo de valoração de royalties que descreve Y como uma soma da parte determinística e parte aleatória, cuja finalidade principal é obter uma relação matemática entre uma das variáveis estudadas (ETEC) e o restante das variáveis que descrevem o sistema (cultivares).

onde:

$$E(Y|X_1, X_2, \dots, X_k), i = 1, \dots, k$$

Os coeficientes $(\beta_1, \dots, \beta_k)$, parciais de regressão ou angulares, fornecem a taxa de mudança na variável dependente (ETEC) correspondente às respectivas variáveis independentes, mantendo constantes as demais variáveis independentes (Gujarati & Porter, 2011).

Ao estabelecer o modelo de regressão linear múltiplo algumas premissas foram assumidas:

- 1) A variável resposta Y é função linear das variáveis explicativas $X_i, i=1, \dots, k$.
- 2) Os valores de X_i são fixos.
- 3) A média do erro é nula, isto é, $E(\varepsilon_i) = 0$, sendo $\mathbf{0}$ um vetor de zeros de dimensões $n \times 1$.
- 4) Os erros são homocedásticos, assim, $E(\varepsilon^2) = \sigma^2$.
- 5) Os erros são independentes, isto é, $E(\varepsilon_i, \varepsilon_j) = 0$, para todo $i \neq j$.
- 6) Os erros têm distribuição normal.

Para a estimativa de valor de royalties para cultivares protegidas as variáveis consideradas neste modelo foram diferenciais da evolução tecnológica da cultivar (ETEC) e as características agrônomicas tecnológicas das cultivares submetidas a valor de cultivo e uso (VCU). No entanto, outras variáveis poderão ser incorporadas ao modelo, a depender da cultivar, e das indicações dos melhoristas e obtentores.

$$E(Y_i) = \alpha + X_{ij}\beta_i + \varepsilon_i, \quad i, j = 1, \dots, k \quad (7)$$

Y_i - corresponde ao Diferencial da Evolução Tecnológica da Cultivar (ETEC) na equação ou a média condicionada aos valores fixados X_i que queremos obter na modelagem para estimativa.

X_{ij} - correspondente as características agrônomicas tecnológicas das cultivares submetida a VCU.

Equação 7.

Os testes estatísticos não-paramétricos são métodos que têm grande relevância, pois permitem trabalhar com pequenas amostras ou amostras das quais não se tenha certeza de que sejam provenientes de população com distribuição normal, assumindo poucas hipóteses sobre a distribuição de probabilidade da população. Estes testes são adequados para apoiar a tomada de decisão dentro de dados em situações nas quais não seja atendido algum dos requisitos para a aplicação dos testes estatísticos paramétricos (Siegel & Castellan, 2006).

O uso frequente dos testes não-paramétricos dará ao pesquisador vantagens, tais como: são menos exigentes do que os paramétricos. dispensam, por exemplo, a normalidade dos dados; em geral, as probabilidades das afirmativas obtidas na maioria dos testes não- paramétricos, são exatas, salvo quando se usam aproximações para grandes amostras; independem da forma da população da qual a amostra foi obtida; são, em geral, de mais fácil aplicação e exigem, quase sempre, menor volume de cálculo (Siegel & Castellan, 2006).

Aplicação do modelo de valoração de royalties

As atividades de Pesquisa e Desenvolvimento do Centro de Grãos e Fibras buscam apresentar resultados alinhados às demandas do setor produtivo e fomentar o desenvolvimento de diversas cadeias produtivas. Os resultados de PD&I tem como base valores como a missão institucional do IAC, responsabilidade social, ambiental, econômica e o fomento à inovação e ao desenvolvimento da agricultura brasileira. A Linhagem IAC 20-RR-740, obtida por seleção, da linhagem IAC 20-RR. A cultivar IAC 24 foi desenvolvida e testada em condições normais de precipitação pluvial e condições de cultivo e de uso (Instituto Agrônomo de Campinas [IAC], 2022).

Inicialmente foi calculado Evolução Tecnológica de Cultivar (ETEC) para a cultura do algodão, conforme descrito na Tabela 2.

Tabela 2. Evolução Tecnológica de Cultura do algodão e o diferencial da evolução tecnológica entre as cultivares (ETEC).

Características agrônômicas do Algodão	ETEC₁	ETEC₂	ETEC
Peso do capulho (g)	7,25	7,25	0
Rendimento de fibra (%)	58,75	81	22,25
Comprimento (UHM-mm)	45,25	45,25	0
Resistência (gf/tex)	44,5	46	1,5
Micronaire	6,2	6,5	0,3
Uniformidade de comprimento (%)	169	169	0
Índices de fibras curtas (SFI)	10	10	0
Índice de resistência de fio (CSP)	3650	3800	150
Grau de amarelo (+b)	11,5	11,5	0
Reflectância (Rd)	115	119,5	4,5
ETEC de cada cultivar	4117,45	4296,00	∑ ETEC = 178,55
Evolução Tecnológica da Cultivar, onde $ETEC_2 > ETEC_1$			

Fonte: Autores (2021).

Para os dados contínuos, o teste de normalidade é um passo importante para decidir as medidas de tendência central e métodos estatísticos para análise dos dados. Quando nossos dados seguem distribuição normal, testes paramétricos, caso contrário métodos não paramétricos. O teste de Shapiro-Wilk é o método mais apropriado para amostras pequenas ($n < 50$). Para o teste de Shapiro-Wilk, a hipótese nula afirma que os resíduos são normalmente distribuídos. Quando o p-value ($p > 0,05$), aceita-se a hipótese nula e os dados são denominados como normalmente distribuídos (Mishra et al., 2019).

Após os cálculos da Evolução Tecnológica das Cultivares (ETEC), foi estabelecida a construção dos modelos para as cultivares e o teste de normalidade de Shapiro-Wilk nos resíduos do modelo, ao nível de 5% de significância conforme a Tabela 3.

Tabela 3. Teste de normalidade dos resíduos do modelo.

Modelo	Shapiro-Wilk (p - value)
$Y_{ETEC} = \alpha + \beta_1 X_{ETEC1} + \epsilon$	0,000109
Modelo	Shapiro-Wilk(p - value)
$Y_{ETEC} = \alpha + \beta_2 X_{ETEC2} + \epsilon$	0,00010

Fonte: Autores (2021).

A hipótese nula desse teste é que os dados estão normalmente distribuídos. Assim, se o p-value for menor que o nível alfa escolhido, a hipótese nula é rejeitada e há evidências de que os dados testados não apresentam distribuição normal. Neste caso o teste é feito nos resíduos dos modelos propostos, e para ambos, os dados não são normalmente distribuídos.

Quando as pressuposições do modelo de (normalidade) não são verificadas, ou quando há outliers, ou a amostra é pequena, os dados podem ser avaliados por meio de testes não paramétricos (Siegel & Castellan, 2006).

Inicialmente utilizou-se o teste de Wilcoxon\|Mann-Whitney sendo um teste não paramétrico aplicado para duas amostras independentes. Este teste estatístico é útil quando as medições podem ser comparadas. O teste é desenvolvido sob a hipótese nula de que as duas cultivares possuem características agrônômicas semelhantes (Barros, Hidalgo, & Lima, 2018). Na prática pretende-se saber o quanto as características agrônômicas de uma cultivar A são superiores as características agrônômicas tecnológicas de uma cultivar B. No nosso caso o quanto a evolução tecnológica do algodão 1 (ETEC 1) é superior ou não a evolução tecnológica do algodão 2 (ETEC 2), conforme exposto na Tabela 4.

Tabela 4. Teste de significância Wilcoxon ao nível de 5% de significância.

Algodão	p-value
Wilcoxon (E_{TEC_1} , E_{TEC_2})	0,0590

Fonte: Autores (2021).

A hipótese nula do teste de Wilcoxon é de que os dois grupos têm a mesma medida (evolução tecnológica semelhantes). No teste o ETEC1 e o ETEC2 não diferem significativamente, portanto, apresentam valores de evolução tecnológica semelhante ou respostas semelhantes para o ETEC.

Num modelo de regressão, o grau de não normalidade das variáveis independentes é decisivo e para a sensibilidade da análise de variância a esse afastamento da normalidade. A utilidade da estimativa do modelo de regressão depende do grau de associação das suposições, incluindo heterocedasticidade e normalidade dos erros, que sejam satisfeitas. A falta de normalidade não introduz viés na estimativa dos parâmetros, mas sim, na dos desvios padrões, afetando a validade dos intervalos de confiança e dos testes de hipótese t de Student e F de Snedecor (Pino, 2014).

Para modelos lineares, Durbin-Watson (DW), é frequentemente usado para detectar o problema de autocorrelação nos resíduos e a literatura fornece o consenso em relação à supremacia do teste DW para outros testes em termos do seu poder (Islam & Erum, 2019).

O teste de Breusch-Pagan é baseado no multiplicador de Lagrange para identificar se a variância dos erros de uma regressão é dependente dos valores das variáveis independentes (Gledson, Silva Ferreira, & Farias, 2021). Nesse caso, a heterocedasticidade está presente. A hipótese nula é de que os resíduos são homocedásticos.

Assim, atribuiu-se o teste de Durbin Watson como um teste para verificar a autocorrelação nos resíduos e o teste de Breusch Pagan na verificação se os erros são homocedásticos, conforme a Tabela.

Tabela 5. Teste de Durbin Watson e Breusch Pagan ao nível de 5% de significância.

Algodão	p-value
Modelo	$Y_{ETEC} = \alpha + \beta_1 X_{ETEC1} + \epsilon$
Durbin Watson	0,675
Breusch Pagan	0,680
Modelo	$Y_{ETEC} = \alpha + \beta_2 X_{ETEC2} + \epsilon$
Durbin Watson	0,674
Breusch Pagan	0,693

Fonte: Autores (2021).

O teste de Durbin Watson sobre a hipótese nula é de não existência de autocorrelação caso o p-value for maior do que o nível de significância estabelecido. A ausência de autocorrelação é encontrada em ambos os casos, o que significa dizer que as observações são independentes, ou seja, que se refere à situação em que o valor de uma observação medida em determinado período (t_1) não influencia o valor de uma observação medida em um momento posterior (t_2).

A homogeneidade da variância é um pressuposto central dos modelos, nos modelos o teste de Breusch Pagan, que não foi violado. Portanto, os resultados observados e os resultados preditos pelo modelo variariam uniformemente.

Os testes de Durbin Watson e Breusch Pagan não foram violados, sendo assim, foram estimados os parâmetros dos modelos na verificação de para qual das cultivares poderá ser proposta um adicional sobre os royalties conforme o Quadro 2.

Quadro 2. Modelo de valoração dos royalties para cultivares de acordo com a evolução tecnológica.

Modelo	R ²
$\hat{Y} = 1,074 + 0,040X_{ETEC1} + \epsilon$	0,978

Fonte: Autores (2021).

As cultivares de algodão tiveram respostas semelhantes de acordo com o coeficiente de determinação R². Dessa forma, o modelo de correção sobre os royalties para cultivares de algodão será proposto para o algodão 2, haja vista que a evolução tecnológica do algodão 2 é superior ao do algodão 1. Logo,

Equação 8,

$$RETEC (R\$) = ETEC2 * royalties/hectare \quad (8)$$

A inovação é uma ferramenta estratégica para o crescimento e desenvolvimento sustentável de uma região e/ou de um país, contribuindo para o aumento da produtividade e competitividade das organizações. O município de Boa Hora, localizado ao norte do estado do Piauí, cerca de 134 km da capital, Teresina, é conhecido pelas plantações de cana-de-açúcar cultivadas em brejos, especialmente para a produção artesanal de rapadura. Esse município é o maior produtor do estado e tem nessa produção a principal fonte de renda de 552 famílias, aproximadamente, as quais operam cerca de 118 engenhos, geralmente rústicos. A transferência de tecnologia por meio da instalação de unidades de referência tecnológicas de cana-de-açúcar com diferentes genótipos poderá contribuir para a identificação de novos materiais inovadores e mais produtivos, a fim de viabilizar o agronegócio da cana-de-açúcar no município de Boa Hora, PI. A Unidade de Referência Tecnológica (URT A) de cana-de-açúcar para a agricultura familiar no município de Boa Hora é oriunda do campo experimental da Embrapa Meio-Norte, Teresina, PI (Veloso, Andrade, Vasconcelos, Azevedo, & Sousa, 2018). Os resultados médios das variáveis obtidas estão dispostos no quadro abaixo.

Quadro 3. Evolução Tecnológica de Cultura da cana-de-açúcar e o diferencial da evolução tecnológica entre as cultivares (ETEC).

Características Médias agrônômicas	ETEC ₁	ETEC ₂	ETEC
Número médio de colmos (m)	16,00	15,60	-1,00
Diâmetro médio de colmos (mm)	23,40	23,90	0,50
Comprimento médio de colmos (m)	2,90	2,10	-0,80
Número médio de internódios	24,52	21,50	-3,02
Produtividade média de colmos (t há ⁻¹)	122,15	99,60	-22,55
Brix (%)	0,21	0,21	0,00
Teores de fibra (%)	0,13	0,14	0,01
Pol do caldo (%)	0,17	0,18	0,01
Pol (%)	0,14	0,15	0,01
Evolução Tecnológica da Cultivar, onde ETEC ₁ > ETEC ₂	189,62	163,38	$\sum ETEC = -26,84$

Fonte: Autores (2021).

Em seguida foi estabelecido a construção dos modelos para as cultivares e o teste de normalidade de Shapiro-Wilk nos resíduos ao nível de 5% de significância conforme a Tabela 6.

Tabela 6. Teste de normalidade dos resíduos do modelo.

Modelo	Shapiro-Wilk (p – value)
$Y_{ETEC} = \alpha + \beta_1 X_{ETEC1} + \epsilon$	0,001535
Modelo	Shapiro-Wilk(p – value)
$Y_{ETEC} = \alpha + \beta_2 X_{ETEC2} + \epsilon$	0,002957

Fonte: Autores (2021).

Conforme a Tabela 7 os resíduos dos modelos não se ajustam a distribuição normal, assim utilizou-se o teste de Wilcoxon\ Mann-Whitney para avaliar o quanto as características médias agrônômicas da cultivar de cana1 é superior/ inferior (ou semelhantes) aos valores das médias agrônômicas da cultivar cana2 ao nível de 5% significância.

Tabela 7. Teste de significância Wilcoxon ao nível de 5% significância.

Cana-de-açúcar	p-value
Wilcoxon ($ETEC_1, ETEC_2$)	0,3621

Fonte: Autores (2021).

De acordo com os dados apresentados na Tabela 7, para o teste de Wilcoxon, não existe diferenças na evolução tecnológica entre as cultivares Cana1 ($ETEC_1$) e Cana2 ($ETEC_2$). Sendo assim, serão estimados os parâmetros e calculado o coeficiente de determinação com o propósito de averiguar qual cultivar deverá ter um adicional aos royalties.

Assim, atribuiu-se o teste de Durbin Watson como um teste para verificar a autocorrelação nos resíduos e o teste de Breusch Pagan na verificação se os erros são homocedásticos, conforme a Tabela 8.

Tabela 8. Teste de Durbin Watson e Breusch Pagan ao nível de 5% de significância.

Cana-de-açúcar	p-value
Modelo $Y_{ETEC} = \alpha + \beta_1 X_{ETEC1} + \epsilon$	
Durbin Watson	0,3767
Breusch Pagan	0,9344
Modelo $Y_{ETEC} = \alpha + \beta_2 X_{ETEC2} + \epsilon$	
Durbin Watson	0,3511
Breusch Pagan	0,7404

Fonte: Autores (2021).

Após a verificação dos testes de Durbin Watson e Breusch Pagan foram estimados os parâmetros dos modelos na verificação de para qual das cultivares poderá ser proposta um adicional sobre os royalties conforme o Quadro 4.

Quadro 4. Modelo de valoração dos royalties para cultivares de acordo com a evolução tecnológica.

Modelo	R^2
$\hat{Y} = 0,893 - 0,183 X_{ETEC1} + \epsilon$	0,9500
$\hat{Y} = 1,049 - 0,222 X_{ETEC2} + \epsilon$	0,9243

Fonte: Autores (2021).

Nas usinas, unidades agroindustriais, se utiliza várias cultivares diferentes em distintas glebas. Por exemplo, em uma usina, pode-se ter 40% da área plantada com a Cana1 e 60% da área plantada com a Cana2.

De acordo com o Quadro 4, a de cana-de-açúcar 1 ([ETEC] _1) responde melhor ao diferencial da evolução tecnológica de acordo com o coeficiente de determinação R². Dessa forma, será proposto um adicional referente a sua [ETEC] _1 sobre os royalties cobrado para a cana 1.

Equação 9.

$$\text{RETEC (R\$)} = \text{ETEC1} * \text{royalties/hectare} \quad (9)$$

Os dados apresentados para as cultivares de algodão e cana-de-açúcar mostraram não normalidade nos resíduos no modelo. Foi proposto então o teste não – paramétrico de Wilcoxon para analisar as características agrônômicas de cada cultivar. O teste mostrou semelhanças entre as características evolutivas tecnológicas entre as duas cultivares. A homoscedasticidade não é necessária para o simples intuito da previsão de valores através do modelo de regressão. As estimativas obtidas na presença ou na ausência da homoscedasticidade são as mesmas, haja vista que os valores dos coeficientes de regressão são também os mesmos. Entretanto, foi feito os testes de Breusch-Pagan e Durbin-Watson para averiguar a violação dos resíduos e uma possível transformação dos dados. Para os dados de algodão e cana-de-açúcar os testes não foram violados.

4. Conclusão

Elaborado a partir de modelos anteriormente descritos e dos mecanismos de estimativa de royalties em cultivares protegidas, com base na Evolução Tecnológica de Cultivares, o modelo proposto, pode ser usado para a identificação do fator de superioridade tecnológica de uma cultivar comparada a outra, mesmo que elas apresentem a mesma produtividade. Assim, a valoração de royalties vinculada aos direitos de propriedade intelectual, proposto sobre lacunas identificadas na literatura para a estimativa de royalties em cultivares, como a possibilidade de explicitar os modelos em contratos de cobrança de royalties.

A estimativa da Evolução Tecnológica de Cultivares de algodão mostrou semelhanças entre as características agrônômicas de acordo com o teste de Wilcoxon. De acordo com o coeficiente de determinação das respostas da evolução tecnológica em relação ao seu diferencial da evolução tecnológica (ETEC) são bastante próximos. Sendo assim, considerando a evolução tecnológica de cada cultivar a equação de correção aos royalties cobrados nas cultivares de algodão deve ser no algodão 2.

As características agrônômicas das Cultivares de cana-de-açúcar mostraram semelhanças entre as características agrônômicas de acordo com o teste de Wilcoxon. A estimativa do modelo teve melhor resposta para cana 1 de acordo com o coeficiente de determinação, ou seja, a resposta da evolução tecnológica da cana 1 em relação ao seu diferencial da evolução tecnológica (ETEC) é mais eficiente se comparado com a cana 2. Logo, a equação de correção aos royalties cobrados nas cultivares de cana-de-açúcar deve ser na cana 1.

O estudo de cobrança de taxas de royalties e Evolução Tecnológica de Cultivares é fundamental para analisar o direcionamento das taxas de royalties cobradas em acordo com a União Internacional para Proteção de novas Variedades de Plantas, aqui proposto e as variáveis incorporadas na modelagem.

A estimativa dos royalties em cultivares em contrato de cooperação técnica com o setor produtivo é cobrado por produtividade em toneladas por hectare (ha) nas unidades agroindustriais. No entanto, este valor não leva em consideração a evolução temporal das cultivares quanto às características, que nem sempre estão diretamente relacionadas a produtividade, quando comparadas entre si. Ao se considerar somente a produtividade para estimativa dos royalties, nem sempre se consegue ponderar a evolução tecnológica da cultivar obtida nos programas de melhoramento genético de plantas.

Ao se considerar a evolução tecnológica da cultivar na valoração dos royalties, pode-se ter um valor que pondere a

evolução genética, e não somente os ganhos em produtividade, mas também a ancestralidade da pesquisa na geração de tecnologia ao longo de vários anos. Quando a tecnologia resultante da nova cultivar é superior existe uma taxa cobrada em cima de uma taxa anteriormente existente.

Esta equação de valoração de royalties pode ser aplicada em outros trabalhos científicos que tratam de arrecadação de royalties por parte das empresas de melhoramento genético, incluindo o aproveitamento de cultivares estáveis e de alto rendimento. A avaliação periódica dos ganhos tecnológicos para cada variável a ser considerada, é um meio de determinar a eficácia dos esforços atuais de melhoramento no aumento da produtividade.

Esse modelo poderá auxiliar no cálculo de diferencial no valor de royalties para as mais diversas culturas. Cabe ressaltar, que outras variáveis podem ser inseridas no modelo, como fatores de correção considerando o nível econômico e social dos agricultores estimando assim royalties sociais, mais justos.

Referências

- Akhundjanov, S. B., Gallardo, R. K., McCluskey, J. J., & Rickard, B. J. (2018). Commercialization mechanisms for new plant varieties. In *From Agriscience to Agribusiness* (pp. 379-390). Springer, Cham.
- Arnold, A. J. (2015). *A game-theoretic approach to modelling crop royalties*. Tese de doutorado, The University of Adelaide, Adelaide, Australia.
- Barros, R.S. M., Hidalgo, J. I. G., & Lima C. D. R. (2018). Detector de desvio de teste de soma de classificação Wilcoxon. *Neurocomputing*, v. 275, p. 1954-1963.
- Beard, R. (2008). *End-Point versus Point of Sale Levying of Plant Breeding Royalties: An Economic Analysis using Optimal Control Theory*. <https://mpa.ub.uni-muenchen.de/7178/>
- Bonfim, I.; Gomes, P.; Haidar, C.; Garrafa, V. (2018). Bioética e cultivares - estudo comparativo entre o projeto de Lei n. 827/2015 e a Lei de Proteção de Cultivares. *Revista deDireito Sanitário*, v. 19, n. 1, p. 11, 2018. <https://doi.org/10.11606/issn.2316-9044.v19i1p11-31>
- Lei n^o 9.456, de 25 de abril de 1997. (1997). Institui a Lei de Proteção de Cultivares e dá outras providências. Brasília, DF. Recuperado de http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19456.htm.
- Castro, E. D. C., Pacheco, A., Souza, C. B., & Wander, A. (2021). Estruturas de governança de transações das organizações detentoras de direitos de proteção em cultivares de feijão-comum no Brasil. *Embrapa Arroz e Feijão-Artigo em periódico indexado (ALICE)*.
- Cherubin, N. (2017). *Pagar royalties em variedades de cana é justo?* <https://revistarpanews.com.br/pagar-royalties-em-variedades-de-cana-e-justo/>
- Cordeiro, G. M., & Demétrio, C. G. (2008). Modelos lineares generalizados e extensões. *Piracicaba: USP*.
- Decreto n^o 10.586, de 18 de dezembro de 2020. (2020). Regulamenta a Lei n^o 10.711, de 5 de agosto de 2003, que dispõe sobre o Sistema Nacional de Sementes e Mudanças. Brasília, DF. http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/decreto/D10586.htm
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. (2021). *Mercado de Cultivares*. <https://www.embrapa.br/tema-mercado-de-cultivares/perguntas-e-respostas>
- Food and Agriculture Organization. (2021). *Brazil - Agricultural area*. <http://www.fao.org/countryprofiles/index/en/?iso3=BRA>
- Food and Agriculture Organization (2022). *Program of Brazil-FAO International Cooperation: +Cotton*. <https://www.fao.org/in-action/program-brazil-fao/projects/cotton-sector/ru/>
- Gledson, W., Silva Ferreira, F. D., & Farias, R. (2021). Federalismo fiscal e finanças públicas municipais potiguares: uma análise entre 2008/2014. *Revista de Economia*, 42(79), 766-783.
- Gujarati, D. N., & Porter, D. C. (2011). *Econometria básica-5*. Amgh Editora.
- Instituto Agrônomo de Campinas (2022). <http://www.iac.sp.gov.br/cultivares/inicio/resultados.php>
- Islam, T., & Erum, T. O. O. R. (2019). Power comparison of autocorrelation tests in dynamic models. *International Econometric Review*, 11(2), 58-69.
- Kingwell, R. (2001). Charging for the use of plant varieties. *Australian Journal of Agricultural and Resource Economics*, 45(2), 291-305.
- Lima, J. R., Castro, R. B. R., & Rocha, E. M. F. (2021).
- Sistema Operacional de uma Usina de Etanol do Pontal do Triângulo Mineiro para Produção de Energia Renovável. *Brazilian Journal of Development*, 7(12), 122091-122101.
- Mishra, P., Pandey, C. M., Singh, U., Gupta, A., Sahu, C., & Keshri, A. (2019). Descriptive statistics and normality tests for statistical data. *Annals of cardiac anaesthesia*, 22(1), 67.
- Pino, F. A. (2014). A questão da não normalidade: Uma revisão. *Revista de economia agrícola*, 61(2), 17-33.

Santos, F. G., Silveira, E. R., & Jamhour, J. (2019). Atributos de qualidade de sementes salvas de feijão. *Revista Técnico-Científica*, (22).

Siegel, S., & Castellan Jr, N. J. (2006). Estatística não-paramétrica para ciências do comportamento. *Artmed Editora*.

Silva, A. F. D., Sedyama, T., Borém, A., Silva, F. L. D., Santos Silva, F. C. D., & Bezerra, A. R. G. (2017). Registration and protection of cultivars. In *Soybean breeding* (pp. 427-440). Springer, Cham.

Silva, E. J. S., Silva-Mann, R., & Calazans, C. C. (2021). Royalties para cultivares, legislação e regulação: Uma meta-análise. *Research, Society and Development*, 10(4), e31710414231-e31710414231.

Silva, E. J. S., Calazans, C. C., Nunes, V. V., & Silva-Mann, R. (2021). Estimative of royalties: appropriation of gains provided by innovations associated with plant breeding. *Research, Society and Development*, 10(13), e513101321497-e513101321497.

Veloso, M. D. C., Andrade, A. S., Jr., Vasconcelos, L., Azevedo, D. M. P., & Sousa, M. J. S. (2018). Avaliação de cultivares de cana-de-açúcar para a agricultura familiar no município de Boa Hora, PI. *Embrapa Meio-Norte-Documentos (INFOTECA-E)*.