

ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DE PREÇOS DA CASTANHA DE CAJU NO CEARÁ

Herbson Ismael Honório Luz¹, Vitor Hugo Miro Couto Silva²,
Marcos Paulo Mesquita da Cruz³

Resumo: O Ceará é o maior produtor de caju, tanto de polpa (pedúnculo) quanto de castanha. Como toda atividade agrícola, a cajucultura tem riscos próprios (clima, preço, disponibilidade de insumos e produção sazonal) que demandam um olhar mais cuidadoso no planejamento e na condução da empresa agrícola. Uma das ferramentas para melhorar as tomadas de decisão por parte dos agentes econômicos da cadeia produtiva agrícola é o conhecimento das causas da flutuação dos preços dos produtos comercializados. Por meio de modelos de regressão linear simples, foram decompostas uma série de preços de castanha de caju em casca paga ao produtor, de janeiro de 2014 a setembro de 2021, e de preços de castanha de caju beneficiada pagos no atacado, de junho de 2014 a setembro de 2021. Os modelos de regressão para as duas séries de preços mostraram uma tendência de decréscimo. No entanto, o coeficiente linear dos preços ao produtor foi estatisticamente não significativo. Portanto, há tendência de estabilidade. A previsão de preços para setembro de 2022, com base nos modelos de regressão e levando em conta o fator sazonal, indica o valor de R\$ 4,83/Kg para a castanha em casca (produtor). Para a castanha beneficiada, dado o fator de sazonalidade, o preço chegou a R\$ 34,02/Kg.

Palavras-chave: séries temporais; preços da castanha de caju; tendência; sazonalidade.

ANALYSIS OF THE PRICE BEHAVIOR OF CASHEW NUTS IN CEARÁ

Abstract: Ceará is the largest producer of cashew, both pulp (peduncle) and nuts. Like any agricultural activity, cashew farming has its own risks (climate, price, availability of inputs and seasonal production) that require a more careful look at planning and running the agricultural enterprise. One of the tools to improve decision-making by economic agents in the agricultural production chain is knowledge of the causes of fluctuations in the prices of traded products. Using simple linear regression models, a series of cashew nut prices in shell paid to the producer, from January 2014 to September 2021, and processed cashew nut prices paid wholesale, from June 2014 were decomposed. to September 2021. The regression models for both price series showed a decreasing trend. However, the linear coefficient of producer prices was not statistically significant. Therefore, there is a tendency towards stability. The price forecast for September 2022, based on our regression models

1 Agrônomo. Graduado pela Universidade Federal do Ceará (UFC).

2 Professor do Departamento de Economia Agrícola e do Programa de Pós-Graduação em Economia Rural da Universidade Federal do Ceará (UFC) e doutor em Economia (CAEN/UFC).

3 Doutorando e Mestre em Economia Rural pela Universidade Federal do Ceará (UFC).

and taking into account the seasonal factor, indicates the value of R\$ 4.83/Kg for nuts in shell (producer). For processed nuts, given the seasonality factor, the price reached R\$ 34.02/Kg.

Keywords: Time series. Cashew nut prices. Trend. Seasonality.

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é o terceiro maior produtor de frutas do mundo, com 58 milhões de toneladas em frutas produzidas, 5,4% do total mundial. Exportou 3 bilhões de dólares de frutas em 2020. Contudo, sequer figurou entre os dez maiores exportadores de frutas no mundo em termos de volume (EMBRAPA, 2020). Os maiores produtores foram a China com 28,1%, seguida da Índia com 11,5%, ambos com crescimentos na participação mundial.

Nos primeiros cinco meses de 2023, o volume total de frutas enviadas ao exterior foi de 420,3 mil toneladas, superior em 3,61% em relação ao mesmo período de 2022. O valor foi de US\$ 453,3 milhões, superior em 18,1% na mesma comparação. Em comparação com o mesmo período de 2021, as exportações desse ano foram menores em quantidade, porém, maiores no valor aferido em dólar (CONAB, 2023).

A região Nordeste é a grande protagonista quando se discute a exportação de frutas, pois as maiores áreas cultivadas com fruticultura no Brasil estão na região com, aproximadamente, o percentual de 52%, seguido pelo Sudeste, que está com 26% da área implantada no país, destacando-se na produção de citros. Os cultivos de laranja, banana, cacau e caju ocupam as maiores áreas com fruticultura no Brasil, sendo que cacau e caju se concentram no Nordeste (VIDAL, 2021).

Ainda segundo Vidal (2021), as frutas como melão, manga, castanha de caju e uva foram responsáveis por quase 83% do total do valor das exportações do Nordeste em 2020 e quase que totalmente realizada (99% do valor exportado) pelo Ceará, Rio Grande do Norte, Bahia e Pernambuco. Isso porque são nesses estados onde se localizam as mais importantes áreas irrigadas do Nordeste e as maiores e mais modernas empresas do setor, além de grandes extensões de área com cajueiro.

De acordo com o IPECE (2023), as exportações cearenses em 2022 somaram US\$ 2,3 bilhões, resultado inferior em US\$ 398,6 milhões (14,6%) ao registrado em 2021. A queda das exportações nos dois últimos trimestres do ano passado explica o declínio verificado. No entanto, apesar da involução, o valor das exportações registrado, em 2022, foi o terceiro maior da série histórica desde 1997, abaixo apenas dos anos de 2018 (US\$ 2,3 bilhões) e 2021 (US\$ 2,7 bilhões).

No Ceará, uma das frutas que vem ganhando destaque é a castanha de caju, fruto do cajueiro (*Anacardium occidentale L.*), sendo uma planta encontrada em quase todo o território nacional (AGUIAR *et al.*, 2000). Segundo o relatório de Levantamento Sistemático da Produção Agrícola, cerca de 99,7% da área colhida destinada à produção de castanha está na região Nordeste, em que o Ceará corresponde a 63,5% do total dessa área (IBGE, 2022).

A produção de castanha de caju no Brasil, seja em forma de amêndoa ou com casca da castanha de caju, ainda necessita de investimentos e pesquisas para conseguir competir com os principais exportadores deste produto. Tradicionalmente, o cultivo do caju no

Ceará, assim como em toda a região Nordeste, era realizado em regime de sequeiro, com baixo nível tecnológico e baixa produtividade (MACÊDO; COSTA; NUNES, 2018).

Conforme destacam Pessoa, Miranda e Maia (2020), o cajueiro é considerado uma planta resistente e muito bem adaptada às condições de seca. No entanto, a incorporação de novas tecnologias de cultivo possui o potencial de alavancar a produtividade e a importância econômica da cultura do caju. O aumento da produtividade, menor risco de perda de produção, ampliação do período de colheita e melhoria da qualidade da castanha e pedúnculo, são algumas das vantagens de plantas que resultam de pesquisa em melhoramento genético.

O conhecimento do comportamento sazonal dos preços ao longo do tempo é de fundamental importância para os agentes da cadeia produtiva da castanha, pois é um sinal da oferta e demanda do produto. Contudo, a baixa frequência de trabalhos publicados sobre os aspectos mercadológicos da castanha de caju no estado do Ceará evidenciou uma lacuna na literatura, sobre a qual esta pesquisa direciona o seu foco principal.

Considerando a importância da castanha de caju para o Ceará, este estudo apresenta os seguintes questionamentos: quais são as análises de sazonalidade? Quais são as previsões de preço da castanha de caju praticadas no estado do Ceará? A partir dessas indagações, o objetivo é identificar e analisar os componentes de tendência e sazonalidade nos preços a partir da análise de séries temporais e, com base nestes componentes, realizar uma análise de previsão de preços para curto prazo para tal fruto, tendo como referência específica a experiência do estado do Ceará, na região Nordeste do Brasil.

O presente estudo pretende contribuir com a literatura ao apresentar, nos resultados do trabalho, a forma como os preços de produtor e atacado podem auxiliar tanto na identificação de características desse tipo de mercado quanto na rentabilidade entre esses tipos de previsão e produção no estado cearense. Dividido em quatro seções, além da introdução, a redação apresenta, na próxima seção, os riscos da produção da castanha e a formação de seu preço no mercado a qual está inserido.

Em seguida, na terceira seção, apresenta a metodologia, com a descrição da base de dados e do método utilizado. Na quarta seção, apresenta os resultados e a sua discussão. Por fim, são tecidas as considerações finais do estudo.

2 RISCOS DA ATIVIDADE ECONÔMICA

Desde o início da agricultura, o agricultor e a sua propriedade tiveram de aprender a gerenciar os riscos decorrentes de fenômenos da natureza, uma vez que a agricultura e o risco são dois conceitos inseparáveis (GERUM, 2019). Logo, risco é um conceito que pode ser considerado elementar, por sua ligação com o trabalho, quase se pode dizer que não há nenhuma vida, ramo de atividade ou de qualquer assunto que não inclui a palavra risco. Portanto, a humanidade, desde a sua criação, buscou maneiras de se proteger contra as contingências (BRAGA; BRAGA, 2018).

O setor agrícola é uma atividade econômica que possui riscos e incertezas que afetam a forma como os agentes devem conduzir os negócios e tomar decisões. É notório que o crescimento da demanda trará alguns riscos atrelados ao processo produtivo e de comercialização. A atividade é fortemente marcada pela dependência dos recursos naturais,

o que traz risco de ordem ambiental, fitossanitária, socioeconômica e de mercado (LUZ, 2022).

Entre os principais riscos à atividade agrícola, destaca-se a dependência de processos biológicos e do clima, produção estacional frente a uma demanda permanente, além de características dos mercados de produtos agrícolas que se assemelham ao modelo de concorrência perfeita⁴ e tornam produtores “tomadores” de preço (KAY; EDWARDS; DUFFY, 2014). Para Tabosa *et al.* (2020), estas características determinam constantes flutuações nos preços dos produtos agrícolas que, por sua vez, possuem comportamentos distintos tanto entre diferentes produtos quanto em períodos de tempo analisados.

Segundo Leite e Waquil (2007), a análise do comportamento de preços ao longo do tempo também constitui uma ferramenta imprescindível para o planejamento do setor agrícola. Este fato é cada vez mais importante frente ao aumento da competitividade do setor. O conhecimento do comportamento dos preços e seus componentes são fundamentais, de forma que viabilizam não apenas a formulação de políticas setoriais, mas também a orientação aos produtores no planejamento de suas atividades.

Por fim, a compreensão de que os múltiplos tipos de risco estão inter-relacionados é essencial no processo de gestão de riscos, sendo importante ter em mente que um determinado risco objetivamente pode ser abrangido de modo integralmente heterogêneo entre os agentes, com colisões significativas nos resultados almejados.

3 METODOLOGIA

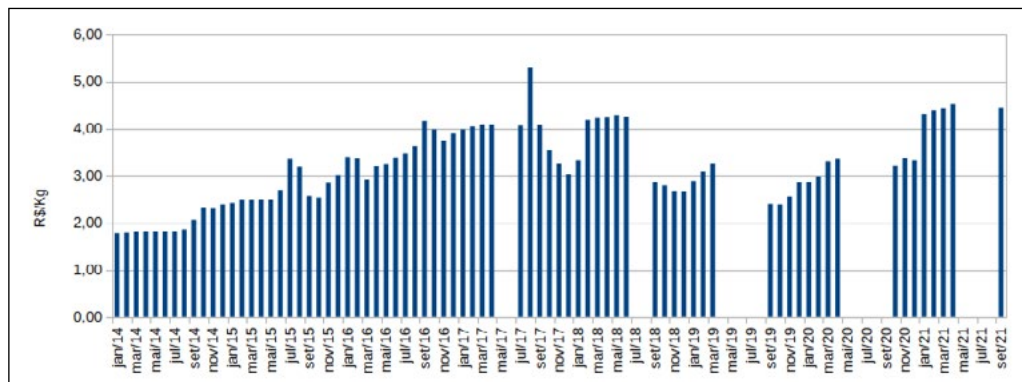
Nesta seção, apresenta-se o método aplicado para a investigação da decomposição de componentes de tendência e sazonalidade da castanha de caju no estado do Ceará. A base de dados considera a série de preços pagos aos produtores entre os anos de 2014 e 2021, e a série de preços beneficiada no atacado, no período de 2016 a 2021.

3.1 Base de dados

A estratégia empírica adotada procura investigar o comportamento de preços da castanha de caju no estado do Ceará. Foram utilizados dados de coleta e tabulação realizadas pela Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB). Os dados relativos ao preço pago aos produtores da castanha de caju em casca referem-se ao período que se estende de janeiro de 2014 a setembro de 2021 (Gráfico 1).

4 O modelo de Concorrência Perfeita aplica-se quando há muitos vendedores (oferta) e muitos compradores (procura). Nesse caso, as empresas e os consumidores não conseguem influenciar o mercado de maneira individual.

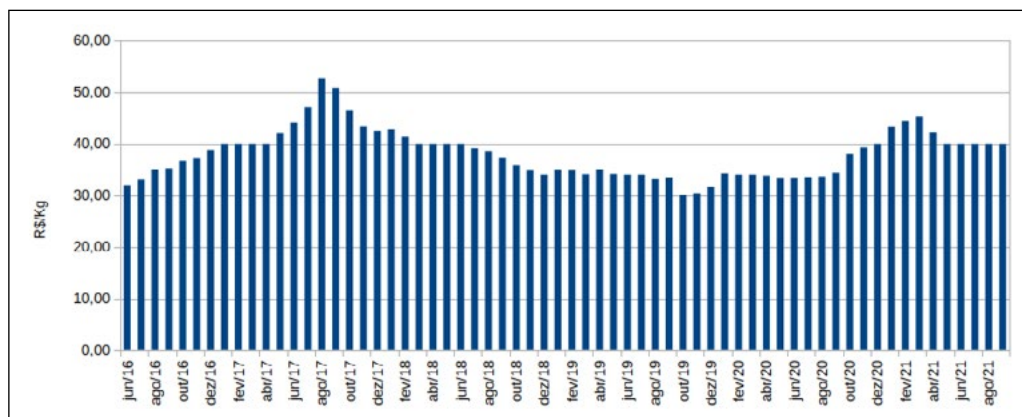
Gráfico 1 – Preços de castanha em casca paga ao produtor de janeiro de 2014 a setembro de 2021



Fonte: Elaboração própria com base nos dados da CONAB (2021).

Por sua vez, as informações de preço da castanha beneficiada, no atacado. Referem-se ao período de junho de 2016 até setembro de 2021 (Gráfico 2). De forma a considerar os valores reais dos preços, descontados os efeitos da inflação no período, as séries de preços mensais nominais foram atualizadas (deflacionadas) de acordo com o IGP-DI, disponibilizados pelo Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA, 2021). Com os preços deflacionados, foram aplicadas ferramentas matemáticas e estatísticas para decompor a série e estimar a tendência, sazonalidade e fazer um exercício de previsão simples para um horizonte de um ano.

Gráfico 2 – Preços de castanha beneficiada pagos no atacado de junho de 2016 a setembro de 2021



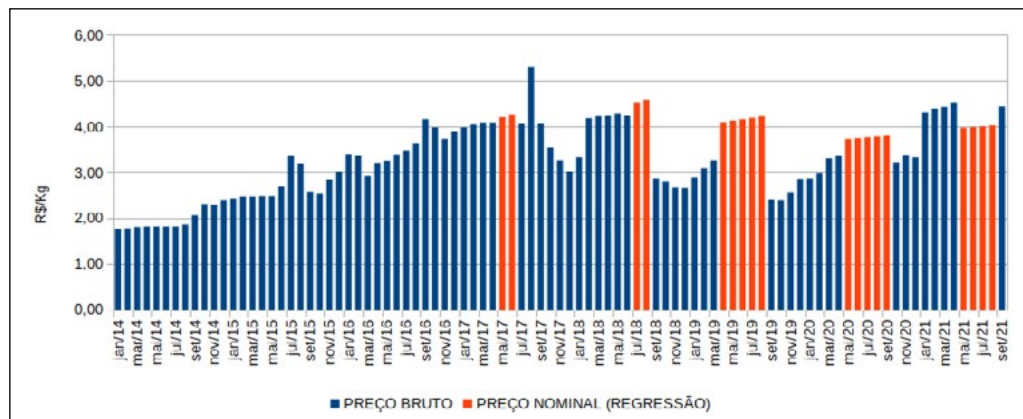
Fonte: Elaboração própria com base nos dados da CONAB (2021).

No momento do desenvolvimento da pesquisa, a base de dados da Companhia Nacional de Abastecimento(CONAB) não disponibilizava as informações sobre a série de

preços pagos no atacado antes de junho de 2016. Pela mesma razão, estão faltando dados de alguns meses da série de preços pagos ao produtor.

A série de preços pagos aos produtores apresentou dados faltantes para os diversos meses. A fim de contornar esse problema, adotou-se um modelo de regressão linear, em que as informações faltantes são preenchidas com o valor predito - o valor padronizado que o modelo prediz para a variável dependente - o que resultou em uma série completa (Gráfico 3).

Gráfico 3 – Dados faltantes da série de preços pagos ao produtor preenchidos a partir de regressão linear



Fonte: Elaboração própria com dados da CONAB (2021).

O modelo de regressão foi escolhido entre outros modelos, como interpolação e média móvel, por se tratar de um modelo simples e suficiente para estimar os dados faltantes ao acaso (*missing at random- MAR*) para um curto período de tempo (MARTINS, 2017).

3.2 Análise de séries temporais

Uma variável de série temporal (denotada por Y) consiste em dados observados sequencialmente ao longo do tempo. Segundo Doane e Seward (2014), uma série temporal Y pode ser decomposta em quatro componentes: a) Tendência: representa um padrão de crescimento/decrescimento da variável em um certo período; b) Ciclo: Longas ondas, mais ou menos regulares, em torno de uma linha de tendência; c) Sazonalidade: representa padrões de comportamento que se repetem em específicas épocas do ano; e, d) Irregularidade: representa os efeitos que não foram incorporados pela série de tempo e não possuem um padrão aparente. Trata-se do componente aleatório da série.

A decomposição emprega métodos estatísticos e pode adotar a suposição de que o processo gerador da série seja um modelo aditivo ou multiplicativo (Quadro 1). Com a identificação desses componentes, é possível projetá-los para os períodos futuros, compondo uma previsão simples para a variável em análise.

Quadro 1 - Modelos dos processos geradores da série

Modelo	Componentes	Uso
Aditivo	$Y = T + C + S + I$	Dados de magnitudes similares (dados de curto prazo ou sem tendência) com crescimento ou decrescimento absoluto constante.
Multiplicativo	$Y = T \times C \times S \times I$	Dados de magnitude crescente ou decrescente (dados de longo prazo ou com tendência) com crescimento ou decrescimento percentual constante.

Fonte: Elaborado por Doane e Seward, 2014.

Conforme aponta Doane e Seward (2014), a forma aditiva é atraente em virtude de sua simplicidade, mas o modelo multiplicativo é frequentemente mais útil quando os dados variam em ordem de magnitudes. Em sequências curtas, particularmente, não importa muito o modelo assumido. Na verdade, as formas dos modelos são fundamentalmente equivalentes, pois o modelo multiplicativo torna-se aditivo se usarmos o logaritmo natural, por exemplo, como na Equação 1:

$$\ln Y = \ln(T \times C \times S \times I) = \ln T + \ln C + \ln S + \ln I \quad (1)$$

A tendência é um movimento geral no decorrer dos anos ($t = 1, 2, \dots, n$), mas não uma mudança por uns poucos anos. Algumas tendências são estáveis e previsíveis. A série pode crescer constantemente, se manter relativamente estável ao longo do tempo, ou decair constantemente. Existem tendências sutis dentro de cada uma dessas categorias de comportamento. Uma série temporal pode progredir a uma taxa linear estável, a uma taxa crescente ou a uma taxa decrescente. Uma tendência matemática pode ser ajustada para quaisquer dados, mas seu valor preditivo depende da situação (DOANE; SEWARD, 2014).

A sazonalidade é um comportamento repetitivo e cíclico dentro do período de um ano. Apesar de pensarmos frequentemente na sazonalidade como ondas senoidais, os padrões sazonais podem não ser suaves. Picos e declínios podem ocorrer em qualquer mês ou trimestre, e cada indústria ou mercado pode defrontar-se com seu próprio padrão sazonal exclusivo (DOANE; SEWARD, 2014).

Um ciclo é um movimento para cima e para baixo, repetitivo, em torno de uma tendência que cobre vários anos. Em qualquer economia de mercado, existem ciclos amplos de negócios que afetam o emprego e a produção (DOANE; SEWARD, 2014).

Depois de extrairmos a tendência e a sazonalidade de uma série temporal, um ciclo pode ser detectado como autocorrelação nos resíduos. Apesar de serem importantes, não há uma teoria geral de ciclos, e mesmo aqueles identificados com indústrias específicas têm ritmo irregular e causas complexas que desafiam uma generalização. Em um pequeno número de períodos (uma situação típica de previsão), os ciclos não são detectáveis ou podem parecer uma tendência.

A irregularidade (I) é dada como um distúrbio aleatório que não segue nenhum padrão aparente. Também é chamado componente do erro ou ruído aleatório, refletindo todos os outros fatores que não sejam tendência, ciclo ou sazonalidade. Grandes componentes de

erro não são incomuns, presentes em variáveis que flutuam bastante ao longo do tempo. Quando o componente irregular é grande pode ser difícil isolar outros componentes individuais do modelo. Alguns dados são puramente irregulares. Nesses casos, para realizar previsões em curto prazo, é possível empregar técnicas específicas como as médias móveis ou suavização exponencial.

3.2.1 Regressão linear simples e estimação da tendência linear

Existem diferentes modelos para a análise de tendências. A seguir, estão os três principais modelos de tendência e suas respectivas formas funcionais (Quadro 2).

Quadro 2 - Principais modelos de tendência.

Modelo de tendência linear	$y_t = a + bt$
Modelo de tendência exponencial	$y_t = ae^{bt}$
Modelo de tendência quadrática	$y_t = a + bt + ct^2$

Fonte: Elaborado por Doane e Seward, 2014.

O modelo de tendência linear possui uma forma simples e muito adequada para séries que crescem ou decaem de forma constante ao longo do tempo. Mesmo quando o comportamento da série não é tão claro, costuma ser preferido em aplicações de negócios por ser um modelo simples e suficiente para previsão em curto prazo, pois não existam razões muito fortes para considerar modelos alternativos e mais complexos.

O modelo de tendência exponencial serve para avaliar as variáveis com crescimento composto ao longo do tempo, sendo bastante utilizado para séries de variáveis financeiras. Por sua vez, o modelo quadrático é preferível no sentido de testar comportamento não linear quando existe uma aparente inversão de tendência nos dados, um “cotovelo” (DOANE; SEWARD, 2014).

Pelas razões acima, iremos aplicar uma análise de tendência linear, em que os parâmetros de coeficiente angular e intercepto são estimados, adotando um modelo de regressão linear e a aplicação do método de mínimos quadrados ordinários (MQO).

Um modelo linear simples permite a modelagem com uma variável dependente, ou de resposta, dada por y , e uma variável independente ou preditora x . A relação entre y e x , que se assume linear, por hipótese, é apresentada como um modelo de regressão populacional com a seguinte forma funcional (Equação 2):

$$y = \alpha + \beta x + \varepsilon \tag{2}$$

Nessa equação de regressão simples os termos α e β representam, respectivamente, parâmetros para o intercepto e a inclinação. Por sua vez, o termo ε corresponde ao erro aleatório, assumindo a existência de fatores adicionais, não apenas x , que afetam os

movimentos de y , além dos próprios erros de medida de y . Em termos estatísticos, o termo de erro é dado pela diferença entre o valor esperado para y e o verdadeiro valor dessa variável.

Dada uma amostra de N observações, indexadas ($i = 1, \dots, N$), em que temos N pares (x_i, y_i), então, a partir dos dados amostrais, podemos calcular estimativas para os parâmetros α e β , denotadas, respectivamente, por a e b , e obter uma versão amostral do modelo de regressão (Equação 3).

$$\hat{y}_i = a + bx_i \quad (3)$$

Na Equação 3, \hat{y}_i representa uma estimativa para y_i . A diferença entre os valores observados na amostra e os valores ajustados pela regressão corresponde ao resíduo e_i (Equação 4).

$$e_i = y_i - \hat{y}_i \quad (4)$$

A estimação dos parâmetros do modelo pode ser realizada com a aplicação do método de mínimos quadrados ordinários (MQO), que permite a obtenção de estimadores com propriedades desejáveis como ausência de viés e variância mínima, garantidas pelo Teorema Gauss-Markov (GUJARATI; PORTER, 2011). A aproximação pelo método de MQO minimiza a soma do quadrado dos resíduos (Equação 5).

$$\sum_{i=1}^N e_i^2 = \sum_{i=1}^N (y_i - a - bx_i)^2 \quad (5)$$

A resolução desse problema de otimização resulta nos estimadores dos parâmetros do modelo. O estimador do parâmetro de inclinação do modelo b é calculado de acordo com a Equação 6.

$$b = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (6)$$

Por sua vez, o estimador do intercepto a é calculado na forma da Equação 7.

$$a = \bar{Y} - b\bar{X} \quad (7)$$

Uma medida de ajuste total é o erro padrão da regressão, denotado por S_e (Equação 8).

$$S_e = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N e_i^2}{N - 2}} \quad (8)$$

Uma vez que temos o erro-padrão S_e , podemos construir intervalos de confiança para os coeficientes e realizar testes de hipóteses sobre os valores estimados. O erro padrão do coeficiente angular b é dado pela Equação 9.

$$S_b = \frac{S_e}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}} \quad (9)$$

Pela Equação 10, chega-se ao erro padrão do coeficiente linear do modelo.

$$S_a = S_e \sqrt{\frac{1}{n} + \frac{\bar{x}^2}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}} \quad (10)$$

Esses erros padrões são utilizados para construir intervalos de confiança para os verdadeiros valores do coeficiente angular (Equação 11) e do intercepto (Equação 12). Com base na distribuição t de Student, com $N - 2$ graus de liberdade e definido um nível de significância (5%, por exemplo).

$$b - t_{\alpha/2} S_b \leq \beta \leq b + t_{\alpha/2} S_b \quad (11)$$

$$a - t_{\alpha/2} S_a \leq \alpha \leq a + t_{\alpha/2} S_a \quad (12)$$

Testes de hipótese sobre os parâmetros também podem ser realizados. Uma hipótese bastante comum é a de que o verdadeiro valor do coeficiente angular é diferente de zero, indicando associação entre as variáveis independente, x , e dependente, y . Nesse caso, o teste de hipótese envolve uma hipótese nula (Equação 13) e uma hipótese alternativa (Equação 14).

$$H_0: \beta = 0 \quad (13)$$

$$H_1: \beta \neq 0 \quad (14)$$

Adotando um nível de significância, o objetivo é definir uma região de rejeição da hipótese nula e tomar uma decisão de rejeição ou não da hipótese nula com base na seguinte estatística de teste:

$$t_{teste} = \frac{b - b_{n_0}}{S_b} \quad (15)$$

Se o valor de t_{teste} estiver na região de rejeição, tem-se evidência de que a hipótese nula pode ser rejeitada. Sob posse de uma série de dados temporais, (t, y_t) com $t = 1, \dots, T$, a estimação da tendência linear pode ser realizada ajustando um modelo amostral de regressão linear simples da seguinte forma:

$$\hat{y}_t = a + bt \quad (16)$$

Em que o coeficiente angular (Equação 17) e o coeficiente linear (Equação 18) são calculados da seguinte forma:

$$b = \frac{\sum_{t=1}^T (t - \bar{t})(y_t - \bar{y})}{\sum_{t=1}^T (t - \bar{t})^2} \quad (17)$$

$$a = \bar{y} - b\bar{t} \quad (18)$$

A grande finalidade de estimação desse modelo é decompor componentes da série e ajustar um modelo adequado, que permita previsões.

3.2.2 Medidas de “ajuste”

Existem diferentes medidas de “ajuste”, que indicam quão bem o modelo de tendência estimado se ajusta à série temporal. Dentre os principais, destacam-se:

a) o desvio médio absoluto (DMA):

$$DMA = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^T |y_t - \hat{y}_t| \quad (19)$$

b) o desvio quadrático médio:

$$\frac{1}{n} \sum_{t=1}^T (y_t - \hat{y}_t)^2 \quad (20)$$

c) o coeficiente de determinação:

$$R^2 = 1 - (\sum_{t=1}^T (y_t - \hat{y}_t)^2 / \sum_{t=1}^T (y_t - \bar{y})^2) \quad (21)$$

Conforme destacam Doane e Seward (2014), o “ajuste” refere-se aos dados históricos, e um bom ajuste não garante boas previsões.

3.2.3 Análise da sazonalidade

No tratamento de dados com periodicidade mensal ou trimestral, deve-se calcular um índice sazonal e aplicá-lo para destacar ou remover a sazonalidade da série. Em um modelo multiplicativo, que, normalmente, é a suposição usual, um índice sazonal é uma razão entre o valor observado e a média móvel centrada mensal ou trimestral. A remoção de sazonalidade em uma série temporal é realizada aplicando os seguintes passos:

1. Calcular uma média móvel centrada (MMC) para cada mês (ou trimestre).
2. Dividir cada valor observado (y_t) pela MMC para obter razões sazonais.
3. Tomar a média das razões sazonais por mês (ou trimestre) para obter índices sazonais brutos.
4. Ajustar os índices sazonais brutos de maneira que eles somem 12 (para dados mensais) ou quatro (para dados trimestrais).
5. Dividir cada y_t por seu índice sazonal para obter dados sem sazonalidade.

Após a remoção da sazonalidade dos dados, a tendência pode então ser ajustada. Qualquer variação remanescente em torno da tendência (T) é uma evidência dos movimentos irregulares (I) ou “ruído aleatório”.

3.2.4 Previsão sazonal usando preditores binários

Outra maneira de tratar a sazonalidade é estimar um modelo de regressão usando variáveis binárias sazonais como preditores. Para dados mensais, por exemplo, teríamos doze variáveis binárias, uma para cada mês, mas em um procedimento de estimação devemos omitir uma delas de forma a evitar multicolinearidade perfeita entre elas. A variável binária excluída passará então a compor o intercepto do modelo estimado. A Equação (22) apresenta

um modelo com variáveis binárias para dados mensais d_m , com $m = 1, \dots, 12$. Os coeficientes relativos a essas variáveis são dados por γ_m .

$$y_t = a + bt + \sum_{m=2}^{12} \gamma_m d_m \quad (22)$$

3.2.5 Médias móveis

Quando uma série não apresenta uma tendência consistente ou apresentar comportamento muito errático, uma abordagem conservadora é o uso de médias móveis, que podem ser simples ou centradas (DOANE e SEWARD, 2014).

A média móvel simples:

$$\hat{y}_{t,m} = \frac{y_t + y_{t-1} + \dots + y_{t-m+1}}{m} \quad (23)$$

A média móvel centrada:

$$\hat{y}_{t,m} = \frac{y_{t-1} + y_t + y_{t+1}}{3} \quad (24)$$

Existem, também, os modelos de suavização exponencial, que são um tipo especial de médias móveis, usados para fazer previsões de “um passo à frente”, e que vão sendo atualizados para os dados que oscilam para cima e para baixo, mas sem uma tendência consistente.

Deve-se mencionar que, na análise de séries temporais, existem classes de modelos mais sofisticados e complexos, como os modelos autorregressivos e de médias móveis, pertencentes a família de modelos ARMA (sigla do termo em inglês, autoregressive moving average), ou sua generalização para séries não-estacionárias, ARIMA (autoregressive integrated moving average). Esses modelos podem ser usados em um trabalho mais avançado no futuro por se tratar de métodos mais sofisticados que escapam do escopo deste trabalho.

3.2.6 Previsões

A equação de regressão é um estimador da média condicional de y , isto é, o valor esperado de y para dado valor de x , denotado $E(y|x) = x_i$. Uma vez estimada, a equação pode ser utilizada para fazer previsões ou projeções do valor de y dados valores de x , ou no contexto de dados de séries de tempo, valores de t .

Dessa forma, temos uma estimativa pontual, mas que costuma ser usual por obter estimativas de valores possíveis em um intervalo. Para obter estimativas de intervalo, o primeiro é ter uma estimativa pontual com o cálculo do valor de \hat{y}_i com base na equação de regressão ajustada e um valor de i . Posteriormente, pode-se obter intervalos com base nas seguintes expressões:

a) Para a média de \hat{y}_i

$$\hat{y}_i + t_{\alpha/2} S_e \sqrt{\frac{1}{n} + \frac{(x_i - \bar{x})^2}{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}} < \hat{y} < \hat{y}_i - t_{\alpha/2} S_e \sqrt{\frac{1}{n} + \frac{(x_i - \bar{x})^2}{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}} \quad (25)$$

b) Para um valor de \hat{y} individual

$$\hat{y}_i + t_{\alpha/2} S_e \sqrt{1 + \frac{1}{n} + \frac{(x_i - \bar{x})^2}{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}} < \hat{y} < \hat{y}_i - t_{\alpha/2} S_e \sqrt{1 + \frac{1}{n} + \frac{(x_i - \bar{x})^2}{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}} \quad (26)$$

A Equação 25 produz um intervalo de confiança para a média condicional de y , enquanto a Equação 26 é um intervalo de predição para valores individuais de y .

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta seção, são apresentados, inicialmente, os resultados da tendência e sazonalidade dos preços pagos ao produtor e no atacado, em seguida, a tendência e sazonalidade e, por fim, a previsão dos preços estimados.

4.1 Tendência

A Tabela 1 apresenta os resultados dos testes estatísticos para os coeficientes do modelo de regressão que foi usado para estimar a componente de tendência da série de preços pagos ao produtor.

Tabela 1 – Resultados da estimação do modelo de tendência linear simples para o preço pago ao produtor ($\alpha = 5\%$; $t_{\frac{\alpha}{n}} = 2,2795$).

	Coefficientes	Erro padrão	Stat t	valor-P	95% inferiores	95% superiores
Intercepto	5,2044	0,2423	21,4809	0,0000	4,7231	5,6856
Coef. Angular (tempo)	-0,0015	0,0045	-0,3271	0,7444	-0,0104	0,0074

Fonte: Elaboração própria com dados da pesquisa.

A série de preços nominais apresenta uma tendência clara de aumento ao longo do período considerado. No entanto, considerando preços reais, ou seja, preços deflacionados, o resultado da estimação indica que os movimentos de preços nominais durante o período analisado não são significantes. Ainda, pode-se verificar que a série de preços pagos aos produtores não apresenta uma tendência estatisticamente significativa ao nível de significância de 5%. O teste de hipótese realizado sobre o coeficiente angular não permite a rejeição da hipótese de que o coeficiente é igual a zero.

Tabela 2 – Resultados da estimação do modelo de tendência linear simples para o preço pago no atacado ($\alpha = 5\%$; $t_{\frac{\alpha}{2}} = 2,2962$).

	Coeficientes	Erro padrão	Stat t	valor-P	95% inferiores	95% superiores
Intercepto	70,8303	1,8250	38,8112	0,0000	67,1822	74,4784
Coef. Angular (tempo)	-0,4828	0,0488	-9,8888	0,0000	-0,5803	-0,3852

Fonte: Elaboração própria com dados da pesquisa.

Com os resultados da estimação do modelo apresentados na Tabela 2, observa-se que o preço pago ao atacado apresenta tendência de decréscimo estatisticamente significativa ao nível de significância de 5%. Portanto, rejeita-se a hipótese de que o coeficiente angular é igual a zero.

4.2 Tendência e Sazonalidade

Fazendo a suposição de um modelo multiplicativo, foram analisados os componentes de tendência e sazonalidade em conjunto. Os valores médios mensais da série de preços reais pagos aos produtores e os fatores sazonais estimados são apresentados na Tabela 3. Cada fator sazonal mostra a proporção do preço de cada mês em relação à média mensal. Por exemplo, o valor em janeiro corresponde a 95% da média mensal.

Tabela 3 – Valores médios mensais do preço da castanha em casca pago ao produtor e fator sazonal.

Mês	Valor médio para o mês(razão sazonal)	Fator sazonal
Janeiro	4,89	0,95
Fevereiro	5,12	1,00
Março	5,10	0,99
Abril	5,32	1,04
Mai	5,32	1,04
Junho	5,38	1,05
Julho	5,54	1,08
Agosto	5,79	1,13
Setembro	4,91	0,96
Outubro	4,71	0,92
Novembro	4,66	0,91
Dezembro	4,72	0,92

Fonte: Elaboração própria com dados da pesquisa.

É possível verificar também que entre setembro e março predominam valores abaixo da média mensal, enquanto entre os meses de abril e agosto predominam preços acima da média mensal. O período de colheita da castanha no Ceará, que inicia entre os meses

de setembro e outubro, pode influenciar esse comportamento visto que com o mercado abastecido aumenta a oferta o que causa a sensível queda no preço do produto.

Na Tabela 4, observa-se um comportamento nos valores médios mensais dos preços reais pagos no atacado inverso ao apresentado na Tabela 3. O período que apresenta valores médios acima da média mensal compreende os meses de agosto a março, enquanto os meses de abril a julho apresentam valores médios abaixo da média mensal.

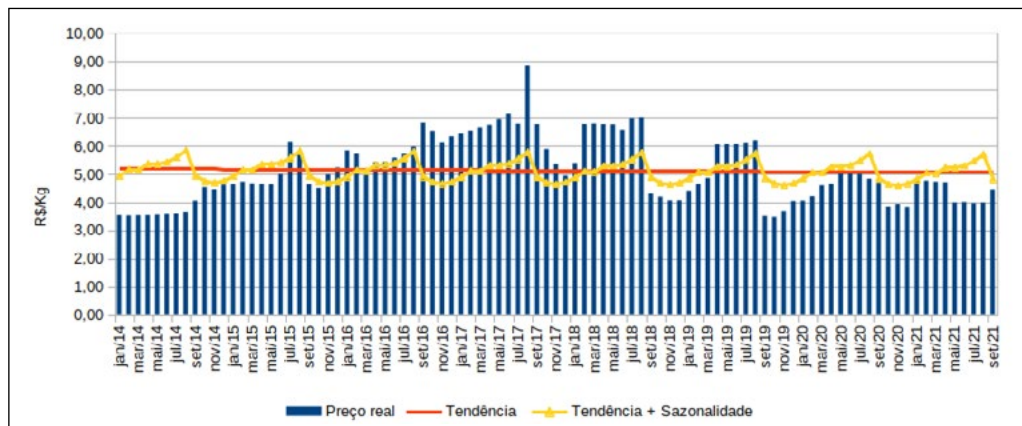
Tabela 4 – Valores médios mensais do preço da castanha beneficiada pago no atacado e fator sazonal.

Mês	Valor médio para o mês (razão sazonal)	Fator sazonal
Janeiro	56,90	1,03
Fevereiro	56,21	1,02
Março	55,18	1,00
Abril	54,50	0,99
Mai	53,76	0,97
Junho	53,87	0,98
Julho	54,57	0,99
Agosto	56,01	1,02
Setembro	54,95	1,00
Outubro	56,02	1,02
Novembro	54,92	1,00
Dezembro	55,03	1,00

Fonte: Elaboração própria com dados da pesquisa.

Considerando as estimativas de tendência e fatores sazonais, o Gráfico 4 apresenta a dinâmica do preço pago aos produtores e desses componentes no período analisado. No gráfico, tem-se uma linha de tendência que parece indicar um leve decréscimo do preço ao longo do período. Mas, como se nota, nos resultados do modelo de regressão, essa tendência não é estatisticamente significativa, o que qualifica uma relativa estabilidade do preço real.

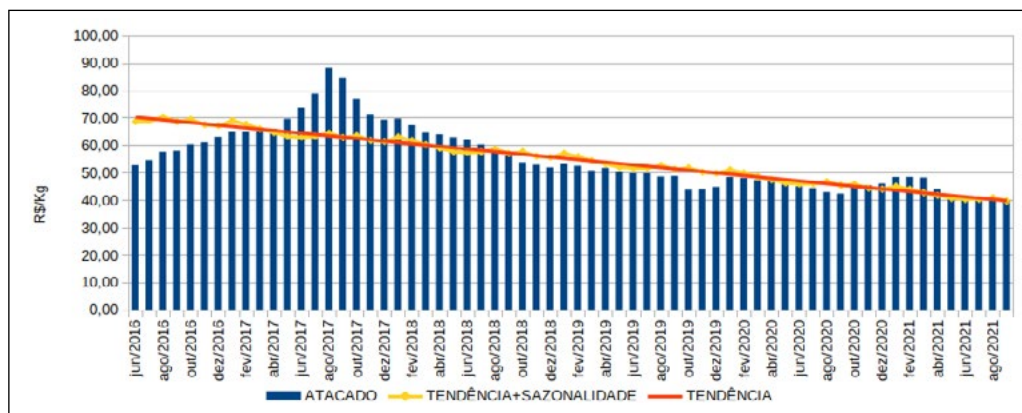
Gráfico 4 – Preço real pago ao produtor, tendência estimada e tendência com componente sazonal.



Fonte: Elaboração própria com dados da pesquisa.

Por sua vez, a série que incorpora tendência adicionada de fatores sazonais permite verificar a presença clara de padrões nas flutuações de preços ao longo do ano. Quanto aos preços no atacado (Gráfico 5), estes apresentam uma tendência clara de redução no período, como confirmado pela estimação do modelo de regressão linear.

Gráfico 5 – Preço real pago no atacado, tendência estimada e tendência com componente sazonal.



Fonte: Elaboração própria com dados da pesquisa.

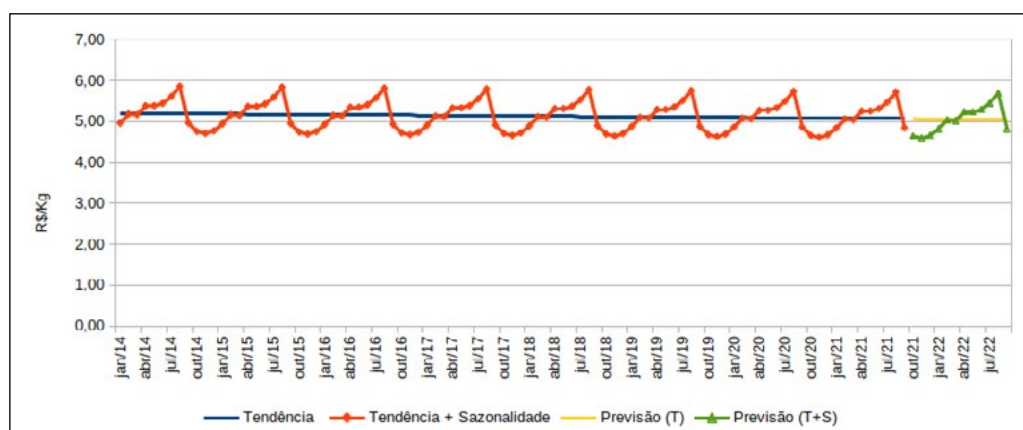
Considerando a percepção de uma análise gráfica, em tal série os padrões sazonais não demonstram ser significantes. A suavização da flutuação dos preços no atacado ao longo do ano pode estar relacionada com o nível de estoques que possibilitam equilibrar a oferta em épocas de entressafra e minimizar o efeito do fator sazonal.

4.3 Previsão

Uma das principais aplicações da análise de séries temporais é a realização de previsões. Conforme os objetivos do presente trabalho, com base na análise de tendência e sazonalidade, foi aplicado um exercício de previsão do comportamento do preço em curto prazo, adotando um horizonte de 1 ano no futuro. Considerando dados que seguem até setembro de 2021, a previsão é realizada até setembro de 2022.

Nesse sentido, os Gráficos 6 e 7 mostram as estimativas de tendência e de “tendência + sazonalidade” para os preços da castanha de caju pagos ao produtor e no atacado. As estimativas de tendência e de “tendência + sazonalidade” mostram a manutenção do padrão observado, mas com tendência de decréscimo no período avaliado.

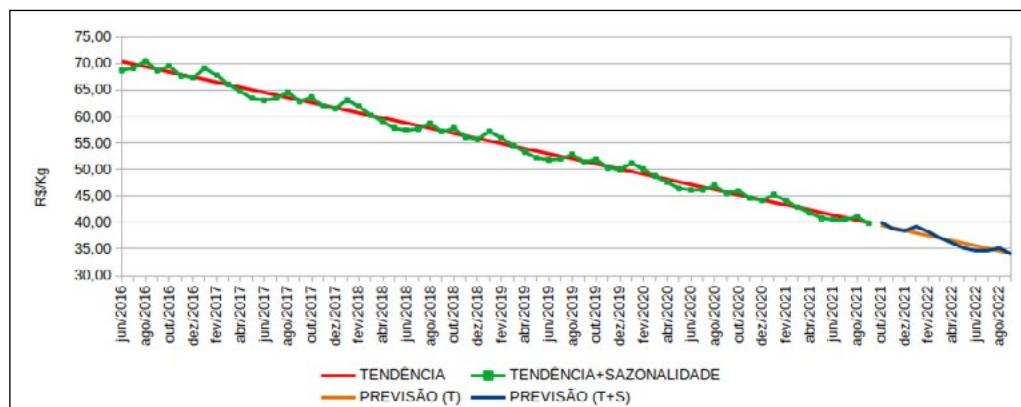
Gráfico 6 – Preço real pago ao produtor, tendência estimada e tendência com componente sazonal com previsão de um ano.



Fonte: Elaboração própria com dados da pesquisa.

Verifica-se o valor R\$ 5,05/Kg de castanha de caju em casca (produtor) em setembro de 2022 e após a aplicação do fator de sazonalidade chega-se à quantia de R\$ 4,83/Kg para o mesmo mês (Gráfico 6). Já para o nível de comercialização no atacado, o cálculo de previsão indica um preço de R\$ 34,14/Kg de castanha de caju beneficiada para o mesmo período e após a aplicação do fator de sazonalidade tem-se o valor de R\$ 34,02/Kg (Gráfico 7).

Gráfico 7 – Preço real pago no atacado, tendência estimada e tendência com componente sazonal com previsão de um ano.



Fonte: Elaboração própria com dados da pesquisa.

Adotando um modelo bastante simples de análise, optou-se por previsões em curto prazo, dadas as restrições do próprio tipo de análise aqui realizado. Modelos de séries temporais mais elaborados podem permitir previsões em prazos mais longos com maior segurança.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo desta pesquisa foi identificar e analisar os componentes de tendência e sazonalidade nos preços a partir da análise de séries temporais e, com base nesses componentes, realizar uma análise de previsão de preços em curto prazo para a castanha de caju, tendo como referência específica a experiência do estado do Ceará, na região Nordeste do Brasil. Por intermédio do método aplicado para a investigação da decomposição de componentes de tendência e sazonalidade, foram utilizadas regressão linear e estimação de tendência linear para os dados da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB), além da série de preços pagos aos produtores entre os anos de 2014 e 2021, e da série de preços beneficiada no atacado, no período de 2016 a 2021.

A respeito do preço da castanha de caju paga aos produtores, verificou-se a ausência de uma tendência estatisticamente significativa ao nível de confiança de 95% e um componente sazonal bastante perceptível. Para o preço da castanha de caju beneficiada no atacado, os resultados indicaram uma tendência de queda real de preços estatisticamente significativa ao nível de confiança de 95%, e um componente sazonal muito discreto pela análise gráfica.

Os modelos de regressão para as duas séries de preços mostraram tendência de decréscimo. No entanto, o coeficiente linear dos preços ao produtor foi estatisticamente não significativo, o que implica tendência de estabilidade. A previsão de preços para setembro de 2022, com base nos modelos de regressão e levando em conta o fator sazonal, indica o valor de R\$ 4,83/Kg para a castanha em casca (produtor). Para a castanha beneficiada, dado o fator de sazonalidade, o preço chegou a R\$ 34,02/Kg.

Por fim, o trabalho mostrou que a análise estatística por séries temporais pode auxiliar a compreensão do comportamento de preços de um produto específico, como é o caso da castanha de caju. As séries geradas nas estimações podem ser de grande utilidade para o planejamento dos agentes envolvidos nesse mercado, que possui muita relevância econômica no estado do Ceará.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, M. de J.N.; SOUSA NETO, N.C. de; BRAGA, C.C.; BRITO, J.I.B. de; SILVA, E.D.V.; SILVA, F.B.R.; BURGOS, N.; VAREJÃO-SILVA, M.A.; COSTA, C.A.R. da. **Zoneamento pedoclimático para a cultura do cajueiro (*Anacardium occidentale* L.) no Nordeste do Brasil e Norte de Minas Gerais**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical / Recife: Embrapa-CNPS-ERP-NE, 2000. 30p. (Embrapa Agroindústria Tropical. Boletim de Pesquisa, 27).

BRAGA, A. C. O.; BRAGA, K. C. A evolução da dignidade da pessoa humana como valor vetor da previdência social. **Revista Brasileira de Direito Social**, Belo Horizonte-MG, v. 01, n. 02, p. 29-44, mai./ago. 2018.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Boletim Hortigranjeiro**, Brasília, DF, v. 9, n. 6, junho, 2023.

CONAB. **Preços agrícolas, da sociobio e da pesca**. Disponível em: <<http://sisdep.conab.gov.br/precosiagroweb/>>. Acesso em: 4 dez. 2021.

DOANE, D. P.; SEWARD, L. E. **Estatística Aplicada à Administração e Economia**. 4. ed. [s.l.] AMGH Editora, 2014.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. SIRE. Secretaria de Inteligência e Relações Estratégicas. **O Agro no Brasil e no Mundo: uma síntese do período de 2000 a 2020**. Brasília, DF, 2020. Disponível em: <https://www.embrapa.br/documents/10180/62618376/O+AGRO+NO+BRASIL+E+-NO+MUNDO.pdf/41e20155-5cd9-f4ad-7119-945e147396cb>. Acesso em: 01 ago. 2021.

GERUM, A. F. A. A. *et al.* **Fruticultura Tropical: potenciais riscos e seus impactos** – Cruz das Almas, BA : Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2019. 28 p.

GUJARATI, D. N.; PORTER, D. C. **Econometria Básica - 5.Ed.** [s.l.] AMGH Editora, 2011.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Indicadores IBGE - **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola: Estatística da Produção Agrícola**. Fortaleza: IBGE, 2022. Disponível em: https://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Levantamento_Sistematico_da_Producao_Agricola_%5Bmensal%5D/Fasciculo_Indicadores_IBGE/2022/estProdAgri_202207.pdf. Acesso em: 29 out. 2023.

IBGE. **Produção agrícola municipal**. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9117-producao-agricola-municipal-culturas-temporarias-e-permanentes.html?edicao=22566&t=resultados>>. Acesso em: 4 dez. 2021.

IPEA. **Índice geral de preços - disponibilidade interna (IGP-DI)**. Disponível em: <<http://www.ipeadata.gov.br/ExibeSerie.aspx?serid=33593&module=M>>. Acesso em: 1 nov. 2021.

IPECE - Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará. Valor das exportações cearenses em 2022 é o terceiro melhor desde 1997. Fortaleza: IPECE, 2023. Disponível em: <https://www.ipece.ce.gov.br/2023/03/14/valor-das-exportacoes-cearenses-em-2022-e-o-terceiro-melhor-desde-1997/>. Acesso em: 29 out. 2023.

KAY, R. D.; EDWARDS, W. M.; DUFFY, P. A. **Gestão de Propriedades Rurais - 7.ed.** [s.l.] AMGH Editora, 2014.

LEITE, J. G. D. B.; WAQUIL, P. D. Comportamento dos preços dos produtos agrícolas: tendências, sazonalidade e choques. **Revista Pedagógica**, v. 11, n. 20, p. 97–118, 2007.

LUZ, H. I. H. **Análise do comportamento de preços da castanha de caju no Ceará**. 2022. 31 f. Monografia (Graduação em Agronomia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2022.

MACÊDO, M. L.; COSTA, R. N. T.; NUNES, K. G. VIABILIDADE ECONÔMICA DO CULTIVO IRRIGADO DO CAJUEIRO-ANÃO PRECOCE NA AGRICULTURA FAMILIAR. **IRRIGA**, v. 23, n. 1, p. 55–71, 30 mar. 2018.

MARTINS, P. DA S. **Imputação de dados faltantes**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Estatística)—Niterói: Universidade Federal Fluminense, 2017.

PESSOA, P. F. A. P.; MIRANDA, F. R. DE; MAIA, C. W. C. P. Cajueiro-anão irrigado: análise dos condicionantes financeiros para efetivação de sua viabilidade econômica. **EMBRAPA - Comunicado Técnico 263**, jan. 2020.

TABOSA, F. J. S.; VASCONCELOS, F. J. M.; CAMPOS, R. T. Contratos jurídicos no agronegócio e seus fatores determinantes: o caso da castanha de caju no estado do Ceará. **Revista Econômica do Nordeste**, v. 51, n. 3, p. 51–67, 2020.

VIDAL, M F. Produção comercial de frutas na área de atuação do BNB. **Caderno Setorial ETENE**, Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, v. 06, n. 168, p. 1-14, jun. 2021.