Agrociencia Uruguay 2026 | Volume 30 | Number NE1 | Article e1667
DOI: 10.31285/AGRO.30.1667
ISSN 2730-5066

Investigaciones en pecán en Sudamérica

Produtividade e qualidade de nozes de quatro cultivares de nogueira-pecã no Sudoeste do Paraná, Brasil

Nava, G. A. [1]; Silva, M. A. A. [1]; Martins, C. R. [2]

[1] *Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Dois Vizinhos, PR, Brasil*

[2] *Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), Pelotas, RS, Brasil*

Editor

María Cristina Soldati
Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Buenos Aires, Argentina

Received *3 Feb 2025*
Accepted *22 Apr 2025*
Published *13 Feb 2026*

Correspondence

Gilmar Antônio Nava
gilmarnava@utfpr.edu

Resumo

O objetivo do presente estudo foi avaliar os principais componentes de rendimento e atributos de qualidade de quatro cultivares de nogueira-pecã. O experimento foi conduzido em um pomar comercial no município de Francisco Beltrão, Paraná, Brasil. Foram avaliadas plantas com oito e nove anos de idade, no espaçamento de 10m x 9m, das cultivares Barton, Imperial, Pitol 1 (Melhorada) e Pitol 2 (Importada) em duas safras agrícolas (2018/2019 e 2019/2020). As nozes foram colhidas com a colhedora Shaker-mak acoplada ao trator. Após a colheita, os frutos foram deixados para secar ao sol por sete dias. Avaliou-se o número de nozes por planta e a produção de nozes (kg), e obteve-se a estimativa de produtividade (kg·ha^{-1}). A partir de amostras de 20 nozes por planta, avaliou-se a massa fresca das nozes (g), o rendimento da amêndoa (%), o diâmetro (mm) e o comprimento (mm). Amostras de 10 nozes por planta foram submetidas ao ensaio de força de ruptura (N) que simula a facilidade ou dificuldade de descascamento. Nas condições edafoclimáticas do Sudoeste do Paraná, concluiu-se que: a cultivar Barton foi a mais produtiva (12,4 kg·planta^{-1} = 1.376 kg·ha^{-1}); a Imperial produziu nozes maiores (9,1 g); o rendimento médio de amêndoa das cultivares avaliadas foi de 47,8%; e a cultivar Imperial possui maior resistência à ruptura da casca.

Palavras-chave: *Carya illinoinensis* (Wangenh) K. Koch, adaptação edafoclimática, produção, qualidade física das nozes

CC BY

Nava, G. A., Silva, M. A. A., & Martins, C. R. (2026). Produtividade e qualidade de nozes de quatro cultivares de nogueira-pecã no Sudoeste do Paraná, Brasil. *Agrociencia Uruguay, 30*(NE1), Article e1667. https://doi.org/10.31285/AGRO.30.1667

Productivity and Nut Quality of Four Pecan Cultivars in Southwestern Paraná, Brazil

Abstract

The objective of this study was to evaluate the main yield components and quality attributes of four pecan cultivars. The experiment was conducted in a commercial orchard in the municipality of Francisco Beltrão, Paraná State, Brazil. Eight- and nine-year-old plants, spaced 10m x 9m apart, of the cultivars Barton, Imperial, Pitol 1 (Melhorada) and Pitol 2 (Importada) were evaluated over two agricultural seasons (2018/2019 and 2019/2020). The nuts were harvested using a Shaker-mak harvester attached to a tractor. After harvest, the fruits were left to dry in full sun for seven days. The number of nuts per plant and nut production (kg) were evaluated, and the productivity estimate (kg·ha^{-1}) was obtained. From samples of 20 nuts per plant, the fresh nut mass (g), nut yield (%), diameter (mm), and length (mm) were measured. Samples of 10 nuts per plant were subjected to a breaking force test (N) to simulate the ease or difficulty of shelling. Under the soil and climatic conditions of Southwest Paraná, it was concluded that: the Barton cultivar was the most productive (12.4 kg·plant^{-1} = 1,376 kg·ha^{-1}); the Imperial produced the largest nuts (9.1 g); the average nut yield of the evaluated cultivars was 47.8%; and the Imperial cultivar exhibited greater resistance to shell rupture.

Keywords: *Carya illinoinensis* (Wangenh) K. Koch, edaphoclimatic adaptation, production, physical nut quality

Productividad y calidad de nueces de cuatro cultivares de nuez pecán en el suroeste de Paraná, Brasil

Resumen

El objetivo de este estudio fue evaluar los principales componentes del rendimiento y atributos de calidad de cuatro cultivares de nuez pecan. El experimento se realizó en el municipio de Francisco Beltrão, en el estado de Paraná, Brasil. Se evaluaron árboles de ocho y nueve años de edad, con un espaciamiento de 10m x 9m, de los cultivares Barton, Imperial, Pitol 1 (*Melhorada*) and Pitol 2 (*Importada*) durante dos cosechas agrícolas (2018/2019 y 2019/2020). Las nueces se cosecharon usando una cosechadora Shaker-mak acoplada a un tractor. Después de la cosecha, las nueces se mantuvieron hasta que llegaron a peso constante. Se evaluó el rendimiento (kg·árbol^{-1}) y el peso de la nuez (g) y además se obtuvo la estimación de productividad (kg·ha^{-1}). A partir de muestras de 20 nueces por árbol, se evaluó el peso fresco de las nueces (g), porcentaje de almendras, diámetro y longitud (mm), respectivamente. Además, muestras de 10 nueces por planta fueron sometidas a una prueba de resistencia a la rotura (N) para simular la facilidad o dificultad de descascarado. Los resultados de esta investigación sugieren que en las condiciones edafoclimáticas del Suroeste de Paraná el cultivar Barton fue el más productivo (12,4 kg·planta^{-1} = 1.376 kg·ha^{-1}); el cultivar Imperial produjo las nueces más grandes (9,1 g); el rendimiento promedio de almendra de los cultivares evaluados fue del 47,8%; y el cultivar Imperial presentó una mayor resistencia a la ruptura de la cáscara.

Palabras clave: *Carya illinoinensis* (Wangenh) K. Koch, adaptación edafoclimatica, producción, calidad física de nueces

1. Introdução

A nogueira-pecã [*Carya illinoinensis* (Wangenh.) K. Koch.] pertence à família *Juglandaceae* (Ribeiro et al., 2022; Rolim et al., 2022), sendo originária do norte do México e sul dos Estados Unidos (EUA) (International Nut and Dried Fruit Council [INC], 2018; Rolim et al., 2022). No entanto, o interesse pelo cultivo da espécie vem aumentando em diversas regiões do mundo, impulsionado pela demanda crescente pelo fruto e seus derivados, como na África do Sul, Austrália e Brasil, países que, juntamente com o México e os EUA, são atualmente os maiores produtores mundiais (INC, 2018). Além disso, o cultivo tem sido favorecido pelo aumento da demanda por alimentos saudáveis e pela valorização do produto no mercado (Associação Brasileira de Nozes, Castanhas e Frutas Secas [ABNC], 2021).

Em 2019, o Brasil foi o quarto maior produtor mundial, com uma produção de 3.500 t de nozes (ABNC, 2021). Atualmente, estima-se que a área plantada de nogueira-pecã no país é de 10.000 a 12.000 ha, concentrada principalmente no estado do Rio Grande do Sul, seguida pelos estados do Paraná e Santa Catarina. A região Sul do Brasil apresenta condições climáticas favoráveis que permitem o cultivo de diversas cultivares da espécie (Bilharva et al., 2018). No entanto, a produção de nozes no Brasil em 2023 foi de 7.194 t, em uma área colhida de 4.750 ha, evidenciando que a maioria dos pomares ainda não atingiu a maturidade. Em 2023, o Paraná colheu 367 t de nozes, em uma área de 195 ha, obtendo uma produtividade média de 1.882 $kg \cdot ha^{-1}$, com destaque para a região Sudoeste, onde se concentra a maioria das propriedades que cultivam nogueira-pecã no estado (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, n.d.).

De acordo com Casagranda et al. (2023), a produtividade da nogueira-pecã é influenciada pelos regimes de temperatura e precipitação pluviométrica, mas principalmente pelos fatores genéticos intrínsecos às cultivares. Além disso, os cuidados no manejo e na condução do pomar refletem diretamente na produção e qualidade da noz-pecã (Martins et al., 2023).

Seu fruto é uma noz oblonga envolta em cascas desenvolvidas a partir do invólucro floral. Globalmente popular e conhecida por seus atributos sensoriais e nutricionais, bem como por seu valor comercial, a noz-pecã está entre as nozes mais comercializadas no mundo (Ribeiro et al., 2022), além de possuir um tronco de madeira valiosa (Rolim et al., 2022). A nogueira-pecã, além de produzir alimentos de alta qualidade nutricional e madeira nobre, contribui para minimizar as mudanças climáticas, ao sequestrar e fixar carbono no solo e em sua biomassa vegetal, visto a longevidade produtiva dessa frutífera (Cambareri et al., 2023).

O sucesso de produção da noz-pecã é obtido observando o local de implantação do pomar e suas cultivares, pois a espécie é muito sensível às condições climáticas, as quais interferem nas suas características de resistência a pragas e doenças, imaturidade de produção, tamanho, rendimento e qualidade dos frutos. A espécie apresenta bom desenvolvimento e produtividade sob temperaturas de 24ºC a 30ºC, sendo que temperaturas elevadas afetam o tamanho do fruto e o desenvolvimento de sua amêndoa e que, sob condições extremas de temperatura, ocorre o abortamento prematuro do fruto (Martins et al., 2017).

No entanto, frente à diversidade genética das cultivares de nogueira-pecã, vários autores (Siebeneichler et al., 2024; Wu et al., 2022) apontam que é de suma importância avaliar os componentes de rendimento da nogueira-pecã e a qualidade físico-química dos frutos, uma vez que essas variáveis geralmente refletem no desenvolvimento da cultura e na sua adaptação edafoclimática, bem como na viabilidade técnica e econômica de cultivo numa determinada região. Com base no exposto, o objetivo do presente estudo foi avaliar os principais componentes de rendimento e atributos de qualidade de quatro cultivares de nogueira-pecã no sudoeste do Paraná.

2. Material e métodos

O experimento foi conduzido em um pomar comercial localizado na comunidade de Nova Concórdia, no município de Francisco Beltrão, sudoeste do Paraná, latitude 25°57'12" S, longitude 53°00'03" W e altitude média de 560m. O clima da região é subtropical úmido *Cfa*, segundo a classificação de Köppen, com temperatura média anual, nos meses mais quentes, de 22°C e, nos meses mais frios, inferior a 18°C, apresentando uma precipitação média de 2.025mm por ano (Alvares et al., 2013). Os solos predominantes no município são o latossolo roxo e o nitossolo vermelho distroférrico (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2018).

O período do estudo compreendeu duas safras agrícolas, 2018/2019 e 2019/2020. Foram avaliadas quatro cultivares de nogueira-pecã, Barton, Imperial, Pitol 1 (Melhorada) e Pitol 2 (Importada), plantadas na mesma proporção em número na área, no espaçamento de 10m x 9m. O pomar tinha oito anos de idade (no primeiro

ano-safra de avaliação), sem disponibilidade de irrigação. A adubação das plantas foi realizada de acordo com a análise do solo e recomendações constantes do manual de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2016). Na adubação, aplicou-se adubo orgânico (cama-de-aves) curtido na dosagem de 10 $t \cdot ha^{-1}$ e adubo químico formulado NPK na dosagem de 7 $kg \cdot planta^{-1}$, no período de inverno. O solo do pomar foi mantido coberto no inverno com um "mix" de espécies (aveia-preta, nabo forrageiro e ervilhaca) e, no verão, as plantas espontâneas foram controladas mediante roçadas. Para o manejo fitossanitário de pragas e doenças, foram realizadas quatro aplicações anuais a partir de 15 de outubro, e espaçadas entre si por cerca de 30 dias, dos seguintes defensivos/fertilizantes foliares, alternando os produtos em cada aplicação: Conect (125mL), Priori Top (125mL), Nativo (200mL), Actara (45g), Tilt (250mL), Cab Plus (125mL), Super K (125mL), Zinc Mol (75mL), Affix Protect (100mL) e Óleo Mineral (100mL) – doses para 100L de água, em mistura de tanque.

No pomar, foram identificadas aleatoriamente quatro árvores uniformes de cada cultivar avaliada. A colheita das nozes foi realizada mecanicamente com a colhedora Shaker-mak acoplada ao trator, utilizando-se uma lona abaixo da projeção da copa das árvores para facilitar a coleta dos frutos. Posteriormente, os frutos foram submetidos a pleno sol durante sete dias para a secagem externa até atingir peso constante. Em seguida, os frutos foram acondicionados e separados por planta em sacos de ráfia, contados e pesados em sua totalidade para a obtenção da produção ($kg \cdot planta^{-1}$). Após esse período, retirou-se uma amostra representativa de 30 nozes por planta de todas as cultivares para as avaliações laboratoriais.

No laboratório de Fisiologia Vegetal, a amostra de nozes de cada planta foi subdividida em duas subamostras. A primeira, contendo 20 unidades, foi submetida à avaliação da massa média de noz com casca (g), diâmetro (mm), comprimento (mm) e biomassa fresca média da amêndoa (g). Para a obtenção da massa das nozes com casca e da massa das amêndoas, utilizou-se uma balança semi-analítica com precisão de duas casas decimais e, para a obtenção do diâmetro e do comprimento da noz, utilizou-se um paquímetro digital. As nozes da segunda subamostra (10 unidades) foram submetidas ao ensaio de resistência à compressão (N), utilizando-se uma máquina de célula de força, modelo EMIC DL-30. Os frutos foram posicionados na vertical e o ensaio foi realizado até a ruptura da noz, simulando a força necessária para a quebra durante o descascamento.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, em um arranjo fatorial 4 x 2 (quatro cultivares x duas safras agrícolas), com quatro repetições de uma planta (para número de nozes) e subunidades amostrais de 20 ou 10 nozes. Os dados obtidos foram submetidos ao teste de normalidade de Lilliefors, às transformações logarítmica de (x +1) e de raiz quadrada de (x/100), dependendo da variável, à análise de variância (ANOVA) e ao teste de comparação de médias de Tukey ($p \leq 0,05$) com auxílio do programa Genes (Cruz, 2006).

3. Resultados

As tabelas 1 e 2 apresentam os principais componentes de rendimento de frutos para as quatro cultivares avaliadas. Para as variáveis biomassa, número de frutos por planta, produção de nozes e rendimento de amêndoa, houve uma interação significativa entre os fatores avaliados (cultivar x ciclo produtivo).

Para o número de frutos (Tabela 1) e produção de nozes por planta (Tabela 2), as cultivares Barton e Imperial apresentaram maiores médias no primeiro ano-safra, repetindo-se essa superioridade no segundo ciclo de produção com a Barton. A biomassa das nozes foi superior no primeiro ano estudado para as cultivares Imperial (9,1g) e Pitol 1 (9,5g), tendo a cultivar Imperial (9,0g) sido superior também no segundo ano. No geral, a safra 2018/2019 proporcionou frutos de maior biomassa fresca, possivelmente devido ao menor número de frutos produzidos por planta nessa safra, com exceção da Imperial (Tabela 1). Isso mostra que a biomassa de nozes de uma árvore tem relação direta com o número de frutos produzidos.

É possível inferir, ainda, com base na média das duas safras avaliadas, que a cultivar Barton foi a mais produtiva entre as cultivares avaliadas nesse estudo. A cultivar Pitol 2 não apresentou produção satisfatória, devido à queda prematura dos frutos e, principalmente, ao ataque de pássaros. Considerando o fator safra, as cultivares Barton e Pitol 1 apresentaram estatisticamente produções superiores na segunda safra em relação à primeira. No entanto, a cultivar Imperial não apresentou um acréscimo produtivo significativo em decorrência do fator ano (Tabela 2).

Tabela 1. Número de frutos por planta e biomassa fresca das nozes das cultivares de nogueira-pecã. Dois Vizinhos, 2020

Cultivar	Safra 2018/2019	Safra 2019/2020	Média
	Número de frutos por planta		
Barton	649 aB	2683 aA	1666
Imperial	729 aA	820 bA	774
Pitol 1 (Melhorada)	187 bB	808 bA	497
Pitol 2 (Importada)	-	820 b	820
CV (%)	8,3		939

Cultivar	Safra 2018/2019	Safra 2019/2020	Média
	Biomassa fresca das nozes (g)		
Barton	8,2 bA	6,8 bB	7,5
Imperial	9,1 abA	9,0 aA	9,1
Pitol 1 (Melhorada)	9,5 aA	7,3 bB	8,4
Pitol 2 (Importada)	6,8 cB	7,7 bA	7,2
CV (%)	7,4		8,0

* As médias seguidas da mesma letra minúscula na vertical e maiúscula na horizontal não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5%; (-) dado inexistente (quantidade irrisória de frutos).

Tabela 2. Produção de nozes por planta e rendimento de amêndoa das cultivares de nogueira-pecã. Dois Vizinhos, 2020.

Cultivar	Safra 2018/2019[(1)]	Safra 2019/2020[(2)]	Média
	Produção de nozes (kg planta^{-1})		
Barton	5,4 aB	19,5 aA	12,4
Imperial	6,5 aA	7,4 bA	6,9
Pitol 1 (Melhorada)	1,8 bB	5,9 bA	3,8
Pitol 2 (Importada)	-	6,5 b	6,5
CV (%)	23,8		7,4

Cultivar	2018/2019	2019/2020	Média
	Rendimento de amêndoa (%)		
Barton	48,3 bA	48,3 abA	48,3
Imperial	49,9 abA	43,7 bcB	46,8
Pitol 1 (Melhorada)	45,2 bB	52,4 aA	48,8
Pitol 2 (Importada)	56,1 aA	38,6 cB	47,4
CV (%)	6,9		47,8

* As médias seguidas da mesma letra minúscula na vertical e maiúscula na horizontal não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5%; (-) dado inexistente (quantidade irrisória de frutos).

Fonte. [(1)] Ribeiro et al. (2022); [(2)] Rolim et al. (2022)

Observou-se baixa ocorrência de precipitação pluviométrica em alguns meses das duas safras avaliadas no período de desenvolvimento dos frutos, a exemplo de dezembro de 2018, com 28 mm; maio de 2019, com 88 mm e; e março e abril de 2020, com 62 mm e 38 mm, respectivamente (Figura 1).

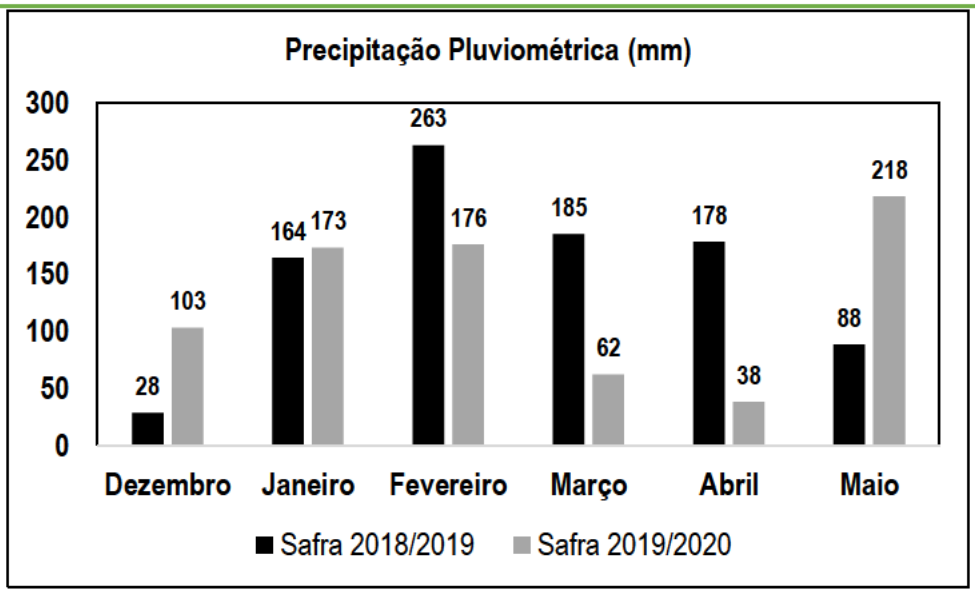


Figura 1. Precipitação pluviométrica mensal (mm) no período de desenvolvimento dos frutos (crescimento lento e crescimento rápido) para as safras 2018/2019 e 2019/2020. Dois Vizinhos, 2020.

Fonte. Adaptado de Sistema de Tecnologia e Monitoramento Ambiental do Paraná (n.d.).

Houve interação entre os fatores avaliados (cultivar x ano-safra) para as variáveis diâmetro, comprimento e força de ruptura das nozes (Tabela 3).

Tabela 3. Comprimento, diâmetro e força de ruptura da casca de nozes de quatro cultivares de nogueira-pecã. Dois Vizinhos, 2020.

Cultivar	2018/2019	2019/2020	Média
	Comprimento (mm)		
Barton	41,1 bA	39,5 bcB	40,3
Imperial	48,2 aA	47,4 aA	47,8
Pitol 1 (Melhorada)	47,4 aA	41,4 bB	44,4
Pitol 2 (Importada)	40,2 bA	37,6 cB	38,9
CV (%)	2,5		42,8

Cultivar	2018/2019	2019/2020	Média
	Diâmetro (mm)		
Barton	22,5 aA	21,3 aB	21,9
Imperial	22,1 abA	21,7 aA	21,9
Pitol 1 (Melhorada)	22,3 abA	21,4 aB	21,9
Pitol 2 (Importada)	21,4 bA	19,7 bB	20,6
CV (%)	2,0		21,6

Cultivar	2018/2019	2019/2020	Média
	Força de ruptura da casca (Newton - N)		
Barton	265 bA	292 abA	278
Imperial	345 aA	333 aA	339
Pitol 1 (Melhorada)	232 bB	273 bA	252
Pitol 2 (Importada)	275 bA	222 cB	248
CV (%)	4,8		279

* As médias seguidas da mesma letra minúscula na vertical e maiúscula na horizontal não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5%.

No primeiro ano-safra, as cultivares Pitol 1 e Imperial produziram nozes mais compridas, sendo que valores maiores de comprimento se repetiram para essas mesmas cultivares, bem como para a Barton na safra seguinte, em relação à cultivar Pitol 2. Para o diâmetro, em ambas as safras avaliadas, as nozes da Barton foram superiores às da Pitol 2, porém, sem diferença estatística das demais. Na comparação entre anos, a safra 2018/2019 promoveu nozes maiores em relação ao seu comprimento e diâmetro, com exceção da Imperial, cujas variáveis biométricas não foram alteradas nas suas dimensões em função do ano de cultivo (Tabela 3).

Em relação à variável força de ruptura da casca, os frutos da cultivar Imperial (345N) exigiram maior força na safra 2018/2019, diferenciando-se estatisticamente dos demais. O mesmo foi verificado nas nozes das cultivares Imperial (333N) e Barton (292N) na safra 2019/2020, as quais diferiram das demais. Na comparação entre anos, a casca das nozes da Pitol 2 apresentou maior resistência à ruptura na safra 2018/2019. O contrário foi verificado para a cultivar Pitol 1 (Tabela 3).

4. Discussão

No geral, com exceção da Imperial, a safra 2018/2019 proporcionou nozes com maior biomassa, possivelmente devido ao menor número de frutos produzidos por planta nessa safra, mostrando uma relação inversa entre a biomassa de nozes e o número de frutos produzidos. No entanto, a safra 2019/2020 promoveu maior produção de nozes por planta nas cultivares Barton e Pitol 1, fator que deve estar associado, ao menos em parte, ao incremento da idade das plantas, visto que, à medida que a planta amadurece reprodutivamente com sanidade e equilíbrio, ocorre um aumento na sua produção. Em um trabalho de pesquisa com os produtores, Martins et al. (2023) obtiveram dados de produção de noz-pecã, onde apontam que 70% dos pomares de nogueira-pecã produzem menos de 1,0 t·ha^{-1} de nozes com casca. Desses, 38,2% dos pomares produzem nozes abaixo de 0,5 t·ha^{-1}, enquanto 33,9% dos pomares produzem de 0,5 t·ha^{-1} a 1,0 t·ha^{-1}. Outra parcela significativa dos pomares (14,7%) tem uma produtividade média de 1,0 t·ha^{-1} a 1,5 t·ha^{-1} de nozes, sendo que, acima disso, apenas 13,2% dos pomares tem uma produtividade média com valores superiores a 1,5 t·ha^{-1}. Crosa et al. (2020) relatam que a baixa produtividade dos pomares de nogueira-pecã pode estar atrelada à fase de juvenilidade, o que significa que ainda não atingiram o pico máximo de produção. De acordo com Fronza e Hamann, (2016), pomares comerciais brasileiros devidamente implantados e bem manejados têm potencial para produzir de 2.000 a 3.000 kg·ha^{-1} quando adultos.

Nas condições edafoclimáticas do sudoeste do Paraná, a cultivar Barton foi a mais produtiva (12,4 kg·planta^{-1} = 1.376 kg·ha^{-1}). Para Casagranda et al. (2023), a cultivar Barton também foi a mais produtiva em Anta Gorda, Rio Grande do Sul, com uma produção de 24,9 kg·planta^{-1} (média de seis safras), com destaque para a sexta safra, em que apresentou uma produtividade estimada de 4.185 kg·ha^{-1}. No entanto, a produtividade dessa cultivar em Dois Vizinhos, Paraná, foi menos de 50% da observada em Anta Gorda, Rio Grande do Sul, mostrando menor adaptação edafoclimática local e/ou manejo do pomar deficitário.

Em seu estudo, De Marco (2020) mencionou que a nogueira-pecã apresenta alternância de produção, com anos de produção alta seguido por fases de baixa produção. A alternância para essa espécie é um problema econômico para produtores e não existe uma causa certa atribuída a esse fenômeno (Wood et al., 2003). Esse é outro fator que pode ter contribuído para o aumento geral da produtividade das plantas na safra 2019/2020, devido a um possível aumento de reservas nas plantas após um ano de baixa produtividade. Colheitas distintas (mais altas ou mais baixas) em anos consecutivos são naturais, e também é observado que o grau de alternância pode estar ligado ao comportamento varietal (Rivero, 2004), características que também foram observadas nas variedades Barton e Pitol 1, mas não na Imperial.

Em relação ao rendimento médio de amêndoa (47,8%) das cultivares avaliadas nessa pesquisa, observou-se que os mesmos foram menores que o 57% obtido para a Barton por Cruz-Alvarez et al. (2020) e Fronza et al. (2013). O conhecimento dessa relação é importante para orientar os produtores quanto à finalidade de plantio, seja ela para vendas diretas ou para a indústria, sendo que nozes maiores e com melhores rendimentos de amêndoa são mais bem aceitas pelos consumidores (Wells & Conner, 2009), além de nozes com casca menos espessa (Ortiz, 2000). No entanto, para Duarte e Ortiz (2001), o rendimento de cultivares dessa espécie pode variar entre 40 e 60%. O rendimento de amêndoa faz parte de um dos componentes da qualidade da noz-pecã no mercado nacional e internacional: é a principal característica observada pela indústria no momento da determinação do preço pago por quilo. O rendimento de amêndoa é caracterizado pela proporção de amêndoa em relação à quantidade de casca, expressa em porcentagem, podendo variar de acordo com a produção da cultivar, produção de cada planta, fertilidade do solo, ocorrência de déficit hídrico, ocorrência de doenças, etc. É fundamental optar por cultivares que tenham a característica de atingir, no mínimo, 50% ou mais de rendimento de amêndoa (Hamann et al., 2024).

Os baixos índices de precipitação pluviométrica (Figura 1) registrados em alguns meses nos estádios de crescimento rápido do fruto e de formação final da amêndoa podem ter contribuído para a baixa produtividade das plantas. De acordo com Sparks (n.d.), intercorrências no período de desenvolvimento dos frutos em relação à pluviosidade, entre metade de janeiro e metade de fevereiro, acarreta em problemas com o preenchimento da amêndoa, já que que cerca de 50% da biomassa fresca do fruto nesse estádio é constituída por água. A falta de água pode ocasionar a queda de frutos, nozes mal preenchidas e de menor tamanho, dependendo do estádio e da intensidade em que a sua falta ocorre (Herrera, 2005; Wells, 2015).

Tendo em vista o estudo de Sparks (n.d.), acredita-se que o rendimento superior de nozes observado no primeiro ano-safra em três das quatro cultivares estudadas se deveu à maior regularidade e disponibilidade de chuvas no período de elongação/expansão dos frutos e enchimento da amêndoa (estádios 70 a 79) pois, nesse ano-safra, com exceção do mês de dezembro de 2018, que teve menor disponibilidade hídrica (28 mm), os meses subsequentes tiveram suprimento adequado de água (Figura 1) para o desenvolvimento dos frutos. O contrário foi observado no segundo ano-safra, que apresentou menor disponibilidade hídrica nos meses de março (62 mm) e abril (38 mm) de 2020 (Figura 1), no período de enchimento das amêndoas. Sierra et al. (2001) apontam que uma lâmina de água mínima anual para a nogueira-pecã varia entre 750 mm a 2.000 mm, com maior exigência nos meses de verão e início de outono.

Desta forma, salienta-se a importância da pluviosidade para a obtenção de um bom rendimento de frutos. De acordo com De Marco (2020), em regiões onde o regime de chuva não é bem distribuído ou à há pouca incidência de chuva, o uso da irrigação como meio de minimizar os impactos sobre a frutificação pode aumentar significativamente a massa das nozes e, consequentemente, a produtividade do pomar.

Para Wells e Conner (2009), o tamanho da noz é um fator importante, já que, como regra geral, o consumidor prefere frutos maiores, também por serem mais facilmente quebrados e descascados, aspectos físicos que afetam diretamente a sua comercialização. Os mesmos autores, estudando dezenove cultivares norte-americanas, observaram variações desses aspectos. Da mesma forma, ao estudar cultivares de nogueira-pecã no Rio Grande do Sul (Poletto et al., 2012), também identificaram diferenças na morfometria ou biometria (tamanho e forma) dos frutos avaliados.

Segundo Mattei et al. (2017), a força máxima de ruptura ou de quebra da noz é um aspecto comercial de grande relevância na aceitação dos frutos pelos consumidores ou processadores, que preferem, em geral, nozes menos firmes ou duras, pois isso facilita o seu descascamento. Os mesmos autores, avaliando nozes de 12 genótipos de nogueira-pecã em Dois Vizinhos, sudoeste do Paraná, obtiveram uma força de ruptura média de 250N, pouco abaixo da média observada para as quatro cultivares avaliadas nessa pesquisa, que foi de 279N. Para

Medeiros et al. (2024), além das características genéticas das cultivares, que proporcionam uma casca mais ou menos espessa e/ou rígida, a força de ruptura da casca da noz está associada com o teor de umidade do fruto.

5. Conclusões

Nas condições edafoclimáticas do sudoeste do Paraná, Brasil, e considerando a idade produtiva das plantas, conclui-se que a cultivar Barton foi a mais produtiva, seguida da Imperial e da Pitol 1 (Melhorada). A Imperial produziu os maiores frutos, enquanto os menores corresponderam à Pitol 2 (Importada).

Adicionalmente, o rendimento médio de amêndoa das cultivares avaliadas foi de 47,8%, com variações entre cultivares, plantas da mesma cultivar e anos-safras. Entretanto, é possível afirmar que as nozes da cultivar Imperial possuem maior resistência à ruptura da casca.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas – PPGSIS, da UTFPR, Campus Dois Vizinhos.

Transparência de dados

Dados disponíveis: todo o conjunto de dados que suporta os resultados deste estudo foi publicado no próprio artigo.

Declaração de contribuição do autor

	GA Nava	MAA Silva	CR Martins
Conceptualization	■	■	
Formal analysis	■		
Funding acquisition	■		
Investigation	■	■	
Methodology	■	■	
Project administration	■		
Resources	■		
Supervision			■
Writing – original draft	■	■	
Writing – review and editing	■		■

Referências

Alvares, C. A., Stape, J. L., Sentelhas, P. C., De Moraes Gonçalves, J. L., & Sparovek, G. (2013). Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift, 22*, 711-728. https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507

Associação Brasileira de Nozes, Castanhas e Frutas Secas. (2021). *Safra 2021 da noz-pecã traz boas expectativas aos produtores e indústrias*. https://www.abncnuts.org.br/safra-2021-da-noz-peca-traz-boas-expectativas-aos-produtores-eindustrias/

Bilharva, M. G., Martins, C. R., Hamann, J. J., Fronza, D., De Marco, R., & Malgarim, M. B. (2018). Pecan: From research to the Brazilian reality. *Journal of Experimental Agriculture International, 23*(6), 1-16. https://doi.org/10.9734/JEAI/2018/41899

Cambareri, G., Frissp, E. A., Herrera-Aguirre, E., Zoppolo, R., Leite, F. F. G. D., Beltrán, M., & Mendoza, C. (2023). Contribution of pecan (*Carya illinoinensis* [Wangenh.] K. Koch) to Sustainable Development Goal 2 under the dual perspective of carbon storage and human nutrition. *Frontiers in Soil Science, 3*. https://doi.org/10.3389/fsoil.2023.1092003

Casagranda, D. G., Kirinus, M. B. M., Martins, C. R., & Malgarim, M. B. (2023). Produtividade da nogueira-pecã na região de Anta Gorda no Rio Grande do Sul. *Research, Society and Development, 12*(1), Article e24912139574. https://doi.org/10.33448/rsd-v12i1.39574

Crosa, C. F. R., De Marco, R., De Souza, R. S., & Martins, C. R. (2020). Tecnologia de produção de noz-pecã no sul do Brasil. *Revista Científica Rural, 22*(2), 249-262. https://doi.org/10.30945/rcr-v22i2.3170

Cruz, C. D. (2006). *Programa Genes: Estatística experimental e matrizes*. Editora UFV.

Cruz-Alvarez, O., Hernández-Rodríguez, O. A., Jacobo-Cuellar, J. L., Ávila-Quezada, G., Morales-Maldonado, E., Parra-Quezada, R. Á., & Ojeda-Barrios, D. L. (2020). Nitrogen fertilization in pecan and its effect on leaf nutrient concentration, yield and nut quality. *Revista Chapingo Serie Horticultura, 26*(3), 163-173. https://doi.org/10.5154/r.rchsh.2019.10.021

De Marco, R. (2020). *Fenologia, xenia e irrigação na produção de frutos de nogueira-pecã* [Doctoral dissertation]. Universidade Federal de Pelotas.

Duarte, V., & Ortiz, E. R. N. (2001). Podridão de *Phytophora* da amêndoa e da casca da nogueira pecan. In E. D. M. N. Luz (Ed.), *Doenças causadas por Phytophora no Brasil* (pp. 493-508). Rural.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. (2018). *Sistema brasileiro de classificação de solos* (5a ed.).

Fronza, D., & Hamann, J. J. (2016). *Técnicas para o cultivo da nogueira pecan*. Universidade Federal de Santa Maria.

Fronza, D., Poletto, T., & Hamann, J. J. (2013). *O cultivo da nogueira-pecã*. Universidade Federal de Santa Maria.

Hamann, J. J., Martins, C. R., Rosa Junior, H. F., Tavares, I. B., Bilharva, M. G., & Souza, R. S. (2024). Cultivares. In C. R. Martins, M. Lazarotto, & M. B. Malgarim (Eds.), *Nogueira-pecã: Cultivo, benefícios e perspectivas* (pp. 133-168). Embrapa Clima Temperado.

Herrera, E. (2005). *Growth and development of pecan nuts*. New Mexico State University.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (n.d.). *Tabela 5457: Área plantada ou destinada à colheita, área colhida, quantidade produzida, rendimento médio e valor da produção das lavouras temporárias e permanentes*. https://sidra.ibge.gov.br/tabela/5457#resultado

International Nut and Dried Fruit Council. (2018). *Nut & dried fruit: Statistical yearbook 2017/2018*. https://inc.nutfruit.org/wp-content/uploads/2021/09/1524481168_INC_Statistical_Yearbook_2017-2018.pdf

Martins, C. R., Barreto, C. F., Farias, R. M., Duarte, C. S., Hellwig, C. G., Lima, A. D. V., & Malgarim, M. B. (2023). Quality of pecan grown in orchards with the use of different levels of technology. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha, 24*(1). https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81376287006

Martins, C. R., Fronza, D., Malgarim, M. B., Bilharva, G. M., De Marco, R., & Hamann, J. J. (2017). Cultura da noz-pecã para agricultura familiar. In L. F. Wolff & C. A. B. Medeiros (Eds.), *Alternativas para a diversificação da agricultura de base agroecológica* (pp. 65-81). Embrapa Clima Temperado.

Mattei, G., Meurer, A., Mariani, J. A., Barbieri, C. R., Franco, R. F., Martins, C. R., & Nava, G. A. (2017). Atributos físicos de frutas de genótipos de nogueira-pecã (*Carya illinoensis*) cultivados em Dois Vizinhos, PR. In *XV Encontro Nacional de Fruticultura de Clima Temperado*. http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1077568

Medeiros, J. C. F., Barros, J., Malgarim, M. B., Kirinus, M. B. M., Hoffmann, J. F., & Martins, C. R. (2024). Pós-colheita e processamento. In C. R. Martins, M. Lazarotto, & M. B. Malgarim (Eds.), *Nogueira-pecã: Cultivo, benefícios e perspectivas* (pp. 331-356). Embrapa Clima Temperado.

Ortiz, E. R. N. (2000). *Propriedades nutritivas e nutracêuticas das nozes* [Undergraduate thesis]. Universidade de Santa Cruz do Sul. http://www.agricultura.rs.gov.br/upload/arquivos/201711/07100436-propriedades-nutritivas-e-nutraceuticas-das-nozes-edson-ortiz.pdf

Poletto, T., Lazarotto, M., Baggiotto, C., Muniz, M. F. B., Poletto, I., Hamann, J. J., Maciel, C. G., & Walker, C. (2012). Análise de características dos frutos de cultivares de nogueira-pecã cultivadas no Rio Grande do Sul. In *XVI Simpósio de Ensino, Pesquisa e Extensão*. https://www.agricultura.rs.gov.br/upload/arquivos/201707/26091816-analise-cultivares-nogueira-peca-marilia-ufrgs.pdf

Ribeiro, S. R., Klein, B., Santos, I. D. D., Thewes, F. R., Brackmann, A., Both, V., & Wagner, R. (2022). Effects of controlled atmosphere and storage temperature on the quality of shelled “Barton” pecan nuts during long-term storage. *Food Research International, 158*, Article 111498. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2022.111498

Rivero, S. H. T. (2004). *Manejo de nogal pecanero con base en su fenología*. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.

Rolim, J. M., Rabuske, J. E., Savian, L. G., Walker, C., Sarzi, J. S., Silva, J. C. P., & Muniz, M. F. B. (2022). Fungi of the Botryosphaeriaceae family cause different levels of stem canker of pecan trees (*Carya illinoinensis*) in Brazil. *Revista Árvore, 46*, Article e4615. https://doi.org/10.1590/1806-908820220000015

Siebeneichler, T. J., Crizel, R. L., Duarte, T. O., Carvalho, I. R., Galli, V., De Souza, R. S., Martins, C. R., Ferreira, C. D., & Hoffmann, J. F. (2024). Influence of cultivar on quality parameters of pecans produced in Southern Brazil. *Scientia Horticulturae, 336*, Article 113423. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2024.113423

Sierra, E. M., Pérez, S., Casagrande, G., & Vergara, G. (2001). Efecto del ENSO sobre las precipitaciones del trimestre noviembre–enero (1981/1998) en el centro este de la provincia de La Pampa, Argentina. *Revista Agronómica de Agrometeorología, 1-2*, 83-88.

Sistema de Tecnologia e Monitoramento Ambiental do Paraná. (n.d.). *Dados das estações: Francisco Beltrão*. https://www.simepar.br/simepar/dados_estacoes/26055305

Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. (2016). *Manual de calagem e adubação para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina*. Comissão de Química e Fertilidade do Solo – RS/SC.

Sparks, D. A. A. (n.d.). *A climatic model for predicting Georgia’s pecan production*. https://www.oocities.org/pecan_man1/climse5.htm

Wells, L. A. (2015). Reduced early-season irrigation schedule for pecans in the Southeastern United States. *Acta Horticulturae,* (1070), 225-230. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2015.1070.25

Wells, L., & Conner, P. (2009). *Pecan varieties for Georgia orchards*. University of Georgia.

Wood, B. W., Conner, P. J., & Worley, R. E. (2003). Relationship of alternate bearing intensity in pecan to fruit and canopy characteristics. *HortScience, 38*(3), 361-366. https://doi.org/10.21273/HORTSCI.38.3.361

Wu, S., Yao, X., Wang, K., Yang, S., Ren, H., Huang, M., & Chang, J. (2022). Quality analysis and comprehensive evaluation of fruits from different cultivars of pecan (*Carya illinoinensis* (Wangenheim) K. Koch). *Forests, 13*(5), Article 746. https://doi.org/10.3390/f13050746