Variação no número de raízes tuberosas de mandioca em função da temperatura do ar e da precipitação pluviométrica

Augusto Carlos Pola[1] e Alexsander Luís Moreto[2]

Resumo – Muitos fatores podem influenciar o número de raízes de reserva por planta (NR) em mandioca. Objetivando verificar uma possível influência da temperatura e precipitação sobre variações registradas no NR do cv. Prata, em um solo arenoso, com data média de plantio em 24/09, foram realizados estudos de regressão e de correlação linear. Observou-se correlação inversa e significativa entre NR e a precipitação total do trimestre out-nov-dez e forte correlação (r = – 0,87) entre NR e o total de dias com precipitação superior a 10mm no estágio de 45 a 85 dias após o plantio (DAP). Essa relação inversa pode estar relacionada com a lixiviação de nutrientes no solo causada por precipitações elevadas e/ou com a diminuição da radiação solar. Foram também obtidas correlações significativas e negativas entre NR e as temperaturas médias e máximas médias dos meses de outubro e novembro. A temperatura média das máximas dos primeiros 40 DAP explicou 53% das variações no número de raízes tuberosas (r = – 0,73). Portanto, os resultados obtidos indicam que o número de raízes tuberosas por planta pode ser negativamente afetado por períodos de altas temperaturas e elevada pluviosidade nos estádios iniciais de desenvolvimento da cultura.

Palavras-chave: *Manihot esculenta*; Clima; Raízes de reserva

Variation in the number of tuberous cassava roots as a function of air temperature and rainfall

Abstract – Many factors can influence the number of storage roots per plant (NR) in cassava. To verify a possible influence of temperature and precipitation on variations recorded in the NR of cv. Prata, in a sandy soil, regression and linear correlation studies were carried out. A significant inverse correlation was observed between NR and total rainfall in the first three months after planting, and a strong correlation (r = – 0.87) between NR and the total number of days with rainfall greater than 10 mm in the 45 to 85 days after planting (DAP) stage. This inverse relationship may be related to the leaching of nutrients in the soil and/or to the decrease in solar radiation. Significant and negative correlations were also obtained between NR and average temperatures in October and November. The average maximum temperature of the first 40 DAP explained 53% of the variations in the number of tuberous roots (r = – 0.73). Therefore, the results obtained indicate that the number of tuberous roots per plant can be negatively affected by periods of high temperatures and high rainfall in the initial stages of crop development.

Keywords: *Manihot esculenta*; Climate; Storage roots

O número de raízes tuberosas produzidas por planta constitui-se em um importante componente de produção na cultura da mandioca. Como exemplos de fatores relacionados ao solo que influenciam esse número, para um mesmo cultivar, têm-se a água disponível, fertilidade, condições físicas, aeração e temperatura. Outros fatores que podem ser citados são aqueles relacionados ao arranjo do cultivo (espaçamento, consorciação etc.), qualidade da maniva-semente, mato-competição e elementos climáticos.

No presente trabalho objetivou-se realizar um estudo estatístico exploratório sobre a influência da precipitação pluviométrica e da temperatura do ar sobre o número de raízes tuberosas por planta do cultivar Prata (tipo indústria), cultivado em um solo arenoso (Neossolo Quartzarênico), localizado em Jaguaruna, município do sul do estado de Santa Catarina.

Para o presente estudo foram utilizados o número anual médio de raízes tuberosas por planta, colhidas de 9 a 10 meses após o plantio, de um período de 12 anos, (ciclos 1994/95 a 2005/06). Esses dados são provenientes de trabalhos de competição de cultivares com três repetições e parcelas com mais de 10 plantas, instalados em Jaguaruna, SC, em uma mesma área com topografia plana. O espaçamento foi de 0,8 x 0,6 metros. As datas de plantio variaram de 01/09 a 19/10, com data média de plantio em 24/09. Esses dados fazem parte dos arquivos de melhoramento genético de mandioca da Estação Experimental de Urussanga (Epagri).

Utilizaram-se, neste estudo, análises de regressão linear, considerando-se o valor crítico de r = ± 0,60 para ser considerado significativo (o valor absoluto mínimo, para uma distribuição t de Student bilateral, nível de significância α = 0,05 e n = 12, é de r = ± 0,576). Os dados meteorológicos foram correlacionados em base mensal (setembro a maio) e em períodos

Recebido em 28/01/2025. Aceito para publicação em 26/06/2025. DOI: https://doi.org/10.52945/rac.v38i2.1972
Editor de seção: Luiz Carlos Pittol Martini/ UFSC

[1] Engenheiro-agrônomo, Msc., Epagri, Estação Experimental de Urussanga, Rod. SC 108, Km 353, Bairro Estação, 88840-000 Urussanga, SC. E-mail: acarlospola@hotmail.com.
[2] Engenheiro-agrônomo, Dr., Epagri, Estação Experimental de Urussanga, Urussanga, SC. E-mail: alexsandermoreto@epagri.sc.gov.br.

Este periódico está licenciado conforme Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional.

de médias móveis de 20, 30 e 40 dias após a data do plantio (dados meteorológicos diários), determinando-se, dessa forma, com maior precisão, os períodos fenológicos em que ocorreram correlações significativas.

Os dados pluviométricos diários e mensais (de setembro a maio, meses correspondentes ao ciclo vegetativo) foram coletados no município de Jaguaruna, próximo ao local de plantio (28º37'W; 48º52'S; 40m). Os dados de temperatura diários e mensais são provenientes da estação meteorológica de Urussanga, SC, distante cerca de 30 km de Jaguaruna e com aproximadamente a mesma altitude.

Não foi observada nenhuma correlação significativa entre a precipitação total mensal de nenhum mês com o número de raízes tuberosas/planta. Entretanto, analisando-se períodos maiores, constatou-se significância para as médias do bimestre nov-dez (Figura 1) e para o trimestre out-nov-dez, com r = – 0,70 e r = – 0,67, respectivamente. Esses meses correspondem, em termos médios, aos primeiros 3 meses após o plantio. De acordo com Vongcharoen (2018), o número de raízes tuberosas por planta é definido até os 4 meses após o plantio.

Observa-se que aproximadamente 49% da variação no número de raízes tuberosas/planta mostrou-se relacionada com a precipitação média do bimestre nov-dez, sendo que a quantidade dessas raízes por planta tende a diminuir com o aumento da precipitação. Entretanto, muitos trabalhos científicos demonstraram que a deficiência hídrica, nesse período fenológico inicial, diminui o número de raízes tuberosas e a produtividade (Duque; Setter, 2019; Gomes Junior, 2018). A Figura 1, portanto, pode estar indicando um efeito negativo do excesso hídrico (precipitações elevadas) sobre a formação de raízes tuberosas.

Não foram observadas correlações negativas significativas entre o número de raízes tuberosas por planta e o número de dias com chuva (precipitação > 0,0 mm) em períodos de médias móveis de 20, 30 ou 40 dias após o plantio, ou em qualquer período mensal (setembro a maio). Entretanto, ao se considerar somente o número de dias com chuva superior a 10mm, observaram-se correlações negativas e significativas para esses três períodos de médias móveis após o plantio, com valores de r > |– 0,80|. Esse resultado é mais um indicativo de que precipitações relativamente elevadas podem afetar negativamente a quantidade de raízes de reserva por planta nas condições edafoclimáticas do presente estudo. Na Figura 2 são apresentadas apenas as correlações para períodos de médias móveis de 40 dias após o plantio. Nessa figura é possível observar que o período de 40 dias com maior correlação entre NR e o total de dias com precipitação superior a 10mm ocorre de 45 a 85 dias após o plantio (segmento de reta A), mas que ao se considerar todas as correlações significativas (r > |– 0,6|), a influência de precipitações sobre o número de raízes por planta pode abranger períodos de 40 dias que se iniciam entre 35 e 55 dias após o plantio.

O número de dias com chuva superior a 10mm na fase entre 45 e 85 dias após o plantio, portanto, explicou 76% das variações no número de raízes tuberosas por planta (r = – 0,87; Figura 2). Nesse período fenológico, a planta de mandioca está em processo de enraizamento e tuberização. Essa diminuição das raízes de reserva pode ser devido à lixiviação de nutrientes causada por precipitações elevadas, que tende a ser relativamente maior em solos com textura arenosa, e/ou a diminuição da insolação, ou devido a outro fator relacionado a precipitações elevadas. Fukai *et al*. (1984) observaram que o número de raízes tuberosas de mandioca foi significativamente reduzido pelo sombreamento durante o estágio inicial de tuberização, mas não durante outros estágios. De acordo com o *International Institute of Tropical Agriculture* (1990), geralmente o processo de tuberização da mandioca é afetado pelo fornecimento de assimilados (isto é, o nível de fotossintatos que está disponível durante a iniciação do tubérculo). Portanto, qualquer fator que afete esse nível também poderá afetar o número de tubérculos produzidos, como, por exemplo, a disponibilidade de água e nutrientes no solo e a capacidade da planta de absorvê-los.

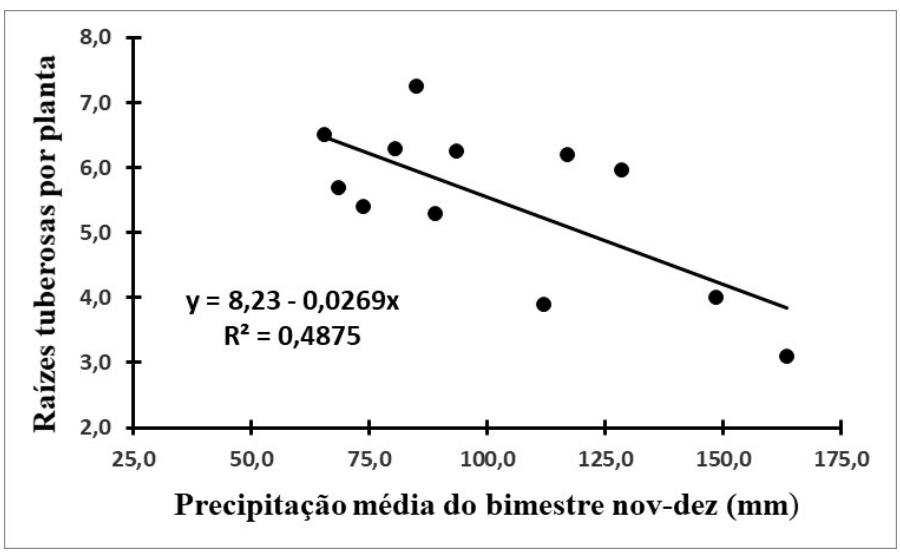

Figura 1. Regressão linear entre o número de raízes tuberosas por planta do cv. de mandioca Prata (variável dependente y) e a precipitação pluviométrica média do bimestre nov-dez (variável independente x) em Neossolo Quartzarênico, com data média de plantio em 24/09. Jaguaruna, SC, ciclos 1994/95 a 2005/06.
Fonte: Elaborado pelos autores (2025)
Figure 1. Linear regression between the number of tuberous roots per plant of the Prata cassava variety (dependent variable y) and the average rainfall in the two-month period November-December (independent variable x) in Quartzarenic Neosol. Jaguaruna, SC, cycles 1994/95 to 2005/06
Source: elaborated by the authors (2025)

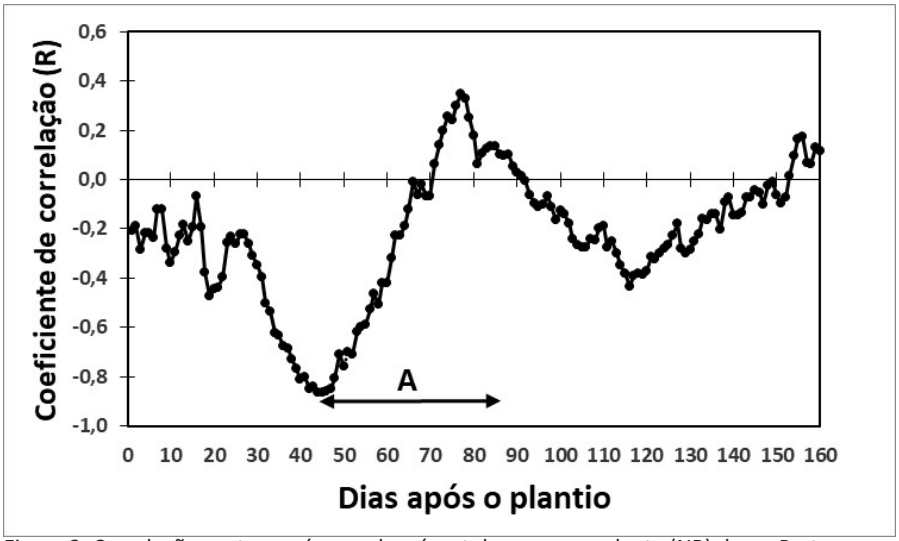

Figura 2. Correlações entre o número de raízes tuberosas por planta (NR) do cv. Prata e o número de dias com precipitação maior que 10mm (ND>10), em períodos de médias móveis de 40 dias após a data de plantio (DAP). O estágio A (45 a 85 DAP) indica o período de 40 dias em que ND>10 apresentou a maior correlação com NR. Jaguaruna, SC, ciclos 1994/95 a 2005/06

Fonte: Elaborado pelos autores (2025)

Figure 2. Correlations between the number of tuberous roots per plant (NR) of Prata cassava *variety and the number of days with precipitation greater than 10mm (ND>10) in moving average periods of 40 days after planting date (DAP). Stage A (45 to 85 DAP) indicates the 40-day period in which ND>10 presented the greatest correlation with NR. Jaguaruna, SC, Brazil, cycles 1994/95 to 2005/06*

Source: elaborated by the authors (2025)

As temperaturas médias dos meses de outubro e novembro apresentaram correlações significativas e negativas com o número de raízes tuberosas por planta, com r = – 0,67 e r = – 0,69, respectivamente. A temperatura média do bimestre out-nov apresentou uma correlação de r = – 0,76. Por sua vez, a temperatura média das máximas dos meses de outubro e novembro apresentaram correlações mais fortes, com r = – 0,77 e r = – 0,75, respectivamente. A temperatura máxima absoluta do mês de novembro, por sua vez, apresentou uma elevada correlação negativa com a quantidade de raízes tuberosas por planta (r = – 0,79). Esses resultados indicam um possível efeito negativo de altas temperaturas sobre a formação de raízes tuberosas.

O estudo de correlação com as médias móveis permitiu verificar que essa influência negativa de temperaturas elevadas ocorre nos primeiros 40/50 dias após o plantio. Na Figura 3 é apresentado o resultado obtido com as temperaturas máximas médias em períodos de médias móveis de 40 dias após o plantio, sendo possível observar um possível efeito de altas temperaturas (r > |– 0,6|) nos 50 dias iniciais após o plantio. A temperatura média das máximas na fase de 3 a 43 dias após o plantio, representada pelo segmento A (Figura 3), explicou 53% das variações observadas no número de tubérculos por planta (r = – 0,73).

Sholihin (2017) também obteve uma correlação negativa e significativa entre a temperatura máxima do ar no primeiro mês de crescimento e a produtividade de mandioca (r = – 0,92). Temperaturas do solo acima de 30°C podem diminuir o número e o crescimento das raízes de mandioca, o desenvolvimento das plantas e afetar muitos aspectos fisiológicos de seu desenvolvimento (Pardales Junior *et al*., 1999; Pipatsitee *et al*., 2019). Temperaturas médias do solo de 40°C, na primavera, foram registradas por Eltz e Rovedder (2005) na camada superficial de uma área degradada sem cobertura de um Neossolo Quartzarênico em Alegrete, RS, sendo que a maior temperatura

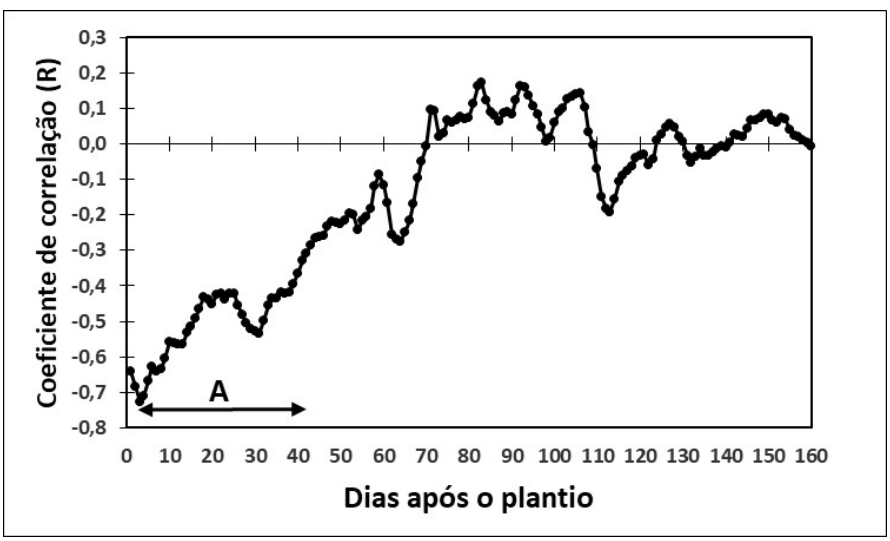

Figura 3. Correlações entre o número de raízes tuberosas por planta (NR) do cv. Prata e temperaturas máximas médias em períodos de médias móveis de 40 dias após o plantio (DAP). O estágio A (3 a 43 DAP) indica o período de 40 dias em que a média das temperaturas máximas apresentou a maior correlação com NR. Jaguaruna, SC, ciclos 1994/95 a 2005/06

Fonte: Elaborado pelos autores (2025)

Figure 3. Correlations between the number of tuberous roots per plant (NR) of Prata cassava variety and the average maximum temperatures in moving average periods of 40 days after planting date (DAP). Stage A (3 to 43 DAP) indicates the 40-day period in which the mean maximum temperatures showed the highest correlation with NR. Jaguaruna, SC, Brazil, cycles 1994/95 to 2005/06

Source: elaborated by the authors (2025)

observada foi de 49°C. As manivas-semente são plantadas a cerca de 10cm de profundidade em Jaguaruna, SC, e nessa profundidade, com solo descoberto e seco, podem ocorrer temperaturas prejudiciais.

Na região do presente estudo, em Jaguaruna, SC, a temperatura máxima absoluta do ar normalmente ultrapassa 30°C em outubro e 35°C em novembro, já tendo sido registradas temperaturas de 41°C em ambos os meses. Os solos arenosos, sob condições de solo seco e sem cobertura, aquecem mais rapidamente na camada superficial que outros tipos de solos nas mesmas condições.

O presente estudo indicou, portanto, que temperaturas elevadas nos primeiros 50 dias após o plantio podem provocar uma diminuição na formação de raízes tuberosas. Essas temperaturas podem estar associadas ou não com deficiência hídrica no solo e, nesse sentido, estudos complementares são necessários para comprovar se e como ocorre a influência desses fatores (temperaturas elevadas e deficiência hídrica) sobre a fisiologia da mandioca nos primeiros meses após o plantio.

A equação de regressão linear múltipla (Equação 1) entre o número de raízes tuberosas por planta (variável dependente y), a temperatura média das máximas dos primeiros 40 dias após o plantio (variável independente x_1) e o número de dias com precipitação > 10mm de 41 a 80 dias após o plantio (variável independente x_2), apresentou uma significância $p < 0,01$ e $R^2 = 0,80$, com ausência de multicolinearidade entre as variáveis independentes.

$$y = 17,52 - 0,4339x_1 - 0,2828x_2 \quad (1)$$

As correlações significativas obtidas no presente trabalho indicam a possibilidade de que as variáveis temperatura e precipitação podem estar relacionadas com variações no número de raízes tuberosas. Esses resultados são preliminares, ou seja, é importante que os resultados aqui apresentados sejam comprovados experimentalmente, tanto em condições controladas de temperatura e umidade do solo (cultivo em vasos, em estufa, laboratório, etc.) como em cultivo a campo (experimentos com irrigação, níveis de deficiência hídrica, cobertura do solo, época de plantio, profundidade de plantio, etc.). Caso sejam comprovadas perdas na produtividade devido a temperaturas ou precipitações elevadas, medidas de manejo para minimizar ou evitar perdas poderão ser tomadas, como o uso de irrigação, cultivos com palhadas e/ou adubação complementar após períodos com chuvas intensas.

Contribuição dos autores

Augusto Carlos Pola: Conceituação, Investigação, Metodologia, Validação, Visualização de dados (gráficos), Escrita – primeira redação, Escrita – revisão e edição. **Alexsander Luís Moreto:** Curadoria de dados, Análise Formal, Validação, Escrita – primeira redação, Escrita – revisão e edição.

Conflito de interesses

Os autores declaram não haver conflito de interesses neste trabalho.

Dados de pesquisa

Os dados serão disponibilizados por solicitação direta aos autores.

Financiamento

Este trabalho não recebeu recursos de uma fonte de financiamento externa para sua execução.

Referências

DUQUE, L.O.; SETTER, T.L. Partitioning index and non-structural carbohydrate dynamics among contrasting cassava genotypes under early terminal water stress. **Environmental and Experimental Botany**, v.163, p. 24-35, 2019. DOI: doi.org/10.1016/j.envexpbot.2019.03.023

ELTZ, F.; ROVEDDER, A.P.M. Revegetação e temperatura do solo em áreas degradadas no sudoeste do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.11, n.2, p. 193-200, 2005.

FUKAI, S.; ALCOY, A.B.; Llamelo (A.B.; PATTERSON, R.D. Effects of solar radiation on growth of cassava (*Manihot esculenta* Crantz.). I. Canopy development and dry matter growth. **Field Crops Research**, v.9, p. 347-360, 1984.

GOMES JUNIOR, F. de A.G. **Produtividade de variedades de mandioca em diferentes arranjos de plantio, épocas de colheita, fisiologia do estresse e déficit hídrico**. 2018. 78f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, BA, 2018.

INTERNATIONAL INSTITUTE OF TROPICAL AGRICULTURE. **Cassava in Tropical Africa: a Reference Manual.** Ibadan, Nigéria, 1990, 176p. Disponível em: <http://www.iita.org/wp-content/uploads/2016/06/Cassava_in_tropical_Africa_a_reference_manual_1990.pdf>. Acesso em 15 out. 2024.

PARDALES JUNIOR, J.R.; BAÑOC, D.M.; YAMAUCHI, A.; IIJIMA, M.; KONO, Y. Root system development of cassava and sweetpotato during early growth stage as affected by high root zone temperature. **Plant Prod. Sci.**, v.2, n.4, p. 247-251, 1999.

PIPATSITEE, P.; PRASEARTKUL, P.; TAOTA, K.; PONGANAN, S.K.; SAKULLEERUNGROJ, K.; EIUMNOH, A. Effects of surface soil temperature on cassava physiology under diferente water regimes. **Naresuan University Journal: Science and Technology**, v.27, n.1, 2019. DOI: https://doi.org/10.14456/nujst.2019.2

SHOLIHIN, S. Productivity and stability of cassava promising clones based on the fresh tuber yield in six months using AMMI and GGE biplot. **International Journal of Development and Sustainability**, v.6, n.11, p. 1675-1688, 2017.

VONGCHAROEN, K. SANTANOO, S.; BANTERNG, P.; JOGLOY, S.; VORASOOT, N.; THEERAKULPISUT, P. Seasonal variation in photosynthesis performance of cassava at two diferente growth stages under irrigated and rain-fed conditions in a tropical savana climate. **Photosynthetica**, v.56, n.4, p. 1398-1413, 2018. DOI: 10.1007/s11099-018-0849-x