



Fonseca, A. C. N. da¹; Anjos, J. F¹; Silva, E. G. F. A.¹, Moura, G. B. A.¹, Figueiroa, E.²; Coelho, G. P. C.²; Andrade, J. P.²; Ferreira, E. V. L.³; Bezerra, A. C¹

¹Universidade Federal Rural de Pernambuco, Brasil

²Scinet Institute, Brasil; ³Netcon Americas, Brasil

Influence of Meteorological Variables on Bean Yield in the Semi-Arid Region: A Data-Driven Approach for Agricultural Decision Support

**17th International Conference on Precision Agriculture and 11th
Brazilian Congress on Precision and Digital Agriculture
13-15 July 2026
Porto Alegre, Brazil**

Abstract.

Common bean is a strategic crop for the Brazilian semi-arid region, predominantly cultivated under rainfed systems that are highly dependent on climate variability. In regions characterized by irregular rainfall patterns, high temperatures, and extreme weather events, incorporating temporal analyses based on meteorological data becomes essential for evidence-based agricultural planning. Within the context of precision agriculture, the integration of historical climate series and productivity indicators can support the identification of critical periods and the mitigation of production risks. This study aimed to analyze the relationship between monthly meteorological variables and bean productivity indicators in the municipality of Serra Talhada, Pernambuco State, located in the semi-arid region of northeastern Brazil. The focus was to identify climatically sensitive months and assess their potential use in agricultural decision-support strategies. Monthly and annual meteorological data, including precipitation, minimum, mean, and maximum air temperature, relative humidity, and mean wind speed, were obtained from the NASA/POWER system (latitude -7.993; longitude -38.294). Bean production data — planted area, harvested area, total production, and yield — were retrieved from the Brazilian Institute of Geography and Statistics (IBGE) Automatic Recovery System (SIDRA). The historical time series covered the period from 1988 to 2024, excluding 2012 and 2013 due to incomplete production data. Statistical analysis was conducted using Pearson's correlation coefficient to identify associations between monthly meteorological variables and annual production indicators. Correlation strength was classified from negligible to very strong, enabling the identification of months with greater climatic influence on production outcomes. Results revealed a moderate positive correlation between precipitation in April and May and annual bean production, highlighting the importance of rainfall distribution during this period for crop performance under rainfed conditions. Maximum temperature showed a negative correlation with harvested area and total production between April and June, suggesting adverse effects of heat stress during critical growth stages. Mean temperature exhibited a strong negative correlation with harvested area and production in April, reinforcing thermal sensitivity during this month. Minimum temperature demonstrated a moderate negative correlation in November with planted area, harvested area, and production, possibly associated with shifts in planting decisions. Relative humidity showed a

moderate positive correlation with harvested area and production between March and May. Wind speed presented a moderate negative correlation with harvested area (May and June) and production (April and June), as well as a moderate positive correlation with planted area in November. The identification of climatically critical months demonstrates the potential of historical data-based temporal analysis as a precision agriculture tool at the municipal scale. The integration of public meteorological and production databases proved to be a viable strategy to support agricultural planning, reduce climate vulnerability, and strengthen decision-support systems in semi-arid regions. These findings reinforce the importance of incorporating systematic climate analyses into agricultural management, particularly under global warming and increasing climate variability scenarios.

Keywords.

Climate analytics; Rainfed systems; Decision-support systems; Precision agriculture; Semi-arid agriculture

INTRODUÇÃO

Nas regiões semiáridas, além da escassez hídrica, a má distribuição de chuvas atrelada a falta sistemas de coletas adequados, são uma das maiores limitações. No entanto, quando existe disponibilidade hídrica nos ambientes semiáridos a agricultura se torna possível, e, portanto, a geração de uma fonte de renda e a fixação do homem no campo (Paulo *et al.*, 2023). Portanto, mesmo com os avanços tecnológicos nas últimas décadas, a produção agrícola continua dependendo do tempo e do clima (Santos; Martins; Garcia, 2018).

No entanto, a precipitação não é a única variável que exerce influência sobre a produção final das culturas agrícolas uma vez que a umidade relativa do ar, a velocidade dos ventos e a temperatura do ar podem tornar-se fatores benéficos ou agravantes ao ciclo da cultura agrícolas. Diante disso, conhecer os intervalos em que as culturas recebem influência negativa ou positiva de variáveis meteorológicas tornam-se uma forte ferramenta na gestão do seu ciclo. Para isso é necessário dispor de dados meteorológicos para que seja possível compreender a dinâmica e reconhecer se existe interação com a produção final.

No entanto, dados meteorológicos nem sempre estão disponíveis a nível local ou sem falhas, exigindo a utilização de outras fontes de dados, como os dados climáticos em grade. Os dados climáticos em grade são aqueles derivados e distribuídos uniformemente no espaço dentro de uma célula de grade espacial, podem ser, dentro de um dado limite, utilizados para simular o rendimento potencial de uma cultura agrícola, mas não eliminam a necessidade de utilização de dados provenientes de estações locais (Van Wart; Grassinir; Cassman, 2013)

Portanto o estudo teve por objetivo avaliar se existe correlação mensal e anual entre variáveis meteorológicas, obtidas em base de dados climáticos em grade, assim como sua aplicação, com os aspectos produtivos de feijão, cultura base na formação de renda e na alimentação sertaneja do município de Serra Talhada.

MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo é o município de Serra Talhada, situado na região semiárida do estado de Pernambuco e inserido na microrregião do Pajeú nas coordenadas 7° 59' 9" S e 38° 17' 45" W, altitude de 444 m (Fig. 1).

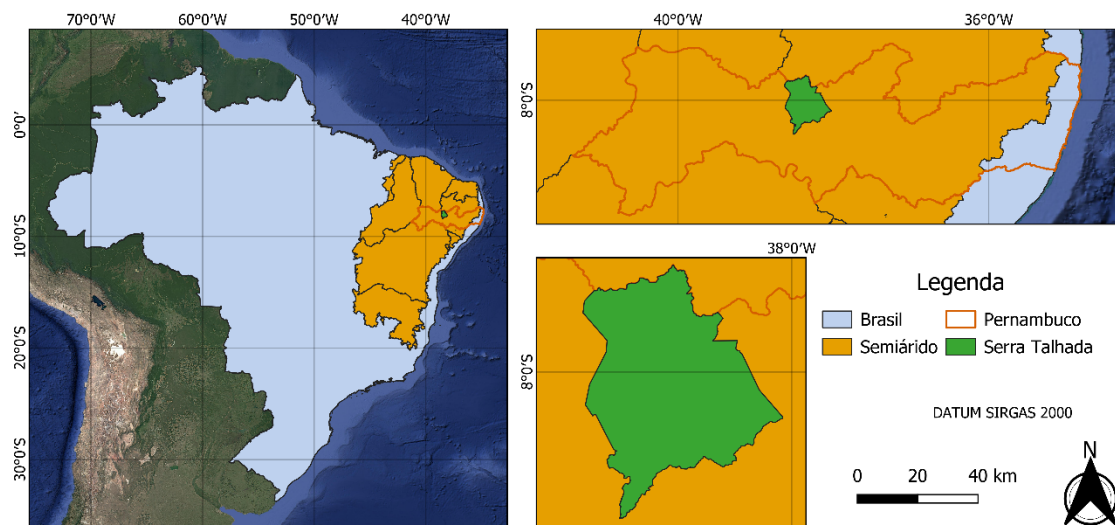


Fig. 1 Mapa de localização da área de estudo, destacando o município de Serra Talhada inserido na região semiárida do estado de Pernambuco, Brasil.

Os dados meteorológicos foram coletados via Sistema NASA/POWER através da coordenada (-7,95°, -36,29°) da estação meteorológica automática do Instituto Nacional de Meteorologia e Tecnologia (INMET). Através das coordenadas da estação foram extraídos os valores mensais e anuais de: precipitação pluviométrica (P), em mm; temperaturas mínimas (Tn), média (Tm) e máxima (Tx), em °C; umidade relativa do ar (UR), em %; e a velocidade média dos ventos (U) a dois metros, em m/s.

Os aspectos produtivos de feijão avaliados foram obtidos via Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA), onde foi possível obter: a área plantada (AP) e colhida (AC), em Ha; a produção (Pro), em toneladas; e o rendimento (Re), em Kg/Ha. Destaca-se que o banco de dados do SIDRA não diferencia taxonomicamente o tipo de feijão, agrupando-os todos como feijão em grão.

Os valores fornecidos pelo Modern Era Retrospective-Analysis for Research and Applications (MERRA-2) e disponibilizados pelo POWER estão em uma grade global de 0,5° x 0,625° e abrangem o período desde 1º de janeiro de 1981 (NASA POWER PROJECT, 2026). O SIDRA, por sua vez, fornece a série histórica de culturas temporárias e permanentes para o período de 1974-2024 (IBGE, 2026). O município de Serra Talhada apresenta dados registrados sobre a área plantada a partir de 1988. Diante disso, o intervalo analisado na pesquisa foi de 1988 a 2024, removendo-se os anos de 2012 e 2013 por não apresentarem valores registrados, no SIDRA, para os aspectos produtivos de feijão.

Os dados foram agrupados em pares para analisar a relação entre as condições meteorológicas e os aspectos produtivos de feijão, buscando-se identificar correlações nas escalas mensal e anual. Para isso, aplicou-se o teste de correlação de Spearman (ρ). Este teste foi selecionado uma vez que algumas variáveis não seguiram a distribuição normal, conforme verificado pelo teste de Shapiro-Wilk. Portanto, optou-se por utilizar o teste não-paramétrico de Spearman, classificando o nível de correlação conforme os intervalos presentes na Tabela 1.

Tabela 1. Classificação da magnitude da correlação segundo os intervalos do coeficiente de Spearman (ρ).

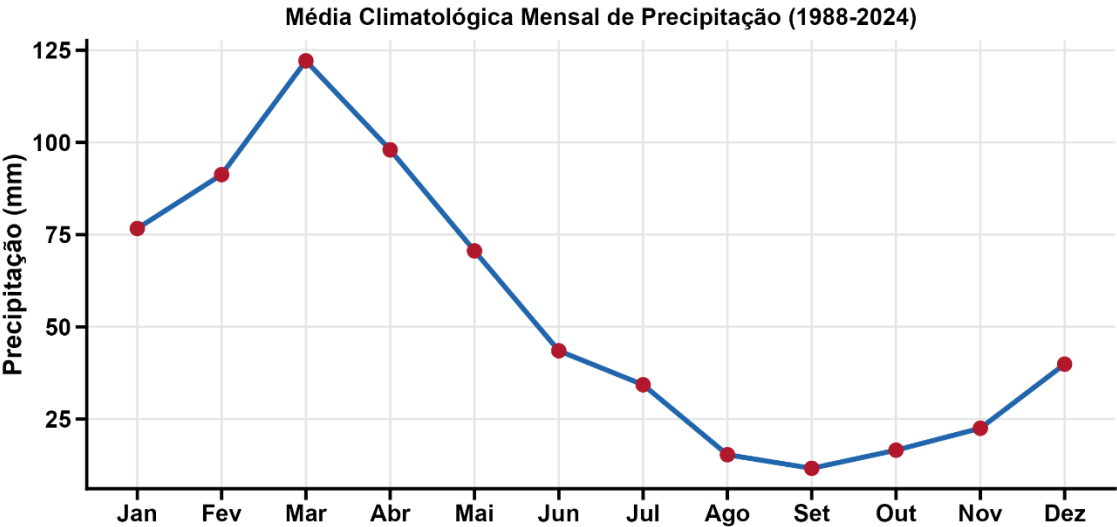
Intervalos para Coeficiente (ρ) de Spearman					Correlação
$\pm 0,8$	$\leq$	ρ	$\leq$	$\pm 1,0$	forte
$\pm 0,5$	$\leq$	ρ	$<$	$\pm 0,8$	moderada
$\pm 0,3$	$\leq$	ρ	$<$	$\pm 0,5$	fraca
$\pm 0,0$	$\leq$	ρ	$<$	$\pm 0,3$	desprezível

Nas matrizes de correlação, o nível de significância estatística foi representado por um asterisco (*) para 5% ($p < 0,05$) e por dois asteriscos (**) para 1% ($p < 0,01$). O processamento dos dados foram análises foram realizados no ambiente RStudio através do pacote *corrplot*.

No município de Serra Talhada a precipitação, a precipitação média mensal concentra-se no primeiro trimestre do ano e atinge a maior média de precipitação no mês de março. Nos meses subsequentes a março, a precipitação passa a decair, voltando a aumentar no mês de outubro, conforme ilustrado na Figura 2.

A precipitação média anual para o período de 1988 a 2024 foi de 626,91mm. Os autores Cruz Neto et al., 2017, identificaram valores similares a esses para a precipitação do município de Serra Talhada. Segundo os autores, com base em dados provenientes da Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC), a precipitação média anual do município é de em torno de 657 mm ao ano, concentrando-se predominantemente nos meses de janeiro a maio.

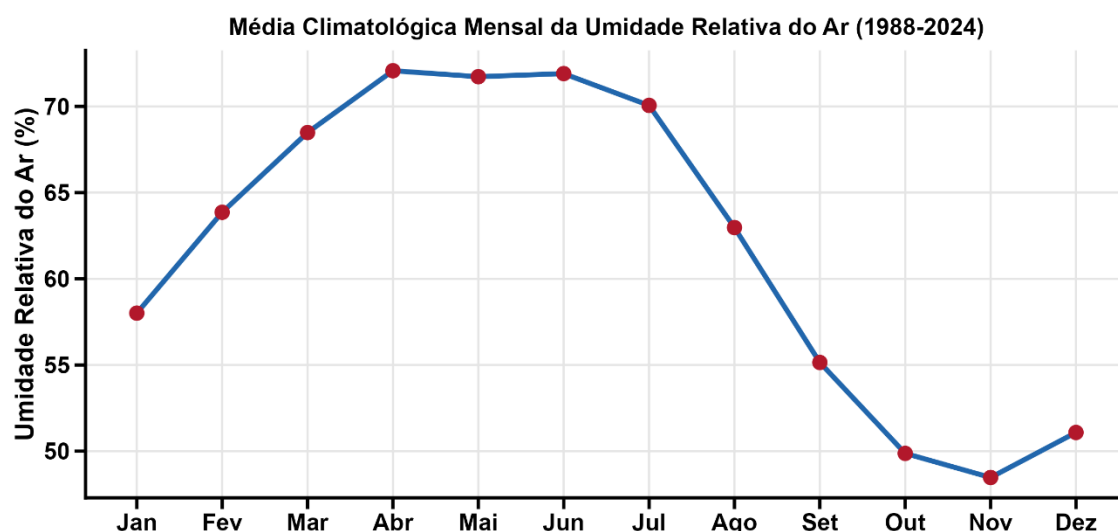
Fig. 2 Climatologia mensal da precipitação (1988-2024).



Elaborado pelos autores (2026)

No primeiro quadrimestre do ano, observa-se um aumento na umidade relativa do ar no município. Ao chegar ao mês de abril, a variação da umidade relativa do ar diminui e se mantém acima da faixa de 70% até o mês de junho. Posteriormente a esse período, a umidade relativa do ar decaiu até novembro (Fig. 3), sendo a média anual de 61,69%.

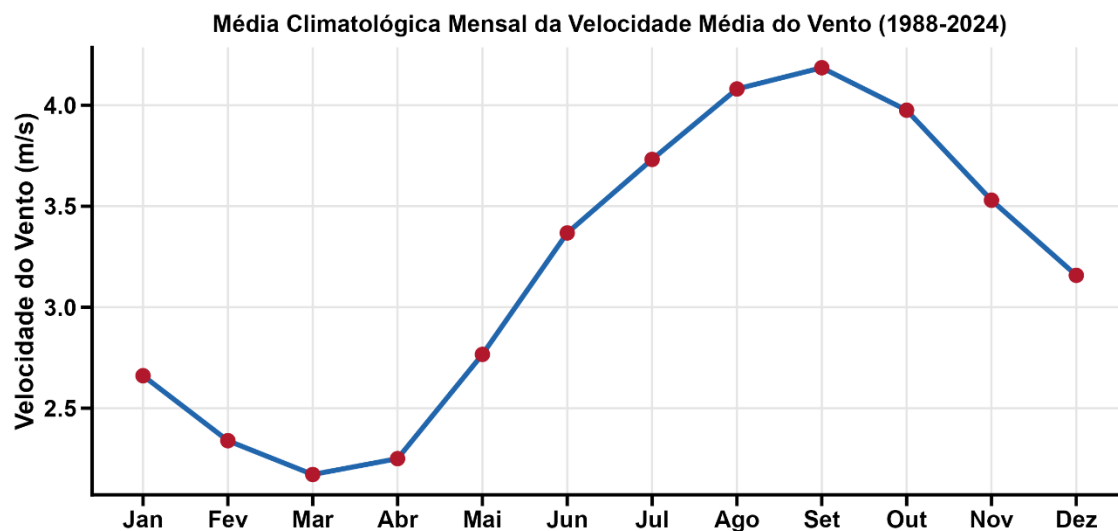
Fig. 3 Climatologia mensal da umidade relativa do ar (1988-2024).



Elaborado pelos autores (2026)

A média anual de velocidade média do vento a dois metros foi de 3,20 m/s. Nota-se que ela sofreu redução contínua no primeiro trimestre do ano, atingindo seu mínimo no mês de março e com posterior aumento nos meses subsequentes até setembro, voltando a decair no último trimestre do ano (Fig. 4).

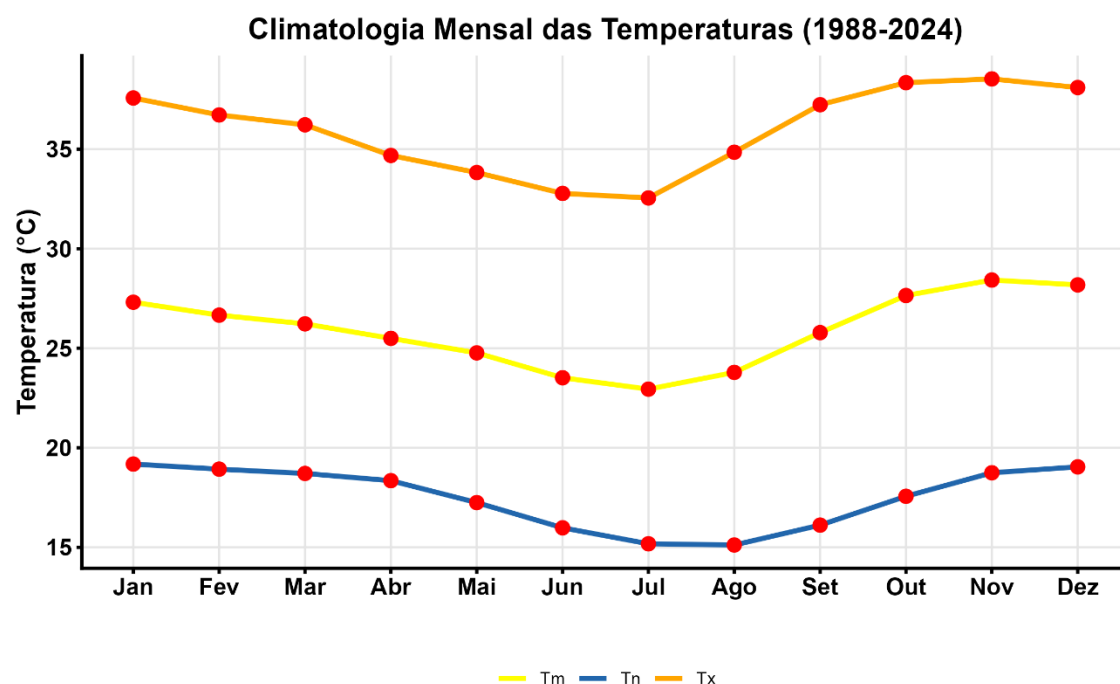
Fig. 4 Climatologia mensal da velocidade média do vento a dois metros (1988-2024).



Fonte: Elaborado pelos autores (2026)

As médias anuais de temperatura média (T_m), mínima (T_n) e máxima (T_x) foram de 25,92 °C, 14,76 °C e de 38,96 °C, respectivamente. Entre os meses de janeiro e julho observa-se um declínio nas médias de temperatura, com elevação nos meses subsequentes. Os maiores valores de temperatura concentram-se no quadrimestre de outubro a janeiro, enquanto os menores valores ocorrem em julho. Além disso, a amplitude térmica do município gira em torno de 15 °C (Fig. 5).

Fig. 5 Climatologia mensal das temperaturas (1988-2024).

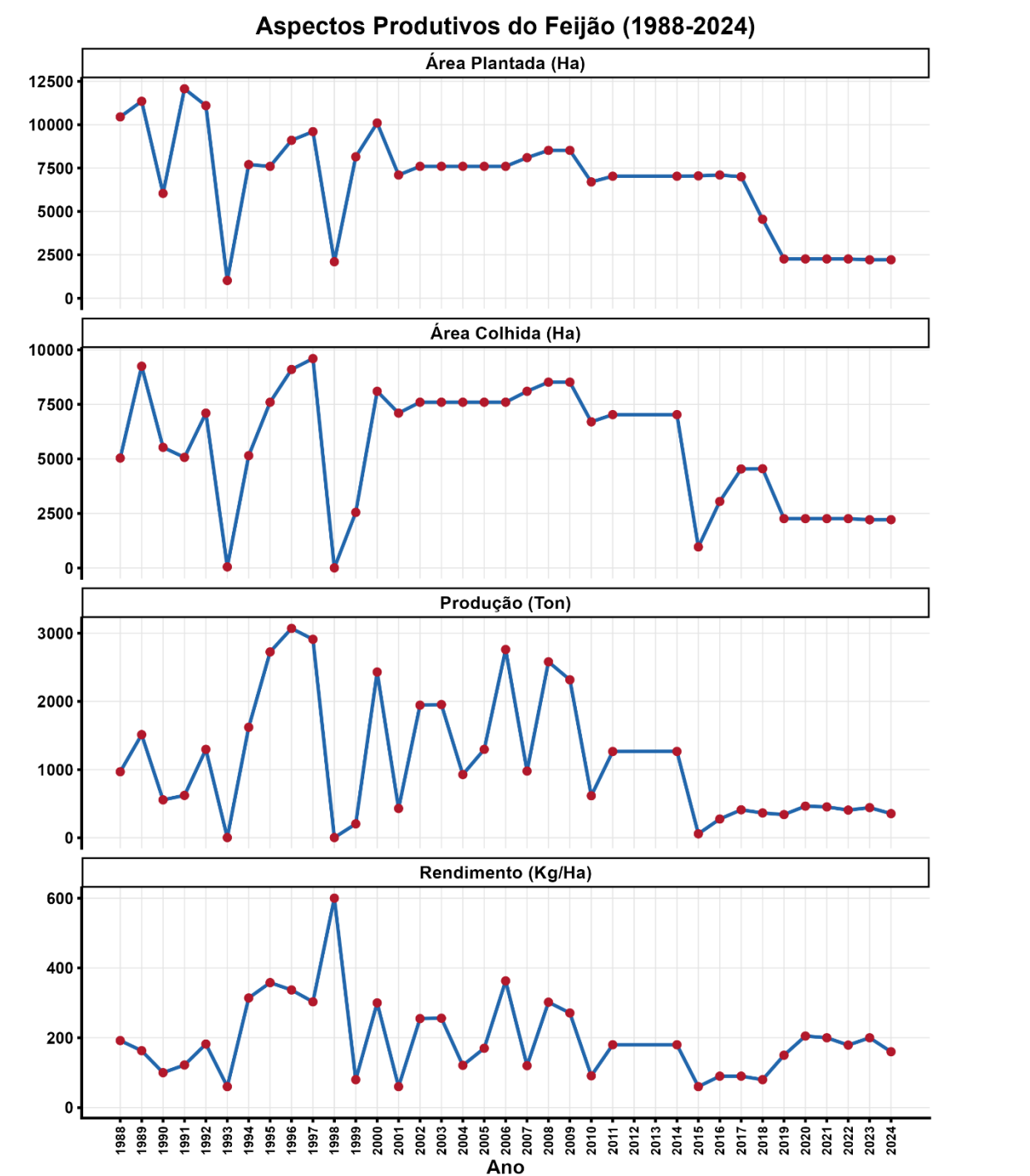


Nota: Temperatura máxima (Tx), temperatura média (Tm) e temperatura mínima (Tn), expressas em graus Celsius (°C). Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

As áreas plantada e colhida de feijão no município de Serra Talhada apresentam, historicamente, forte correlação anual. No entanto, nota-se que a área colhida nos anos de 1991, 1993, 1998 e 2015 foi menor que a plantada. Além disso, a partir de 2001 a produção de feijão do município passou a ter uma menor variação anual. Adicionalmente, no ano de 2019 houve um decréscimo acentuado das áreas plantadas e colhidas.

A produção e o rendimento apresentaram uma forte variação interanual e sofreram com uma redução na variação a partir de 2015. Além disso, a produção e o rendimento apresentam comportamento anual similar. Embora a correlação, no ano de 1999 o rendimento atingiu seu pico, mas foi uma das menores produções no município. Destaca-se que nesse mesmo ano apresentou uma das menores áreas plantadas e colhidas. Portanto, pressupõe-se que nesse ano os produtores que conseguiram conduzir a plantação de feijão conseguiram um rendimento acima da média do município.

Fig. 6 Série temporal dos aspectos produtivos da cultura do feijão compreendendo o período de 1988 a 2024. Os painéis ilustram a evolução anual das seguintes variáveis, de cima para baixo: Área Plantada (ha), Área Colhida (ha), Produção (t) e Rendimento médio (kg/ha).



Fonte: Elaborado pelos autores (2026) com bases nos dados do INMET/PAM

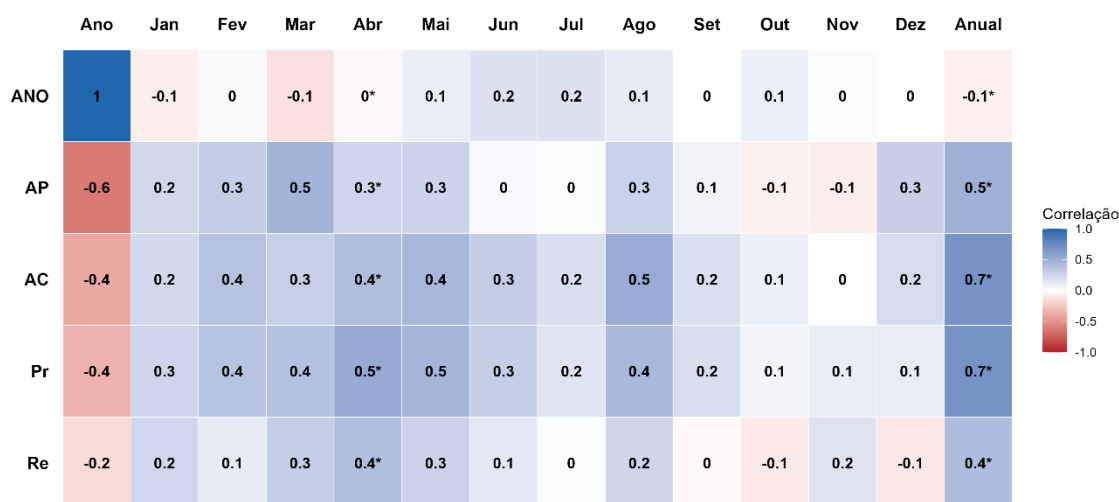
De acordo com Rossato et al., (2017), as perdas produtivas estão diretamente ligadas a condições meteorológicas adversas, sendo sua queda proporcional a à duração e à severidade. Os autores destacam a redução do rendimento no ano de 2012, período que coincide com o início de uma seca severa na região Nordeste. Esse cenário pode justificar a ausência de dados sobre os aspectos produtivos de feijão em Serra Talhada naquele ano, e a redução nos anos

subsequentes, quando comparados ao período anterior a 2012.

Algumas das variáveis observadas não seguiram a distribuição normal, adotando-se assim a correlação de Spearman (ρ) ao invés da correlação de Pearson (r).

O comportamento anual da precipitação apresentou correlação positiva com a área plantada (AP), área colhida (AC), produção (Pr) e rendimento (Re) no município. Essa correlação anual foi classificada como moderada, uma vez que os valores de ρ ficaram entre 0,5 e 0,7 para AP, AC e Pr e fraca para o Re. Na escala mensal, o mês de abril foi o único que apresentou correlação estatisticamente significativa entre precipitação e os aspectos produtivos de feijão. Nesse mês a correlação também foi positiva e classificada como moderada para a Pr e fraca para os demais aspectos analisados (Fig 7).

Fig. 7 Matriz de correlação de Spearman entre os aspectos produtivos do feijão e a precipitação (anual e mensal).



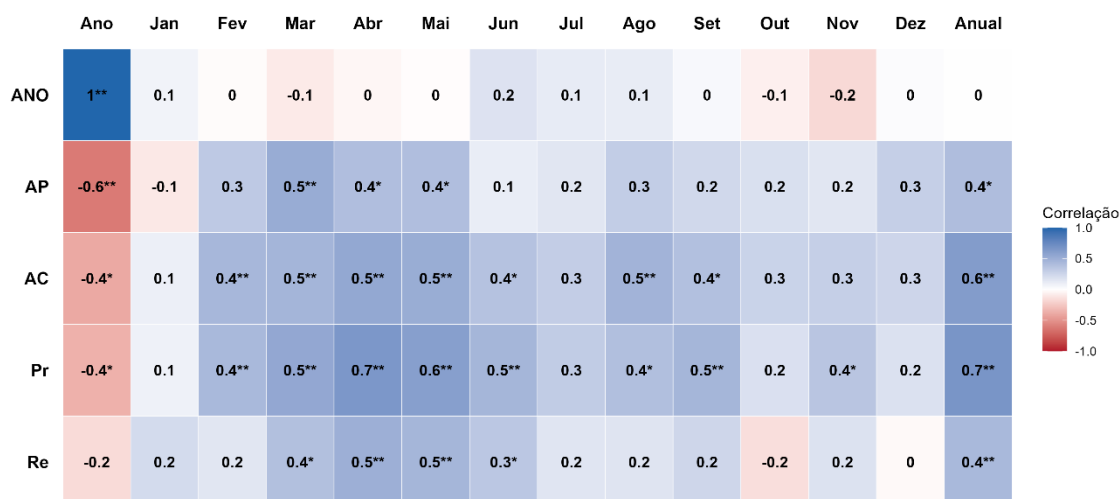
AP: Área Plantada; AC: Área Colhida; Pr: Produção total; Re: Rendimento médio. Valores acompanhados de (**) indicam correlação estatisticamente significativa a 1% de probabilidade ($p < 0,01$), enquanto valores com (*) indicam significância a 5% de probabilidade ($p < 0,05$). Valores sem marcação não apresentam significância estatística.

Luna et al. (2021) avaliaram a relação entre precipitação e os aspectos produtivos do feijão-caupi em município de região semiárida e observaram que as perdas na área colhida, em relação a área plantada, foram ocasionadas pela ocorrência de menores valores de precipitação. Os autores também identificaram uma correlação positiva ($r = 0,77$) evidenciando a forte dependência da ocorrência de chuvas para a produção de grãos. Adicionalmente, (BATISTA *et al.*, 2018) explicam que os volumes satisfatórios de chuva no início do período chuvoso estimulam os agricultores a ampliarem a área de produção, assim como o baixo volume de chuva induz à sua redução.

A umidade relativa do ar anual apresentou correlação positiva com os aspectos produtivos de feijão, sendo moderada e altamente significativa com a AC ($\rho = +0,6$) e com a Pr ($\rho = +0,7$) e fraca com o Re ($\rho = +0,4$). Na escala mensal a maior correlação atingida foi a moderada. Esse nível de correlação, altamente significativa, foi observado no mês de março ($\rho = +0,5$) enquanto abril e maio foram classificados como de fraca correlação ($\rho = +0,4$). Já para a AC, a correlação foi altamente significativa de fevereiro a maio, sendo de março a maio classificados como de correlação moderada ($\rho = +0,5$). O mesmo período foi altamente significativo para a Pr, incluindo também o mês de junho e setembro, sendo, para esse nível de significância, fevereiro o único classificado como de fraca correlação ($\rho = +0,4$), enquanto os demais meses foram moderados (ρ entre $+0,5$ e $+0,7$). Para o Re o destaque ocorreu para os meses abril e maio, de correlação altamente significativa e moderada ($\rho = +0,5$), conforme ilustra

a Fig 8.

Fig. 8 Matriz de correlação de Spearman entre os aspectos produtivos do feijão e a umidade relativa (anual e mensal).



AP: Área Plantada; AC: Área Colhida; Pr: Produção total; Re: Rendimento médio. Valores acompanhados de (**) indicam correlação estatisticamente significativa a 1% de probabilidade ($p < 0,01$), enquanto valores com (*) indicam significância a 5% de probabilidade ($p < 0,05$). Valores sem marcação não apresentam significância estatística.

Diante disso, como o feijão geralmente é cultivado sob a condição de sequeiro, a água proveniente é fornecida, exclusivamente, pela chuva. Assim, em períodos mais chuvosos, existe uma possibilidade de aumento da umidade relativa do ar. Uma vez que existe aumento na umidade relativa do ar, a perda de água pelas plantas tende a diminuir e a eficiência no uso de água pela planta tende a aumentar, aumentando, consequentemente, a produção final.

Nas Figuras 8, 9 e 10 é possível visualizar detalhadamente as matrizes de correlação de Spearman para a temperatura máxima (Tx), temperatura média (Tm) e temperatura mínima (Tn). Destaca-se que para as temperaturas todas as correlações estatisticamente significativas foram negativas.

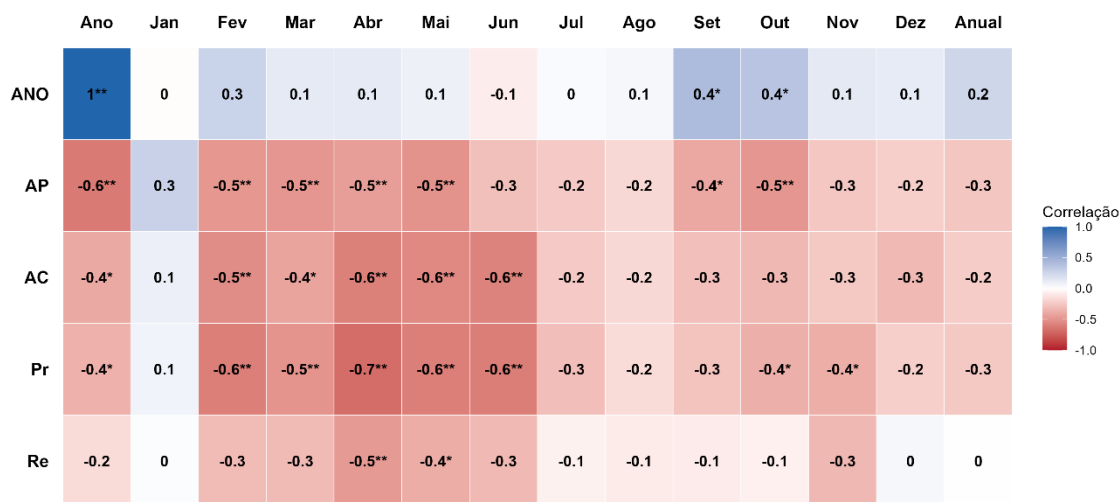
Anualmente, apenas a temperatura média (Tm) apresentou correlação negativa com os aspectos produtivos de feijão. Essa correlação foi altamente significativa ($p < 0,01$) com a AP, AC e Pr. Destaca-se que as correlações entre a Tm com a AC e com a Pr foram fortes ($\rho = -0,8$) e moderada para AP ($\rho = -0,7$). O rendimento anual também apresentou correlação estatisticamente significativa ($p < 0,05$) com a Tm, sendo ela classificada como fraca ($\rho = -0,4$).

Na escala mensal todas as correlações foram negativas, em que a AP com a Tx e com a Tm foram altamente significativas ($p < 0,01$) no quadrimestre de fevereiro a maio e classificada como moderada. Comportamento similar foi observado para a AC e para a Pr nesse mesmo período. Para a relação entre AC e Tx, os meses de fevereiro a junho tiveram correlação moderada (ρ entre -0,5 e -0,6) e apenas o mês de março teve correlação fraca ($\rho = -0,4$) e não foi altamente significativo ($p < 0,01$), embora ainda tenha sido significativo ao nível de 5%. O mesmo padrão se repete para a relação entre Tx e Tm com a Pr, mas com destaque para a correlação do mês de abril, que apresenta forte correlação com a Tm ($\rho = -0,8$). O mês de abril também foi o destaque para a relação da Tx e Tm com o rendimento, sendo ambas consideradas como moderadas ($\rho = -0,5$).

Quando comparada às demais temperaturas, a Tn apresentou menos meses com correlação estatisticamente significativa. O destaque foi para os meses de março, agosto e novembro, apresentando alta significância estatística ($p < 0,01$) e correlação moderada com a

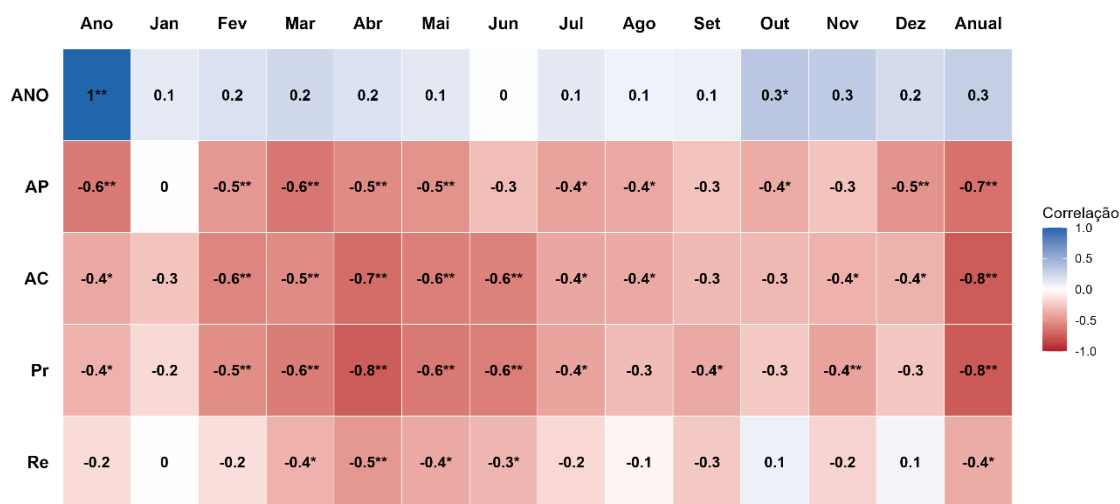
AP. Para a AC o comportamento foi similar, possuindo correlação moderada com janeiro e novembro ($p = -0,5$) e fraca com o mês de março ($p = -0,4$). Já para a Pr, a correlação foi moderada ($p = -0,5$) para os meses de janeiro e novembro, não apresentando correlação estatisticamente significativa com o rendimento.

Fig. 8 Matriz de correlação de Spearman entre os aspectos produtivos do feijão e a temperatura máxima (anual e mensal).



AP: Área Plantada; AC: Área Colhida; Pr: Produção total; Re: Rendimento médio. Valores acompanhados de (**) indicam correlação estatisticamente significativa a 1% de probabilidade ($p < 0,01$), enquanto valores com (*) indicam significância a 5% de probabilidade ($p < 0,05$). Valores sem marcação não apresentam significância estatística.

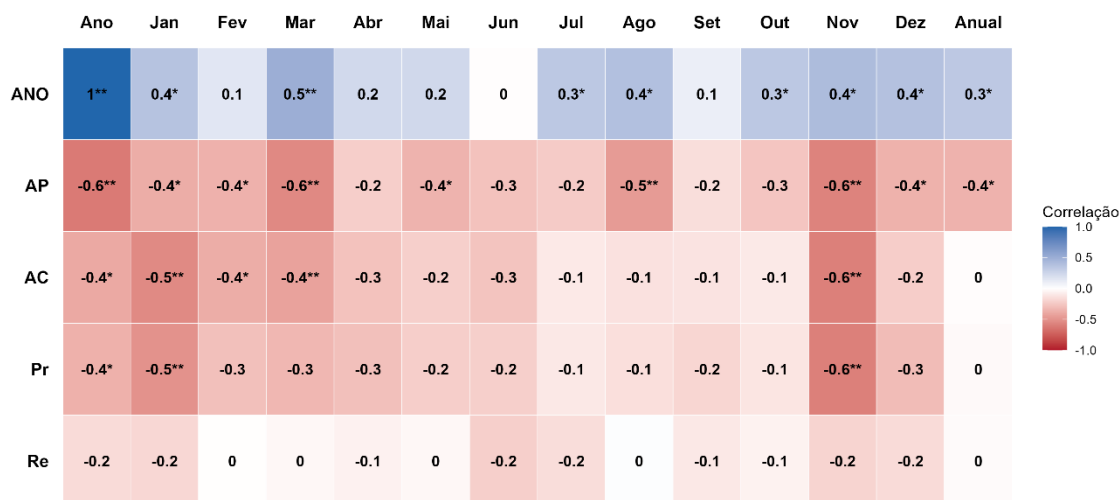
Figura 9. Matriz de correlação de Spearman entre os aspectos produtivos do feijão e a temperatura média (anual e mensal).



AP: Área Plantada; AC: Área Colhida; Pr: Produção total; Re: Rendimento médio. Valores acompanhados de (**) indicam correlação estatisticamente significativa a 1% de probabilidade ($p < 0,01$), enquanto valores com (*) indicam significância a 5% de probabilidade ($p < 0,05$). Valores sem marcação não apresentam significância estatística.

significância estatística.

Fig. 10 Matriz de correlação de Spearman entre os aspectos produtivos do feijão e a temperatura mínima (anual e mensal).



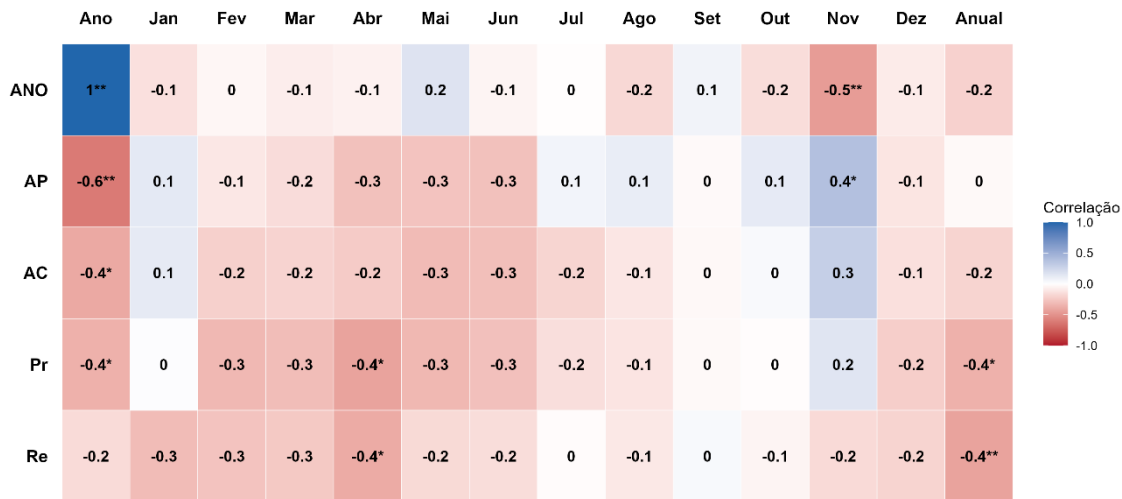
AP: Área Plantada; AC: Área Colhida; Pr: Produção total; Re: Rendimento médio. Valores acompanhados de (**) indicam correlação estatisticamente significativa a 1% de probabilidade ($p < 0,01$), enquanto valores com (*) indicam significância a 5% de probabilidade ($p < 0,05$). Valores sem marcação não apresentam significância estatística.

Percebe-se que no período em que existe a maior ocorrência de correlação negativa são aqueles onde a temperatura média do ar está sofrendo decréscimo. Portanto entende-se que eventuais aumentos da temperatura nessa época podem afetar negativamente o ciclo da cultura e causar redução da área colhida, produção e rendimento. Já que temperaturas do ar elevadas causam o abortamento de flores e vagens e reduzem o número de grãos por vagem (Hoffmann Júnior et al., 2007).

A elevação da temperatura tende a aumentar a evapotranspiração, o que faz com que as plantas percam, de forma elevada, água para atmosfera (Santos; Martins; Garcia, 2018). Assim, quando o feijoeiro não dispõe de acesso a um volume de água disponível para que consiga suprir sua demanda hídrica, é criada uma tendência natural na redução da produção de biomassa e uma consequente redução na produção final.

A velocidade média dos ventos a 2 metros apresentou apenas correlações classificadas como fracas ($\rho = +/-0,4$). Quando avaliada em escala anual, essa correlação foi negativa com a Pr e com o Re, sendo altamente significativa ($p < 0,01$) para o Re. Para a área plantada, só houve correlação significativa no mês de novembro, sendo ela positiva. Já a produção e o rendimento apresentaram correlação negativa no mês de abril (Fig 12).

Fig 12. Matriz de correlação de Spearman entre os aspectos produtivos do feijão e a velocidade média dos ventos a dois metros (anual e mensal).



AP: Área Plantada; AC: Área Colhida; Pr: Produção total; Re: Rendimento médio. Valores acompanhados de (**) indicam correlação estatisticamente significativa a 1% de probabilidade ($p < 0,01$), enquanto valores com (*) indicam significância a 5% de probabilidade ($p < 0,05$). Valores sem marcação não apresentam significância estatística.

Algumas espécies e cultivares de feijão apresentam o hábito de crescimento trepadeiras, e, portanto, são cultivados em consórcio junto a outras culturas agrícolas que servem de suporte, como é o caso do milho. Além disso, ventos muito fortes podem induzir o tombamento das plantas tutoras e consequentemente afetar negativamente o feijão cultivado.

A velocidade do vento pode estar associada à redução da produtividade de culturas agrícolas por estar associado com ausência de precipitação elevada (Andrade *et al.*, 2025), que foi vista como uma condição benéfica. Por outro lado, podem atuar como um regulador térmico e deixar o microclima favorável.

Conclusões

As variáveis que apresentaram correlação positiva com a produção anual de feijão foram a precipitação pluviométrica e a umidade relativa do ar e as que exerceram influência negativa foram as temperaturas mínimas, médias e máximas e a velocidade dos ventos. Além disso, destaca-se as condições meteorológicas do mês de abril como as mais influentes sobre a produção anual de feijão.

O NASA/POWER se provou uma ferramenta que pode ser utilizada para entender se existe relação entre comportamentos meteorológicos e aspectos produtivos da cultura do feijão.

É válido destacar que apesar da possibilidade de aplicação do NASA/POWER no monitoramento agrícola, ainda é necessária a implementação de estações meteorológicas para o monitoramento agrícola e para a própria calibração dos sistemas estimativas de variáveis meteorológicas.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Grupo de Estudo em Monitoramento Ambiental (GEMA - UFRPE) e ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola (PGEA - UFRPE) pelo apoio

técnico e científico. Agradecemos, ainda, ao CNPq, à CAPES e à FACEPE pelo fornecimento de bolsas de estudo aos discentes envolvidos no desenvolvimento desta pesquisa. Os autores também agradecem à Netcon Americas e ao Scinet Institute pelo apoio técnico e pela colaboração.

REFERÊNCIAS

- Andrade, J. S. C. de O., Almeida, G. L. P., Morais, D. P., Moraes, A. S., Pandorfi, H., & Oliveira, F. M. (2025). Utilização da estatística multivariada para análise dos elementos agrometeorológicos e índice de vegetação na produção agropecuária do município de Capoeiras – PE. *Caminhos de Geografia*, 26(104), 257–268.
- Batista, M. C., Santos, J. P. de O., Silva Filho, J. A. da, Sousa, J. Í. de, Félix, R. J. da S., & Silva, J. L. C. da. (2018). Influence of rainfall variability on bean production (*Phaseolus vulgaris* L.) in a municipality of Brazilian semiarid. *Journal of Environmental Analysis and Progress*, 1–7.
- Cruz Neto, J. F. da, Morais, J. E. F. de, Souza, C. A. A. de, Carvalho, H. F. de S., Rodrigues, C. T. A., & Silva, T. G. F. da. (2017). Aplicabilidade de indicadores agrometeorológicos para análise do incremento de água por irrigação em sistemas de produção da palma forrageira, cv. Miúda. *Journal of Environmental Analysis and Progress*, 2(2), 98–106.
- Hoffmann Júnior, L., Ribeiro, N. D. R., Rosa, S. S. da, Jost, E., Poersch, N. L., & Medeiros, S. L. P. (2007). Resposta de cultivares de feijão à alta temperatura do ar no período reprodutivo. *Ciência Rural*, 37. (Nota: Nome do periódico complementado com base no padrão da publicação original).
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2026). *Produção Agrícola Municipal (PAM) - Banco de Tabelas Estatísticas (SIDRA)*. <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pam/tabelas>. Last accessed 8 June 2026.
- Luna, I. R. G., Silva, M. R. da, Cartaxo, P. H. de A., Gonzaga, K. S., Alves, A. K. S., Santos, J. P. de O., et al. (2021). Variabilidade pluviométrica e seus efeitos na produção de feijão-caupi em um município do semiárido paraibano. *Revista Thêma et Scientia*, 11.
- NASA POWER PROJECT. (2026). *Meteorological Data Overview*. <https://power.larc.nasa.gov/docs/methodology/meteorology/>. Last accessed 8 June 2026.
- Paulo, P., Silva, L., Freire da Silva, J., Bergue, E., Moreira, M., Tiburcio, I. M., et al. (2026). Analysis of the potential of agriculture using the AHP: a case study in Serra Talhada (Pernambuco/Brazil). *Journal of Hyperspectral Remote Sensing*. www.periodicos.ufpe.br/revistas/jhrswww.ufpe.br/jhrs. Last accessed 8 June 2026. (Nota: Metadados limpos de ruídos de formatação do PDF).
- Rossato, L., Alvalá, R. C. dos S., Marengo, J. A., Zeri, M., Cunha, A. P. M. do A., Pires, L. B. M., et al. (2017). Impact of soil moisture on crop yields over Brazilian semiarid. *Frontiers in Environmental Science*, 5(NOV).
- Santos, L. F. dos, Martins, F. B., & Garcia, S. R. (2018). Padrões climatológicos de precipitação e temperatura do ar associados ao rendimento do feijão comum em Minas Gerais. *Revista Brasileira de Climatologia*, 1, 3–24. <https://ojs.ufgd.edu.br/index.php/rbclima/article/download/14058/7299>. Last accessed 7 June 2026.
- Van Wart, J., Grassini, P., & Cassman, K. G. (2013). Impact of derived global weather data on simulated crop yields. *Global Change Biology*, 19(12), 3822–3834.