

AVALIAÇÃO DA VAZÃO SAZONAL EM UMA NASCENTE AMAZÔNICA COMO SUBSÍDIO À PISCICULTURA SUSTENTÁVEL EM BONITO-PA

SEASONAL FLOW EVALUATION IN AN AMAZONIAN HEADWATER FOR SUSTAINABLE FISH FARMING IN BONITO, PARÁ

Maria Lúcia Rocha Lima¹
Clério Elleres Silva²
Daniele Aragão do Nascimento³
Ediléia Pereira de Sales⁴
Rafaele Andrade de Sousa⁵
Lian Valente Brandão⁶

Resumo

A avaliação da vazão de nascentes em diferentes períodos do ano é essencial para o planejamento sustentável de empreendimentos aquícolas. Este estudo teve como objetivo estimar a vazão da nascente do rio Maracajá, localizada em Bonito-PA, durante os períodos seco (setembro/2024) e chuvoso (maio/2025), como subsídio técnico à implantação de sistemas de piscicultura sustentáveis. As coletas foram realizadas no Sítio Maracajá Garden Park, onde a nascente apresenta mata ciliar preservada e características morfológicas compatíveis com cursos d'água naturais. A metodologia adotada foi o método da área-velocidade com utilização do flutuador pela sua simplicidade, baixo custo e confiabilidade para pequenos cursos d'água. Foram realizadas medições da largura, profundidade e tempo de deslocamento de um flutuador em um trecho de 7 metros, sendo a velocidade superficial corrigida pelo coeficiente 0,8 para estimar a velocidade média da coluna d'água. A área da seção foi calculada com base na largura e profundidade médias, permitindo a estimativa da vazão. Os resultados indicaram vazões de 0,048 m³/s no período seco e 0,14 m³/s no período chuvoso, evidenciando um aumento considerável entre as estações, influenciado diretamente pelo regime pluviométrico. Constatou-se que a nascente apresenta potencial hídrico compatível com a implantação de piscicultura de base sustentável, desde que respeitados os limites da capacidade de suporte hídrica. A pesquisa

¹ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará; rochalimalucia@gmail.com

² Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará; clerioelleres37@gmail.com

³ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará; danielearagao360@gmail.com

⁴ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará; leiasales111@gmail.com

⁵ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará; agatathaisa27@gmail.com

⁶ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará; lian.brandao@ifpa.edu.br

reforça a importância do monitoramento sazonal e do uso de metodologias acessíveis como ferramentas de apoio ao planejamento da aquicultura em regiões tropicais.

Palavras-Chave: sustentabilidade, capacidade hídrica, área-velocidade, método flutuador.

Abstract

The assessment of streamflow in headwaters across different seasons is essential for the sustainable planning of fish farming ventures. This study aimed to estimate the flow rate of the Maracajá River headwater, located in Bonito, Pará, during the dry season (September 2024) and the rainy season (May 2025), as technical support for the implementation of sustainable fish farming systems. Data collection was conducted at the Maracajá Garden Park site, where the spring is surrounded by preserved riparian vegetation and exhibits morphological characteristics typical of natural watercourses. The area-velocity method using a float was adopted due to its simplicity, low cost, and reliability for small streams. Measurements of channel width, depth, and float travel time were carried out over a 7-meter stretch. The surface velocity was corrected using a 0.8 coefficient to estimate the average water column velocity. The cross-sectional area was calculated based on the mean width and depth, allowing for flow rate estimation. The results indicated flow rates of 0.048 m³/s during the dry season and 0.14 m³/s during the rainy season, revealing a substantial increase between the two periods, directly influenced by rainfall patterns. The findings demonstrate that the headwater has a hydrological potential compatible with the development of sustainable fish farming, provided that its water carrying capacity is respected. This research reinforces the importance of seasonal monitoring and the use of accessible methodologies as tools to support aquaculture planning in tropical regions.

Key words: sustainability, water carrying capacity, area-velocity, float method

1. Introdução

A água é um recurso essencial para a vida e para o desenvolvimento de várias atividades produtivas, entre as quais se destaca a piscicultura. Em regiões de clima tropical, como o estado do Pará, onde se observam as duas estações bem definidas, a seca e a chuvosa, o conhecimento da vazão dos cursos d'água ao longo desses períodos é fundamental para o planejamento e a viabilidade de empreendimentos aquícolas. Nesse contexto, a avaliação da disponibilidade hídrica é uma etapa estratégica, especialmente quando se busca implantar sistemas de piscicultura sustentáveis (BRASILAGRO,2024)

A nascente do rio Maracajá, situada no município de Bonito-PA, é um exemplo de corpo hídrico com potencial para uso sustentável, desde que se respeitem seus limites ecológicos e sua capacidade de suporte. A ausência de dados sistematizados sobre sua vazão compromete a elaboração de diagnósticos técnicos adequados e, conseqüentemente, o desenvolvimento de atividades produtivas que dependem diretamente da água. Conforme Correia et al. (2020), nascentes exercem papel fundamental não apenas na manutenção dos ecossistemas aquáticos,

mas também no abastecimento de comunidades rurais e no fortalecimento de práticas agroecológicas.

A piscicultura tem se consolidado no Brasil como uma alternativa econômica estratégica, capaz de gerar emprego, renda e contribuir significativamente para a segurança alimentar nacional. Em 2024, pela primeira vez na história, a produção mundial de organismos aquáticos provenientes da aquicultura superou a produção oriunda da pesca extrativa, destacando o papel cada vez mais relevante do setor na segurança alimentar global (FAO, 2024)

No mesmo período, o Brasil manteve sua tendência de crescimento, alcançando uma produção de 968.745 toneladas de peixes cultivados, o que representa um avanço de 9,21% em relação ao ano anterior. Esse foi o maior crescimento percentual registrado na última década, refletindo o fortalecimento da cadeia produtiva da piscicultura nacional e o aumento da sua representatividade no agronegócio brasileiro (PEIXE BR, 2025).

Para garantir a sustentabilidade dessas atividades, é imprescindível considerar a capacidade de fornecimento hídrico das fontes naturais. Segundo Boyd (1982), métodos diretos e de baixo custo, como o método do flutuador (área x velocidade), são eficazes para a medição da vazão em pequenos cursos d'água, sendo amplamente utilizados em estudos hidrológicos de campo, inclusive em áreas remotas ou com infraestrutura limitada.

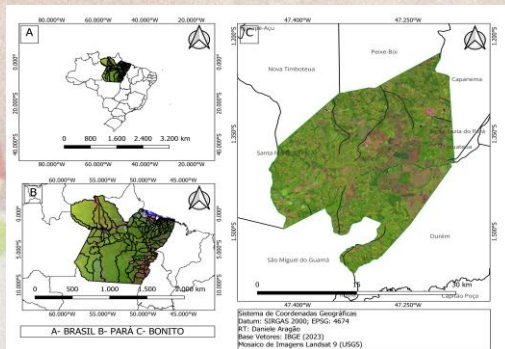
Dessa forma, o presente trabalho tem como objetivo avaliar a vazão da nascente do rio Macarajá, em Bonito-PA, nos períodos seco e chuvoso, como subsídio para a implantação de uma piscicultura de base sustentável.

2. Metodologia

O estudo foi conduzido no Sítio Maracajá Garden Park, localizado no município de Bonito – Pará, entre as coordenadas UTM 242351.692E e 9846662.663N, zona 23M. A propriedade abriga a nascente do rio Maracajá, um curso d'água de pequeno porte inserido em área de vegetação nativa preservada, com mata ciliar densa e bem estruturada, o que contribui para a estabilidade hidrológica local e para a proteção dos recursos hídricos da microbacia. A escolha da área deve-se também à sua relevância socioambiental e ao potencial de uso sustentável da água para atividades produtivas de baixo impacto, como a piscicultura. Assim, o sítio apresenta-se como uma área modelo para avaliar a disponibilidade hídrica em diferentes regimes sazonais e sua compatibilidade com sistemas de produção aquícola de base sustentável,

reforçando a importância da integração entre conservação ambiental e uso racional dos recursos naturais.

Figura 1: Mapa de localização do Município de Bonito-Pa



Fonte: Próprios autores.

Coleta de Dados e Período do Estudo

A coleta de dados foi realizada durante dois períodos distintos, correspondentes às estações hidrológicas locais: período seco (setembro de 2024) e período chuvoso (maio de 2025). Essa abordagem permitiu considerar a variabilidade sazonal da vazão, essencial para o planejamento sustentável da piscicultura. A amostragem em diferentes estações é fundamental para compreender a variabilidade sazonal da vazão, parâmetro essencial para o dimensionamento de estruturas aquícolas sustentáveis (SOUSA et al., 2020)

Durante as coletas, foram utilizadas observações diretas, registros fotográficos e entrevistas com a proprietária da área, de modo a obter informações complementares sobre o histórico de uso da água e conservação da nascente.

Determinação da Vazão

A estimativa da vazão foi realizada por meio do método da área-velocidade com flutuador, técnica apropriada para cursos d'água de pequeno porte devido à sua praticidade e confiabilidade em medições de campo com recursos limitados (PEREIRA et al., 2021).

Foram utilizados os seguintes materiais para a realização das medições: flutuador confeccionado com garrafa PET de 500 ml; trena métrica para medição da extensão do trecho; trena manual para medições de largura e profundidade; cronômetro digital para registro dos tempos de deslocamento do flutuador.

a) Seleção da Seção de Medição

Escolheu-se um trecho da nascente com margens estáveis para garantir que a seção de medição apresentasse fluxo uniforme e representativo das condições naturais do curso d'água.

b) Medição da Velocidade da Água

O método utilizado para estimar a velocidade da água na nascente do rio Maracajá consistiu no lançamento de um flutuador sobre a superfície do fluxo, com a cronometragem do tempo necessário para percorrer uma distância previamente demarcada de **7 metros**. Esse procedimento foi repetido cinco vezes, com o objetivo de minimizar erros e obter uma média representativa das medições. A velocidade superficial média foi calculada e corrigida com o coeficiente de redução 0,8 para estimar a velocidade média da coluna d'água (PEREIRA et al., 2021).

A velocidade superficial (V_s) foi calculada com base na fórmula:

$$V_s = m \times s$$

Onde:

V_s = Velocidade superficial

m = Distância

s = Tempo

Entretanto, como o flutuador mede apenas a velocidade da lâmina d'água mais superficial, foi necessário aplicar um coeficiente de correção (k) para estimar a velocidade média da coluna d'água (V_{mc}), que leva em consideração a resistência ao fluxo imposta pelas laterais e pelo leito do curso d'água. Esse coeficiente busca corrigir a superestimativa da velocidade superficial em relação à média do volume da água em movimento.

$$V_{mc} = V_s \times k$$

Onde:

V_{mc} = velocidade média da coluna d'água

V_s = Velocidade superficial

k = coeficiente de correção

De acordo com a literatura, o valor do coeficiente de correção varia entre 0,6 e 0,9, dependendo das condições morfológicas do ambiente aquático (FONSECA et al., 2017; GUIMARAES et al., 2020). No presente estudo, utilizou-se o fator **0,8**, recomendado para córregos de pequeno porte com margens naturais e fundo irregular, como o observado na

nascente do rio Maracajá. No local, as laterais são recobertas por vegetação ripária, e o fundo apresenta cascalhos do tipo seixo e sedimentos arenosos, o que configura um ambiente típico de leito natural com rugosidade moderada, ideal para a aplicação desse fator de correção. Essa metodologia é reconhecida como eficaz em estudos de hidrometria em ambientes fluviais naturais, especialmente em nascentes e riachos, onde métodos mais complexos, como velocímetros eletromagnéticos, podem ser inviáveis (MOURA et al., 2015; NASCIMENTO et al., 2019). Além disso, seu uso permite a aquisição de resultados compatíveis com os esperados para ambientes semelhantes, conforme estudos realizados na bacia hidrográfica do Rio São Bartolomeu (DF) e em nascentes da Serra da Mantiqueira (MG), que adotaram coeficientes entre 0,75 e 0,85, para cursos d'água com fundo pedregoso e margens naturais (SILVA et al., 2018; BARBOSA et al., 2022).

c) Determinação da Área da Seção Transversal

A largura do trecho foi medida em três pontos. A profundidade foi aferida em três posições transversais (pontos A, B e C). A área da seção foi obtida pela multiplicação da largura média pela profundidade média.

d) Cálculo da Vazão

O cálculo da vazão foi realizado de acordo com a fórmula a seguir:

$$Q=A \times V$$

Onde:

$$Q=\text{Vazão}$$

$$A=\text{Área}$$

$$V=\text{Velocidade média}$$

O resultado foi expresso em metros cúbicos por hora (m^3/h), após conversão das unidades de base. As variáveis foram coletadas conforme evidenciados nas Figuras 2A, 2B, 2C e 2D.



FIGURA 2. Materiais utilizados para coleta dos dados (A) medição da largura do trecho (B), medição da profundidade em (C), velocidade média do fluante em (D).

3. Resultados/Discussões

No decorrer do estudo foram realizadas duas medições da vazão da nascente do rio Maracajá, situada no município de Bonito-PA, durante os períodos seco (setembro/2024) e chuvoso (maio/2025). Foram coletados dados de largura, profundidade, tempo de deslocamento da água em um trecho de 7 metros e a velocidade média corrigida (V_{mc}), fundamentais para o cálculo da vazão.

Os resultados obtidos em cada período são apresentados na Tabela 1, permitindo uma comparação direta entre os parâmetros hidrológicos medidos.

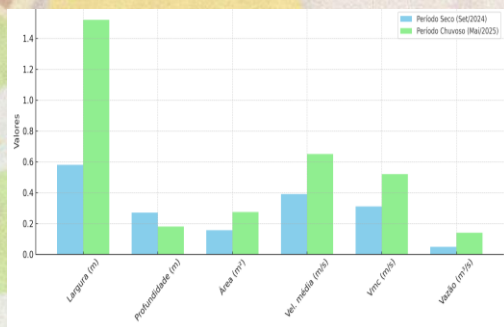
Período	Largura (m)	Profundidade (m)	Área (m ²)	Tempo (s)	Vel. média (m/s)	V_{mc} (m/s)	Vazão (m ³ /s)
Seco (set/2024)	0,58	0,27	0,1566	17,67	0,39	0,31	0,048
Chuvoso (mai/2025)	1,52	0,18	0,2736	10,73	0,65	0,52	0,14

Tabela 1 – Valores de largura, profundidade, tempo, velocidade e vazão da nascente do rio Maracajá nos períodos seco (set/2024) e chuvoso (mai/2025).

O aumento da vazão no período chuvoso é compatível com a sazonalidade típica de regiões tropicais, onde a pluviosidade exerce papel determinante sobre o regime hídrico (CORREIA et al., 2020). Esse comportamento está associado ao acréscimo no volume de água da chuva, que eleva o nível da nascente, ampliando a largura, a profundidade e a velocidade da correnteza (SOUZA et al., 2020). A resposta rápida da nascente à variabilidade climática ressalta sua sensibilidade as dinâmicas pluviométricas locais e reforça a importância de um monitoramento contínuo para prever cenários de escassez ou excesso hídrico, especialmente em contextos de uso múltiplo da água, como a piscicultura. Conforme Pereira et al. (2021), o método de medição por flutuador, utilizado neste estudo, é adequado para pequenos cursos d'água por sua simplicidade, custo acessível e confiabilidade quando aplicado com rigor metodológico. A aplicação do coeficiente de correção de 0,8 para obtenção da velocidade média da coluna d'água se justifica pela morfologia do ambiente amostrado, cujas margens são vegetadas e o leito é composto por seixos e grãos de areia características que segundo Silva e Almeida (2018), são compatíveis com esse valor de correção. A textura do substrato e a presença de vegetação ripária favorecem o escoamento difuso e a retenção hídrica, contribuindo para a estabilidade do fluxo ao longo do ano. Resultados semelhantes foram encontrados por Silva et al. (2019) ao investigarem nascentes no sul do Amazonas, onde a vazão durante o período chuvoso superava em até quatro vezes os valores obtidos na estiagem, confirmando a forte influência da recarga pluvial nos aquíferos. Essa relação também foi observada por Melo et al. (2013), em estudos realizados em Minas Gerais, que identificaram um aumento da vazão de 0,06 m³/s para 0,15 m³/s entre as estações seca e úmida, comportamento muito próximo ao identificado na nascente do Maracajá. Além disso, Ramos et al. (2022), ao aplicarem o método do flutuador em igarapés da região de Santarém-PA, obtiveram vazões médias de 0,05 m³/s no período seco, valor praticamente equivalente ao registrado neste estudo, o que valida a aplicabilidade da metodologia adotada. Lopes e Carvalho (2020) reforçam que cursos d'água com margens bem vegetadas, como observado no Maracajá, apresentam maior estabilidade no escoamento e menor risco de erosão, o que influencia positivamente a regularidade da vazão. Complementando essa análise, Ferreira et al. (2021) identificaram que córregos com fundo de seixo e margens preservadas apresentaram melhor condutividade hídrica e menor variação de turbidez mesmo com o aumento da vazão, características igualmente verificadas neste trabalho.

Esses achados indicam que as condições naturais da nascente do rio Maracajá não apenas favorecem a regularidade do fluxo, como também criam um ambiente propício para o uso racional da água, o que fortalece sua vocação para usos produtivos sustentáveis, como a piscicultura, sem comprometer sua integridade ecológica.

Figura 3 – Comparação das variáveis hidrológicas entre os períodos seco e chuvoso na nascente do rio Maracajá, Bonito/PA.



Na figura acima temos o comparativo da vazão da nascente do rio Maracajá nos períodos seco (set/2024) e chuvoso (mai/2025), evidencia – se um aumento significativo da vazão durante o período chuvoso, refletindo o impacto da pluviosidade sobre a largura, profundidade e velocidade média da água. Dessa forma, o comportamento hidrológico da nascente do rio Maracajá encontra respaldo em diversos estudos realizados em diferentes regiões do Brasil, evidenciando que os resultados obtidos não são isolados, mas representam um padrão consistente da dinâmica hídrica em ambientes de nascente com cobertura vegetal preservada. Esses achados reforçam a importância do monitoramento sazonal da vazão para o planejamento sustentável de atividades como a piscicultura, especialmente em regiões com forte influência do regime pluviométrico.

4. Considerações Finais

A avaliação da vazão da nascente do rio Maracajá em dois períodos distintos permitiu observar variações significativas entre as estações seca e chuvosa, a vazão quase triplicada no período chuvoso evidencia a forte dependência da disponibilidade hídrica ao regime pluviométrico local. Esses dados são fundamentais para subsidiar a implantação de sistemas de piscicultura sustentáveis, pois permitem estimar com maior precisão a capacidade de suporte da nascente ao longo do ano e estabelecer limites operacionais para o uso da água. Com base

nos valores obtidos, verifica-se que mesmo no período seco, há disponibilidade hídrica suficiente para a manutenção de tanques de pequeno a médio porte, desde que se garanta a vazão residual necessária à continuidade do fluxo natural do rio, preservando sua função ecológica. Assim, recomenda-se que eventuais projetos de piscicultura considerem estruturas hidráulicas com controle de entrada e saída de água, priorizando o uso eficiente e evitando o represamento integral da nascente. Além disso, a conservação da vegetação ciliar é essencial para manter a estabilidade do sistema hídrico, e o monitoramento sazonal contínuo deve ser adotado como ferramenta técnica de gestão adaptativa.

Referências Bibliográficas

- BARBOSA, A. C. et al. Caracterização hidrológica de nascentes em áreas de montanha com uso do método do flutuador. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 27, n. 3, p. 1–12, 2022.
- BOYD, C. E. *Water Quality Management for Pond Fish Culture*. Amsterdam: Elsevier Scientific Publishing Company, 1982.
- BRASILAGRO. Seca recorde impõe estado de escassez hídrica inédito no Brasil. 9 dez. 2024. Disponível em: <https://www.brasilagro.com.br/conteudo/seca-recorde-impoe-estado-de-escassez-hidrica-inedito-no-brasil.html>. Acesso em: 18 jun. 2025.
- CORREIA, J. N.; OLIVEIRA, V. P. S.; ARAÚJO, T. M. R. Avaliação, conservação e recuperação de nascentes em bacias hidrográficas. *Boletim do Observatório Ambiental Alberto Ribeiro Lamego*, v. 14, n. 2, p. 274–290, 2020.
- CORREIA, M. F.; RIBEIRO, A. C.; NASCIMENTO, J. M. Dinâmica da vazão em nascentes tropicais e implicações para o uso sustentável da água. *Revista de Geociências da Amazônia*, v. 9, n. 1, p. 55–66, 2020.
- FAO – Food and Agriculture Organization. *Relatório da Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura sobre Produção Aquícola e Pesqueira*. Roma: FAO, 2024.

FERREIRA, L. S.; OLIVEIRA, T. R.; MARTINS, J. F. Características morfológicas de córregos e sua influência na condutividade hídrica. *Revista de Recursos Naturais*, v. 11, n. 2, p. 122–134, 2021.

FONSECA, J. A. S. et al. Avaliação de métodos de medição de vazão em pequenos córregos. *Revista Engenharia Ambiental*, v. 14, n. 1, p. 25–33, 2017.

GUIMARÃES, R. M. et al. Aplicabilidade de métodos empíricos para estimativas de vazão em microbacias hidrográficas. *Revista Agrogeoambiental*, v. 12, n. 1, p. 102–114, 2020.

LOPES, D. M.; CARVALHO, P. R. Relação entre cobertura vegetal e estabilidade hidrológica em microbacias. *Revista de Hidrologia Tropical*, v. 5, n. 1, p. 33–45, 2020.

MACIEL, T. T. *Análise da relação chuva-vazão na sub-bacia do rio Paranaíba*. 2016. 89 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2016.

MELO, D. C.; SANTOS, R. M.; FONSECA, C. P. Variação sazonal da vazão em nascentes da zona da mata mineira. *Revista Mineira de Recursos Hídricos*, v. 18, n. 2, p. 75–84, 2013.

MOURA, A. L. et al. Comparação entre métodos direto e indireto para determinação da vazão em nascentes. *Revista Geociências*, v. 34, n. 2, p. 205–214, 2015.

NASCIMENTO, J. D. et al. Eficiência de diferentes metodologias para a determinação da velocidade da água em cursos naturais. *Ambiente & Água*, v. 14, n. 4, p. 22–35, 2019.

PEIXE BR. *Anuário da Associação Brasileira da Piscicultura*. Brasília: Associação Brasileira da Piscicultura, 2025.

PEREIRA, R. T.; LIMA, J. F. C.; SILVA, J. R. Avaliação comparativa de métodos de medição de vazão em córregos. *Revista Engenharia na Agricultura*, v. 29, n. 1, p. 64–72, 2021. Disponível em: <https://reveng.org.br/revista>. Acesso em: 17 jun. 2025.

RAMOS, K. A.; COSTA, H. L.; XAVIER, A. L. Aplicação do método do flutuador em igarapés amazônicos. *Revista Amazônia Sustentável*, v. 8, n. 1, p. 45–59, 2022.

SILVA, F. C. et al. Estudo da velocidade e vazão em nascentes da Serra da Mantiqueira. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 11, n. 6, p. 1556–1572, 2018.

12

SILVA, M. C.; MOURA, T. R.; DIAS, F. S. Influência do regime pluviométrico na vazão de nascentes do sul do Amazonas. *Revista Geografia e Meio Ambiente*, v. 21, n. 3, p. 188–201, 2019.

SILVA, V. H.; ALMEIDA, J. G. Avaliação de coeficientes de correção de velocidade em canais naturais. *Cadernos de Hidrologia Aplicada*, v. 3, n. 1, p. 25–33, 2018.

SOUZA, G. B.; PEREIRA, L. F.; MACHADO, R. C. Efeito da cobertura vegetal sobre o regime de vazão em nascentes do bioma Amazônico. *Revista Brasileira de Hidrologia*, v. 12, n. 4, p. 88–96, 2020.

SOUZA, R. A.; CASTRO, W. K. A.; MENDONÇA, E. R. Estimativa da disponibilidade hídrica em sistemas de piscicultura no semiárido brasileiro. *Revista Agroambiental*, v. 14, n. 3, p. 100–110, 2020. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/agroambiental>. Acesso em: 17 jun. 2025.