

Manaus, AM / Agosto, 2025

Boletim agrometeorológico série anual 2021

Estação Agroclimatológica de
Superfície da Embrapa Amazônia
Occidental, Rodovia AM-010, Km 29

OBJETIVOS DE
DESENVOLVIMENTO
SUSTENTÁVEL



***Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Amazônia Ocidental
Ministério da Agricultura e Pecuária***

ISSN 1517-3135 / e-ISSN 2965-7644

Documentos 172

Setembro, 2025

Boletim agrometeorológico série anual 2021

**Estação Agroclimatológica de Superfície da Embrapa
Amazônia Ocidental, Rodovia AM-010, Km 29**

Isaac Cohen Antonio

***Embrapa Amazônia Ocidental
Manaus, AM
2025***

Embrapa Amazônia Ocidental
Rodovia AM-010, Km 29, Estrada
Manaus/Itacoatiara,
69010-970 Manaus, AM
www.embrapa.br/amazonia-ocidental
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê Local de Publicações

Presidente
Kátia Emídio da Silva

Secretária-executiva
Gleise Maria Teles de Oliveira

Membros
Luiz Antônio de Araújo Cruz
Maria Augusta Abtibol Brito de Sousa
Maria Perpétua Beleza Pereira

Edição executiva
Maria Perpétua Beleza Pereira

Revisão de texto
Maria Perpétua Beleza Pereira

Normalização bibliográfica
Maria Augusta Abtibol Brito de Sousa

Projeto gráfico
Leandro Sousa Fazio

Diagramação
Gleise Maria Teles de Oliveira

Foto da capa
Fernando Goss

Publicação digital: PDF

Todos os direitos reservados

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte,
constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Amazônia Ocidental

Antonio, Isaac Cohen.

Boletim agrometeorológico, série anual 2021 : Estação Agroclimatológica de Superfície da Embrapa Amazônia Ocidental, Rodovia AM-010, Km 29 / Isaac Cohen Antonio. – Manaus : Embrapa Amazônia Ocidental, 2025.

PDF (56 p.) : il. color. – (Documentos / Embrapa Amazônia Ocidental, ISSN 1517-3135 ; e-ISSN 2965-7644 ; 172).

1. Agrometeorologia. 2. Climatologia. I. Título. II. Série.

CDD 630.25

Maria Augusta Abtibol Brito de Sousa (CRB-11/420)

© 2025 Embrapa

Autor

Isaac Cohen Antonio

Engenheiro-agrônomo, mestre em Agronomia (Produção Vegetal),
pesquisador da Embrapa Amazônia Ocidental, Manaus, AM

Agradeço ao assistente de pesquisa Luiz Mario Oliveira da Silva e à equipe do Campo Experimental da Sede da Embrapa Amazônia Ocidental, pela dedicação no trabalho de coleta e manutenção dos instrumentos de medição da estação agroclimatológica convencional de superfície da Embrapa Amazônia Ocidental e digitação dos dados.

Apresentação

O *Boletim Agrometeorológico, Série Anual 2021, Estação Agroclimatológica de Superfície da Embrapa Amazônia Ocidental*, Rodovia AM-010, Km 29, segue uma série histórica de documentos para manter atualizada as informações meteorológicas, indispensáveis à produção rural, gestão ambiental e gestões pública e privada. As informações foram efetuadas na estação agroclimatológica situada no Campo Experimental da Embrapa Amazônia Ocidental, no Km 29 da Rodovia AM-010, coordenadas georreferenciadas de latitude 2°53'25"S, longitude 59°58'06"W e altitude de 102 m acima do nível do mar.

No trabalho é evidenciado que o ano de 2021 foi o segundo mais chuvoso da série histórica 1971–2021, com total anual de precipitação inferior apenas ao ano de 2008 (3.570,7 mm) e período mais chuvoso de janeiro a junho, sendo janeiro o mês mais chuvoso. Ocorreram volumes de precipitação consideravelmente atípicos, acima da média histórica em agosto e outubro. A temperatura média do ar esteve acima da média histórica de 1971–2021 em todos os meses, e em abril, maio, junho, julho e agosto, esteve 1,6 °C, 1,6 °C, 1,9 °C, 2,0 °C e 2,2 °C acima da média histórica, respectivamente. Bem como o balanço hídrico do solo, que mostrou excedentes hídricos de janeiro a junho e de agosto a dezembro; os de agosto a outubro foram atípicos e expressivos. Houve déficit hídrico no solo atípico em julho, mas não houve em agosto e setembro, como costuma ocorrer. Conclui-se que 2021 foi chuvoso, com precipitação se desviando do padrão histórico; com temperaturas acima da média; brilho solar e evaporação baixos, quando comparados à série histórica; elevada ET_0 ; excedentes e déficit hídricos atípicos.

Atendendo à classificação dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), a publicação se adequa aos de números: 2 – Fome Zero e Agricultura Sustentável, 3 – Saúde e Bem-Estar, 11 – Cidades e Comunidades Sustentáveis e 13 – Ação Contra a Mudança Global do Clima.

Novamente a Embrapa Amazônia Ocidental cultiva sua tradição de prover informações climáticas às comunidades da região amazônica, com dados técnicos refinados, para atender as políticas públicas e ações que focam nas temáticas de produção rural e ambientais, principalmente as que estão diretamente relacionadas às comunidades rurais amazônicas e que afetam suas vidas.

Everton Rabelo Cordeiro

Chefe-Geral da Embrapa Amazônia Ocidental

Sumário

Introdução	11
Metodologia	11
Resumo anual	15
Precipitação pluvial (mm)	15
Temperatura do ar (°C)	16
Temperatura média anual do solo (°C)	16
Umidade relativa do ar (%)	17
Evaporação de Piche (mm)	17
Brilho solar (h)	17
Velocidade do vento (m s ⁻¹)	17
Precipitação pluviométrica	19
Temperaturas do ar e do solo	22
Umidade relativa do ar	26
Evaporação de Piche	28
Brilho solar	30
Velocidade do vento	32
Balanço hídrico do solo	34
Considerações finais	53
Referências	54

Introdução

Concluíram-se a coleta e o tratamento de dados climáticos em mais um ano de monitoramento diário do clima, iniciado em 1971, quando entrou em operação a estação agroclimatológica convencional de superfície da Embrapa Amazônia Ocidental, localizada no Km 29 da Rodovia AM-010 (Rodovia Deputado Vital de Mendonça), nas coordenadas georreferenciadas de latitude 2°53'25"S e longitude 59°58'06"W, com altitude de 102 m acima do nível do mar, gerando mais dados para as séries históricas dos parâmetros climáticos: precipitação, temperatura do ar no abrigo meteorológico e na relva, temperatura do solo nas profundidades de 2, 5, 10, 20 e 30 cm, umidade relativa do ar, brilho solar, velocidade do vento, evaporação de Piche e o cálculo do balanço hídrico do solo para as capacidades de água disponível de 30, 50, 100, 200 e 300 mm. Essas informações são utilizadas pela sociedade civil em geral, e principalmente pela comunidade científica, de várias formas e para diversos fins, constituindo-se em valiosa fonte de acompanhamento das mudanças climáticas locais. O clima do local, pela classificação climática de Köppen, segundo Teixeira et al. (1986), é do tipo Af (clima tropical chuvoso), com temperatura média do mês mais frio igual ou superior a 18 °C e precipitação do mês mais seco maior ou igual a 60 mm, entretanto tem sido inferior em alguns anos, sem período seco definido (Alvares et al., 2014); ou equatorial quente e úmido, com 1 a 2 meses secos, com média maior que 18 °C em todos os meses do ano (IBGE, 2002).

Metodologia

Utilizaram-se os seguintes instrumentos para medir as variáveis climáticas: termômetro de máxima de mercúrio (Hg) com bulbo; termômetro de mínima de coluna de álcool com bulbo; termômetro de

coluna de mercúrio com bulbo imerso em água destilada, para registrar a temperatura de bulbo úmido, e termômetro de bulbo com coluna de mercúrio para registrar a temperatura do bulbo seco, ambos com graduação em 0,2 °C, usados para cálculo da umidade relativa; evaporímetro de Piche para medir a evaporação diária; termohigrógrafo a corda para registro gráfico do horário da temperatura e umidade relativa do ar. Todos esses instrumentos operam dentro de um abrigo de Stevenson, comumente denominado abrigo meteorológico. Ao ar livre, os instrumentos utilizados foram: anemômetro de três conchas com altura de 2 m do solo; pluviômetro de Hellmann, com diâmetro de 200 mm; pluviógrafo para registro diário da chuva em gráfico, heliógrafo de Campbell-Stokes; termômetros de coluna de mercúrio e bulbo com escala de 0,2 °C, para medir a temperatura do solo nas profundidades de 0 (relva), 2, 5, 10, 20 e 30 cm.

As temperaturas médias diárias foram calculadas da média compensada, pelo método de Serra (1974), descrito na Equação 1.

$$T_m = \frac{(2T_{20h} + T_{8h} + T_{máx} + T_{mín})}{5} \quad (1)$$

em que

T_m = temperatura média compensada.

T_{20h} = temperatura do ar às 20h, horário local (0h de Greenwich).

T_{8h} = temperatura do ar às 8h, horário local (12h de Greenwich).

$T_{máx}$ = temperatura máxima diária do ar.

$T_{mín}$ = temperatura mínima diária do ar.

Os balanços hídricos do solo foram calculados pelo método de Thornthwaite e Mather (1957), em planilhas do Excel 2019, para CADs de 30, 50, 100, 200 e 300 mm, com as médias mensais das temperaturas do ar e da precipitação de 2021 e da série histórica 1971–2021. Adotou-se o dia de referência (Dref) recomendado por Klein (1977)

para o cálculo do número de horas de insolação no balanço hídrico (Tabela 1), devido à localização da estação ser próximo da linha do Equador. A Equação 2, conhecida como equação de Cooper, foi usada para o cálculo da declinação do sol (δ).

$$\delta = 23,45^\circ \text{ sen } [360^\circ (284 + NDA)/365] \quad (2)$$

em que

δ = declinação do sol.

$23,45^\circ$ = inclinação do eixo de rotação em relação ao plano orbital da Terra.

284 = usado no ajuste do ciclo anual da declinação solar com o calendário.

NDA = número de dias do ano juliano, somados desde o dia 1º de janeiro.

Tabela 1. Dia de referência (Dref) e número de dias do ano (NDA), contados a partir de 1º de janeiro, no calendário juliano.

Mês ⁽¹⁾	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Dref	17	16	16	15	15	11	17	16	15	15	14	10
NDA	17	47	75	105	135	162	198	228	258	288	318	344

⁽¹⁾ J – Janeiro, F – Fevereiro, M – Março, A – Abril, M – Maio, J – Junho, J – Julho, A – Agosto, S – Setembro, O – Outubro, N – Novembro, D – Dezembro.

Fonte: Klein (1977).

A evapotranspiração potencial (ET_0) foi calculada com a Equação 3, de Thornthwaite (1948), quando a temperatura média mensal (Tm) ficou no intervalo de $0^\circ\text{C} \geq Tm < 26,5^\circ\text{C}$; quando maior que $26,5^\circ\text{C}$, foi calculada com a Equação 6, de Willmott et al. (1985).

$$ET_0 (mm.d^{-1}) = 1,6 (10Tm/l)^a (x10 \text{ para transformar cm em mm}) \quad (3)$$

em que

ET_0 = evapotranspiração de referência (mm d^{-1}).

I = índice de calor anual.

O índice anual de calor (I) consiste do somatório dos índices de calor mensais, calculado com a Equação 4, e o coeficiente a é encontrado com a Equação 5.

$$I = \sum_{1-12} \{Tm/5\}^{1,514} \quad (4)$$

em que

$\sum_{1-12} \{Tm/5\}$ = somatório dos índices de calor mensais.

T_m = temperatura média do mês ($^{\circ}\text{C}$).

$$a = 0,000000675 I^3 - 0,0000771 I^2 + 0,01792 I + 0,49239 \quad (5)$$

em que

a = coeficiente empírico dependente de I .

$$ET_0 (\text{mm.d}^{-1}) = -415,85 + 32,24 Tn - 0,43 Tn^2 \quad (6)$$

em que

Tn = temperatura média do mês n .

A evapotranspiração potencial (ET_0) foi ajustada, devido à variação do número de dias dos meses e do número de horas do fotoperíodo no dia durante o intervalo da evapotranspiração, da estação do ano e da latitude. Para isso, foram utilizados dois fatores de correção, um para a variação dos dias mensais (Equação 7) e outro para variação do número de horas para evapotranspiração (Equação 8), conforme Wilm et al. (1944).

$$Dj/30 \quad (7)$$

em que

D_j = número de dias do mês em questão.

$$N_j/12 \quad (8)$$

em que

N_j = número de horas calculado do fotoperíodo para o mês em questão.

Resumo anual

Serão apresentados, na sequência, o resumo dos registros anuais dos dados climáticos; a variação mensal dos parâmetros climáticos, na forma de tabelas e gráficos, em períodos decendiais (10 dias), alinhados com a metodologia do projeto de Zoneamento Agrícola de Riscos Climáticos (ZARC); e o balanço hídrico do solo, para as CADs de 30, 50, 100, 200 e 300 mm, calculado com os dados climáticos do ano de 2021 e com as médias da série histórica de 1971–2021 (Tabela 2).

Precipitação pluvial (mm)

Período mais chuvoso (maior soma de valores positivos consecutivos da precipitação menos evapotranspiração potencial ou de referência).....janeiro a junho

Total anual (mm).....3.418,1

Maior precipitação mensal em mm (janeiro)..... 432,8

Menor precipitação mensal em mm (julho).....137,3

Maior precipitação diária registrada em mm (abril).....100,2

Menor precipitação diária registrada em mm (fevereiro)..... 0,1

Meses com mais dias com precipitação: março e dezembro.....	25
Mês com menos dias com precipitação: julho.....	11
Maior período de dias consecutivos sem chuva (24/7 a 1º/8).....	9
Maior período de dias consecutivos com chuva (5/3 a 16/4).....	12
Total de dias com chuva.....	234

Temperatura do ar (°C)

Média anual	27,3
Média das máximas	32,4
Média das mínimas	22,9
Amplitude anual das médias no abrigo	9,5
Maior máxima absoluta diária no abrigo (outubro)	36,8
Menor mínima absoluta diária no abrigo (junho)	20,0
Amplitude absoluta anual no abrigo	16,8
Maior máxima absoluta diária na relva (agosto)	40,0
Menor mínima absoluta diária na relva (fevereiro)	16,4
Amplitude absoluta anual na relva	23,6

Temperatura média anual do solo (°C)

Profundidade 0 (relva)	26,8
Profundidade 2 cm	28,4
Profundidade 5 cm	28,5
Profundidade 10 cm	28,3
Profundidade 20 cm	28,6
Profundidade 30 cm	28,9

Umidade relativa do ar (%)

Média anual	87,4
Maior média diária registrada (fevereiro e dezembro)	99,6
Menor média diária registrada (agosto)	71,6
Amplitude anual da média diária	28,0
Maior média mensal (dezembro)	91,1
Menor média mensal (agosto)	82,3
Amplitude média mensal	8,8

Evaporação de Piche (mm)

Total anual.....	732,3
Média mensal.....	61,0
Mês com maior evaporação (agosto)	86,8
Mês com menor evaporação (março)	40,6

Brilho solar (h)

Total anual.....	1.326,6
Média mensal	100,6
Média diária	3,6

Velocidade do vento (m s^{-1})

Média anual.....	0,38
------------------	------

Tabela 2. Médias mensais da temperatura do ar, do solo, umidade relativa do ar, precipitação, evaporação de Piche, brilho solar e velocidade do vento, em 2021. Embrapa Amazônia Ocidental. Manaus, AM.

Mês	Temperatura (°C)			Temperatura média (°C) Profundidade do solo (cm)					Umidade relativa (%)	Precip. ⁽³⁾ (mm)	Dias do chuva	Evap. ⁽⁴⁾ (mm)	Brilho solar (h)	Veloc. do vento ⁽⁵⁾ (m s ⁻¹)
	Máx. ⁽¹⁾	Min. ⁽²⁾	Média	Relva	2	5	10	20	30					
Jan.	31,2	22,8	26,7	25,1	27,7	27,7	27,6	28,0	28,4	90,1	432,8	23	42,1	89,0 0,40
Fev.	30,4	22,9	26,8	26,0	28,1	28,1	27,8	28,3	28,5	88,9	426,7	19	45,4	75,2 0,45
Mar.	30,7	22,7	26,6	24,4	27,6	27,7	27,5	27,9	28,1	89,9	405,9	25	40,6	38,0 0,40
Abr.	31,8	23,1	27,5	25,7	28,4	28,6	28,2	28,5	28,7	88,4	294,3	24	56,7	83,1 0,37
Mai	32,2	23,2	27,5	26,5	27,8	27,9	27,8	28,3	28,5	89,3	260,6	23	55,5	75,2 0,33
Jun.	32,4	22,8	27,7	27,3	28,4	28,8	28,1	28,3	28,5	88,0	187,6	17	63,1	101,1 0,38
Jul.	32,9	22,6	27,8	26,7	27,9	28,1	27,8	28,2	28,4	84,7	137,3	11	74,2	148,9 0,36
Ago.	34,0	22,7	28,6	29,0	28,7	29,1	28,8	29,0	29,3	82,3	217,0	16	86,8	193,0 0,39
Set.	34,0	22,8	27,4	29,1	29,3	29,6	29,3	29,4	29,8	84,3	153,7	16	75,8	162,7 0,38
Out.	33,9	23,0	27,5	29,0	29,5	29,7	29,3	29,6	30,1	83,0	262,2	16	85,0	174,7 0,42
Nov.	32,7	23,2	26,9	26,5	28,2	28,5	28,5	29,1	29,5	88,8	298,7	19	58,1	105,6 0,36
Dez.	32,3	23,4	26,8	26,0	28,5	28,7	28,5	29,0	29,2	91,1	341,3	25	49,0	80,1 0,34
Média	32,4	22,9	27,3	26,8	28,4	28,5	28,3	28,6	28,9	87,4	284,8	19,5	61,0	110,6 0,38
Total	-	-	-	-	-	v	-	-	v	-	3.418,1	234	732,3	1.326,6 -

(¹) Máxima; (²) mínima; (³) precipitação; (⁴) evaporação de Piche; (⁵) velocidade do vento.

Precipitação pluviométrica

A precipitação pluviométrica total de 2021 foi 3.418,1 mm, 742,3 mm (27,74%) acima da série histórica 1971–2021 e 352,6 mm a mais que o total da precipitação de 2020. Foram 234 dias com precipitação, 15 dias a mais que a média do total de dias de precipitação da série histórica 1971–2021 e 32 dias a mais que em 2020. Em janeiro houve a maior precipitação acumulada (432,8 mm) e em março e dezembro ocorreram mais dias de chuva (25), enquanto julho foi o menos chuvoso, acumulando 137,3 mm. O total mensal de precipitação acumulada ficou abaixo da média histórica somente em abril e maio. A precipitação de agosto foi 97,78% maior que a série histórica e 15,67% a mais que junho do período mais chuvoso de 2021. A precipitação de outubro foi 62,31% superior à da série histórica e 0,74% maior que a de maio do período mais chuvoso de 2021 (Tabela 3, Figura 1). O menor total diário de precipitação foi de 0,1 mm em fevereiro, e o maior total diário foi 100,2 mm em 26 de abril. Janeiro a junho foi o período mais chuvoso na soma de valores positivos consecutivos da precipitação menos a evapotranspiração potencial ou de referência ($P - ET_0$), no balanço hídrico do solo (Tabelas 10 a 19). O segundo decêndio de fevereiro (2D2) acumulou maior precipitação de 2021 (203,4 mm), 87,3% acima da média histórica para esse decêndio, e o primeiro decêndio de outubro (10D1) acumulou o menor volume de precipitação (14,8 mm), enquanto em 12 decêndios houve precipitação abaixo da média da série histórica 1971–2021 (Figura 2).

Tabela 3. Precipitação e dias com chuva em 2021 e na série histórica 1971–2021. Embrapa Amazônia Ocidental, Manaus, AM.

Mês	Precipitação (mm)		Desvio (mm)	Dias com chuva	
	1971–2021	2021		1971–2021	2021
Janeiro	284,2	432,8	148,6	21,9	23
Fevereiro	307,8	426,7	118,9	20,9	19
Março	335,7	405,9	70,2	23,6	25
Abril	335,8	294,3	-41,5	23,1	24
Maiο	276,9	260,6	-16,3	22,8	23
Junho	175,6	187,6	12,0	18,6	17
Julho	123,8	137,3	13,5	15,6	11
Agosto	109,7	217,0	107,3	13,2	16
Setembro	115,1	153,7	38,6	13,0	16
Outubro	161,5	262,2	100,7	14,1	16
Novembro	198,6	298,7	100,1	14,3	19
Dezembro	251,0	341,3	90,3	18,3	25
Total	2.675,7	3.418,1	742,3	219,4	234
Média mês	223,0	284,8	61,9	18,3	19,5

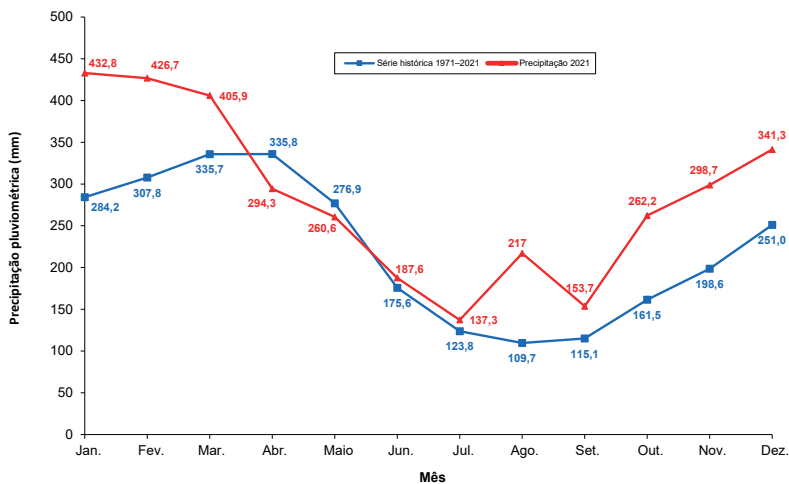


Figura 1. Precipitação de 2021, comparada à média histórica 1971-2021. Embrapa Amazônia Ocidental, Manaus, AM.

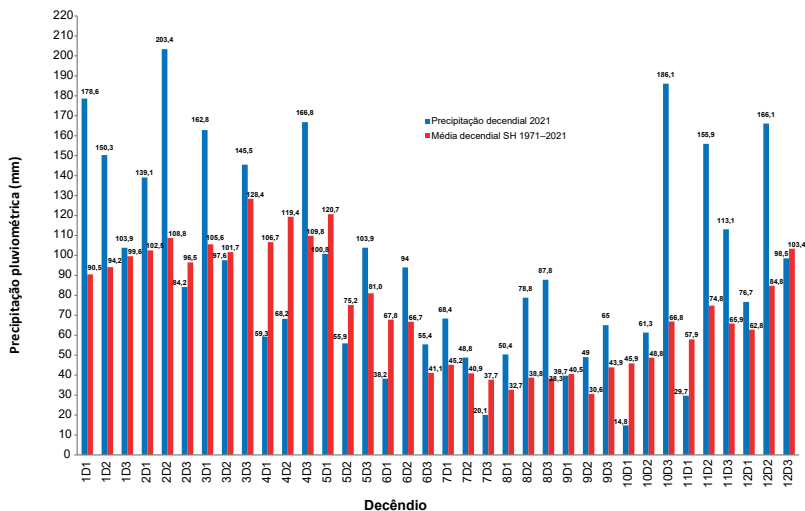


Figura 2. Precipitação de 2021 por decêndio, comparada à média histórica 1971-2021 do decêndio. Embrapa Amazônia Ocidental, Manaus, AM.

Temperaturas do ar e do solo

A temperatura média do ar esteve acima da média histórica de 1971–2021 em todos os meses; em junho, julho e agosto, esteve 1,9 °C, 2,0 °C e 2,2 °C acima da média histórica, respectivamente. A média anual foi 27,3 °C, acima 0,8 °C da média de 2020 e 1,2 °C superior à média da série histórica 1971–2021. As médias mensais das temperaturas mínimas também estiveram acima da média da série histórica em todos os meses; a média anual foi 22,9 °C, com 0,1 °C acima da média de 2020 e 0,5 °C acima da média anual da série histórica 1971–2021. As médias mensais da temperatura máxima estiveram acima das suas médias históricas, exceto em fevereiro e março, com média anual de 32,4 °C, com 0,6 °C acima da média histórica 1971–2021, entretanto 0,5 °C mais baixa que a média de 2020 (Tabela 4 e Figura 3).

Tabela 4. Médias das máximas, mínimas e médias mensais da temperatura do ar em 2021 comparadas à série histórica 1971–2021, em °C. Embrapa Amazônia Ocidental, Manaus, AM.

Mês	Máxima		Mínima		Média	
	1971–2021	2021	1971–2021	2021	1971–2021	2021
Jan.	30,8	31,2	22,5	22,8	25,7	26,7
Fev.	30,7	30,4	22,6	22,9	25,6	26,8
Mar.	30,9	30,7	22,7	22,7	25,7	26,6
Abr.	31,1	31,8	22,7	23,1	25,8	27,5
Mai	31,2	32,2	22,6	23,2	25,9	27,5
Jun.	31,3	32,4	22,1	22,8	25,8	27,7
Jul.	31,6	32,9	21,7	22,6	25,7	27,8
Ago.	32,9	34,0	21,8	22,7	26,4	28,6
Set.	33,4	34,0	22,2	22,8	26,8	27,4

Continua...

Tabela 4. Continuação.

Mês	Máxima		Mínima		Média	
	1971–2021	2021	1971–2021	2021	1971–2021	2021
Out.	33,1	33,9	22,6	23,0	26,9	27,5
Nov.	32,6	32,7	22,8	23,2	26,7	26,9
Dez.	31,5	32,3	22,6	23,4	26,1	26,8
Média	31,8	32,4	22,4	22,9	26,1	27,3

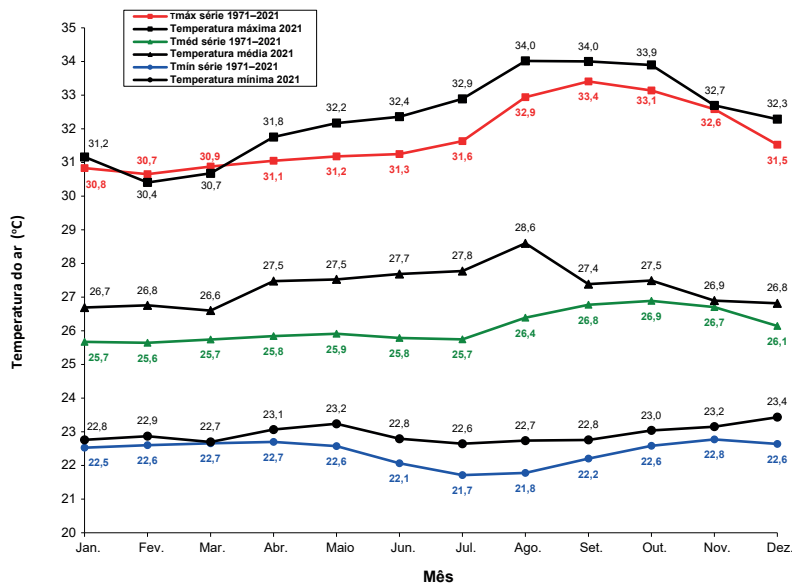


Figura 3. Variação mensal das temperaturas máxima, mínima, média e amplitude térmica em 2021, comparada à série histórica 1971–2021. Embrapa Amazônia Ocidental, Manaus, AM.

As médias decendiais das temperaturas máximas ficaram acima de suas respectivas médias da série histórica, exceto no terceiro decêndio de janeiro (1D3), no segundo e terceiro decêndios de fevereiro (2D2 e 2D3), primeiro decêndio de março (3D1) e segundo decêndio de novembro (11D2). As temperaturas médias decendiais ficaram acima de suas médias históricas em quase todos os decêndios de 2021, exceto no terceiro decêndio de setembro (9D3) e no segundo decêndio de novembro (11D2), que igualaram com a média histórica. A maior média decendial foi 29,3 °C no terceiro decêndio de agosto (8D3), 2,7 °C acima de sua média histórica (Figura 4). As médias decendiais das mínimas ficaram acima de suas médias históricas, exceto nos decêndios 1D3, 2D3 e 3D1 (Figura 4). As amplitudes térmicas decendiais variaram em torno das suas respectivas médias históricas, a maior foi 11,7 °C no 8D3 e a menor, 7,08 °C em 3D1 (Figura 4).

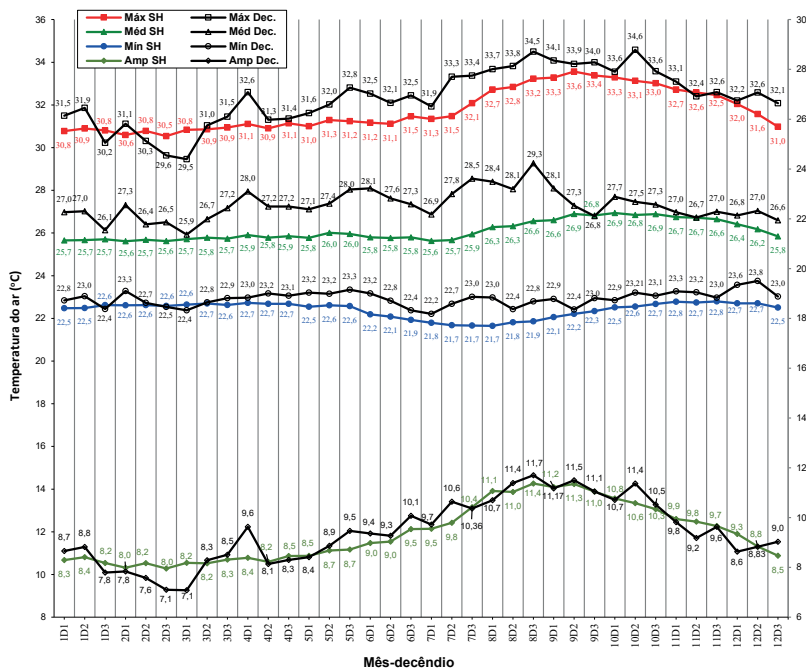


Figura 4. Variação decendial das temperaturas máxima, mínima, média e da amplitude térmica de 2021, comparada à série histórica 1971–2021. Embrapa Amazônia Ocidental, Manaus, AM.

As temperaturas do solo ficaram acima da temperatura da superfície ou relva em todas as profundidades, em todos os meses, exceto em agosto, quando a temperatura da relva ficou acima das temperaturas do solo apenas nas profundidades de 2 e 10 cm. Em março, a média da temperatura da relva foi a mais baixa do ano (24,4 °C), menor que as temperaturas do solo em todas as profundidades, com a diferença variando de 3,1 °C, na profundidade de 10 cm, a 3,6 °C na profundidade de 30 cm (Tabela 5 e Figura 5).

Tabela 5. Médias mensais das temperaturas do solo em 2021 na relva (superfície) e nas profundidades de 2, 5, 10, 20 e 30 cm, em °C. Embrapa Amazônia Ocidental. Manaus, AM.

Mês	Profundidade (cm)					
	Relva	2	5	10	20	30
Janeiro	25,1	27,7	27,7	27,6	28,0	28,4
Fevereiro	26,0	28,1	28,1	27,8	28,3	28,5
Março	24,4	27,6	27,7	27,5	27,9	28,1
Abril	25,7	28,4	28,6	28,2	28,5	28,7
Maiο	26,5	27,8	27,9	27,8	28,3	28,5
Junho	27,3	28,4	28,8	28,1	28,3	28,5
Julho	26,7	27,9	28,1	27,8	28,2	28,4
Agosto	29,0	28,7	29,1	28,8	29,0	29,3
Setembro	29,1	29,3	29,6	29,3	29,4	29,8
Outubro	26,8	28,4	28,5	28,3	28,6	28,9
Novembro	26,8	28,4	28,5	28,3	28,6	28,9
Dezembro	26,0	28,5	28,7	28,5	29,0	29,2
Média	26,6	28,3	28,5	28,2	28,5	28,8

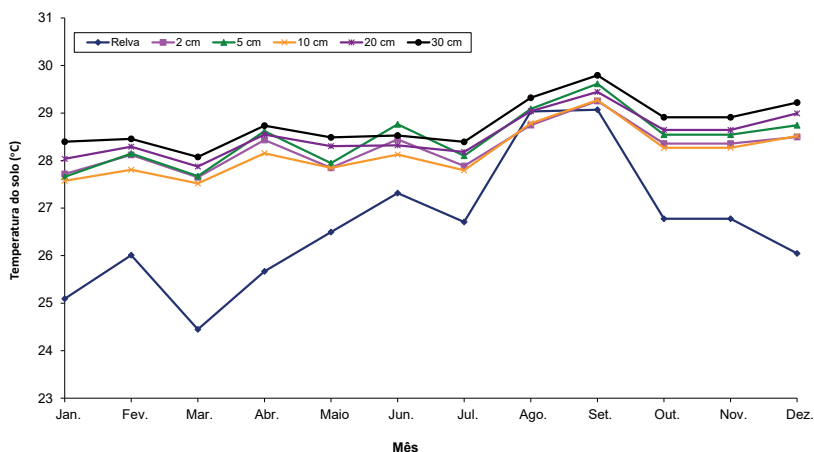


Figura 5. Variação decendial das temperaturas máxima, mínima, média e amplitude térmica de 2021, comparada à série histórica 1971–2021. Embrapa Amazônia Ocidental, Manaus, AM.

Umidade relativa do ar

Em 2021, a média anual da umidade relativa do ar (UR) ficou em 87,4%, sendo 1,9% maior que a média anual de 2020 e 1,3% maior que a média histórica da série histórica 1971–2021, inferior à média histórica somente em abril e agosto. Dezembro foi o mês mais úmido do ano, com média mensal de 91,1%, e agosto o menos úmido, com média de 82,3% (Tabela 6 e Figura 6). As maiores médias diárias ocorreram em fevereiro e dezembro, com a UR atingindo 99,6%, e a menor foi em agosto (71,6%).

Tabela 6. Umidade relativa do ar, médias mensais de 2021 e da série histórica 1971–2021. Embrapa Amazônia Ocidental. Manaus, AM.

Mês	Umidade relativa do ar (%)	
	1971–2021	2021
Janeiro	87,8	90,1
Fevereiro	88,6	88,9
Março	88,5	89,9
Abril	89,1	88,4
Maiο	88,9	89,3
Junho	86,8	88,0
Julho	84,6	84,7
Agosto	82,6	82,3
Setembro	82,2	84,3
Outubro	83,0	83,0
Novembro	84,4	88,8
Dezembro	87,2	91,1
Média	86,1	87,4

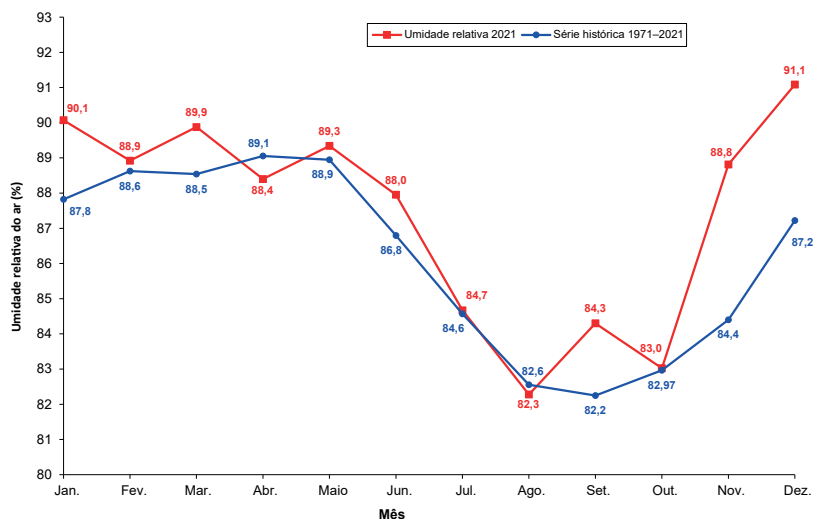


Figura 6. Umidade relativa do ar de 2021 e da série histórica 1971–2021. Embrapa Amazônia Ocidental, Manaus, AM.

Evaporação de Piche

A evaporação medida diariamente no evaporímetro de Piche, dentro do abrigo meteorológico, acumulou o total anual de 732,3 mm, sendo 4,8 mm menor que o total de 2020 e 70,5 mm menor que o total anual das médias mensais da série histórica 1976–2021. A média mensal foi 61,0 mm, menor 0,4 mm que a média de 2020 e 5,9 mm menor que a média mensal da série histórica. O total mensal foi superior à média da série histórica somente no trimestre abril-junho (Tabela 7 e Figura 7).

Tabela 7. Evaporação mensal e média diária medida com evaporímetro de Piche em 2021 e na série histórica 1976–2021. Embrapa Amazônia Ocidental. Manaus, AM.

Mês	Total mensal (mm)		Média diária (mm)	
	1976–2021	2021	1976–2021	2021
Janeiro	57,7	42,1	1,9	1,4
Fevereiro	51,2	45,4	1,8	1,6
Março	54,2	40,6	1,7	1,3
Abril	48,7	56,7	1,6	1,9
Maio	52,3	55,5	1,7	1,8
Junho	61,3	63,1	2,0	2,1
Julho	75,3	74,2	2,4	2,4
Agosto	88,3	86,8	2,8	2,8
Setembro	90,8	75,8	3,0	2,5
Outubro	87,6	85,0	2,8	2,7
Novembro	73,1	58,1	2,4	1,9
Dezembro	62,3	49,0	2,0	1,6
Total	802,8	732,3	–	–
Média	66,9	61,0	2,2	2,0

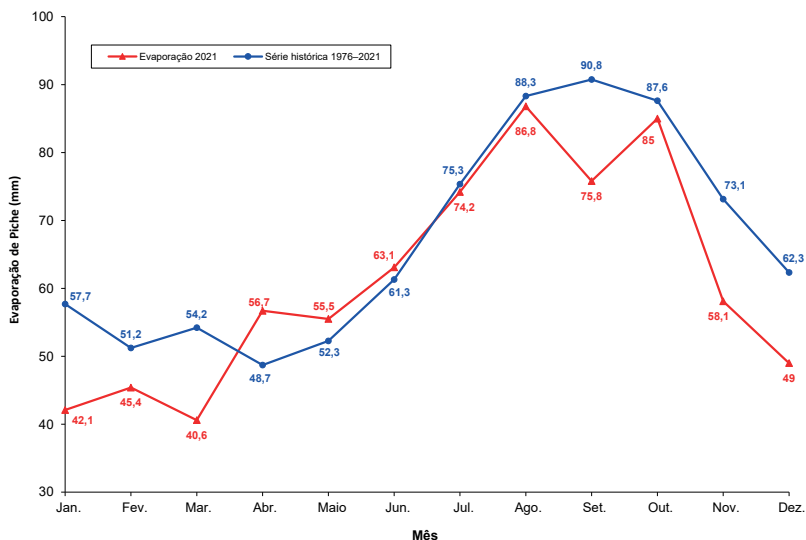


Figura 7. Evaporação em 2021 e na série histórica 1976–2021, medida com evaporímetro de Piche. Embrapa Amazônia Ocidental, Manaus, AM.

Brilho solar

O total anual de horas de brilho em 2021 foi de 1.326,6 horas, com 188,3 horas a menos que o total registrado em 2020 e 527,8 horas a menos que o total anual das médias da série histórica 1972–2021, equivalendo a 44 dias de nebulosidade durante o ano, considerando 12 horas de brilho solar por dia. A média mensal foi 110,6 horas, com 15,6 horas a menos que a média de 2020 e 44 horas a menos que a da série histórica 1972–2021. A média diária foi de 3,6 horas, 2,3 horas a menos que a de 2020 e menos 1,5 hora que a da série histórica 1972–2021. Em todos os meses, o total mensal de horas de brilho solar foi menor do que a média mensal da série histórica 1972–2021 (Tabela 8 e Figura 8).

Tabela 8. Total mensal e médias diárias de brilho solar em 2021 e na série histórica 1972–2021. Embrapa Amazônia Ocidental. Manaus, AM.

Mês	Total mensal (h)		Média diária (h)	
	1972–2021	2021	1972–2021	2021
Janeiro	122,3	89,0	3,9	2,9
Fevereiro	102,4	75,2	3,6	2,7
Março	111,1	38,0	3,6	1,2
Abril	112,8	83,1	3,8	2,8
Maio	139,4	75,2	4,4	2,5
Junho	169,4	101,1	5,6	3,4
Julho	202,0	148,9	6,5	4,8
Agosto	222,3	193,0	7,2	6,2
Setembro	199,1	162,7	6,6	5,4
Outubro	187,0	174,7	6,0	5,6
Novembro	157,9	105,6	5,3	3,5
Dezembro	128,5	80,1	4,1	2,6
Total	1.854,0	1.326,6	–	–
Média	154,5	110,6	5,1	3,6

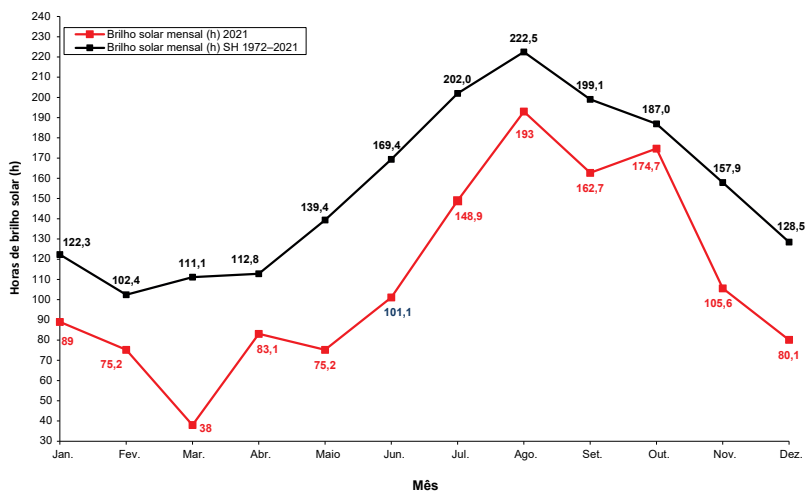


Figura 8. Brilho solar mensal em 2021, comparado à média da série histórica (SH) 1972–2021. Embrapa Amazônia Ocidental, Manaus, AM.

Velocidade do vento

Em 2021, a média anual da velocidade média diária do vento foi $0,38 \text{ m s}^{-1}$, ficando $0,04 \text{ m s}^{-1}$ abaixo da média de 2020 e $0,23 \text{ m s}^{-1}$ menor que a média da série histórica de 1971–2021. Em todos os meses do ano foi inferior à média da série histórica (Tabela 9 e Figura 9). No mês de maio ocorreram os ventos mais fortes, com média mensal de $0,56 \text{ m s}^{-1}$.

Tabela 9. Velocidade do vento, médias diárias de 2021 e da série histórica 1971–2021, nos meses do ano. Embrapa Amazônia Ocidental. Manaus, AM.

Mês	Vento (m s ⁻¹)		Vento (km h ⁻¹)	
	1971–2021	2021	1971–2021	2021
Janeiro	0,64	0,40	2,30	1,44
Fevereiro	0,68	0,45	2,44	1,61
Março	0,66	0,40	2,38	1,44
Abril	0,58	0,37	2,09	1,32
Maio	0,53	0,33	1,90	1,17
Junho	0,56	0,38	2,00	1,37
Julho	0,58	0,36	2,09	1,30
Agosto	0,62	0,39	2,22	1,41
Setembro	0,63	0,38	2,28	1,38
Outubro	0,64	0,42	2,29	1,53
Novembro	0,61	0,36	2,20	1,29
Dezembro	0,59	0,34	2,11	1,23
Média	0,61	0,38	2,19	1,37

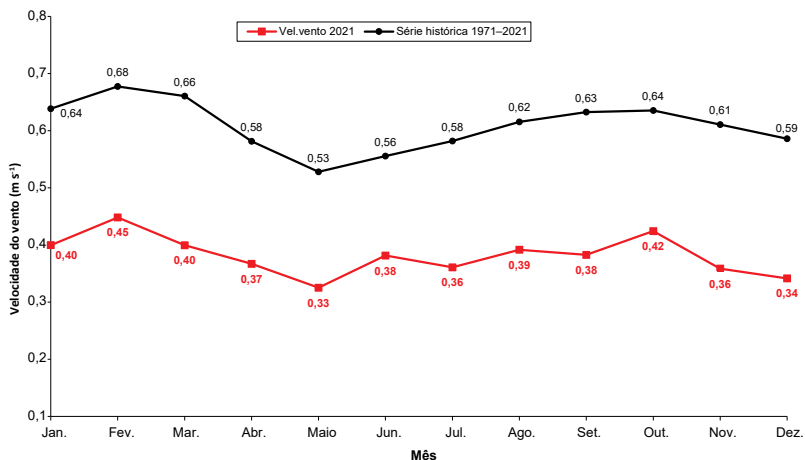


Figura 9. Média diária da velocidade do vento em 2021 e na série histórica 1971–2021, em m s^{-1} . Embrapa Amazônia Ocidental, Manaus, AM.

Balanço hídrico do solo

No balanço hídrico do solo, calculado pelo método de Thornthwaite e Mather (1957), houve deficit hídrico somente em julho, enquanto o calculado com as médias mensais da série histórica 1971–2021 apresentou deficit hídrico em agosto e setembro (Tabelas 10 a 19).

Houve excedente hídrico em quase todos os meses, exceto em julho, já no balanço calculado com as médias mensais da série histórica não ocorreu excedente em agosto, setembro e outubro. Embora não tenha havido deficit hídrico de agosto a outubro, o volume de água disponível no solo ficou abaixo do disponível nos outros meses, para todas as CADs. O maior excedente foi de 296,1 mm em fevereiro, sendo 51,2% maior que o calculado com a média histórica de 1971–2021 para o referido mês (Tabelas 10 a 19).

Os excedentes no período de agosto a outubro, em 2021, foram atípicos, sendo significativos para agosto e outubro; na série histórica não ocorrem de forma expressiva nesses meses. O período de janeiro a junho foi o mais chuvoso, que é caracterizado como aquele de maior soma de valores positivos consecutivos da precipitação menos evapotranspiração potencial ou de referência, que resultou em 1.151,6 mm (Tabelas 10 a 19 e Figuras 10 a 21).

Em todos os meses de 2021, a evapotranspiração potencial (ET_0), calculada no balanço hídrico do solo, foi maior do que a calculada com os dados da série histórica 1971–2021.

Tabela 10. Balanço hídrico do solo em 2021, método de Thornthwaite e Mather (1957), para capacidade de água disponível (CAD) de 30 mm. Embrapa Amazônia Ocidental, Manaus, AM.

Mês	T ⁽¹⁾ (°C)	ET ₀ ⁽²⁾	P ⁽³⁾	P - ET ₀ ⁽⁴⁾	Neg. acum. ⁽⁵⁾	(mm)				
						Arm. ⁽⁶⁾	Alt. ⁽⁷⁾	ETr ⁽⁸⁾	Exc. ⁽⁹⁾	Def. ⁽¹⁰⁾
Janeiro	26,7	144,7	432,8	288,1	0,0	30,0	0,0	144,7	288,1	0,0
Fevereiro	26,8	130,6	426,7	296,1	0,0	30,0	0,0	130,6	296,1	0,0
Março	26,6	142,3	405,9	263,6	0,0	30,0	0,0	142,3	263,6	0,0
Abril	27,5	144,6	294,3	149,7	0,0	30,0	0,0	144,6	149,7	0,0
Maiο	27,5	149,0	260,6	111,6	0,0	30,0	0,0	149,0	111,6	0,0
Junho	27,7	145,1	187,6	42,5	0,0	30,0	0,0	145,1	42,5	0,0
Julho	27,8	150,9	137,3	-13,6	-13,6	19,1	-10,9	148,2	0,0	2,7
Agosto	28,6	158,4	217	58,6	0,0	30,0	10,9	158,4	47,6	0,0
Setembro	27,4	144,4	153,7	9,3	0,0	30,0	0,0	144,4	9,3	0,0
Outubro	27,5	151,2	262,2	111,0	0,0	30,0	0,0	151,2	111,0	0,0
Novembro	26,9	141,8	298,7	156,9	0,0	30,0	0,0	141,8	156,9	0,0
Dezembro	26,8	146,1	341,3	195,2	0,0	30,0	0,0	146,1	195,2	0,0
Ano	27,3	1.749,1	3.418,1	1.669,0	-	-	-	1.746,4	1.671,6	2,7

⁽¹⁾ Temperatura média mensal; ⁽²⁾ evapotranspiração potencial; ⁽³⁾ precipitação; ⁽⁴⁾ precipitação-evapotranspiração potencial; ⁽⁵⁾ negativo acumulando; ⁽⁶⁾ armazenamento; ⁽⁷⁾ alteração; ⁽⁸⁾ evapotranspiração real; ⁽⁹⁾ excedente hídrico; ⁽¹⁰⁾ deficiência hídrica.

Tabela 11. Balanço hídrico do solo em 2021, método de Thornthwaite e Mather (1957), para capacidade de água disponível (CAD) de 50 mm. Embrapa Amazônia Ocidental, Manaus, AM.

Mês	T ⁽¹⁾ (°C)	ET ₀ ⁽²⁾	P ⁽³⁾	P - ET ₀ ⁽⁴⁾	Neg. acum. ⁽⁵⁾	Arm. ⁽⁶⁾	Alt. ⁽⁷⁾	ETr ⁽⁸⁾	Exc. ⁽⁹⁾	Def. ⁽¹⁰⁾
Janeiro	26,7	144,7	432,8	288,1	0,0	50,0	0,0	144,7	288,1	0,0
Fevereiro	26,8	130,6	426,7	296,1	0,0	50,0	0,0	130,6	296,1	0,0
Março	26,6	142,3	405,9	263,6	0,0	50,0	0,0	142,3	263,6	0,0
Abril	27,5	144,6	294,3	149,7	0,0	50,0	0,0	144,6	149,7	0,0
Maiο	27,5	149,0	260,6	111,6	0,0	50,0	0,0	149,0	111,6	0,0
Junho	27,7	145,1	187,6	42,5	0,0	50,0	0,0	145,1	42,5	0,0
Julho	27,8	150,9	137,3	-13,6	-13,6	38,1	-11,9	149,2	0,0	1,7
Agosto	28,6	158,4	217	58,6	0,0	50,0	11,9	158,4	46,7	0,0
Setembro	27,4	144,4	153,7	9,3	0,0	50,0	0,0	144,4	9,3	0,0
Outubro	27,5	151,2	262,2	111,0	0,0	50,0	0,0	151,2	111,0	0,0
Novembro	26,9	141,8	298,7	156,9	0,0	50,0	0,0	141,8	156,9	0,0
Dezembro	26,8	146,1	341,3	195,2	0,0	50,0	0,0	146,1	195,2	0,0
Ano	27,3	1.749,1	3.418,1	1.669,0	-	-	-	1.747,4	1.670,7	1,7

(1) Temperatura média mensal; (2) evapotranspiração potencial; (3) precipitação; (4) precipitação-evapotranspiração potencial; (5) negativo acumulando; (6) armazenamento; (7) alteração; (8) evapotranspiração real; (9) excedente hídrico; (10) deficiência hídrica.

Tabela 12. Balanço hídrico do solo em 2021, método de Thornthwaite e Mather (1957), para capacidade de água disponível (CAD) de 100 mm. Embrapa Amazônia Ocidental, Manaus, AM.

Mês	T ⁽¹⁾ (°C)	ET ₀ ⁽²⁾	P ⁽³⁾	P - ET ₀ ⁽⁴⁾	Neg. acum. ⁽⁵⁾	Arm. ⁽⁶⁾	Alt. ⁽⁷⁾	ETR ⁽⁸⁾	Exc. ⁽⁹⁾	Def. ⁽¹⁰⁾
Janeiro	26,7	144,7	432,8	288,1	0,0	100,0	0,0	144,7	288,1	0,0
Fevereiro	26,8	130,6	426,7	296,1	0,0	100,0	0,0	130,6	296,1	0,0
Março	26,6	142,3	405,9	263,6	0,0	100,0	0,0	142,3	263,6	0,0
Abril	27,5	144,6	294,3	149,7	0,0	100,0	0,0	144,6	149,7	0,0
Maiο	27,5	149,0	260,6	111,6	0,0	100,0	0,0	149,0	111,6	0,0
Junho	27,7	145,1	187,6	42,5	0,0	100,0	0,0	145,1	42,5	0,0
Julho	27,8	150,9	137,3	-13,6	-13,6	87,3	-12,7	150,0	0,0	0,9
Agosto	28,6	158,4	217	58,6	0,0	100,0	12,7	158,4	45,9	0,0
Setembro	27,4	144,4	153,7	9,3	0,0	100,0	0,0	144,4	9,3	0,0
Outubro	27,5	151,2	262,2	111,0	0,0	100,0	0,0	151,2	111,0	0,0
Novembro	26,9	141,8	298,7	156,9	0,0	100,0	0,0	141,8	156,9	0,0
Dezembro	26,8	146,1	341,3	195,2	0,0	100,0	0,0	146,1	195,2	0,0
Ano	27,3	1.749,1	3.418,1	1.669,0	-	-	-	1.748,2	1.669,9	0,9

(1) Temperatura média mensal; (2) evapotranspiração potencial; (3) precipitação; (4) precipitação-evapotranspiração potencial; (5) negativo acumulando; (6) armazenamento; (7) alteração; (8) evapotranspiração real; (9) excedente hídrico; (10) deficiência hídrica.

Tabela 13. Balanço hídrico do solo em 2021, método de Thornthwaite e Mather (1957), para capacidade de água disponível (CAD) de 200 mm. Embrapa Amazônia Ocidental, Manaus, AM.

Mês	T ⁽¹⁾ (°C)	ET ₀ ⁽²⁾	P ⁽³⁾	P - ET ₀ ⁽⁴⁾	Neg. acum. ⁽⁵⁾	Arm. ⁽⁶⁾	Alt. ⁽⁷⁾	ET _r ⁽⁸⁾	Exc. ⁽⁹⁾	Def. ⁽¹⁰⁾
Janeiro	26,7	144,7	432,8	288,1	0,0	200,0	0,0	144,7	288,1	0,0
Fevereiro	26,8	130,6	426,7	296,1	0,0	200,0	0,0	130,6	296,1	0,0
Março	26,6	142,3	405,9	263,6	0,0	200,0	0,0	142,3	263,6	0,0
Abril	27,5	144,6	294,3	149,7	0,0	200,0	0,0	144,6	149,7	0,0
Maiο	27,5	149,0	260,6	111,6	0,0	200,0	0,0	149,0	111,6	0,0
Junho	27,7	145,1	187,6	42,5	0,0	200,0	0,0	145,1	42,5	0,0
Julho	27,8	150,9	137,3	-13,6	-13,6	186,8	-13,2	150,5	0,0	0,5
Agosto	28,6	158,4	217	58,6	0,0	200,0	13,2	158,4	45,4	0,0
Setembro	27,4	144,4	153,7	9,3	0,0	200,0	0,0	144,4	9,3	0,0
Outubro	27,5	151,2	262,2	111,0	0,0	200,0	0,0	151,2	111,0	0,0
Novembro	26,9	141,8	298,7	156,9	0,0	200,0	0,0	141,8	156,9	0,0
Dezembro	26,8	146,1	341,3	195,2	0,0	200,0	0,0	146,1	195,2	0,0
Ano	27,3	1.749,1	3.418,1	1.669,0	-	-	-	1.748,7	1.669,4	0,5

(¹) Temperatura média mensal; (²) evapotranspiração potencial; (³) precipitação; (⁴) precipitação-evapotranspiração potencial; (⁵) negativo acumulando; (⁶) armazenamento; (⁷) alteração; (⁸) evapotranspiração real; (⁹) excedente hídrico; (¹⁰) deficiência hídrica.

Tabela 14. Balanço hídrico do solo em 2021, método de Thornthwaite e Mather (1957), para capacidade de água disponível (CAD) de 300 mm. Embrapa Amazônia Ocidental, Manaus, AM.

Mês	T ⁽¹⁾ (°C)	ET ₀ ⁽²⁾	P ⁽³⁾	P - ET ₀ ⁽⁴⁾	Neg. acum. ⁽⁵⁾	Arm. ⁽⁶⁾	Alt. ⁽⁷⁾	ETR ⁽⁸⁾	Exc. ⁽⁹⁾	Def. ⁽¹⁰⁾
Janeiro	26,7	144,7	432,8	288,1	0,0	300,0	0,0	144,7	288,1	0,0
Fevereiro	26,8	130,6	426,7	296,1	0,0	300,0	0,0	130,6	296,1	0,0
Março	26,6	142,3	405,9	263,6	0,0	300,0	0,0	142,3	263,6	0,0
Abril	27,5	144,6	294,3	149,7	0,0	300,0	0,0	144,6	149,7	0,0
Maió	27,5	149,0	260,6	111,6	0,0	300,0	0,0	149,0	111,6	0,0
Junho	27,7	145,1	187,6	42,5	0,0	300,0	0,0	145,1	42,5	0,0
Julho	27,8	150,9	137,3	-13,6	-13,6	286,7	-13,3	150,6	0,0	0,3
Agosto	28,6	158,4	217	58,6	0,0	300,0	13,3	158,4	45,3	0,0
Setembro	27,4	144,4	153,7	9,3	0,0	300,0	0,0	144,4	9,3	0,0
Outubro	27,5	151,2	262,2	111,0	0,0	300,0	0,0	151,2	111,0	0,0
Novembro	26,9	141,8	298,7	156,9	0,0	300,0	0,0	141,8	156,9	0,0
Dezembro	26,8	146,1	341,3	195,2	0,0	300,0	0,0	146,1	195,2	0,0
Ano	27,3	1.749,1	3.418,1	1.669,0	-	-	-	1.748,9	1.669,3	0,3

⁽¹⁾ Temperatura média mensal; ⁽²⁾ evapotranspiração potencial; ⁽³⁾ precipitação; ⁽⁴⁾ precipitação-evapotranspiração potencial; ⁽⁵⁾ negativo acumulando; ⁽⁶⁾ armazenamento; ⁽⁷⁾ alteração; ⁽⁸⁾ evapotranspiração real; ⁽⁹⁾ excedente hídrico; ⁽¹⁰⁾ deficiência hídrica.

Tabela 15. Balanço hídrico do solo calculado com as médias da série histórica 1971–2021, pelo método de Thornthwaite e Mather (1957), para capacidade de água disponível (CAD) de 30 mm. Embrapa Amazônia Ocidental, Manaus, AM.

Mês	T ⁽¹⁾ (°C)	ET ₀ ⁽²⁾	P ⁽³⁾	P - ET ₀ ⁽⁴⁾	Neg. acum. ⁽⁵⁾	Arm. ⁽⁶⁾	Alt. ⁽⁷⁾	ETR ⁽⁸⁾	Exc. ⁽⁹⁾	Def. ⁽¹⁰⁾
Janeiro	25,7	125,0	284,2	159,2	0,0	30,0	0,0	125,0	159,2	0,0
Fevereiro	25,6	111,9	307,8	195,9	0,0	30,0	0,0	111,9	195,9	0,0
Março	25,7	124,8	335,7	210,9	0,0	30,0	0,0	124,8	210,9	0,0
Abril	25,8	121,7	335,8	214,1	0,0	30,0	0,0	121,7	214,1	0,0
Maiο	25,9	126,3	276,9	150,6	0,0	30,0	0,0	126,3	150,6	0,0
Junho	25,8	119,7	175,6	55,9	0,0	30,0	0,0	119,7	55,9	0,0
Julho	25,7	123,2	123,8	0,6	0,0	30,0	0,0	123,2	0,6	0,0
Agosto	26,4	135,2	109,7	-25,5	-25,5	12,8	-17,2	126,9	0,0	8,3
Setembro	26,8	138,9	115,1	-23,8	-49,3	5,8	-7,0	122,1	0,0	16,8
Outubro	26,9	145,6	161,5	15,9	0,0	21,7	15,9	145,6	0,0	0,0
Novembro	26,7	140,0	198,6	58,7	0,0	30,0	8,3	140,0	50,4	0,0
Dezembro	26,1	133,6	251,0	117,4	0,0	30,0	0,0	133,6	117,4	0,0
Ano	26,1	1.545,9	2.675,7	1.129,9	-	-	-	1.520,8	1.155,0	25,1

⁽¹⁾ Temperatura média mensal; ⁽²⁾ evapotranspiração potencial; ⁽³⁾ precipitação; ⁽⁴⁾ precipitação-evapotranspiração potencial; ⁽⁵⁾ negativo acumulando; ⁽⁶⁾ armazenamento; ⁽⁷⁾ alteração; ⁽⁸⁾ evapotranspiração real; ⁽⁹⁾ excedente hídrico; ⁽¹⁰⁾ deficiência hídrica.

Tabela 16. Balanço hídrico do solo calculado com as médias da série histórica 1971–2021, pelo método de Thornthwaite e Mather (1957), para capacidade de água disponível (CAD) de 50 mm. Embrapa Amazônia Ocidental, Manaus, AM.

Mês	T ⁽¹⁾ (°C)	ET ₀ ⁽²⁾	P ⁽³⁾	P - ET ₀ ⁽⁴⁾	Neg. acum. ⁽⁵⁾	(mm)				Exc. ⁽⁹⁾	Def. ⁽¹⁰⁾
						Arm. ⁽⁶⁾	Alt. ⁽⁷⁾	ETR ⁽⁸⁾			
Janeiro	25,7	125,0	284,2	159,2	0,0	50,0	50,0	125,0	109,2	0,0	
Fevereiro	25,6	111,9	307,8	195,9	0,0	50,0	0,0	111,9	195,9	0,0	
Março	25,7	124,8	335,7	210,9	0,0	50,0	0,0	124,8	210,9	0,0	
Abril	25,8	121,7	335,8	214,1	0,0	50,0	0,0	121,7	214,1	0,0	
Maiο	25,9	126,3	276,9	150,6	0,0	50,0	0,0	126,3	150,6	0,0	
Junho	25,8	119,7	175,6	55,9	0,0	50,0	0,0	119,7	55,9	0,0	
Julho	25,7	123,2	123,8	0,6	0,0	50,0	0,0	123,2	0,6	0,0	
Agosto	26,4	135,2	109,7	-25,5	-25,5	30,0	-20,0	129,7	0,0	5,5	
Setembro	26,8	138,9	115,1	-23,8	-49,3	18,6	-11,4	126,5	0,0	12,4	
Outubro	26,9	145,6	161,5	15,9	0,0	34,6	15,9	145,6	0,0	0,0	
Novembro	26,7	140,0	198,6	58,7	0,0	50,0	15,4	140,0	43,2	0,0	
Dezembro	26,1	133,6	251,0	117,4	0,0	50,0	0,0	133,6	117,4	0,0	
Ano	26,1	1.545,9	2.675,7	1.129,9	-	-	-	1.528,0	1.097,8	17,9	

⁽¹⁾ Temperatura média mensal; ⁽²⁾ evapotranspiração potencial; ⁽³⁾ precipitação; ⁽⁴⁾ precipitação-evapotranspiração potencial; ⁽⁵⁾ negativo acumulando; ⁽⁶⁾ armazenamento; ⁽⁷⁾ alteração; ⁽⁸⁾ evapotranspiração real; ⁽⁹⁾ excedente hídrico; ⁽¹⁰⁾ deficiência hídrica.

Tabela 17. Balanço hídrico do solo calculado com as médias da série histórica 1971–2021, pelo método de Thornthwaite e Mather (1957), para capacidade de água disponível (CAD) de 100 mm. Embrapa Amazônia Ocidental, Manaus, AM.

Mês	T ⁽¹⁾ (°C)	ET ₀ ⁽²⁾	P ⁽³⁾	P - ET ₀ ⁽⁴⁾	Neg. acum. ⁽⁵⁾	Arm. ⁽⁶⁾	Alt. ⁽⁷⁾	ETR ⁽⁸⁾	Exc. ⁽⁹⁾	Def. ⁽¹⁰⁾
Janeiro	25,7	125,0	284,2	159,2	0,0	100,0	0,0	125,0	159,2	0,0
Fevereiro	25,6	111,9	307,8	195,9	0,0	100,0	0,0	111,9	195,9	0,0
Março	25,7	124,8	335,7	210,9	0,0	100,0	0,0	124,8	210,9	0,0
Abril	25,8	121,7	335,8	214,1	0,0	100,0	0,0	121,7	214,1	0,0
Maiο	25,9	126,3	276,9	150,6	0,0	100,0	0,0	126,3	150,6	0,0
Junho	25,8	119,7	175,6	55,9	0,0	100,0	0,0	119,7	55,9	0,0
Julho	25,7	123,2	123,8	0,6	0,0	100,0	0,0	123,2	0,6	0,0
Agosto	26,4	135,2	109,7	-25,5	-25,5	77,5	-22,5	132,3	0,0	3,0
Setembro	26,8	138,9	115,1	-23,8	-49,3	61,1	-16,4	131,5	0,0	7,4
Outubro	26,9	145,6	161,5	15,9	0,0	77,0	15,9	145,6	0,0	0,0
Novembro	26,7	140,0	198,6	58,7	0,0	100,0	23,0	140,0	35,6	0,0
Dezembro	26,1	133,6	251,0	117,4	0,0	100,0	0,0	133,6	117,4	0,0
Ano	26,1	1.545,9	2.675,7	1.129,9	-	-	-	1.535,6	1.140,2	10,4

⁽¹⁾ Temperatura média mensal; ⁽²⁾ evapotranspiração potencial; ⁽³⁾ precipitação; ⁽⁴⁾ precipitação-evapotranspiração potencial; ⁽⁵⁾ negativo acumulando; ⁽⁶⁾ armazenamento; ⁽⁷⁾ alteração; ⁽⁸⁾ evapotranspiração real; ⁽⁹⁾ excedente hídrico; ⁽¹⁰⁾ deficiência hídrica.

Tabela 18. Balanço hídrico do solo calculado com as médias da série histórica 1971–2021, pelo método de Thornthwaite e Mather (1957), para capacidade de água disponível (CAD) de 200 mm. Embrapa Amazônia Ocidental, Manaus, AM.

Mês	T ⁽¹⁾ (°C)	ET ₀ ⁽²⁾	P ⁽³⁾	P - ET ₀ ⁽⁴⁾	Neg. acum. ⁽⁵⁾	(mm)				
						Arm. ⁽⁶⁾	Alt. ⁽⁷⁾	ET ⁽⁸⁾	Exc. ⁽⁹⁾	Def. ⁽¹⁰⁾
Janeiro	25,7	125,0	284,2	159,2	0,0	200,0	0,0	125,0	159,2	0,0
Fevereiro	25,6	111,9	307,8	195,9	0,0	200,0	0,0	111,9	195,9	0,0
Março	25,7	124,8	335,7	210,9	0,0	200,0	0,0	124,8	210,9	0,0
Abril	25,8	121,7	335,8	214,1	0,0	200,0	0,0	121,7	214,1	0,0
Maiο	25,9	126,3	276,9	150,6	0,0	200,0	0,0	126,3	150,6	0,0
Junho	25,8	119,7	175,6	55,9	0,0	200,0	0,0	119,7	55,9	0,0
Julho	25,7	123,2	123,8	0,6	0,0	200,0	0,0	123,2	0,6	0,0
Agosto	26,4	135,2	109,7	-25,5	-25,5	176,0	-24,0	133,7	0,0	1,6
Setembro	26,8	138,9	115,1	-23,8	-49,3	156,3	-19,8	134,9	0,0	4,1
Outubro	26,9	145,6	161,5	15,9	0,0	172,2	15,9	145,6	0,0	0,0
Novembro	26,7	140,0	198,6	58,7	0,0	200,0	27,8	140,0	30,9	0,0
Dezembro	26,1	133,6	251,0	117,4	0,0	200,0	0,0	133,6	117,4	0,0
Ano	26,1	1.545,9	2.675,7	1.129,9	-	-	-	1.540,4	1.135,5	5,7

⁽¹⁾ Temperatura média mensal; ⁽²⁾ evapotranspiração potencial; ⁽³⁾ precipitação; ⁽⁴⁾ precipitação-evapotranspiração potencial; ⁽⁵⁾ negativo acumuladο; ⁽⁶⁾ armazenamento; ⁽⁷⁾ alteração; ⁽⁸⁾ evapotranspiração real; ⁽⁹⁾ excedente hídrico; ⁽¹⁰⁾ deficiência hídrica.

Tabela 19. Balanço hídrico do solo calculado com as médias da série histórica 1971–2021, pelo método de Thornthwaite e Mather (1957), para capacidade de água disponível (CAD) de 300 mm. Embrapa Amazônia Ocidental, Manaus, AM.

Mês	T ⁽¹⁾ (°C)	Neg. acum. ⁽⁵⁾ (mm)						Exc. ⁽⁹⁾	Def. ⁽¹⁰⁾
		ET ₀ ⁽²⁾	P ⁽³⁾	P - ET ₀ ⁽⁴⁾	Arm. ⁽⁶⁾	Alt. ⁽⁷⁾	ET _r ⁽⁸⁾		
Janeiro	25,7	125,0	284,2	159,2	0,0	300,0	0,0	125,0	159,2
Fevereiro	25,6	111,9	307,8	195,9	0,0	300,0	0,0	111,9	195,9
Março	25,7	124,8	335,7	210,9	0,0	300,0	0,0	124,8	210,9
Abril	25,8	121,7	335,8	214,1	0,0	300,0	0,0	121,7	214,1
Maiο	25,9	126,3	276,9	150,6	0,0	300,0	0,0	126,3	150,6
Junho	25,8	119,7	175,6	55,9	0,0	300,0	0,0	119,7	55,9
Julho	25,7	123,2	123,8	0,6	0,0	300,0	0,0	123,2	0,6
Agosto	26,4	135,2	109,7	-25,5	-25,5	275,5	-24,5	134,2	0,0
Setembro	26,8	138,9	115,1	-23,8	-49,3	254,5	-21,0	136,1	0,0
Outubro	26,9	145,6	161,5	15,9	0,0	270,4	15,9	145,6	0,0
Novembro	26,7	140,0	198,6	58,7	0,0	300,0	29,6	140,0	29,1
Dezembro	26,1	133,6	251,0	117,4	0,0	300,0	0,0	133,6	117,4
Ano	26,1	1.545,9	2.675,7	1.129,9	-	-	-	1.542,1	1.133,7

⁽¹⁾ Temperatura média mensal; ⁽²⁾ evapotranspiração potencial; ⁽³⁾ precipitação; ⁽⁴⁾ precipitação-evapotranspiração potencial; ⁽⁵⁾ negativo acumulando; ⁽⁶⁾ armazenamento; ⁽⁷⁾ alteração; ⁽⁸⁾ evapotranspiração real; ⁽⁹⁾ excedente hídrico; ⁽¹⁰⁾ deficiência hídrica.

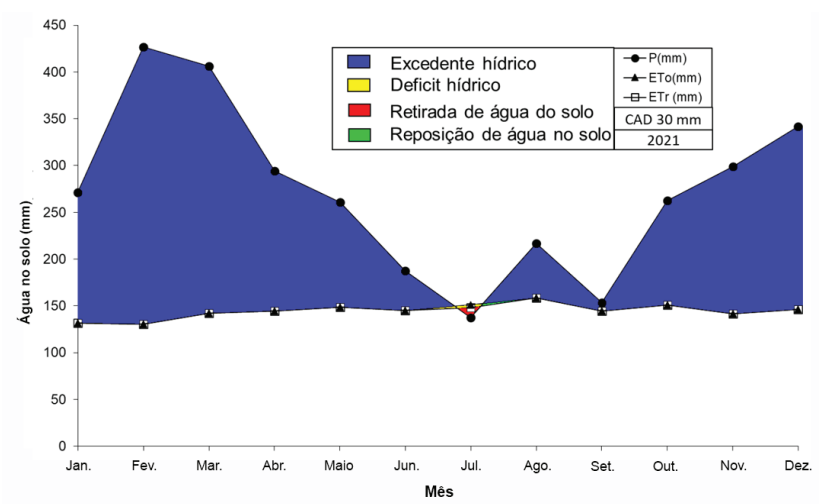


Figura 10. Balanço hídrico do solo em 2021, pelo método de Thornthwaite e Mather (1957), para capacidade de água disponível (CAD) de 30 mm. Embrapa Amazônia Ocidental, Manaus, AM.

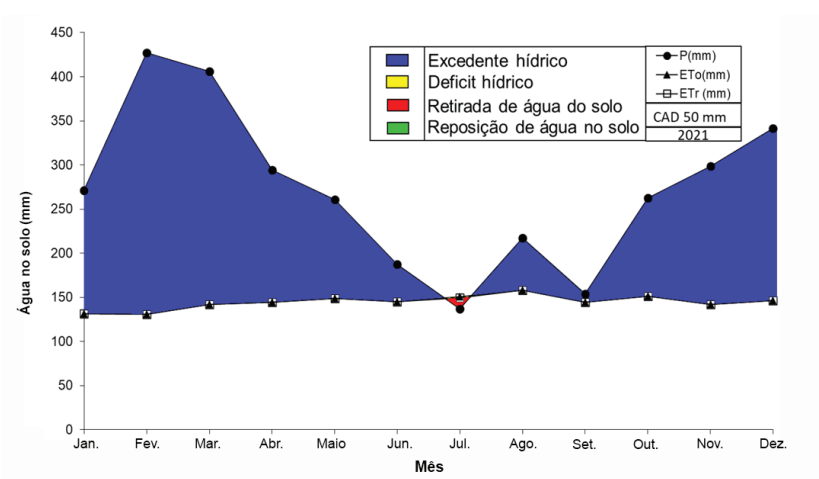


Figura 11. Balanço hídrico do solo em 2021, pelo método de Thornthwaite e Mather (1957), para capacidade de água disponível (CAD) de 50 mm. Embrapa Amazônia Ocidental, Manaus, AM.

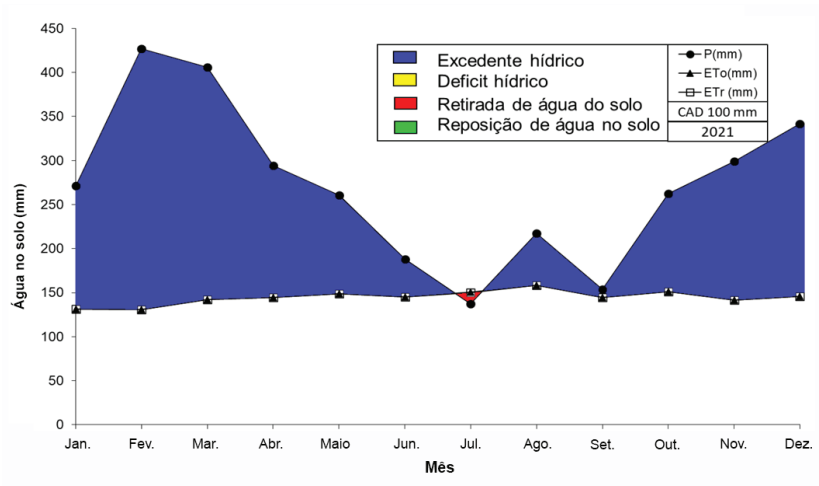


Figura 12. Balanço hídrico do solo em 2021, pelo método de Thornthwaite e Mather (1957), para capacidade de água disponível (CAD) de 100 mm. Embrapa Amazônia Ocidental, Manaus, AM.

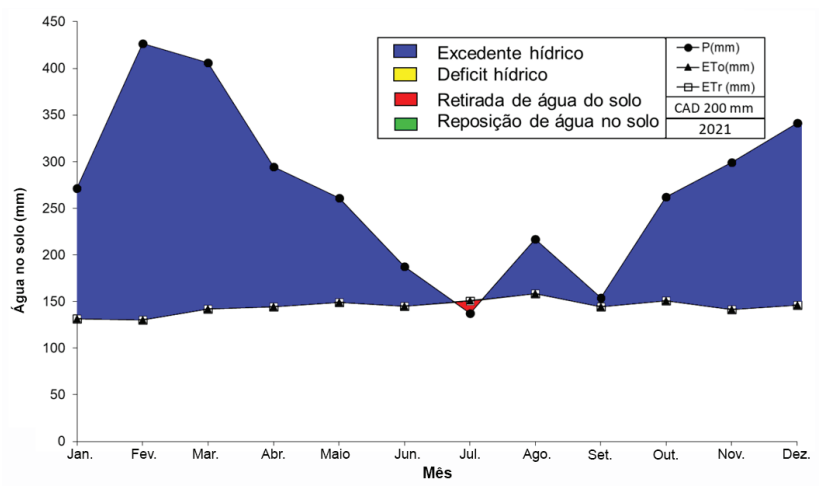


Figura 13. Balanço hídrico do solo em 2021, pelo método de Thornthwaite e Mather (1957), para capacidade de água disponível (CAD) de 200 mm. Embrapa Amazônia Ocidental, Manaus, AM.

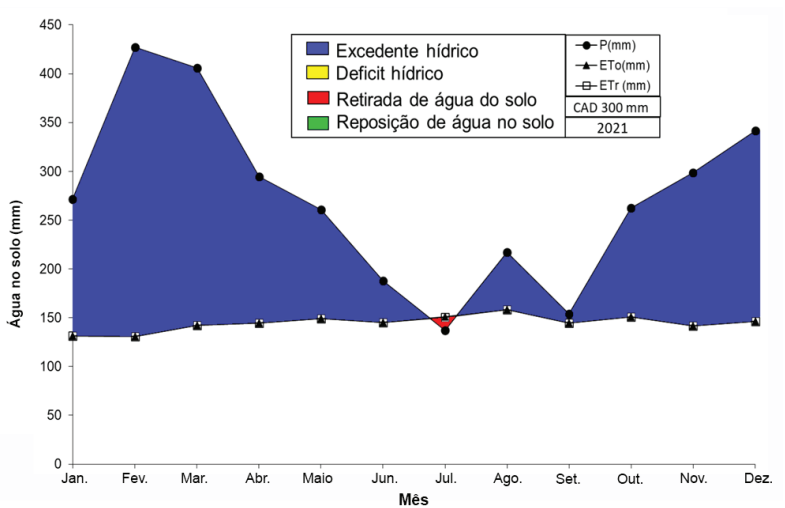


Figura 14. Balanço hídrico do solo em 2021, pelo método de Thornthwaite e Mather (1957), para capacidade de água disponível (CAD) de 300 mm. Embrapa Amazônia Ocidental, Manaus, AM.

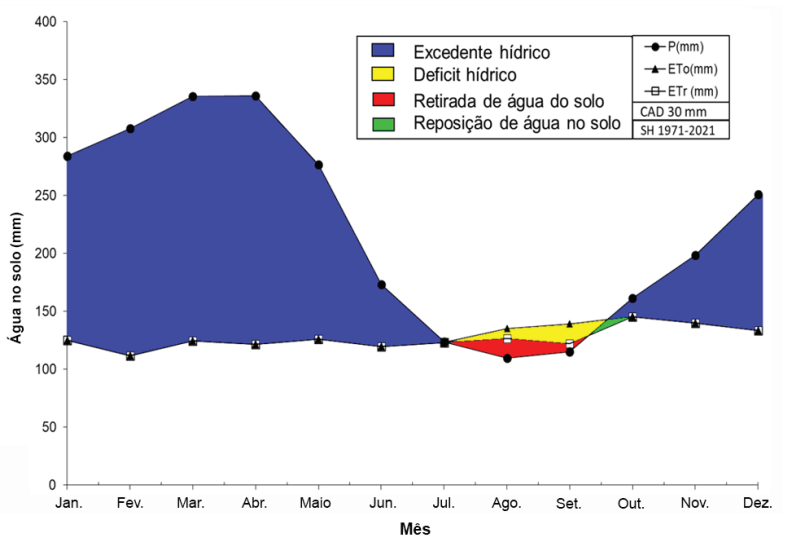


Figura 15. Balanço hídrico do solo calculado com as médias da série histórica (SH) 1971–2021, pelo método de Thornthwaite e Mather (1957), para capacidade de água disponível (CAD) de 30 mm. Embrapa Amazônia Ocidental, Manaus, AM.

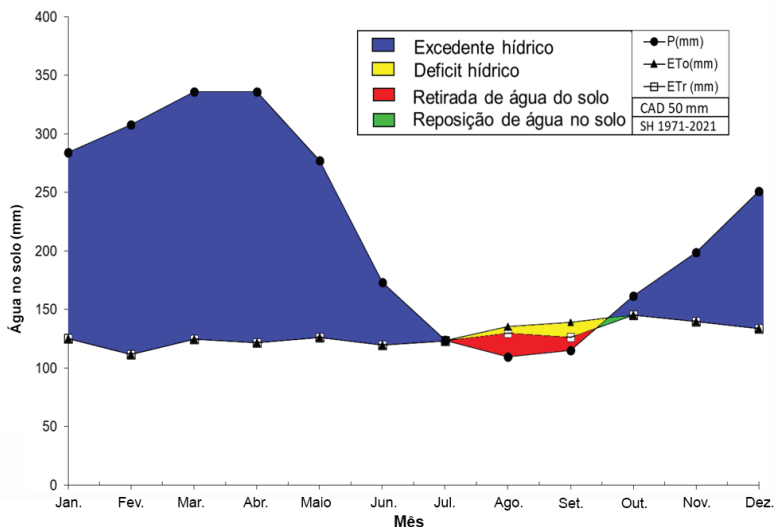


Figura 16. Balanço hídrico do solo calculado com as médias da série histórica (SH) 1971–2021, pelo método de Thornthwaite e Mather (1957), para capacidade de água disponível (CAD) de 50 mm. Embrapa Amazônia Ocidental, Manaus, AM.

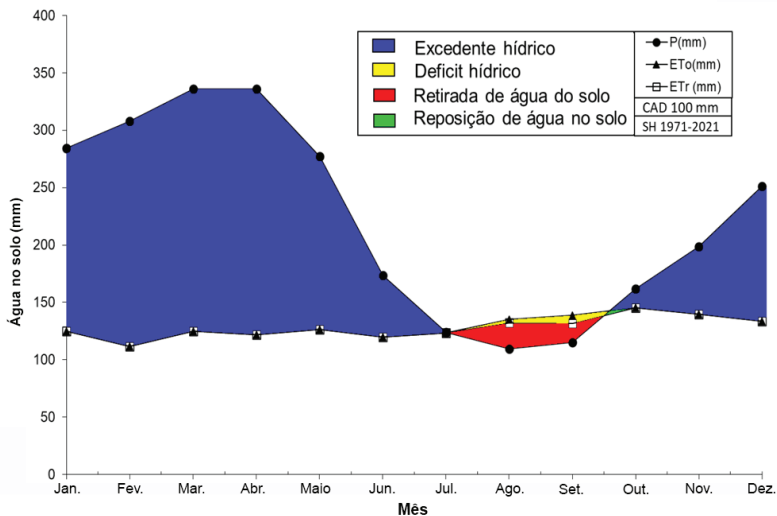


Figura 17. Balanço hídrico do solo calculado com as médias da série histórica (SH) 1971–2021, pelo método de Thornthwaite e Mather (1957), para capacidade de água disponível (CAD) de 100 mm. Embrapa Amazônia Ocidental, Manaus, AM.

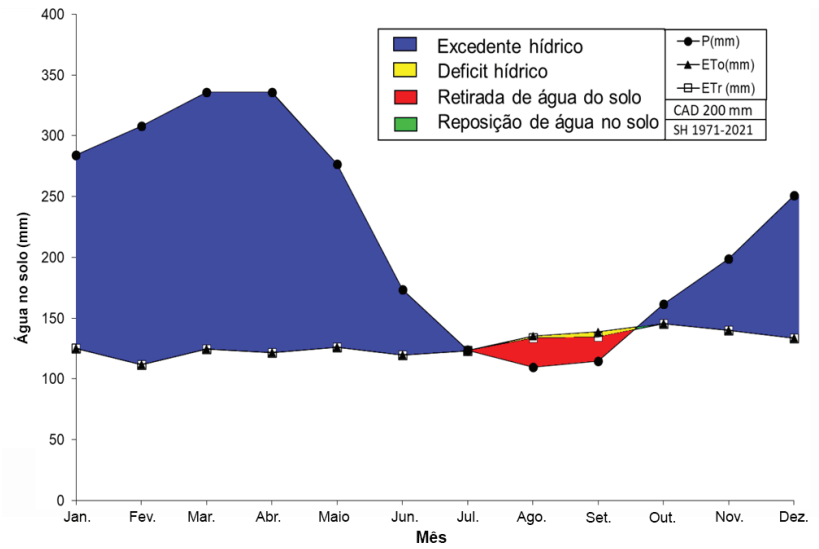


Figura 18. Balanço hídrico do solo calculado com as médias da série histórica (SH) 1971–2021, pelo método de Thornthwaite e Mather (1957), para capacidade de água disponível (CAD) de 200 mm. Embrapa Amazônia Ocidental, Manaus, AM.

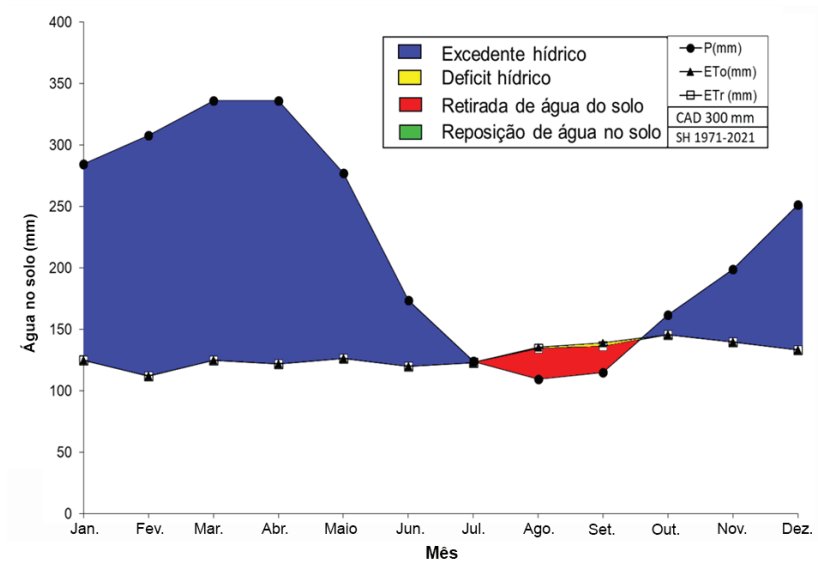


Figura 19. Balanço hídrico do solo calculado com as médias da série histórica (SH) 1971–2021, pelo método de Thornthwaite e Mather (1957), para capacidade de água disponível (CAD) de 300 mm. Embrapa Amazônia Ocidental, Manaus, AM.

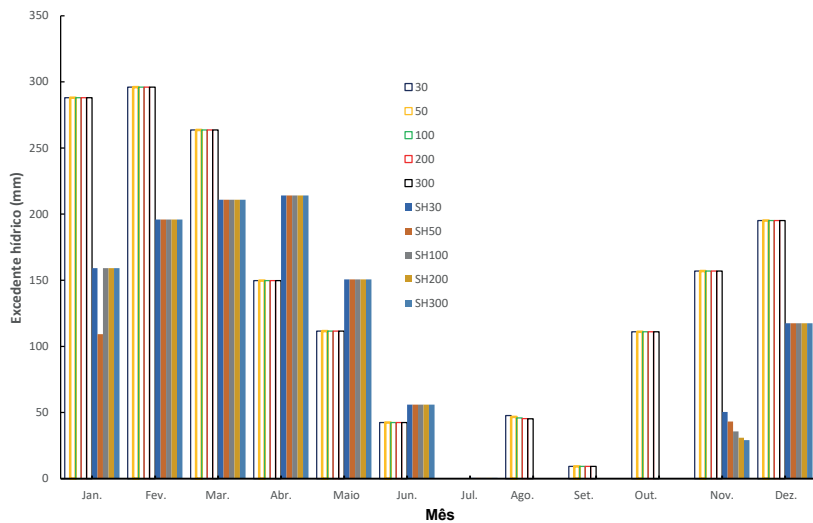


Figura 20. Excedente hídrico em 2021 e na série histórica (SH) 1971–2021, no balanço hídrico do solo, calculado pelo método de Thornthwaite e Mather (1957), para capacidade de água disponível (CAD) de 30, 50, 100, 200 e 300 mm. Embrapa Amazônia Ocidental, Manaus, AM.

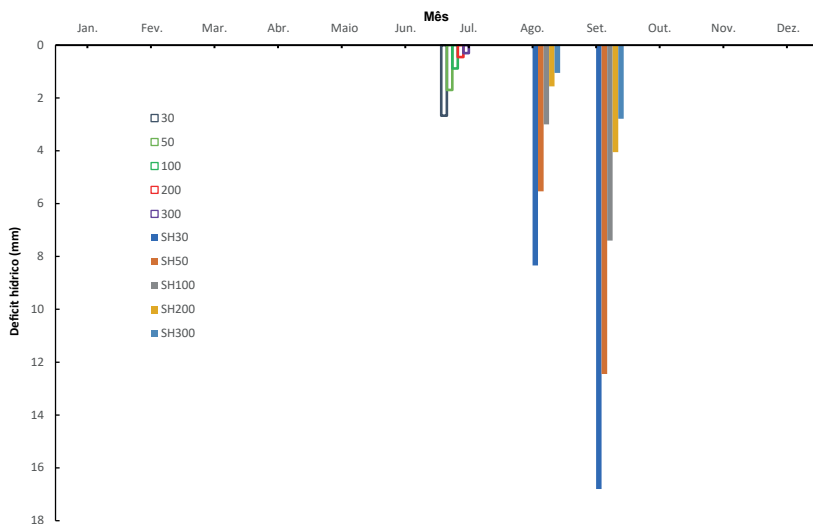


Figura 21. Deficit hídrico em 2021 e na série histórica (SH) 1971–2021, no balanço hídrico do solo, calculado pelo método de Thornthwaite e Mather (1957), para capacidade de água disponível (CAD) de 30, 50, 100, 200 e 300 mm. Embrapa Amazônia Ocidental, Manaus, AM.

Considerações finais

O ano de 2021 foi o segundo mais chuvoso da série histórica 1971–2021, com total anual de precipitação inferior apenas ao de 2008 (3.570,7 mm), com período mais chuvoso de janeiro a junho, sendo janeiro o mês mais chuvoso. Ocorreram volumes de precipitação consideravelmente atípicos, acima da média histórica em agosto e outubro. A temperatura média do ar esteve acima da média histórica de 1971–2021 em todos os meses; em abril, maio, junho, julho e agosto, esteve 1,6 °C, 1,6 °C, 1,9 °C, 2,0 °C e 2,2 °C acima da média histórica, respectivamente.

As médias decendiais da temperatura também ficaram acima de suas médias históricas, com exceção para uma insignificante variação de 0,02 °C para baixo da média histórica no terceiro decêndio de setembro (9D3). As médias decendiais das máximas estiveram acima de suas respectivas médias históricas, exceto nos decêndios 1D3, 2D2, 2D3, 3D1 e 11D2. As médias decendiais das mínimas também ficaram acima das suas médias históricas, exceto nos decêndios 1D3, 2D3 e 3D1, caracterizando 2021 como ano de temperaturas acima da média. A temperatura da superfície foi inferior à temperatura do solo, em todas as profundidades, exceto em agosto.

As horas de brilho solar mensais foram maiores que a média da série histórica em todos os meses, computando no ano um total de 528 horas a menos que o total anual da série histórica, equivalente a 44 dias de nebulosidade no ano. A UR do ar esteve abaixo da média histórica em abril e agosto. A velocidade média do vento manteve-se abaixo da média histórica em todos os meses.

O balanço hídrico do solo mostrou excedentes hídricos de janeiro a junho e de agosto a dezembro; os de agosto a outubro foram atípicos e expressivos. Houve déficit hídrico no solo atípico em julho e não houve em agosto e setembro como costuma ocorrer. Conclui-se que 2021 foi chuvoso, com precipitação se desviando do padrão histórico, com temperaturas acima da média, brilho solar e evaporação baixos, quando comparados à série histórica; elevada ET_0 , excedentes e déficit hídricos atípicos.

Referências

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. de M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711–728, Jan. 2014. Disponível em: https://www.schweizerbart.de/papers/metz/detail/22/82078/Koppen_s_climate_classification_map_for_Brazil. Acesso em: 27 fev. 2024.

IBGE. **Anuário Estatístico do Brasil 2000**. Rio de Janeiro, 2002. v. 60, 834 p. Disponível em: http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/20/aeb_2000.pdf. Acesso em: 19 fev. 2024.

KLEIN, S. A. Calculation of monthly average insolation on tilted surfaces. **Solar Energy**, v. 19, p. 325–329, 1977. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0038092X77900019>. Acesso em: 19 fev. 2024.

SERRA, A. **Médias mensais em Meteorologia**. Rio de Janeiro: CNPq, 1974. 49 p.

TEIXEIRA, L. B.; CABRAL, O. M. R.; OLIVEIRA, C. A. D. de; ALMEIDA, O. M. P. de; SOUZA, M. L. M. de; SILVA, A. L. da. **Boletim agrometeorológico 1984**. Manaus: EMBRAPA-UEPAE de Manaus, 1986. 25 p. (EMBRAPA – UEPAE de Manaus. Boletim agrometeorológico, 6). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/914162/1/boletimagrometeorologico1984.pdf>. Acesso em: 29 fev. 2024.

THORNTHWAITE, C. W. An approach toward a Rational Classification of Climate. **Geographical Review**, v. 38, n. 1, p. 55-94, Jan. 1948. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/210739>. Acesso em: 29 fev. 2024.

THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. **Instructions and tables for computing potential evapotranspiration and water balance**. Centerton: Drexel Institute of Technology, 1957. 311 p. (Drexel Institute of Technology. Publications in Climatology; v. 10, n. 3).

WILM, H. G.; THORNTHWAITE, C. W.; COLMAN, E. A.; CUMMINGS, N. W.; CROFT, A. R.; GISBORNE, H. T.; HARDING, S. T.; HENDRICKSON, A. H.; HOOVER, M. D.; HOUK, I. E.; KITTREDGE, J.; LEE, C. H.; ROSSBY, C.-G.; SAVILLE, T.; TAYLOR, C. A. Report of the Committee on Transpiration and Evaporation, 1943-44. **Eos, Transactions American Geophysical Union**, v. 25, n. 5, p. 683-693, 1944. DOI: 10.1029/TR025i005p00683. Disponível em: <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1029/TR025i005p00683>. Acesso em: 29 fev. 2024.

WILLMOTT, C. J.; ROWE, C. M.; MINTZ, Y. Climatology of the terrestrial seasonal water cycle. **Journal of Climatology**, v. 5, p. 589–606, 1985.
Disponível em: <https://rmets.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/joc.3370050602> . Acesso em: 29 fev. 2024.

