

**BOLETIM CLIMATOLÓGICO TRIMESTRAL
DA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DO
IAG/USP**

- Dezembro/2016 a fevereiro/2017

- Verão -



Seção Técnica de Serviços Meteorológicos

Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas
Universidade de São Paulo

Sumário

Neste boletim trimestral são apresentadas as principais características meteorológicas observadas durante os meses de dezembro/2016 a fevereiro/2017 (DJF2016/2017) na Estação Meteorológica do IAG/USP, localizada na Av. Miguel Stefano, 4200, Água Funda, São Paulo, SP. Não são utilizadas quaisquer informações adicionais para a elaboração deste documento.

O boletim está organizado de acordo com a seguinte ordem de descrição das variáveis atmosféricas: precipitação, temperatura, umidade relativa do ar, garoa, orvalho, nevoeiro, trovoadas, irradiação e insolação. Antes, os recordes absolutos da estação do ano em discussão são apresentados.

Índice

1. Recordes absolutos do trimestre DJF	7
2. Precipitação	8
3. Temperatura	14
4. Umidade relativa do ar.....	20
5. Garoa.....	24
6. Orvalho.....	26
7. Nevoeiro.....	26
8. Trovoadas.....	28
9. Granizo	29
10. Radiação Solar Total	29
11. Insolação	31

Índice de figuras

Figura 1 – Precipitação mensal (mm) entre março/2016 e fevereiro/2017 (barras). As barras destacadas em vermelho representam os meses DJF2016/2017. A linha com círculos representa a normal referente ao período 1933-1960, a linha com quadrados representa a normal do período de 1961 a 1990 e a linha com triângulos representa a média de 1933 a 2016.....	9
Figura 2 – Número de dias com chuva entre março/2016 e fevereiro/2017 (barras). As barras destacadas em vermelho representam os meses DJF2016/2017. A linha com círculos representa a normal 1933-1960, a linha com quadrados representa a normal 1961-1990 e a linha com triângulos representa a média 1933-2016.	10
Figura 3 – Variação anual da precipitação acumulada durante o trimestre DJF ao longo de toda a série (1933-2016) (a);	12
Figura 4 – Precipitação diária ao longo dos meses do trimestre DJF2016/2017: dezembro/2016(a); janeiro/2017(b) e fevereiro/2017(c).....	13
Figura 5 – Temperatura média mensal (°C) entre março/2016 e fevereiro/2017 (barras). As barras destacadas em vermelho representam os meses DJF2016/2017. A linha com círculos representa a normal 1933-1960, a linha com quadrados representa a normal 1961-1990 e a linha com triângulos representa a média 1933-2016.	14
Figura 6 – Temperatura média máxima mensal (°C) entre março/2016 e fevereiro/2017 (barras). As barras destacadas em vermelho representam os meses DJF2016/2017. A linha com círculos representa a normal 1933-1960, a linha com quadrados representa a normal 1961-1990 e a linha com triângulos representa a média 1933-2016. As marcações em X mostram as temperaturas máximas mensais ao longo do período.....	15
Figura 7 – Número de dias com temperatura acima de 30,0°C entre março/2016 e fevereiro/2017 (barras). As barras destacadas em vermelho representam os meses DJF2016/2017. A linha com quadrados representa a normal 1933-1960, a linha com triângulos representa a normal 1961-1990 e a linha com X representa a média 1933-2016.	16
Figura 8 – Número de dias com $T \geq 30,0^{\circ}\text{C}$ em todos os trimestres DJF (verão) desde DJF 1933/1934.	16
Figura 9 – Temperatura média mínima mensal (°C) entre março/2016 e fevereiro/2017 (barras). As barras destacadas em vermelho representam os meses DJF2016/2017. A linha com círculos representa a normal 1933-1960, a linha com quadrados representa a normal 1961-1990 e a linha com triângulos representa a média 1933-2016. As marcações em X mostram as temperaturas mínimas mensais ao longo do período	17
Figura 10 - Número de dias com temperatura abaixo de 5,0°C entre março/2016 e fevereiro/2017 (barras). As barras destacadas em vermelho representam os meses DJF2016/2017. A linha com quadrados representa a normal 1933-1960, a linha com triângulos representa a normal 1961-1990 e a linha com X representa a média 1933-2016. Erro! Indicador não definido.	
Figura 11 – Temperatura média (a), média máxima (b) e média mínima (c) sazonal para o verão (DJF) de DJF1933/1934 a DJF2016/2017 (pontos azuis). A linha preta representa o ajuste linear e as barras verticais representam um desvio-padrão e indicam a variabilidade dos dados no período.	19

Figura 12 – Umidade relativa média mensal (%) entre março/2016 e fevereiro/2017 (barras). As barras destacadas em vermelho representam os meses DJF2016/2017. A linha com círculos representa a normal 1961-1990, a linha com quadrados representa a média 1958-2016.	20
Figura 13 – Umidade relativa média mínima mensal (%) entre março/2016 e fevereiro/2017 (barras). As barras destacadas em vermelho representam os meses DJF2016/2017. A linha com círculos representa a normal 1961-1990, a linha com quadrados representa a média 1958-2016. As marcas em X representam os menores valores mensais de cada mês.	21
Figura 14 – Número de dias com baixa umidade relativa (abaixo de 40%) entre março/2016 e fevereiro/2017 (barras). As barras destacadas em vermelho representam os meses DJF2016/2017. A linha com quadrados representa a normal 1961-1990, a linha com círculos representa a média 1958-2016.	22
Figura 15 - Número de dias com baixa umidade relativa (abaixo de 30%) entre março/2016 e fevereiro/2017 (barras). As barras destacadas em vermelho representam os meses DJF2016/2017. A linha com quadrados representa a normal 1961-1990, a linha com círculos representa a média 1958-2016.	22
Figura 16 – Número anual de dias com $UR \leq 40\%$ em todos os períodos de Verão (DJF) de DJF1957/1958 até DJF2016/2017. Em preto, a linha de tendência.	23
Figura 17 - Número anual de dias com $UR \leq 30\%$ em todos os períodos de Verão (DJF) de DJF1957/1958 até DJF2016/2017. Em preto, a linha de tendência.	24
Figura 18 – Número de dias com garoa entre março/2016 e fevereiro/2017 (barras). As barras destacadas em vermelho representam os meses DJF2016/2017. A linha com círculos representa a normal 1933-1960, a linha com quadrados representa a normal 1961-1990 e a linha com triângulos representa a média 1933-2016.	24
Figura 19 – Número de dias com garoa no trimestre DJF1933/1934 até DJF2016/2017.	25
Figura 20 – Número de dias com orvalho entre março/2016 e fevereiro/2017 (barras). As barras destacadas em vermelho representam os meses DJF2016/2017. A linha com quadrados representa a normal 1961-1990 e a linha com triângulos representa a média 1958-2016.	26
Figura 21 – Número de dias com orvalho no trimestre DJF1957 até DJF2016/2017.	26
Figura 22 - Número de dias com nevoeiro entre março/2016 e fevereiro/2017 (barras). As barras destacadas em vermelho representam os meses DJF2016/2017. A linha com círculos representa a normal 1933-1960, a linha com quadrados representa a normal 1961-1990 e a linha com triângulos representa a média 1933-2016.	27
Figura 23 – Número de dias com nevoeiro no trimestre DJF1933/1934 até DJF2016/2017.	27
Figura 24 – Número de dias com trovoadas entre março/2016 e fevereiro/2017 (barras). As barras destacadas em vermelho representam os meses DJF2016/2017. A linha com quadrados representa a normal 1961-1990 e a linha com triângulos representa a média 1958-2016.	28
Figura 25 – Número de dias com trovoadas no trimestre DJF1958 até DJF2016/2017.	28
Figura 26 - Número de dias com granizo no trimestre DJF1958/1959 até DJF2016/2017.	29
Figura 27 – Radiação solar total mensal (MJ/m^2) entre março/2016 e fevereiro/2017 (barras). As barras destacadas em vermelho representam os meses DJF2016/2017. A linha com quadrados representa a normal 1961-1990 e a linha com triângulos representa a média 1961-2016.	30
Figura 28 – Totais de horas mensais de brilho solar entre março/2016 e fevereiro/2017 (barras). As barras destacadas em vermelho representam os meses DJF2016/2017. A linha com	

círculos representa a normal 1933-1960, a linha com quadrados representa a normal 1961-1990 e a linha com triângulos representa a média 1933-2016. 31

Figura 29 – Médias diárias de totais de horas de brilho solar entre março/2016 e fevereiro/2017 (barras). As barras destacadas em vermelho representam os meses DJF2016/2017. A linha com círculos representa a normal 1933-1960, a linha com quadrados representa a normal 1961-1990 e a linha com triângulos representa a média 1933-2016. 32

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Recordes de precipitação acumulada em cada mês do trimestre de verão na Estação Meteorológica do IAG-USP, de DJF1933/1934 até DJF2016/2017	7
Tabela 2 - Recordes diários de temperatura do ar próximo à superfície para cada mês, para o trimestre de verão na Estação Meteorológica do IAG-USP, de DJF1933/1934 até DJF2016/2017	7
Tabela 3 - Recordes diários de umidade relativa mínima do ar próximo à superfície para cada mês, para o trimestre de verão na Estação Meteorológica do IAG-USP, de DJF1933/1934 até DJF2016/2017	7
Tabela 4 - Recordes mensais absolutos de número de dias com baixa umidade relativa (UR<40%) no trimestre de verão na Estação Meteorológica do IAG-USP, de DJF1933/1934 até DJF2016/2017	7
Tabela 5 – Precipitação mensal (mm) para os meses de março/2016 a fevereiro/2017, com destaque em amarelo para DJF2016/2017, além das médias e normais e fração (%) de aumento ou diminuição com relação à média climatológica. A última linha apresenta a diferença relativa (em porcentagem) entre a média climatológica da EM e a precipitação mensal. Os valores marcados em vermelho representam os meses que apresentaram total mensal acima da média climatológica e os em azul, os meses que registraram total mensal abaixo da média climatológica.....	9

1. Recordes absolutos do trimestre DJF

As tabelas abaixo indicam os recordes de precipitação (Tabela 1), de temperatura (Tabela 2) e de mínima umidade relativa do ar próximo à superfície (Tabela 3) e total de dias com baixa umidade relativa (abaixo de 40%, na Tabela 4) para o trimestre de verão (DJF). Em DJF2016/2017, não foram registrados recordes absolutos.

Tabela 1 - Recordes de precipitação acumulada em cada mês do trimestre de verão na Estação Meteorológica do IAG-USP, de DJF1933/1934 até DJF2016/2017

	Média (1933-2016) [mm]	Recorde Mensal Máximo	Recorde Mensal Mínimo	Recorde Diário	Recorde Horário
DEZ	185,5mm	386,4mm, dez/1996	49,2mm, dez/1963	111,5mm, 18/dez/1960	65,4mm, 31/12/2006, entre 15h-16h
JAN	231,1mm	653,2mm, jan/2010	71,2mm, jan/1964	117,1mm, 12/jan/2000	77,4mm, 12/01/2000, entre 17h-18h
FEV	213,2mm	430,5mm, fev/1995	52,2mm, fev/1977	131,6mm, em 25/fev/1971	75,0mm, 08/02/2006, entre 15h-16h

Tabela 2 - Recordes diários de temperatura do ar próximo à superfície para cada mês, para o trimestre de verão na Estação Meteorológica do IAG-USP, de DJF1933/1934 até DJF2016/2017

	Máxima Absoluta (1933-2016)	Mínima Absoluta (1933-2016)
DEZ	35,6°C, 7/dez/1940 e 27/dez/2014	9,1°C, 15/dez/1951
JAN	36,2°C, 19/jan/2015	9,6°C, 09/jan/1943
FEV	36,1°C, 01/fev/2014	9,9°C, 05/fev/1943

Tabela 3 - Recordes diários de umidade relativa mínima do ar próximo à superfície para cada mês, para o trimestre de verão na Estação Meteorológica do IAG-USP, de DJF1933/1934 até DJF2016/2017

	Mínima Absoluta (1933-2016)
DEZ	24%, 02/12/2007 e 09/12/2008
JAN	19%, 31/01/1990
FEV	12%, 12/02/1982

Tabela 4 - Recordes mensais absolutos de número de dias com baixa umidade relativa (UR<40%) no trimestre de verão na Estação Meteorológica do IAG-USP, de DJF1933/1934 até DJF2016/2017

	Recordes Mensais (1933-2016)
DEZ	10 dias, 12/2011
JAN	12 dias, 01/1971
FEV	13 dias, 02/2003

2. Precipitação

O trimestre DJF2016/2017, período referente ao verão, registrou 661,4mm de chuva acumulada, valor ligeiramente acima da média climatológica, que é de 629,7mm. Foi o 49º verão em total de precipitação (do mais seco para o mais chuvoso) desde DJF1933/1934. O recorde de verão mais chuvoso é DJF2009/2010, com 1255,8mm e o menos chuvoso é DJF1940/1941 com 345,7mm.

Dos três meses do período (Figura 1), temos o seguinte resumo:

- dezembro/2016: 137,7mm (a média climatológica, calculada de 1933-2016, é 186,1mm). Foi o 26º mês de dezembro em total de precipitação (do mais seco para o mais chuvoso).
- janeiro/2017: 368,2mm (a média climatológica, calculada de 1933-2016, é 231,1mm). Foi o 79º mês de janeiro em total de precipitação (do mais seco para o mais chuvoso).
- fevereiro/2017: 155,4mm (a média climatológica, calculada de 1933-2016, é 231,2mm). Foi o 29º mês de fevereiro em total de precipitação (do mais seco para o mais chuvoso).

Importante observar que a Tabela 5 apresenta as mesmas informações contidas na Figura 1, além de inserir também a média de 1991-2016, e de indicar a fração de aumento ou diminuição da precipitação com relação à média climatológica, destacando os meses do trimestre DJF2016/2017.

Na última linha da Tabela 5 é possível verificar valores de porcentagens que indica o quanto cada um dos meses ficou acima ou abaixo da média climatológica. Os meses de dezembro/2016 e fevereiro/2017 ficaram abaixo da média, respectivamente 26% e 27% abaixo. Já o mês de janeiro/2017 ficou 59% acima da média climatológica.

Com relação ao número de dias com chuva (Figura 2), dezembro/2016 apresentou 23 dias de chuva (acima da média climatológica, que é de 19 dias); janeiro/2017, 25 dias de chuva (acima da média climatológica, que é de 21 dias) e fevereiro/2017 registrou 13 dias de chuva (abaixo da média climatológica, que é de 19 dias).

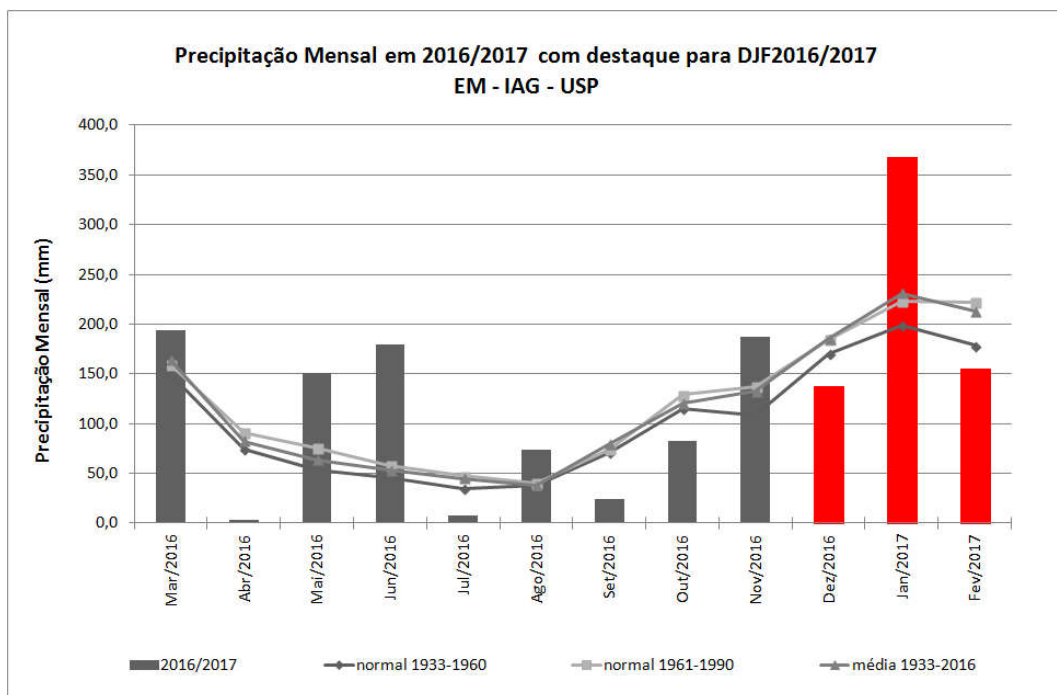


Figura 1 – Precipitação mensal (mm) entre março/2016 e fevereiro/2017 (barras). As barras destacadas em vermelho representam os meses DJF2016/2017. A linha com círculos representa a normal referente ao período 1933-1960, a linha com quadrados representa a normal do período de 1961 a 1990 e a linha com triângulos representa a média de 1933 a 2016.

Tabela 5 – Precipitação mensal (mm) para os meses de março/2016 a fevereiro/2017, com destaque em amarelo para DJF2016/2017, além das médias e normais e fração (%) de aumento ou diminuição com relação à média climatológica. A última linha apresenta a diferença relativa (em porcentagem) entre a média climatológica da EM e a precipitação mensal. Os valores marcados em vermelho representam os meses que apresentaram total mensal acima da média climatológica e os em azul, os meses que registraram total mensal abaixo da média climatológica.

	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV
Normal (1933-1960)	149,4	74,2	53,5	45,9	34,6	38,3	71,0	114,9	108,7	170,8	198,5	178,7
Normal (1961-1990)	159,1	91,0	75,7	57,9	47,6	40,5	74,7	129,2	137,4	184,7	223,0	222,2
Média (1991-2016)	182,5	85,7	57,2	53,8	52,8	32,5	93,2	124,0	145,8	205,9	284,1	241,0
Média Climatológica (1933-2016)	164,0	82,4	63,8	53,5	44,9	37,8	79,5	120,8	132,9	185,5	231,1	213,2
2016/2017	193,8	2,8	151,5	179,6	7,4	73,3	24,6	82,2	187,7	137,7	368,2	155,5
Fração %	18	-97	137	235	-84	94	-69	-32	41	-26	59	-27

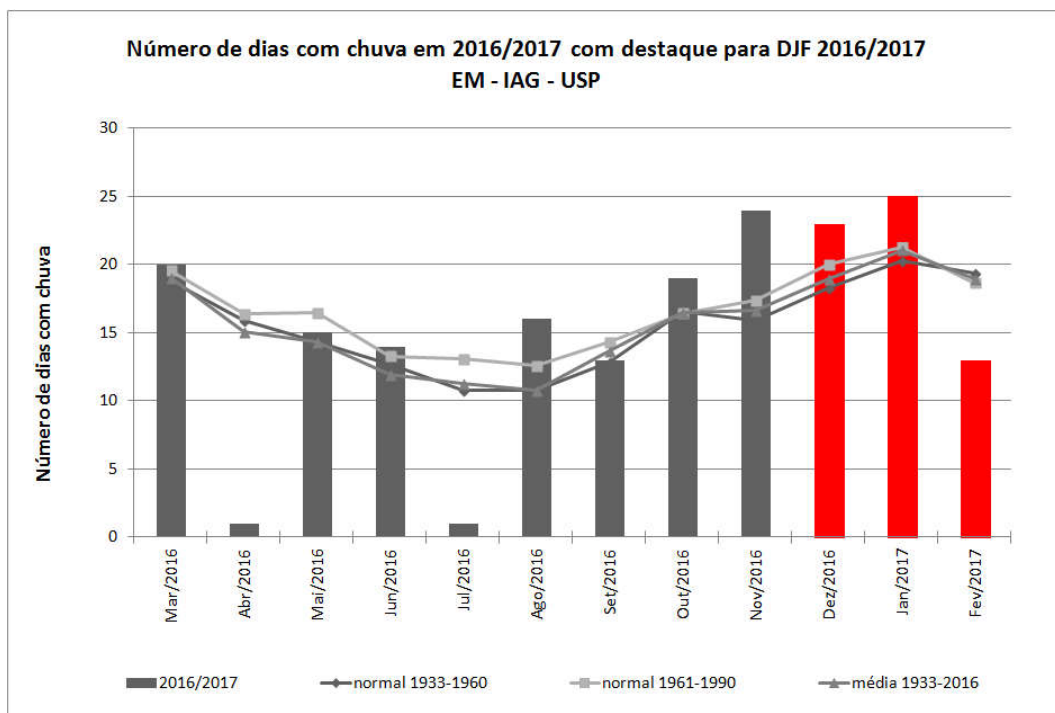


Figura 2 – Número de dias com chuva entre março/2016 e fevereiro/2017 (barras). As barras destacadas em vermelho representam os meses DJF2016/2017. A linha com círculos representa a normal 1933-1960, a linha com quadrados representa a normal 1961-1990 e a linha com triângulos representa a média 1933-2016.

Em termos climatológicos, a Figura 3a mostra que a precipitação acumulada no trimestre DJF ao longo de toda a série climatológica possui tendência de aumento, conforme equação de ajuste linear indicada no gráfico. Apesar dessa tendência, é importante observar que há períodos marcadamente secos e marcadamente chuvosos, o que é indicado pelos acentuados máximos e mínimos da figura.

De acordo com teste T de Student é possível afirmar que a tendência de aumento é significativa considerando todo o trimestre (a condição é ter $|t| \geq 2,0$ para um nível de 95% de confiança) $t=4,9$ para a Figura 3a.

Ao calcular os valores de t para cada um dos meses de verão, tem-se:

- dezembro/2016: $t=5,8$, tendência significativa;
- janeiro/2017: $t=3,9$, tendência significativa;
- fevereiro/2017: $t=2,6$, tendência significativa.

Considerando a equação de ajuste linear expressa na Figura 3a, é possível estimar as seguintes variações ao longo da série:

- DJF1933/1934 até DJF1959/1960: aumento de 83,4mm;
- DJF1960/1961 até DJF1989/1990: aumento de 89,5mm;
- DJF1990/1991 até DJF2016/2017: aumento de 77,2mm;
- Total – DJF1933/1934 até DJF2016/2017: aumento de 256,3mm.

Considerando todos os verões da série climatológica (conforme a Figura 3a), é possível indicar aqueles que foram mais secos e os que foram mais chuvosos. Com relação aos mais secos, destacam-se:

- DJF1962/1963: 866,4mm
- DJF1974/1975: 1104,2mm
- DJF1983/1984: 1070,8mm
- DJF2002/2003: 1068,9mm
- DJF2013/2014: 1216,8mm

E com relação aos mais chuvosos, destacam-se (Figura 3a):

- DJF1956/1957: 1709,8mm
- DJF1975/1976: 1948,8mm
- DJF1982/1983: 2236,0mm
- DJF2009/2010: 2125,4mm

Com relação ao número de dias com chuva, a equação de tendência apresentada na Figura 3b mostra uma tendência pouco significativa de redução no total de dias com chuva, de modo que no teste T de Student, obteve-se $t=-0,1$.

Realizando o teste T de Student para o total de dias de chuva para cada um dos meses separadamente, temos:

- dezembro/2016: $t=0,0$, tendência não significativa;
- janeiro/2017: $t=1,5$, tendência não significativa;
- fevereiro/2017: $t=-1,1$, tendência não significativa.

Informações adicionais: no trimestre DJF2016/2017, o maior volume de chuva acumulado em apenas 24h foi de 73,2mm, observado em 25 de fevereiro de 2017. O maior acumulado em apenas 1h foi de 56,6mm e ocorreu entre 17h e 18h também do dia 25 de fevereiro de 2017.

A maior sequência de dias sem chuva do trimestre ocorreu entre 8 e 20 de fevereiro: 13 dias. E a maior sequência de dias com chuva ocorreu entre 8 e 28 de janeiro: 14 dias seguidos com chuva.

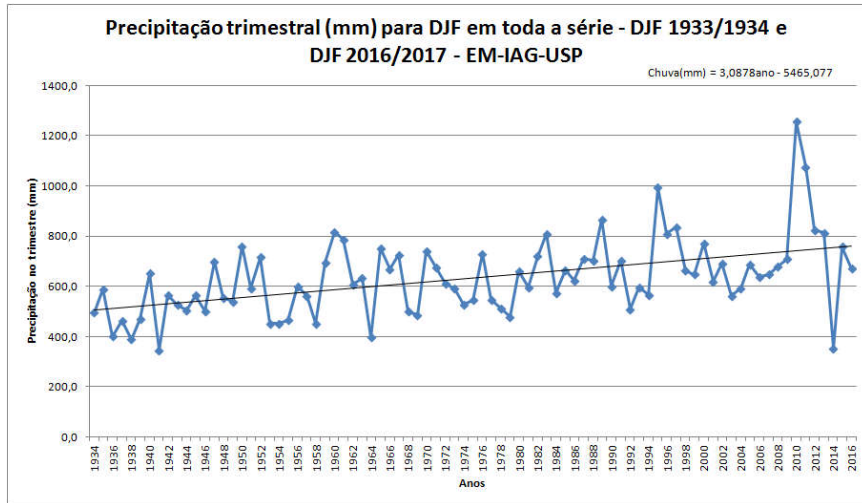
Considerando a distribuição dos dias de chuva, em dezembro/2016 foram registrados 137,7mm em 23 dias de chuva (Figura 1 e Figura 2). Foram 4,4mm/dia, que é abaixo da média climatológica (6,0mm/dia¹). A Figura 4a mostra a distribuição da chuva ao longo dos dias do mês de dezembro/2016, com destaque para 10 de dezembro (27,7mm de chuva, 20% do total do mês em questão).

Em janeiro/2017 foram registrados 368,2mm de chuva em 25 dias (Figura 1 e Figura 2). Foram 11,9mm/dia, que é acima da média climatológica (7,5mm/dia). A Figura 4b mostra a

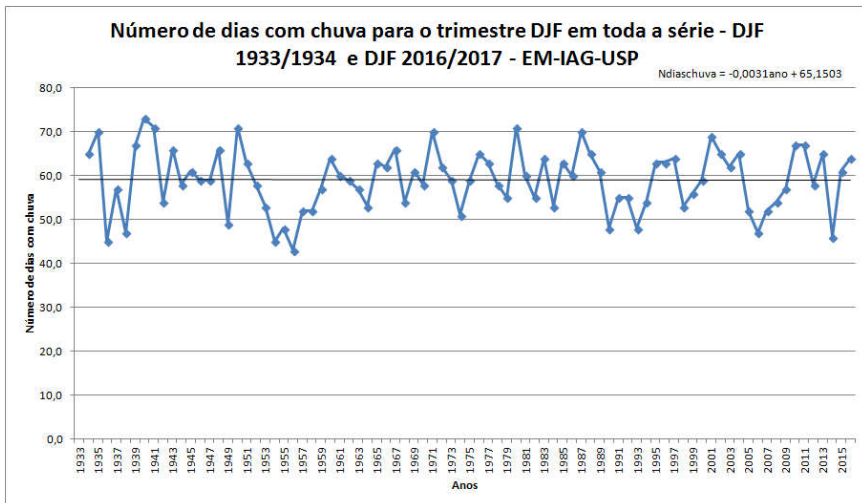
¹ Após o Boletim Trimestral de MAM 2016, as taxas de precipitação mensal em mm/dia passaram a ser calculadas utilizando o total mensal de precipitação dividido pelo número total de dias do mês em questão. Nos Boletins Trimestrais anteriores, as taxas de precipitação eram calculadas fazendo a divisão entre o total mensal de precipitação e o número de dias com precipitação.

distribuição da chuva ao longo dos dias do mês de janeiro/2017, com destaque para 2 de janeiro (59,8mm de chuva, 16% do total do mês em questão).

Em fevereiro/2017 foram registrados 155,4mm em 13 dias de chuva (Figura 1 e Figura 2). Sendo assim, foram 5,6mm/dia, que é abaixo da média climatológica (7,6mm/dia). A Figura 4c mostra a distribuição da chuva ao longo dos dias do mês de fevereiro/2017, com destaque para 3 de fevereiro (73,2mm de chuva, 47% do total do mês em questão).



(a)



(b)

Figura 3 – Variação anual da precipitação acumulada durante o trimestre DJF ao longo de toda a série (1933-2016) (a);

Número de dias de chuva no trimestre DJF ao longo de toda a série (1933-2016) (b).

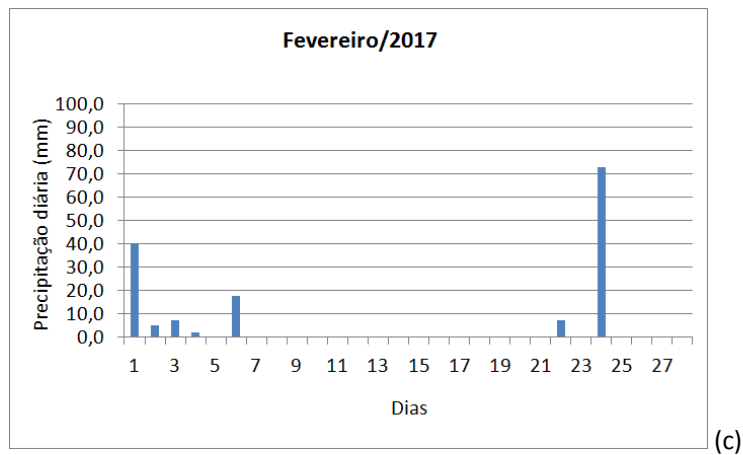
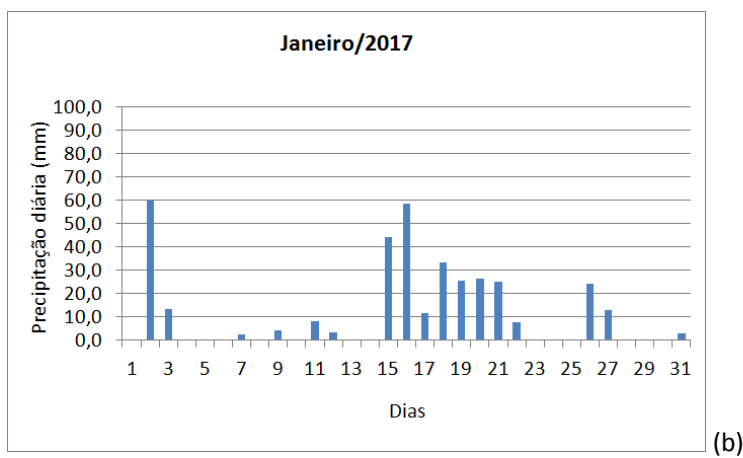
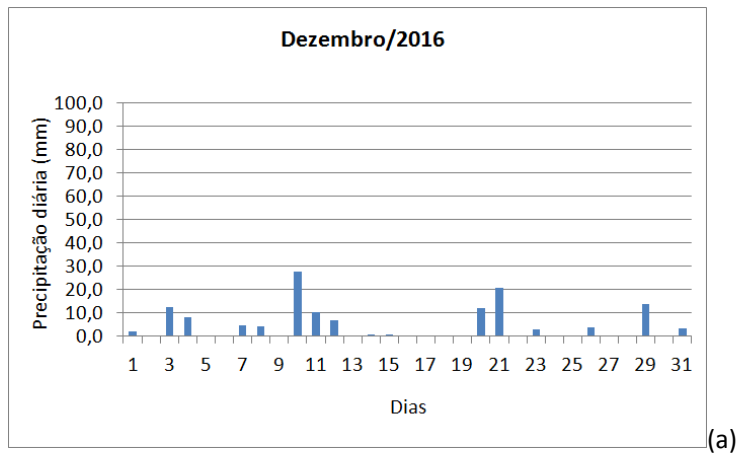


Figura 4 – Precipitação diária ao longo dos meses do trimestre DJF2016/2017: dezembro/2016(a); janeiro/2017(b) e fevereiro/2017(c).

3. Temperatura

A temperatura média de DJF2016/2017 foi 22,8°C, valor acima da média climatológica 1933-2016 (21,4°C). Considerando o *ranking* de todos os trimestres DJF desde DJF1933/1934, classificado em ordem crescente de temperatura média, DJF2016/2017 consta na 78ª posição. A menor temperatura média de DJF ocorreu em DJF1941/1942 (19,5°C) e a maior temperatura média ocorreu em DJF2013/2014 (23,6°C).

Ao levar em conta a temperatura média máxima, o trimestre DJF2016/2017 registrou 29,6°C (acima da média climatológica, que é 27,3°C). Considerando o *ranking* de todos os trimestres DJF desde DJF1933/1934, classificado em ordem crescente de temperatura média máxima, DJF2016/2017 consta na 82ª posição. A menor temperatura média máxima de DJF ocorreu em DJF1951/1952 (25,3°C) e a maior temperatura média máxima ocorreu em DJF2013/2014 (30,6°C).

E considerando a temperatura média mínima, o trimestre DJF2016/2017 registrou o valor 19,2°C (valor acima da média climatológica, que é 17,5°C). Considerando o *ranking* de todos os trimestres DJF desde DJF1933/1934, classificado em ordem crescente de temperatura média mínima, DJF2016/2017 consta também na 82ª posição. A menor temperatura média mínima de DJF ocorreu em DJF1942/1943 (15,5°C) e a maior ocorreu em DJF 2013/2014 (19,3°C).

A Figura 5 mostra a temperatura média mensal de março/2016 até fevereiro/2017, com destaque para o trimestre DJF2016/2017. É possível observar que todos os meses do trimestre ficaram acima de suas respectivas médias climatológicas.

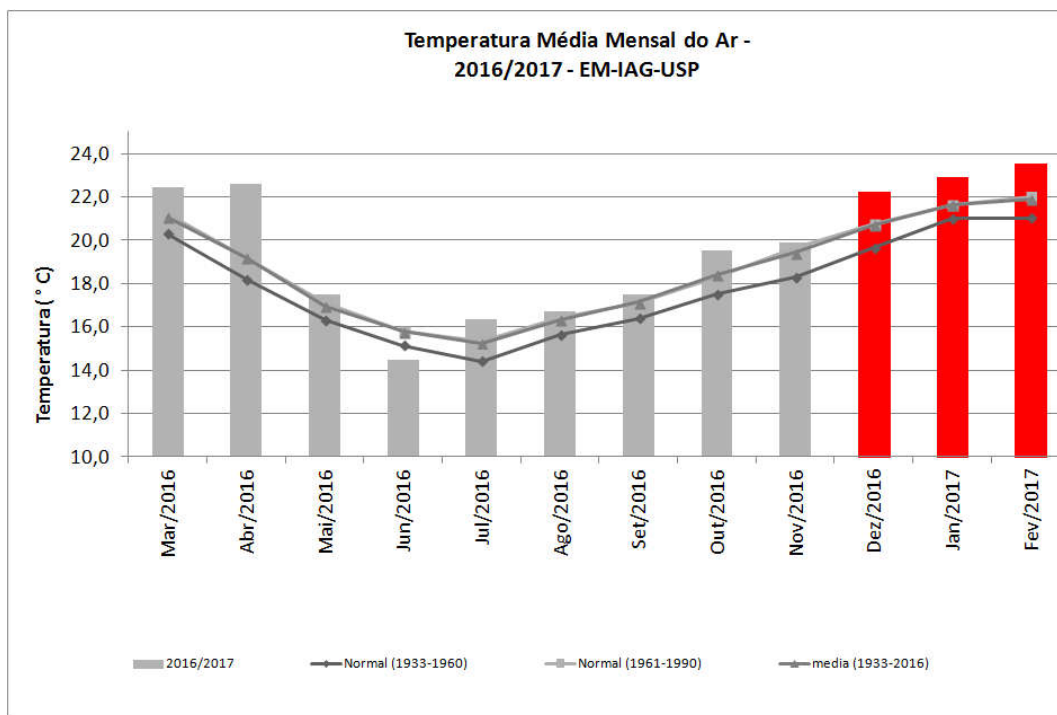


Figura 5 – Temperatura média mensal (°C) entre março/2016 e fevereiro/2017 (barras). As barras destacadas em vermelho representam os meses DJF2016/2017. A linha com círculos representa a normal 1933-1960, a linha com quadrados representa a normal 1961-1990 e a linha com triângulos representa a média 1933-2016.

A Figura 6 indica a temperatura média máxima mensal de março/2016 até fevereiro/2017, com destaque para o trimestre DJF2016/2017. Os três meses do período ficaram acima de suas respectivas médias climatológicas. A maior temperatura foi de 35,0°C e foi registrada em 26 de dezembro, valor indicado na Figura 6.

A maior temperatura já registrada em um trimestre DJF foi 36,2°C, em 19 de janeiro de 2015. Entretanto, a maior temperatura já registrada na EM-IAG-USP foi 37,2°C (em 17 de outubro de 2014).

A Figura 6 mostra também os máximos absolutos de temperatura para o trimestre DJF2016/2017. Tem-se:

- Dezembro: 35,0°C em 26 de dezembro;
- Janeiro: 32,4°C em 1 de janeiro;
- Fevereiro: 33,9°C em 19 de fevereiro.

Em DJF2016/2017, foram registrados 49 dias com temperatura acima de 30,0°C (Figura 7), acima da média climatológica (24 dias). Todos os meses do período apresentaram mais dias com temperatura acima de 30,0°C do que suas respectivas médias climatológicas (Figura 7).

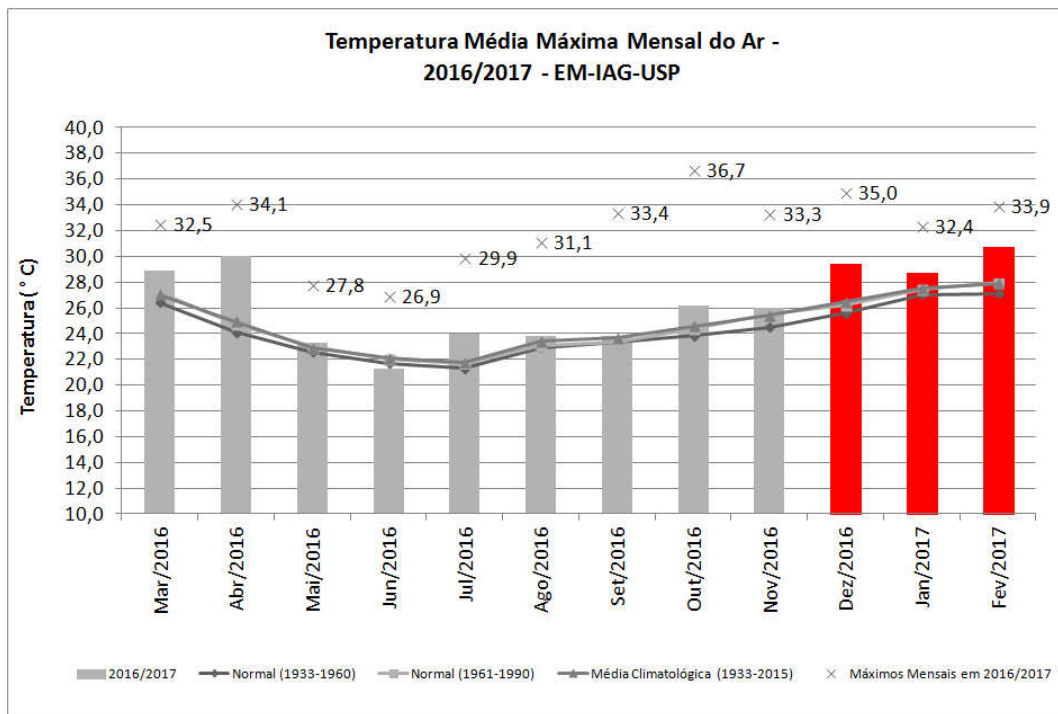


Figura 6 – Temperatura média máxima mensal (°C) entre março/2016 e fevereiro/2017 (barras). As barras destacadas em vermelho representam os meses DJF2016/2017. A linha com círculos representa a normal 1933-1960, a linha com quadrados representa a normal 1961-1990 e a linha com triângulos representa a média 1933-2016. As marcações em X mostram as temperaturas máximas mensais ao longo do período.

Na Figura 8 é apresentado o número de dias com temperatura igual ou superior a 30°C durante o trimestre DJF desde DJF1933/1934. Realizando o teste T de Student, temos t=6,3

(para a tendência ser significativa, a condição é ter $|t| \geq 2,0$). Há uma tendência de aumento do número de dias, a uma taxa de aproximadamente 2,7 dias por década.

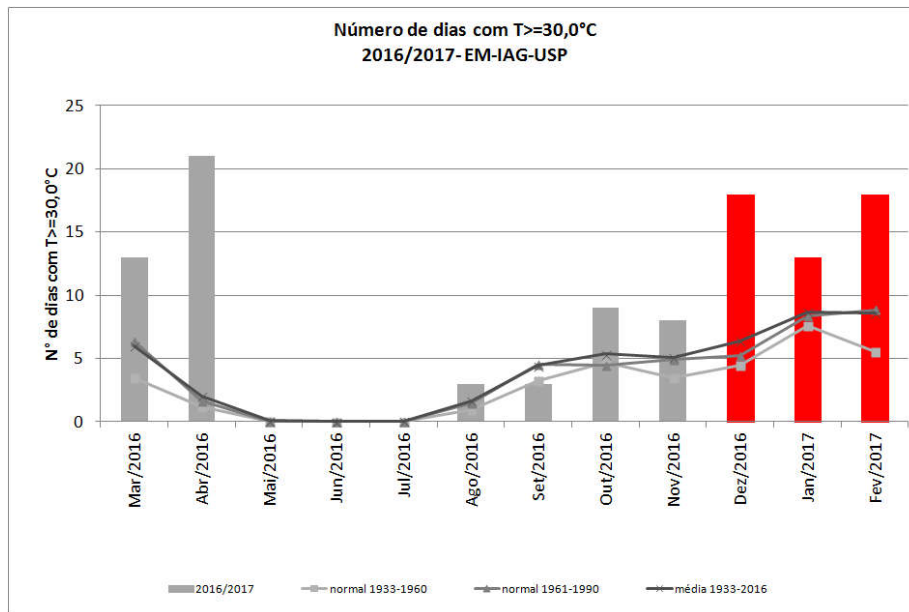


Figura 7 – Número de dias com temperatura acima de $30,0^\circ\text{C}$ entre março/2016 e fevereiro/2017 (barras). As barras destacadas em vermelho representam os meses DJF2016/2017. A linha com quadrados representa a normal 1933-1960, a linha com triângulos representa a normal 1961-1990 e a linha com X representa a média 1933-2016.

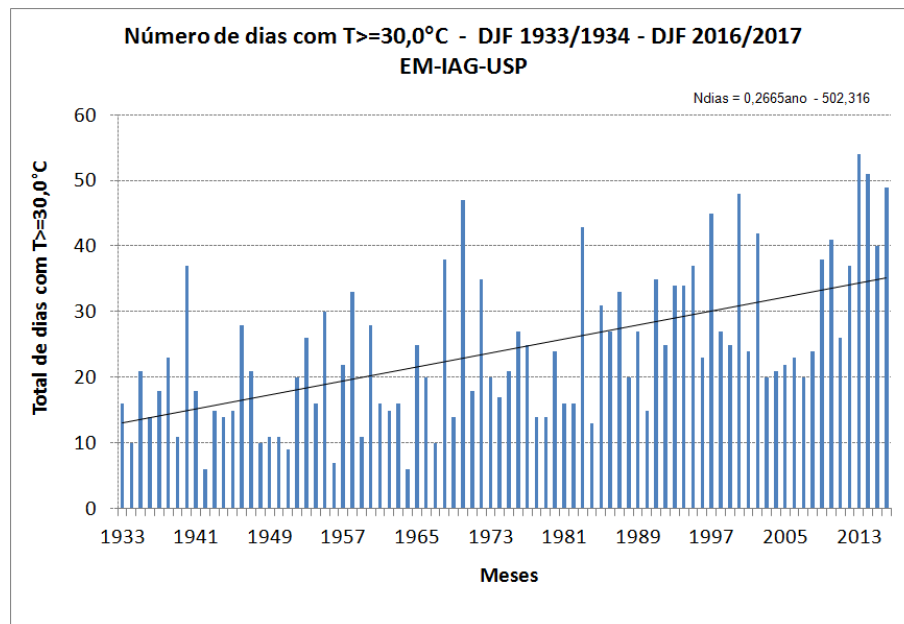


Figura 8 – Número de dias com $T \geq 30,0^\circ\text{C}$ em todos os trimestres DJF (verão) desde DJF 1933/1934.

A maior amplitude térmica (maior diferença entre temperatura máxima e mínima em um mesmo dia) foi $17,7^\circ\text{C}$ e ocorreu em 6 de dezembro (mínima de $13,8^\circ\text{C}$ e máxima de $31,5^\circ\text{C}$). Já

a menor amplitude térmica ocorreu em 12 de dezembro: 3,8°C (mínima de 19,4°C e máxima de 23,2°C).

A Figura 9 ilustra a temperatura média mínima mensal de março/2016 até fevereiro/2017, com destaque para o trimestre DJF2016/2017. É possível observar que todos os meses do período ficaram acima da média climatológica. A Figura 9 mostra também os mínimos absolutos de temperatura para o verão DJF2016/2017. Tem-se:

- Dezembro: 12,8°C em 16 de dezembro;
- Janeiro: 16,8°C em 22 de janeiro;
- Fevereiro: 16,7°C em 18 de fevereiro.

Em DJF2016/2017 não foram registrados dias com temperatura abaixo de 5,0°C (Figura 10). Desde DJF1933/1934 não foi registrado nenhum dia com temperatura abaixo de 5,0°C no trimestre DJF.

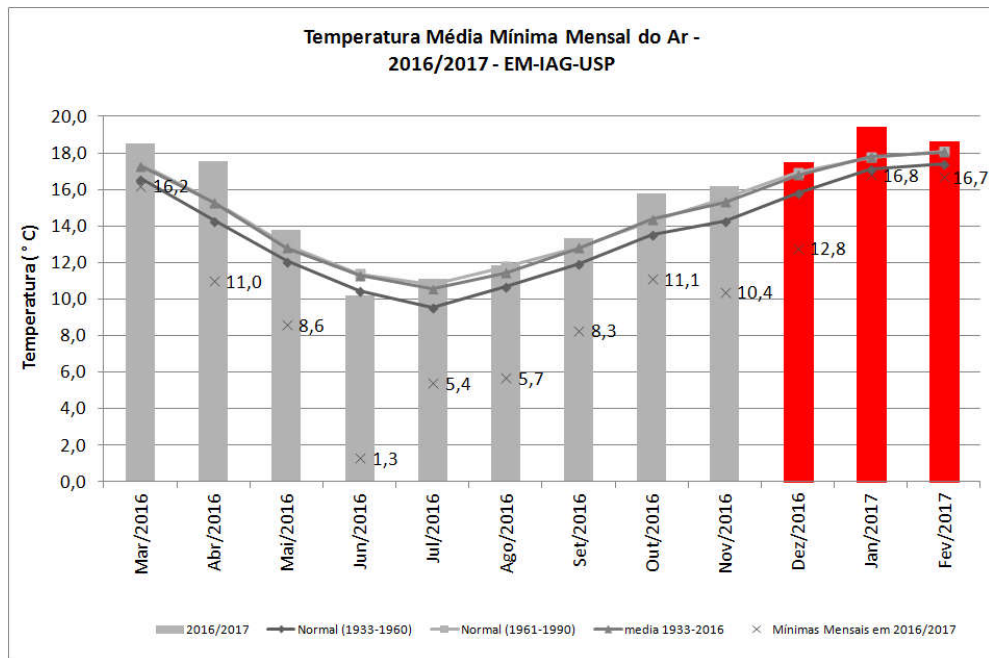


Figura 9 – Temperatura média mínima mensal (°C) entre março/2016 e fevereiro/2017 (barras). As barras destacadas em vermelho representam os meses DJF2016/2017. A linha com círculos representa a normal 1933-1960, a linha com quadrados representa a normal 1961-1990 e a linha com triângulos representa a média 1933-2016. As marcações em X mostram as temperaturas mínimas mensais ao longo do período

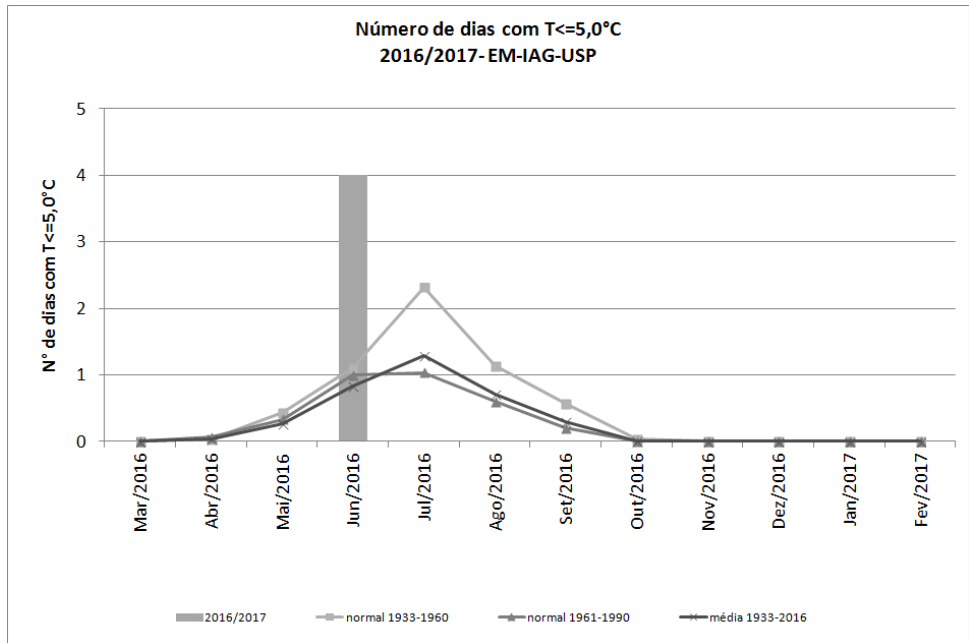
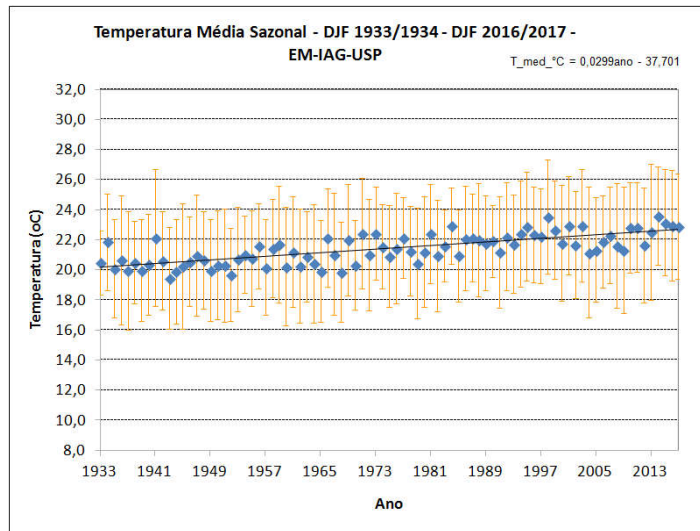


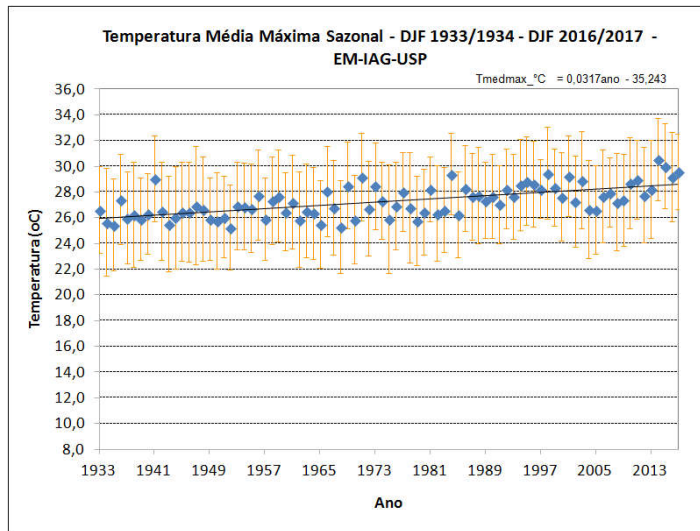
Figura 10 - Número de dias com temperatura abaixo de $5,0^{\circ}\text{C}$ entre março/2016 e fevereiro/2017 (barras). As barras destacadas em vermelho representam os meses DJF2016/2017. A linha com quadrados representa a normal 1933-1960, a linha com triângulos representa a normal de 1961-1990 e a linha com X representa a média climatológica de 1933-2016

Na Figura 11 apresenta-se a série histórica da temperatura para os meses de verão, além do ajuste linear que permite verificar as tendências de variação. Observa-se que há tendência de elevação da temperatura média (Figura 11a), média máxima (Figura 11b) e média mínima (Figura 11c) para o trimestre DJF1933/1934 até DJF2016/2017.

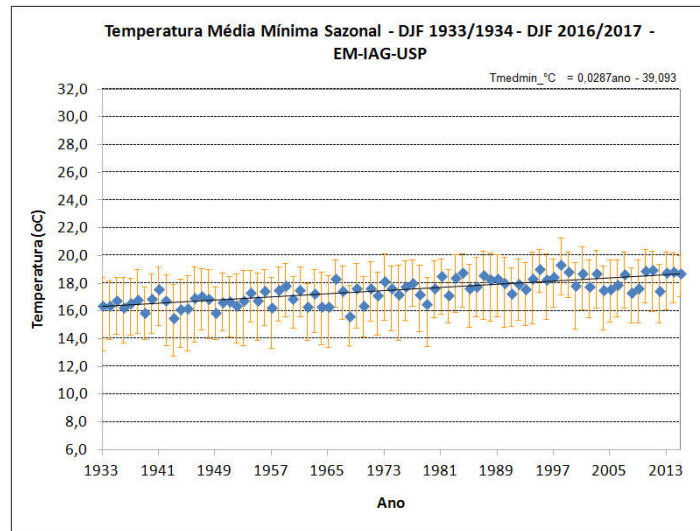
Em todos os casos, temperatura média, média máxima e média mínima para o trimestre de verão, o teste T de Student indica que a tendência de aumento é significativa para um nível de 95% de confiança, com $t = 8,7$ para a temperatura média (Figura 12a), $t = 6,5$ para a média máxima (Figura 12b) e $t = 9,6$ para a temperatura média mínima do ar próximo à superfície (Figura 12c). Assim, os ajustes lineares expressos pelas equações apresentadas nas respectivas figuras são representativos da evolução temporal dessas variáveis para o trimestre DJF.



(a)



(b)



(c)

Figura 11 – Temperatura média (a), média máxima (b) e média mínima (c) sazonal para o verão (DJF) de DJF1933/1934 a DJF2016/2017 (pontos azuis). A linha preta representa o ajuste linear e as barras verticais representam um desvio-padrão e indicam a variabilidade dos dados no período.

Após constatar que o ajuste linear representa bem os dados na Figura 11a, Figura 11b e Figura 11c e levando em consideração as equações de ajuste linear expostas em cada um dos gráficos, tem-se que:

- de 1933 a 1960: um aumento de 0,8°C para a média, 0,9°C para a média máxima e 0,8°C para a média mínima;
- de 1961 a 1990: um aumento de 0,9°C para a média, 0,9°C para a média máxima e 0,8°C para a média mínima;
- de 1991 a 2016: um aumento de 0,8°C para a média, 0,8°C para a média máxima e 0,7°C para a média mínima;
- de 1933 a 2016: um aumento de 2,5°C para a média, 2,7°C para a média máxima e 2,4°C para a média mínima.

4. Umidade relativa do ar

Com relação à média mensal de umidade relativa em DJF2016/2017 (Figura 12), os meses de dezembro/2016 e fevereiro/2017 ficaram abaixo da média climatológica, enquanto o mês de janeiro/2017 ficou bem próximo da média climatológica e situação semelhante foi observada com relação à umidade relativa média mínima (Figura 13).

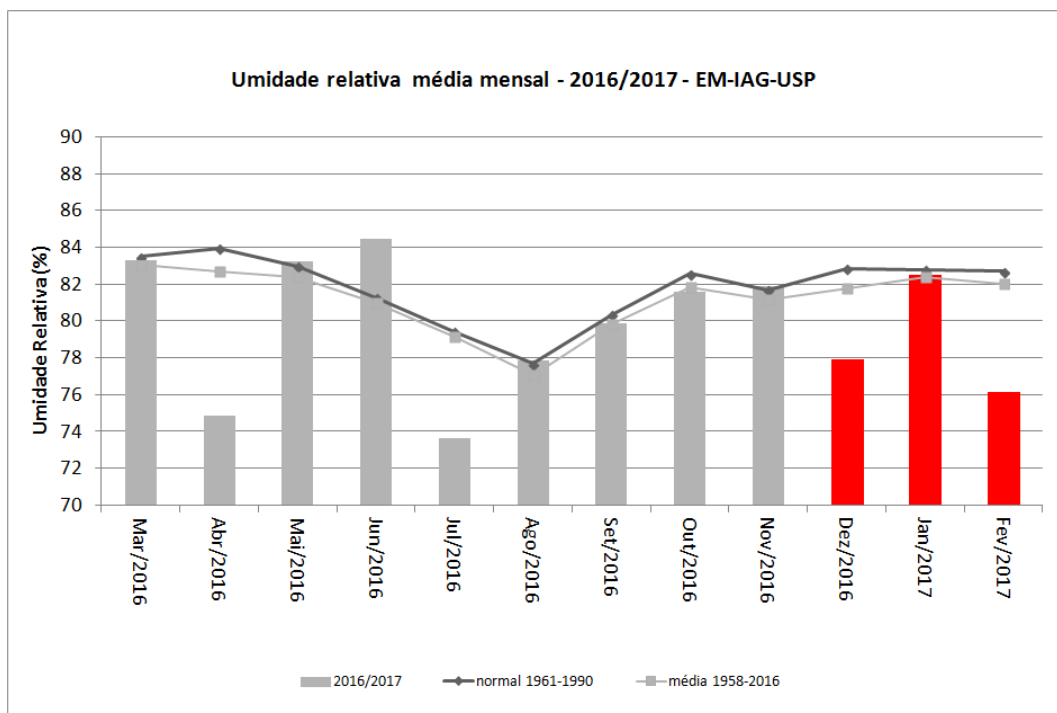


Figura 12 – Umidade relativa média mensal (%) entre março/2016 e fevereiro/2017 (barras). As barras destacadas em vermelho representam os meses DJF2016/2017. A linha com círculos representa a normal 1961-1990, a linha com quadrados representa a média 1958-2016.

A Figura 13 também indica os mínimos de umidade relativa do período de março/2016 a fevereiro/2017. Destacando o período DJF2016/2017, temos os seguintes mínimos mensais:

- Dezembro: 34%, em 23 de dezembro;
- Janeiro: 41%, em 29 de janeiro;
- Fevereiro: 29%, em 18 de fevereiro.

No trimestre, foram registrados 15 dias com umidade relativa abaixo de 40%, valor abaixo da média climatológica (19 dias). A Figura 14 indica o total de dias com umidade relativa abaixo de 40% no período de março/2016 a fevereiro/2017, com destaque para o trimestre DJF2016/2017. Na Figura 14, observa-se que os meses de dezembro e fevereiro tiveram mais dias com umidade relativa abaixo de 40% do que suas respectivas médias climatológicas.

Com relação aos dias com umidade relativa abaixo dos 30% (Figura 15), o trimestre DJF2016/2017 registrou apenas 2 dias com essa característica (a média é de apenas 1 dia). Os dias em questão foram 18 e 20 de fevereiro.

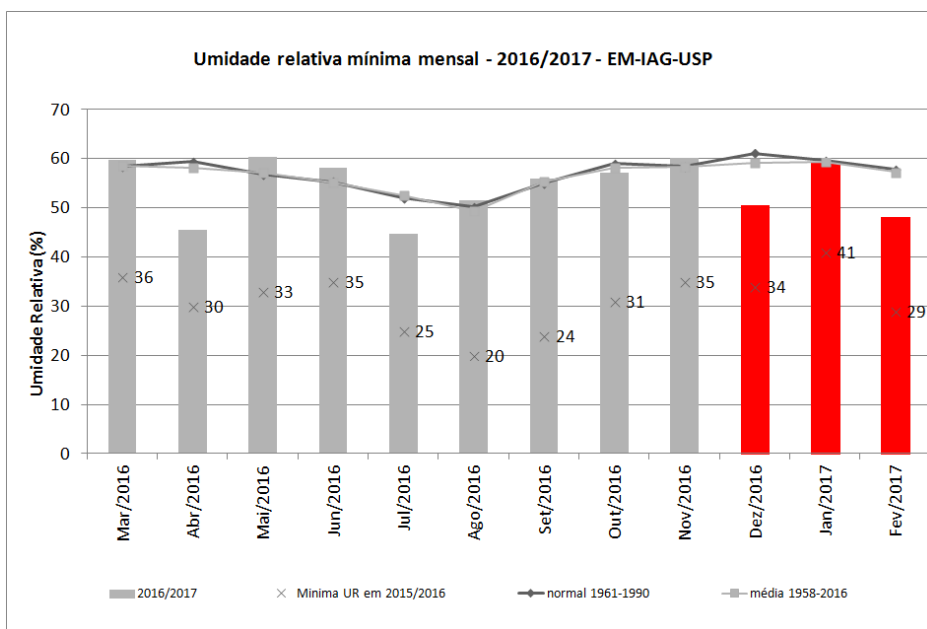


Figura 13 – Umidade relativa média mínima mensal (%) entre março/2016 e fevereiro/2017 (barras). As barras destacadas em vermelho representam os meses DJF2016/2017. A linha com círculos representa a normal 1961-1990, a linha com quadrados representa a média 1958-2016. As marcas em X representam os menores valores mensais de cada mês.

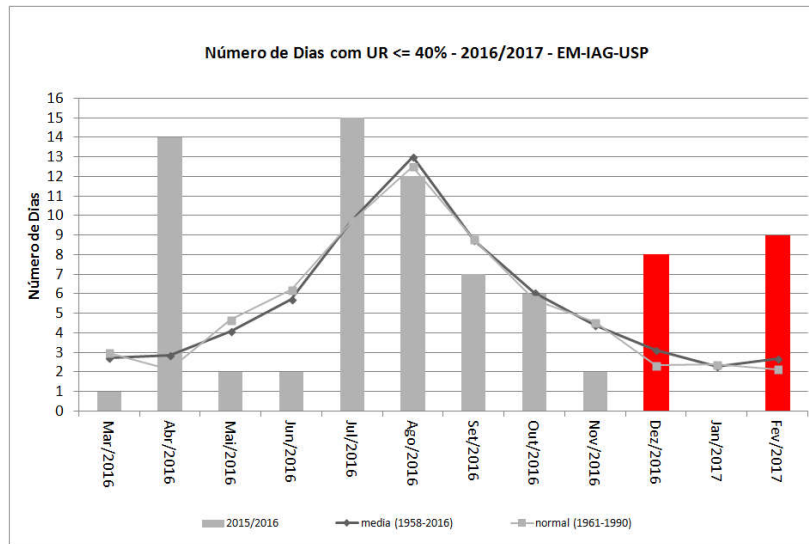


Figura 14 – Número de dias com baixa umidade relativa (abaixo de 40%) entre março/2016 e fevereiro/2017 (barras). As barras destacadas em vermelho representam os meses DJF2016/2017. A linha com quadrados representa a normal 1961-1990, a linha com círculos representa a média 1958-2016.

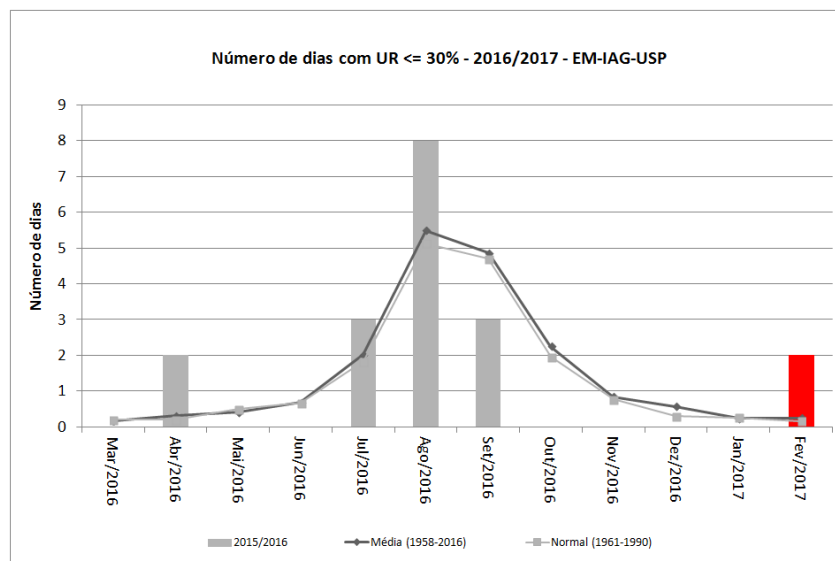


Figura 15 - Número de dias com baixa umidade relativa (abaixo de 30%) entre março/2016 e fevereiro/2017 (barras). As barras destacadas em vermelho representam os meses DJF2016/2017. A linha com quadrados representa a normal 1961-1990, a linha com círculos representa a média 1958-2016.

Aplicando o teste T de Student para o número de dias com umidade relativa inferior a 40% em toda a série do trimestre DJF desde DJF1957 (Figura 16), verifica-se que $t=2,8$, a tendência que é significativa (espera-se $|t|>2,0$, esperado para um nível de confiança de 95%). Portanto, o ajuste linear apresentado na Figura 16 é representativo.

Ao observar a Figura 16, destacam-se os seguintes trimestres DJF com muitos dias de baixa umidade relativa desde DJF1957:

- DJF1970/1971: 22 dias

-DJF2002/2003: 21 dias

-DJF2013/2014: 34 dias

Ainda observando a Figura 16, destacam-se os seguintes trimestres DJF com poucos dias de baixa umidade relativa desde DJF 1957/1958:

- DJF1962/1963: 0 dia;

- DJF1966/1967; DJF1969/1970; DJF1984/1985; DJF1988/1989: 1 dia.

Com relação ao total de dias com umidade relativa inferior a 30% (Figura 17), temos que $t=1,8$, portanto a tendência não é significativa (espera-se $|t|>2,0$, esperado para um nível de confiança de 95%). Assim, o ajuste linear apresentado na Figura 17 não é representativo. No entanto, ao observar a Figura 17, destacam-se os seguintes trimestres DJF com muitos dias de baixa umidade relativa (inferior a 30%) desde DJF1957/1958:

- DJF1970/1971: 5 dias;

- DJF2011/2012: 7 dias;

- DJF2013/2014: 10 dias;

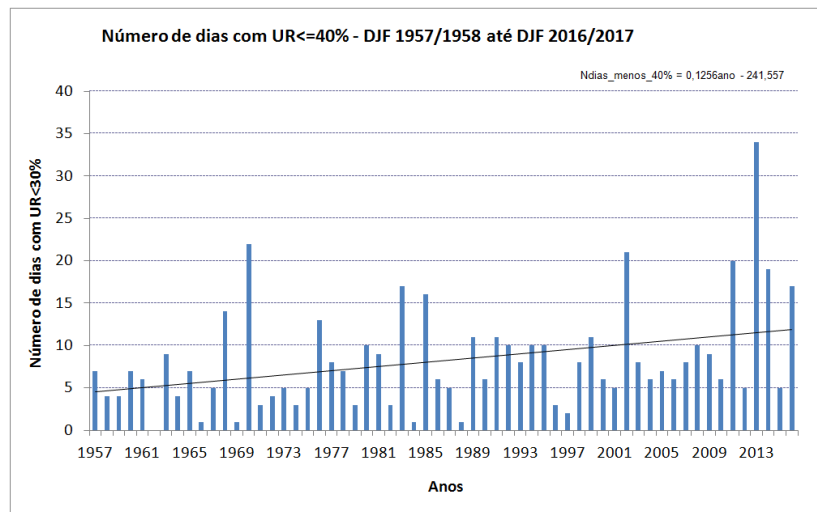


Figura 16 – Número anual de dias com UR<=40% em todos os períodos de Verão (DJF) de DJF1957/1958 até DJF2016/2017. Em preto, a linha de tendência.

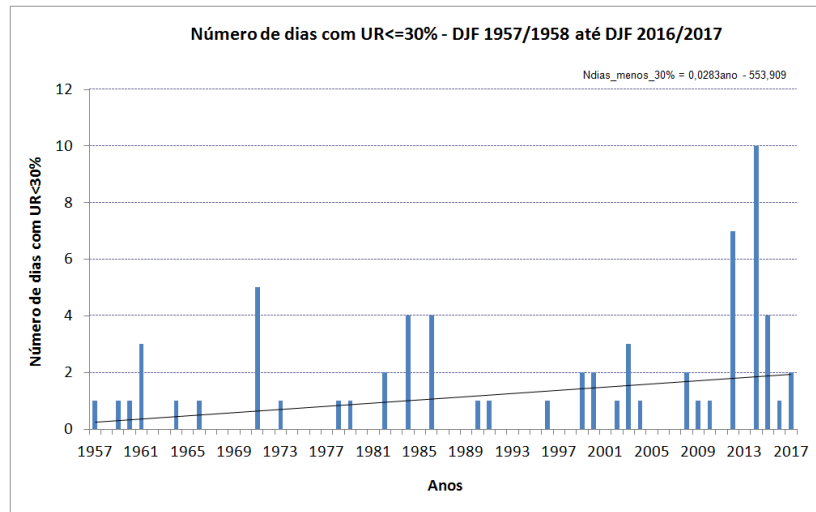


Figura 17 - Número anual de dias com UR<=30% em todos os períodos de Verão (DJF) de DJF1957/1958 até DJF2016/2017. Em preto, a linha de tendência.

5. Garoa

Durante DJF2016/2017 foram registrados 26 dias com garoa, acima da média climatológica (22 dias). De acordo com a Figura 18, considerando o trimestre DJF apenas janeiro ficou acima de sua média climatológica.

Analisando a ocorrência de garoa em todos os trimestres de verão desde 1933, verifica-se que apesar das flutuações interanuais, não há tendência significativa de aumento ou diminuição na quantidade de dias com garoa (Figura 19) o que foi comprovado pelo teste de T de Student, com $t=0,9$. Sendo assim, não há nenhum indício de que a quantidade de garoa tenha aumentado ou diminuído ao longo dos anos durante o trimestre de verão.

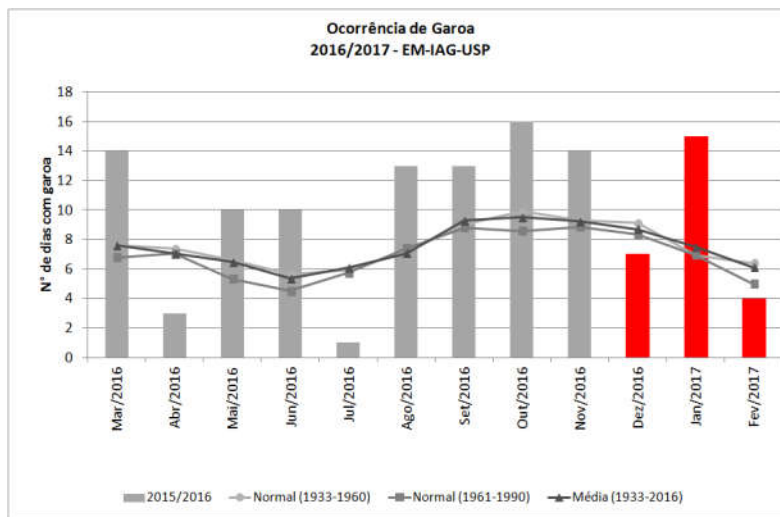


Figura 18 – Número de dias com garoa entre março/2016 e fevereiro/2017 (barras). As barras destacadas em vermelho representam os meses DJF2016/2017. A linha com círculos representa a normal 1933-1960, a linha com quadrados representa a normal 1961-1990 e a linha com triângulos representa a média 1933-2016.

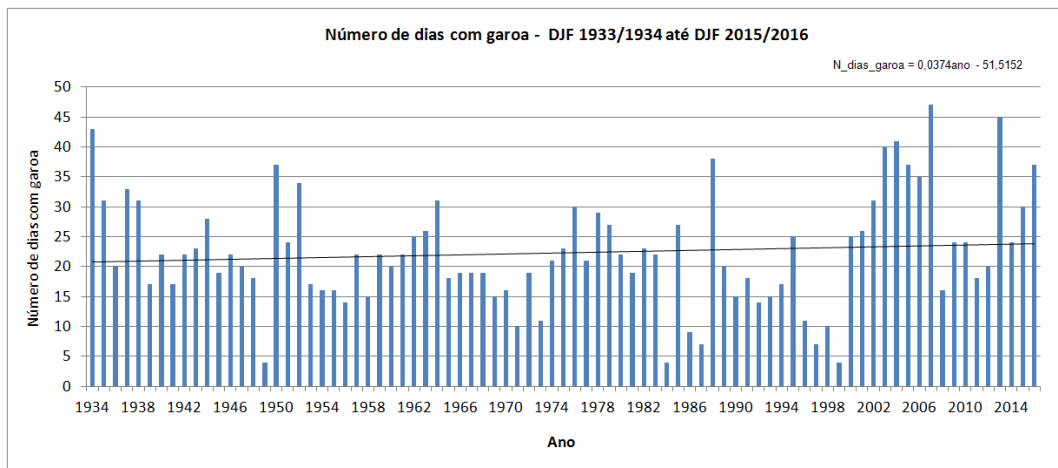


Figura 19 – Número de dias com garoa no trimestre DJF1933/1934 até DJF2016/2017.

6. Orvalho

Durante o trimestre DJF2016/2017 foram registrados 41 dias com orvalho enquanto que a média climatológica para esta estação é de 27 dias. De acordo com a Figura 20, todos os meses de DJF ficaram acima de suas respectivas médias climatológicas.

Com relação a todos os trimestres de verão desde DJF 1958/1959, quando o fenômeno passou a ser registrado, a equação de tendência aponta aumento quantidade de orvalho desde então (Figura 21), o que foi comprovado pelo teste de T de Student, com $t=8,6$. No entanto, é necessário observar que há uma quebra na série: provavelmente havia uma subnotificação do fenômeno no passado (antes do início da década de 1970).

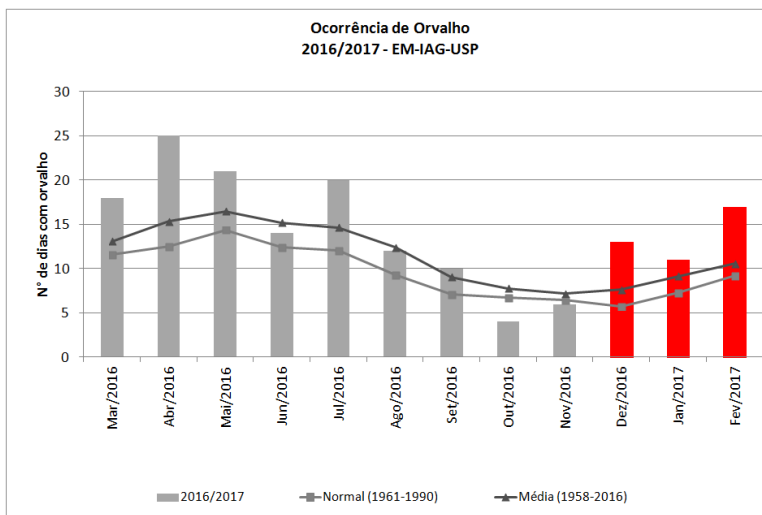


Figura 20 – Número de dias com orvalho entre março/2016 e fevereiro/2017 (barras). As barras destacadas em vermelho representam os meses DJF2016/2017. A linha com quadrados representa a normal 1961-1990 e a linha com triângulos representa a média 1958-2016.

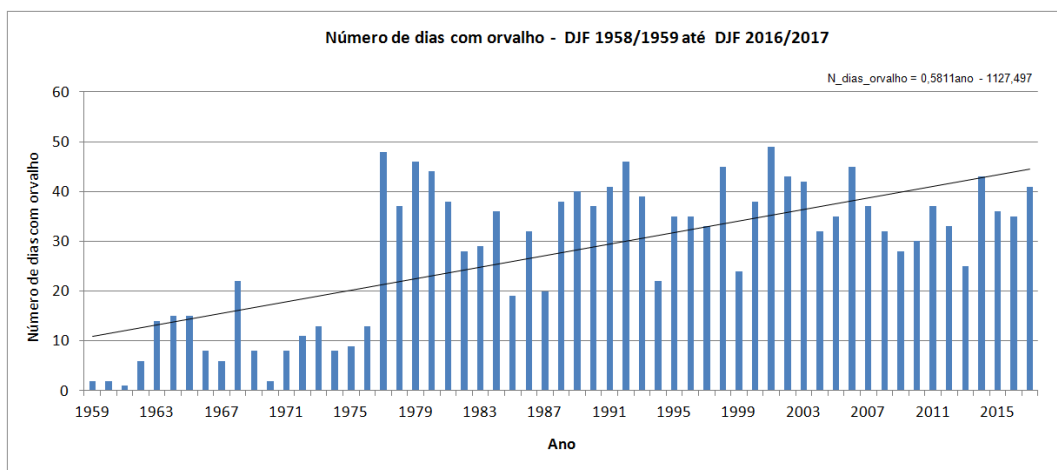


Figura 21 – Número de dias com orvalho no trimestre DJF1957 até DJF2016/2017.

7. Nevoeiro

Durante o trimestre DJF2016/2017, foram registrados apenas 4 dias com nevoeiro, sendo que a média climatológica para o verão é de 16 dias. Todos os meses do trimestre apresentaram menos dias de nevoeiro do que as respectivas médias climatológicas (Figura 22).

Analisando o número de dias com nevoeiro em todos os trimestres de verão desde DJF1933/1934 (Figura 23), observa-se uma tendência de diminuição do número de dias de nevoeiro no trimestre. De acordo com o teste T de Student, a equação de tendência exposta na Figura 23 representa bem a evolução na quantidade de dias com nevoeiro para um nível de confiança de 95% (pois $t = -4,9$ e espera-se $|t| > 2,0$ neste caso). Sendo assim, de acordo com esta tendência, houve uma redução de 31 dias na ocorrência de nevoeiro no trimestre DJF, de DJF1933/1934 até DJF2016/2017.

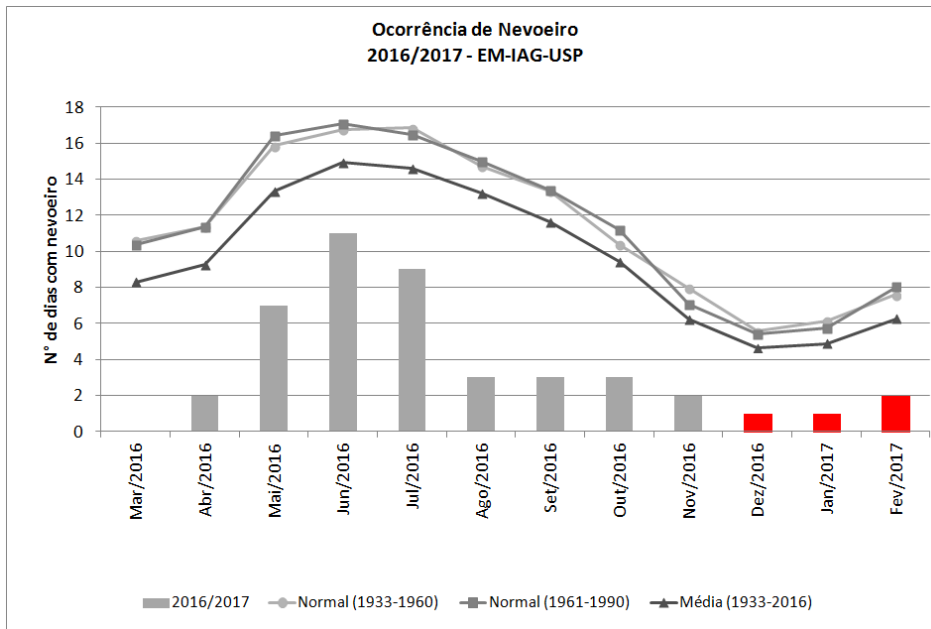


Figura 22 - Número de dias com nevoeiro entre março/2016 e fevereiro/2017 (barras). As barras destacadas em vermelho representam os meses DJF2016/2017. A linha com círculos representa a normal 1933-1960, a linha com quadrados representa a normal 1961-1990 e a linha com triângulos representa a média 1933-2016.

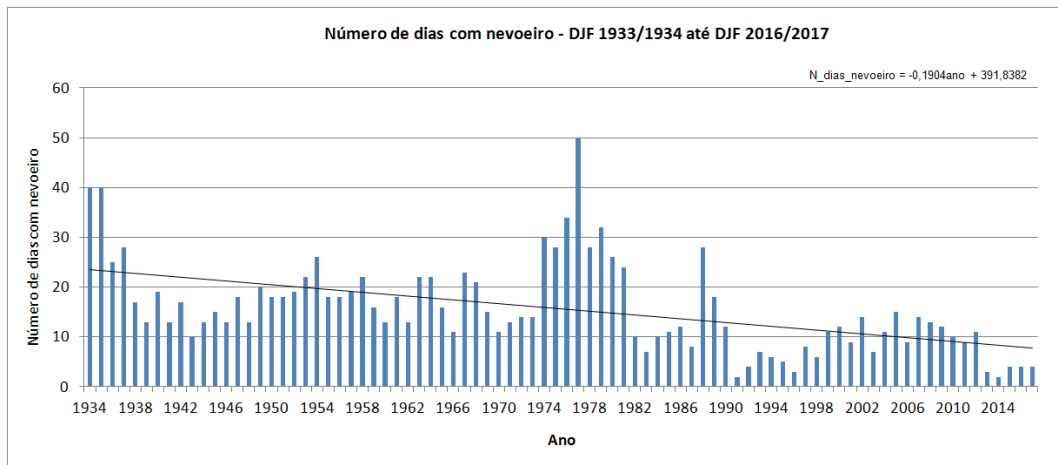


Figura 23 – Número de dias com nevoeiro no trimestre DJF1933/1934 até DJF2016/2017.

8. Trovoadas

Foram registrados 50 dias com trovoada no trimestre DJF2016/2017, valor acima da média climatológica, que é de 39 dias (Figura 24). Todos os meses do período ficaram acima de suas respectivas médias climatológicas, de acordo com a Figura 24.

A Figura 25 indica o total de trovoadas nos trimestres de DJF1958 até DJF2016/2017. É possível verificar flutuações, mostrando trimestres com mais ou com menos trovoadas. Analisando todos os trimestres DJF de DJF1958 até DJF2016/2017 e após aplicar o teste de T de Student na equação de tendência, obteve-se que a tendência de aumento com dias de trovoada é significativa, já que $t=2,3$.

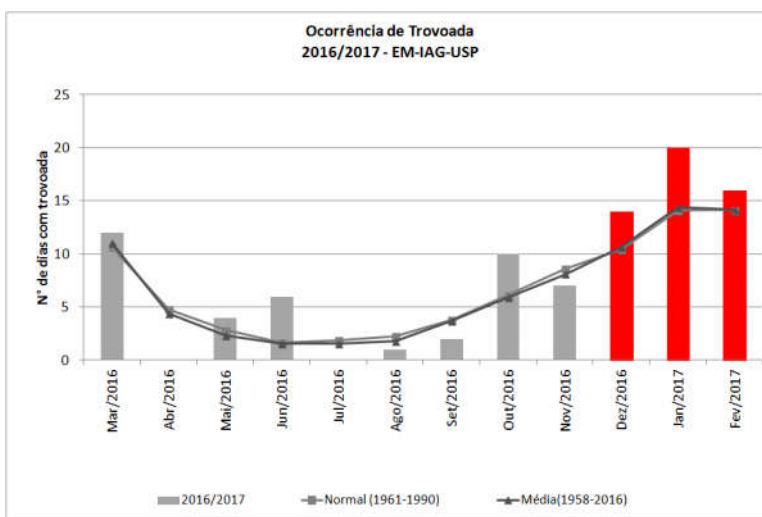


Figura 24 – Número de dias com trovoada entre março/2016 e fevereiro/2017 (barras). As barras destacadas em vermelho representam os meses DJF2016/2017. A linha com quadrados representa a normal 1961-1990 e a linha com triângulos representa a média 1958-2016.

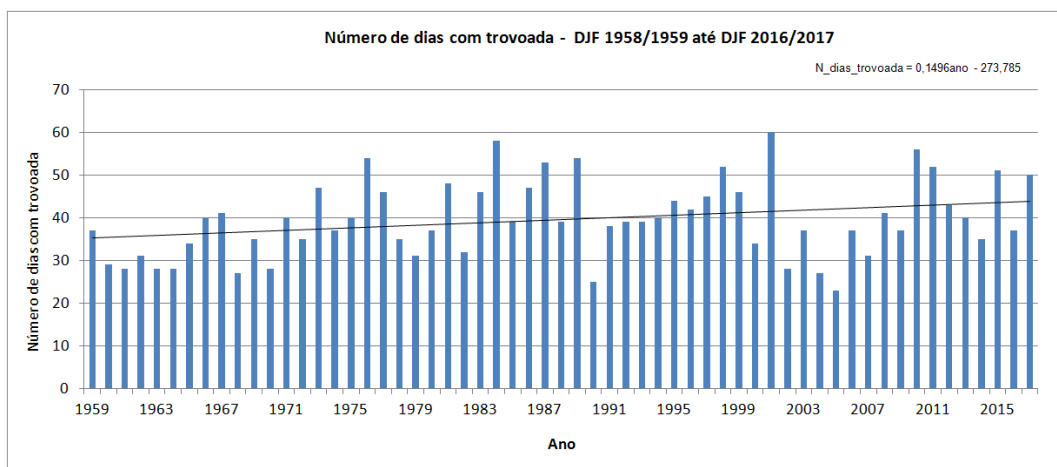


Figura 25 – Número de dias com trovoada no trimestre DJF1958 até DJF2016/2017.

9. Granizo

Foi registrada apenas uma ocorrência de granizo no trimestre DJF 2016/2017 (no dia 02 de janeiro). O trimestre DJF com mais ocorrências de granizo foi DJF 2009/2010, com 4 ocorrências (Figura 26).

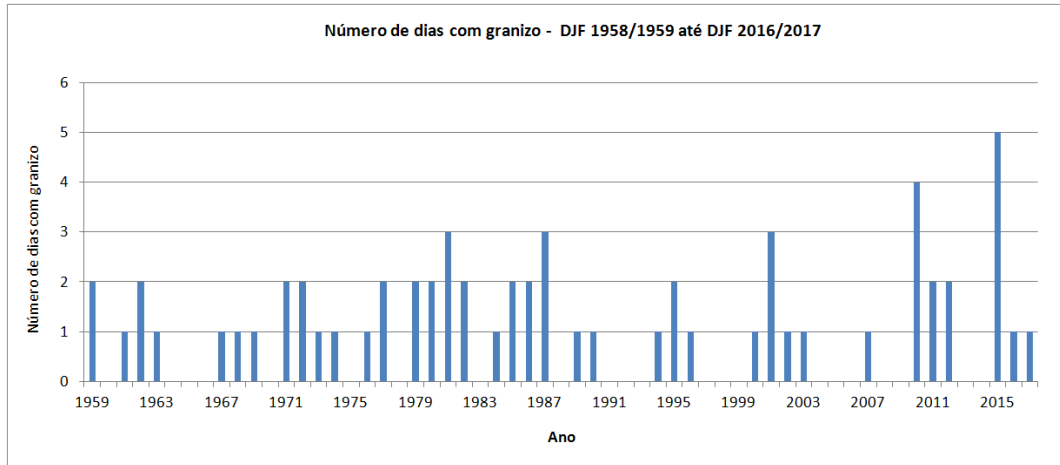


Figura 26 - Número de dias com granizo no trimestre DJF1958/1959 até DJF2016/2017.

10. Radiação Solar Total

Dezembro/2016 e janeiro/2017 apresentaram radiação solar total mensal ligeiramente abaixo de suas respectivas médias climatológicas, enquanto fevereiro/2017 registrou radiação solar total acima da média climatológica (Figura 27).

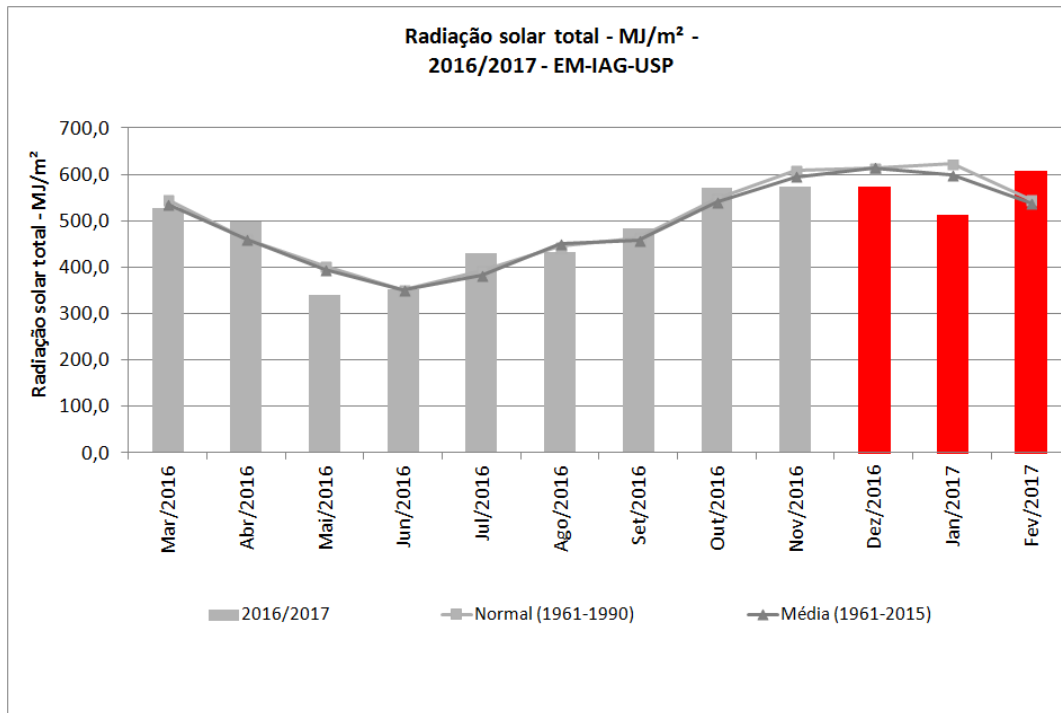


Figura 27 – Radiação solar total mensal (MJ/m²) entre março/2016 e fevereiro/2017 (barras). As barras destacadas em vermelho representam os meses DJF2016/2017. A linha com quadrados representa a normal 1961-1990 e a linha com triângulos representa a média 1961-2016.

11. Insolação

Com relação ao total de horas de brilho solar dos meses do trimestre DJF2016/2017 (Figura 28), os meses de dezembro/2016 e fevereiro/2017 ficaram ligeiramente acima da média climatológica, enquanto o mês de janeiro/2017 apresentou horas de brilho solar abaixo da média.

A Figura 29 por sua vez, mostra o número de horas de brilho solar médio diário (ou seja, dividido pelo total de dias do mês).

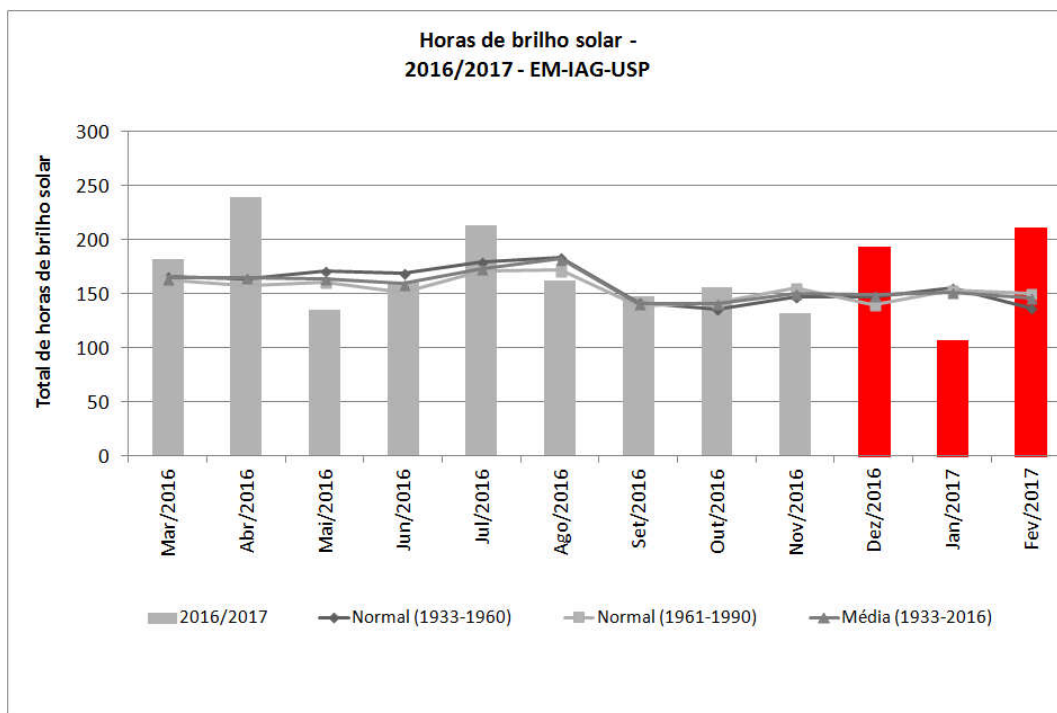


Figura 28 – Totais de horas mensais de brilho solar entre março/2016 e fevereiro/2017 (barras). As barras destacadas em vermelho representam os meses DJF2016/2017. A linha com círculos representa a normal 1933-1960, a linha com quadrados representa a normal 1961-1990 e a linha com triângulos representa a média 1933-2016.

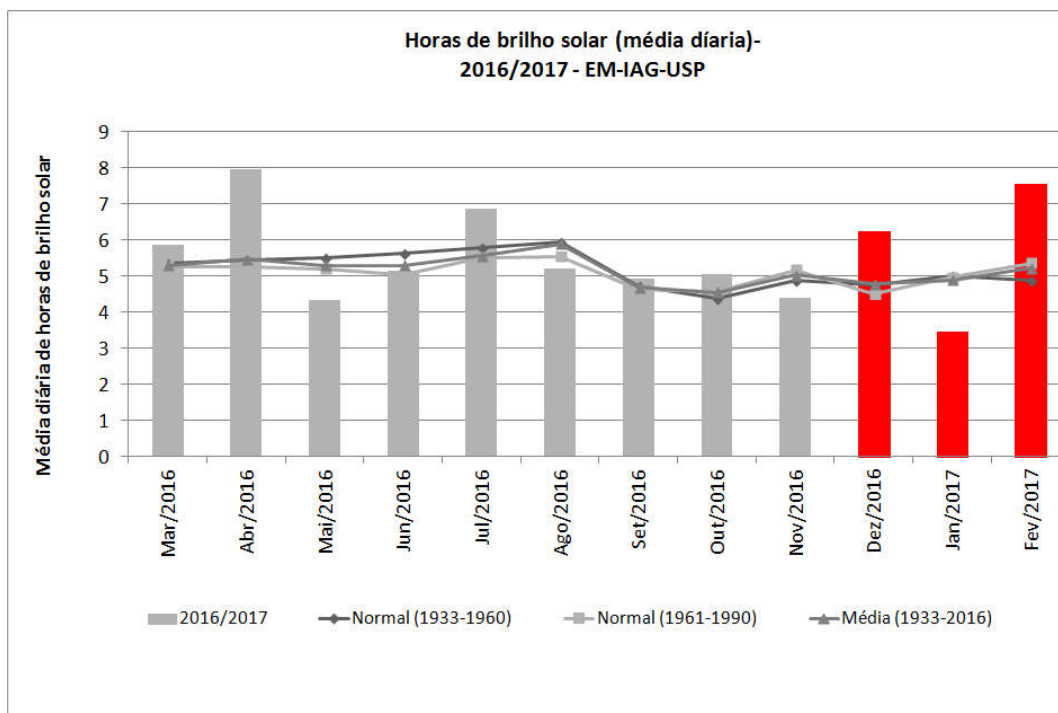


Figura 29 – Médias diárias de totais de horas de brilho solar entre março/2016 e fevereiro/2017 (barras). As barras destacadas em vermelho representam os meses DJF2016/2017. A linha com círculos representa a normal 1933-1960, a linha com quadrados representa a normal 1961-1990 e a linha com triângulos representa a média 1933-2016.