

BOLETIM CLIMATOLÓGICO TRIMESTRAL DA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DO IAG/USP

- Dezembro/2015 a Fevereiro/2016

- 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/2015 a fevereiro/2016 (DJF2015-2016) na Estação Meteorológica do IAG/USP, localizada na Av. Miguel Stefano, 4200, Água Funda, São Paulo, SP. Não foram 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	6
2. Precipitação	7
3. Temperatura	13
4. Umidade relativa do ar.....	19
5. Garoa.....	22
6. Orvalho.....	24
7. Nevoeiro.....	25
8. Trovoadas.....	26
9. Radiação Solar Total	28
10. Insolação	29

Índice de figuras

Figura 1 – Precipitação mensal (mm) entre dezembro/2014 e fevereiro/2015 (barras). As barras destacadas em vermelho representam os meses DJF2015-2016. 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 2015.....	8
Figura 2 – Número de dias com chuva entre dezembro/2014 e fevereiro/2015 (barras). As barras destacadas em vermelho representam os meses DJF2015-2016. 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 1933-2015.	9
Figura 3 – Variação anual da precipitação acumulada durante o trimestre DJF ao longo de toda a série (1933-2015) (a);	11
Figura 4 – Precipitação diária ao longo dos meses do trimestre DJF: dezembro/2015(a); janeiro/2015(b) e fevereiro/2015(c).	12
Figura 5 – Temperatura média mensal (°C) entre dezembro/2014 e fevereiro/2015 (barras). As barras destacadas em vermelho representam os meses DJF2015-2016. 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 1933-2015.	13
Figura 6 – Temperatura média máxima mensal (°C) entre dezembro/2014 e fevereiro/2015 (barras). As barras destacadas em vermelho representam os meses DJF2015-2016. 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 1933-2015. As marcações em X mostram as temperaturas máximas mensais ao longo do período.....	14
Figura 7 – Número de dias com temperatura acima de 30°C entre dezembro/2014 e fevereiro/2015 (barras). As barras destacadas em vermelho representam os meses DJF2015-2016. 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 1933-2015.	15
Figura 8 – Número de dias com $T \geq 30,0^{\circ}\text{C}$ em todos os trimestres DJF (Verão) desde 1933...	15
Figura 9 – Temperatura média mínima mensal (°C) entre dezembro/2014 e fevereiro/2015 (barras). As barras destacadas em vermelho representam os meses DJF2015-2016. 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 1933-2015. As marcações em X mostram as temperaturas mínimas mensais ao longo do período	16
Figura 10 – Temperatura média (a), média máxima (b) e média mínima (c) sazonal para o Verão (DJF) de 1933 a 2015 (curva azul). A linha preta representa o ajuste linear e as barras verticais representam um desvio-padrão e indicam a variabilidade dos dados no período.	18
Figura 11 – Umidade relativa média mensal (%) entre dezembro/2014 e fevereiro/2015 (barras). As barras destacadas em vermelho representam os meses DJF2015-2016. A linha com círculos representa a normal 1961-1990, a linha com quadrados representa a média 1958-2015.....	19
Figura 12 – Umidade relativa média mínima mensal (%) entre dezembro/2014 e fevereiro/2015 (barras). As barras destacadas em vermelho representam os meses DJF2015-2016. A linha com círculos representa a normal 1961-1990, a linha com quadrados representa a média 1958-2015. As marcas em X representam os menores valores mensais do trimestre.	20

Figura 13 – Número de dias com baixa umidade relativa (abaixo de 40%) entre dezembro/2014 e fevereiro/2015 (barras). As barras destacadas em vermelho representam os meses DJF2015-2016. A linha com círculos representa a normal 1961-1990, a linha com quadrados representa a média 1958-2015.....	21
Figura 14 – Número anual de dias com $UR \leq 40\%$ em todos os períodos de Verão (DJF) de 1958 até 2015. Em preto, a linha de tendência.	22
Figura 15 – Número de dias com garoa entre Dezembro/2014 e fevereiro/2015 (barras). As barras destacadas em vermelho representam os meses DJF2015-2016. 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 1933-2015.	23
Figura 16 – Número de dias com garoa no trimestre DJF 1933 até DJF2015-2016.....	23
Figura 17 – Número de dias com orvalho entre dezembro/2014 e fevereiro/2015 (barras). As barras destacadas em vermelho representam os meses DJF2015-2016. A linha com quadrados representa a normal 1961-1990 e a linha com triângulos representa a média 1958-2015.	24
Figura 18 – Número de dias com orvalho no trimestre DJF 1958 até DJF2015-2016.....	25
Figura 19 - Número de dias com nevoeiro entre dezembro/2014 e fevereiro/2015 (barras). As barras destacadas em vermelho representam os meses DJF2015-2016. 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 1933-2015.	26
Figura 20 – Número de dias com nevoeiro no trimestre DJF 1933 até DJF2015-2016.....	26
Figura 21 – Número de dias com trovoada entre dezembro/2014 e fevereiro/2015 (barras). As barras destacadas em vermelho representam os meses DJF2015-2016. A linha com quadrados representa a normal 1961-1990 e a linha com triângulos representa a média 1958-2015.	27
Figura 22 – Número de dias com trovoada no trimestre DJF 1958 até DJF2015-2016.	27
Figura 23 – Radiação Solar Total (MJ/m^2) entre dezembro/2014 e fevereiro/2015 (barras). As barras destacadas em vermelho representam os meses DJF2015-2016. A linha com quadrados representa a normal 1961-1990 e a linha com triângulos representa a média 1961-2015.	28
Figura 24 – Totais de horas mensais de brilho solar entre dezembro/2014 e fevereiro/2015 (barras). As barras destacadas em vermelho representam os meses DJF2015-2016. 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 1933-2015.	29
Figura 25 – Médias diárias de totais de horas de brilho solar entre dezembro/2014 e fevereiro/2015 (barras). As barras destacadas em vermelho representam os meses DJF2015-2016. 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 1933-2015.....	30

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Recordes de Precipitação do trimestre DJF.....	6
Tabela 2 - Recordes diários de temperatura para cada mês, para o trimestre de verão na Estação Meteorológica do IAG-USP	6
Tabela 3 - Recordes diários de umidade relativa mínima para cada mês, para o trimestre de verão na Estação Meteorológica do IAG-USP	6
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	6
Tabela 5 – Precipitação mensal (mm) para os meses de dezembro/2014 a fevereiro/2015, com destaque em amarelo para DJF2015-2016, além das médias e normais e fração (%) de aumento ou diminuição com relação à média climatológica. Os meses marcados em vermelho tiveram total mensal acima da média climatológica e os meses marcados em azul tiveram total mensal abaixo da média climatológica. A última linha apresenta a diferença relativa (em porcentagem) entre a média climatológica da EM e a precipitação mensal.	8

1. Recordes absolutos do trimestre DJF

As tabelas abaixo indicam os recordes de precipitação (Tabela 1), de temperatura (Tabela 2), de mínima umidade relativa (Tabela 3) e total de dias com baixa umidade relativa (abaixo de 40%, na Tabela 4) para o trimestre de verão (DJF). Em DJF2015-2016, não foi superado nenhum recorde dos mencionados nas tabelas a seguir.

Tabela 1 - Recordes de Precipitação do trimestre DJF, de DJF1933-1934 até DJF2015-2016

	Média (1933-2015) [mm]	Recorde Mensal Máximo	Recorde Mensal Mínimo	Recorde Diário	Recorde Horário
DEZ	172,8mm	386,4mm, dez/1996	49,2mm, dez/1963	111,5mm, 18/dez/1960	65,4mm 15h-16h, 31/12/2006
JAN	168,5mm	653,2mm, jan/2010	71,2mm, jan/1964	117,1mm, 12/jan/2000	77,4mm,17h-18h, 12/01/2000
FEV	330,1mm	430,5mm fev/1995	52,2mm, fev/1977	131,6mm, 25/fev/1971	75,0mm,15h-16h, 08/02/2006

Tabela 2 - Recordes diários de temperatura para cada mês e para o trimestre de verão na Estação Meteorológica do IAG-USP, de DJF1933-1934 até DJF2015-2016

	Máxima Absoluta (1933-2015)	Mínima Absoluta (1933-2015)
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, 1/fev/2014	9,9°C, 05/fev/1943

Tabela 3 - Recordes diários de umidade relativa mínima para cada mês, para o trimestre de verão na Estação Meteorológica do IAG-USP, de DJF1933-1934 até DJF2015-2016

	Mínima Absoluta (1933-2015)
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 DJF2015-2016

	Recordes Mensais (1933-2015)
DEZ	10 dias, 12/2011
JAN	12 dias, 01/1971
FEV	13 dias, 02/2003

2. Precipitação

O trimestre DJF2015-2016, período referente ao verão, apresentou 671,4mm de chuva acumulada, valor acima da média climatológica, que é de 627,6mm. Foi o 31º verão mais chuvoso desde DJF 1933-1934. O recorde de verão mais chuvoso é DJF 2009-2010, com 1255,8mm e o menos chuvoso é DJF 1940-1941 com 345,7mm.

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

- dezembro/2015: 172,8mm (a média climatológica, calculada de 1933-2015, é 181,3mm). Foi o 39º mês de dezembro em total de precipitação (do mais seco para o mais chuvoso).
- janeiro/2016: 168,5mm (a média climatológica, calculada de 1933-2015, é 231,9mm). Foi o 19º mês de janeiro em total de precipitação (do mais seco para o mais chuvoso).
- fevereiro/2016: 330,1mm (a média climatológica, calculada de 1933-2015, é 211,7mm). Foi o 78º 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 1991-2015, e de indicar a fração de aumento ou diminuição da precipitação com relação à média climatológica, destacando os meses do trimestre DJF2015-2016.

Na última linha da Tabela 5 é possível verificar valores de porcentagens que indicam o quanto cada um dos meses ficou acima da média climatológica. Os meses de dezembro/2015 e janeiro/2016 ficaram abaixo da média, respectivamente 7% e 27% abaixo. Já o mês de fevereiro ficou 56% acima da média climatológica.

Com relação ao número de dias com chuva (Figura 2), dezembro/2015 teve 25 dias de chuva (acima da média climatológica, que é de 19 dias); janeiro/2016 teve 19 dias de chuva (abaixo da média climatológica, que é de 21 dias) e fevereiro/2016 teve 20 dias de chuva (acima da média climatológica, que é de 19 dias).

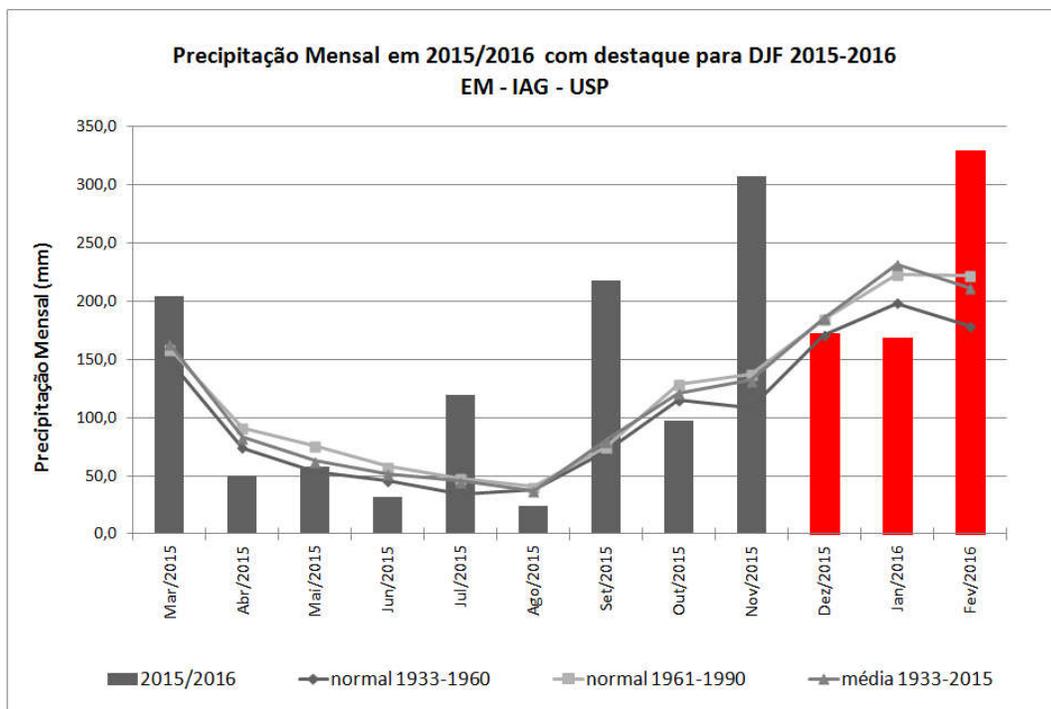


Figura 1 – Precipitação mensal acumulada (mm) entre março/2015 e fevereiro/2016 (barras). As barras destacadas em vermelho representam os meses DJF2015-2016. A linha com círculos representa a normal referente ao período 1933-1960, a linha com quadrados representa a normal do período de 1961 a 1990 e a linha com triângulos representa a média de 1933 a 2015.

Tabela 5 – Precipitação mensal acumulada (mm) para os meses de março/2015 a fevereiro/2016, com destaque em amarelo para DJF2015-2016, além das médias e normais e fração (%) de aumento ou diminuição com relação à média climatológica. Os meses marcados em vermelho tiveram total mensal acima da média climatológica e os meses marcados em azul tiveram total mensal abaixo da média climatológica. A última linha apresenta a diferença relativa (em porcentagem) entre a média climatológica da EM e a precipitação mensal.

	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 (1991-2015)	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 (1933-2015)	163,6	83,4	62,7	52,0	45,4	37,3	80,2	121,3	132,3	186,1	231,9	211,7
2015/2016	204,2	50,1	57,9	32,0	119,1	24,5	217,7	97,8	307,8	172,8	168,5	330,1
Fração %	25	-40	-8	-38	162	-34	172	-19	133	-7	-27	56

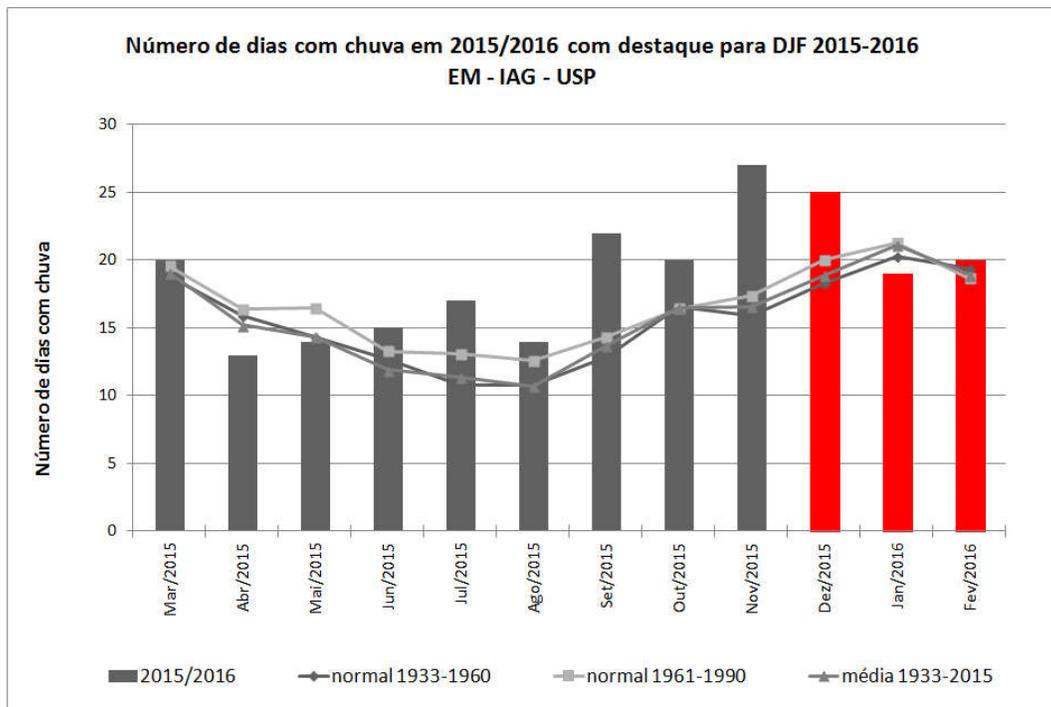


Figura 2 – Número de dias com chuva entre março/2015 e fevereiro/2016 (barras). As barras destacadas em vermelho representam os meses DJF2015-2016. A linha com círculos representa a normal 1933-1960, a linha com quadrados representa a normal 1961-1990 e a linha com triângulos representa a média 1933-2015.

Em termos climatológicos, a Figura 3a mostra que a precipitação acumulada no trimestre DJF ao longo de toda 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 o 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), com $t=5,4$ para a Figura 3a.

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

- dezembro/2015: $t=5,8$, tendência significativa;
- janeiro/2016: $t=3,9$, tendência significativa;
- fevereiro/2016: $t=2,6$, tendência significativa.

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

- DJF1933 até DJF1960: aumento de 83,4mm;
- DJF1961 até DJF1990: aumento de 89,5mm;
- DJF1991 até DJF2015-2016: aumento de 77,2mm;
- Total – DJF1933-1934 até DJF2015-2016: 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:

- DJF1940-1941: 345,7mm
- DJF1963-1964: 396,5mm
- DJF2013-2014: 352,5mm

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

- DJF1959-1960: 818,0mm
- DJF1994-1995: 994,0mm
- DJF2009-2010: 1255,8mm

Com relação ao número de dias com chuva, a equação de tendência apresentada na Figura 3b mostra uma tendência pouco significativa de aumento no total de dias com chuva, de modo que no teste T de Student, obteve-se $t=-0,2$.

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

- dezembro/2015: $t=-0,3$, tendência não-significativa;
- janeiro/2015: $t=1,5$, tendência não-significativa;
- fevereiro/2015: $t=-0,6$, tendência não-significativa.

Informações adicionais: no trimestre DJF2015-2016, o maior volume de chuva acumulado em apenas 24h foi de 74,2mm, observado em 15 de fevereiro de 2016. O maior acumulado em apenas 1h foi de 45,1mm e ocorreu entre 14h e 15h do dia 15 de fevereiro de 2016.

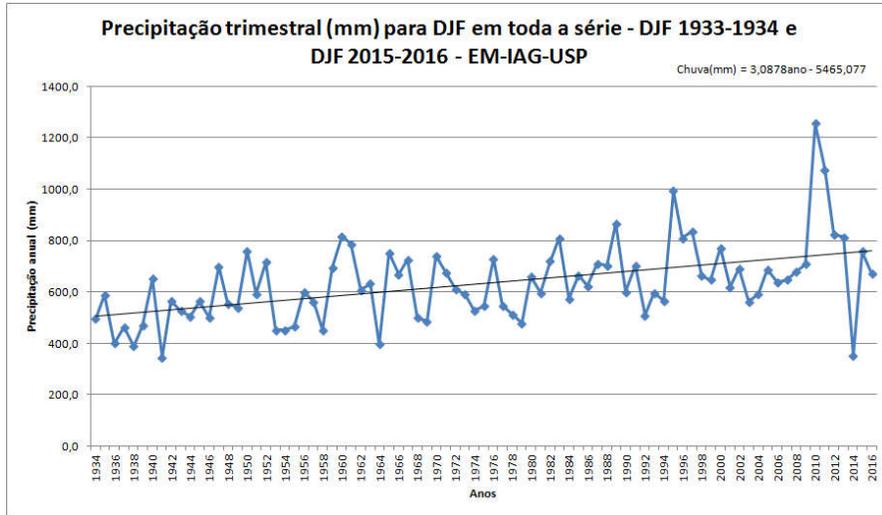
A maior sequência de dias com chuva ocorreu entre 19 de dezembro de 2015 e 3 de janeiro de 2016: 16 dias. E a maior sequência de dias sem chuva ocorreu entre 4 e 8 de janeiro de 2016: 5 dias.

Considerando a distribuição dos dias de chuva, em dezembro/2015 foram registrados 172,8mm em 25 dias de chuva (Figura 1 e Figura 2). Sendo assim, foram 6,9mm/dia, que é abaixo da média climatológica (9,5mm/dia, média climatológica de 181,3mm e 19 dias de chuva). A Figura 4a mostra a distribuição da chuva ao longo dos dias do mês de dezembro/2015, com destaque para 22 de dezembro (31,3mm de chuva, 18% do total do mês em questão).

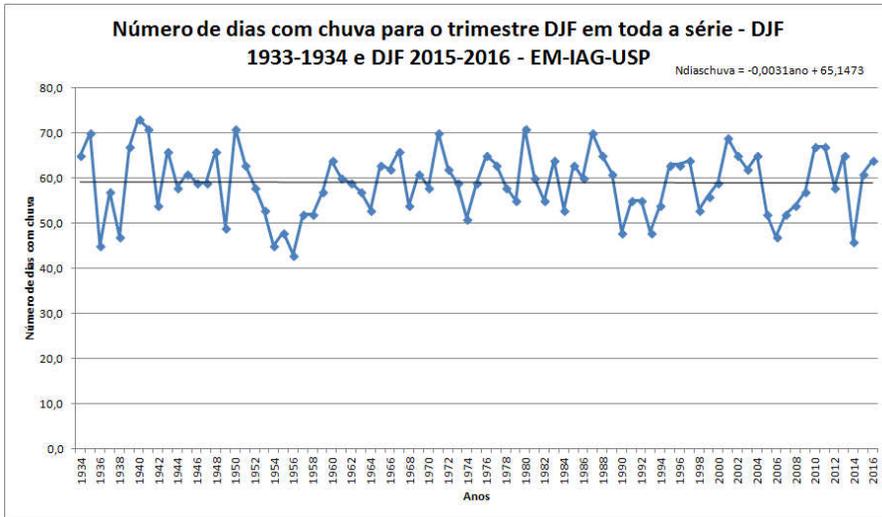
Em janeiro/2016 foram registrados 168,5mm de chuva em 19 dias (Figura 1 e Figura 2). Sendo assim, foram 8,9mm/dia, que é abaixo da média climatológica (11,0mm/dia, média climatológica de 231,9mm e 21 dias de chuva). A Figura 4b mostra a distribuição da chuva ao longo dos dias do mês de janeiro/2016, com destaque para 27 de janeiro (39,3mm de chuva, 23% do total do mês em questão).

Em fevereiro/2016 foram registrados 330,1mm em 20 dias de chuva (Figura 1 e Figura 2). Sendo assim, foram 16,5mm/dia, que é acima da média climatológica (11,1mm/dia, média climatológica de 211,7mm e 19 dias de chuva). A Figura 4c mostra a distribuição da chuva ao

longo dos dias do mês de fevereiro/2016, com destaque para 15 de fevereiro (74,2mm de chuva, 22% 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 (1933-2015) (a);

Número de dias de chuva no trimestre DJF ao longo de toda a série (1933-2015) (b).

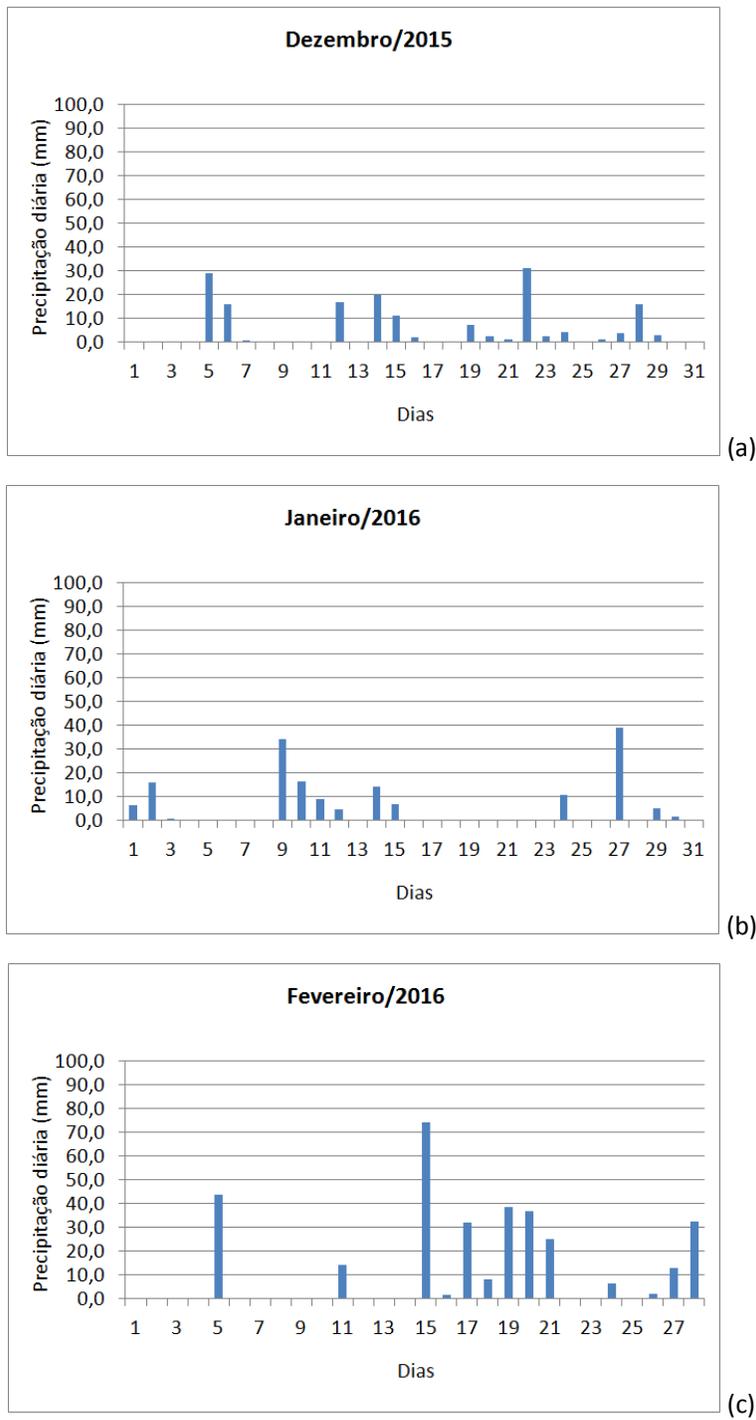


Figura 4 – Precipitação diária ao longo dos meses do trimestre DJF2015-2016: dezembro/2015(a); janeiro/2016(b) e fevereiro/2016(c).

3. Temperatura

A temperatura média de DJF2015-2016 foi 23,0°C, acima da média climatológica entre 1933 e 2015 que é de 21,4°C. Ao levar em conta a temperatura média máxima, o trimestre DJF2015-2016 registrou 29,2°C (também acima da média climatológica, que é 27,3°C). E considerando a temperatura média mínima, o trimestre DJF2015-2016 registrou o valor 19,2°C (acima da média climatológica, que é 17,5°C).

Levando em consideração a temperatura média, a temperatura média máxima e a temperatura média mínima do trimestre DJF2015-2016, tem-se o seguinte:

- Temperatura média: 23,0°C. Foi o 4º verão com maior temperatura média, ao lado de DJF2002-2003 e DJF2000-2001. O maior valor foi registrado em DJF2013-2014, com 23,6°C e o menor valor em DJF1942-1943, com 19,5°C.
- Temperatura média máxima: 29,2°C. É a 4º maior temperatura média máxima de um trimestre de verão. A maior temperatura média máxima ocorreu em DJF2013-2014 e foi igual a 30,6°C. A menor ocorreu em DJF1951-1952 (25,3°C).
- Temperatura média mínima: 19,2°C. É a 2º maior temperatura média mínima de um trimestre de verão. O maior valor foi observado no verão de 1997-1998, com 19,4°C e o menor valor em DJF 1942-1943, com 15,5°C.

A Figura 5 mostra a temperatura média mensal de março/2015 até fevereiro/2016, com destaque para o trimestre DJF2015-2016. É possível observar que todos os meses do trimestre apresentaram média mensal acima da média climatológica, conforme já discutido.

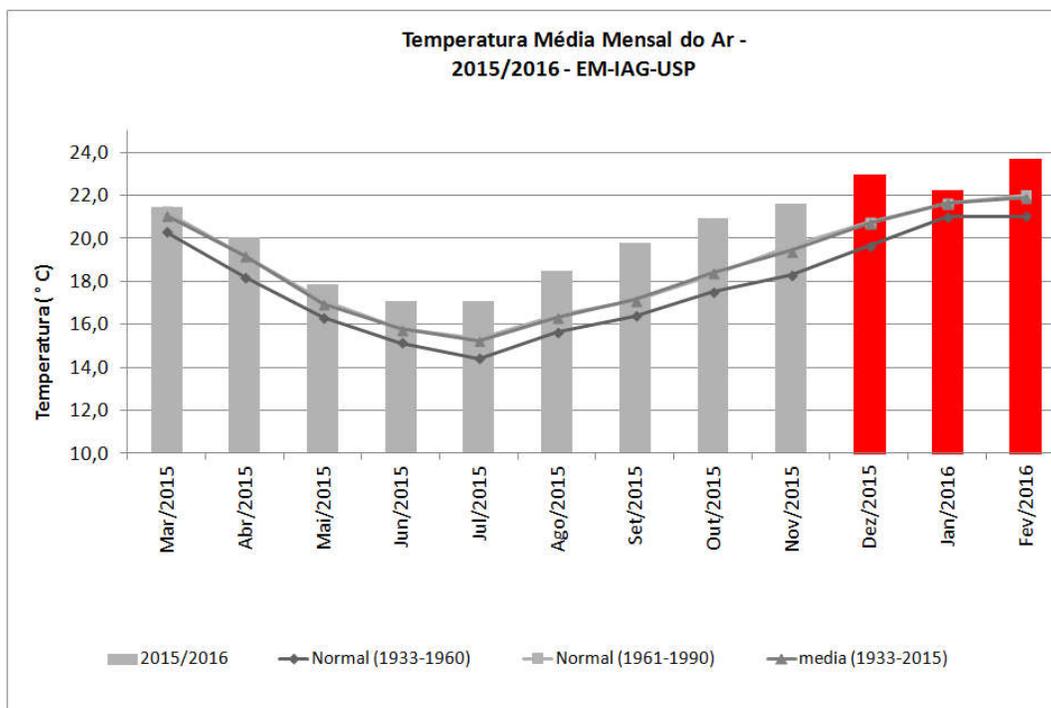


Figura 5 – Temperatura média mensal (°C) entre março/2015 e fevereiro/2016 (barras). As barras destacadas em vermelho representam os meses DJF2015-2016. A linha com círculos representa a normal 1933-1960, a linha com quadrados representa a normal 1961-1990 e a linha com triângulos representa a média 1933-2015.

A maior temperatura registrada no período foi de 35,3°C e foi registrada em 1 de fevereiro, valor indicado na Figura 6. A maior temperatura já registrada em um trimestre DJF desde DJF 1933-1934 foi 36,2°C, em 19 de janeiro de 2015 (DJF 2014-2015, ou seja, no verão anterior).

A Figura 6 mostra também os máximos absolutos de temperatura para o trimestre DJF2015-2016. Tem-se:

- Dezembro: 34,4°C em 15 de dezembro;
- Janeiro: 34,7°C em 25 de janeiro;
- fevereiro: 35,3°C em 1 de fevereiro.

Em DJF2015-2016, foram registrados 40 dias com temperatura acima de 30,0°C (Figura 7), acima da média climatológica (24 dias). Considerando cada um dos meses separadamente, na Figura 7, observa-se que cada um dos meses teve total de dias com temperatura maior que 30,0°C acima das respectivas médias climatológicas.

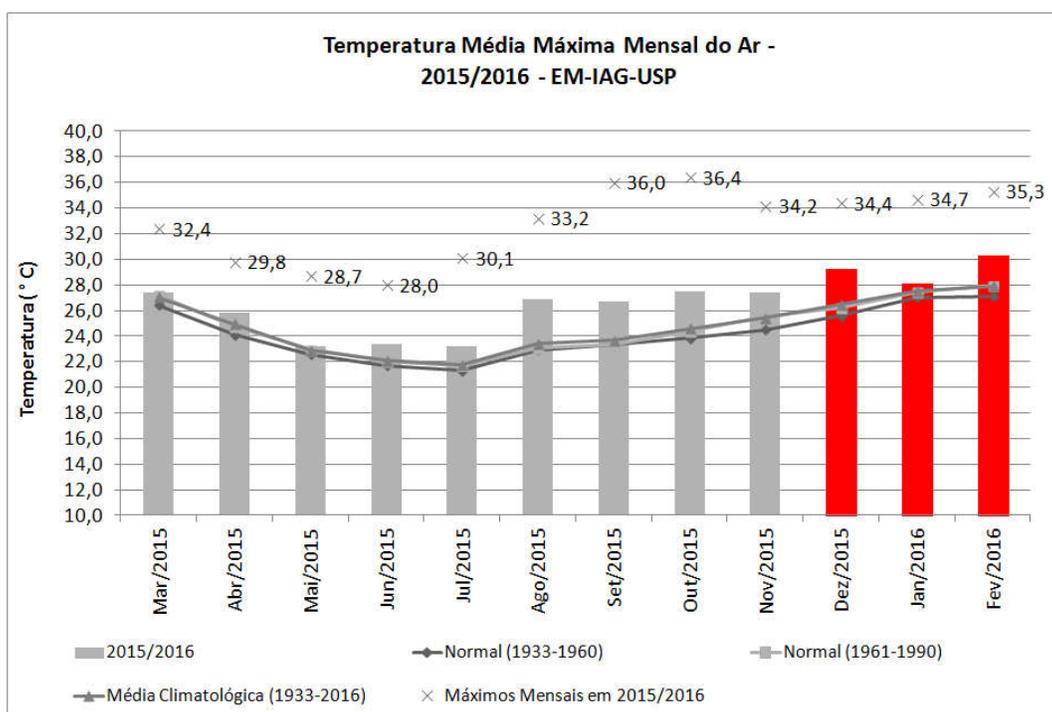


Figura 6 – Temperatura média máxima mensal (°C) entre março/2015 e fevereiro/2016 (barras). As barras destacadas em vermelho representam os meses DJF2015-2016. A linha com círculos representa a normal 1933-1960, a linha com quadrados representa a normal 1961-1990 e a linha com triângulos representa a média 1933-2015. 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. Realizando o teste T de Student, temos $t=5,9$ (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 aproximada de pouco mais de 2 dias por década.

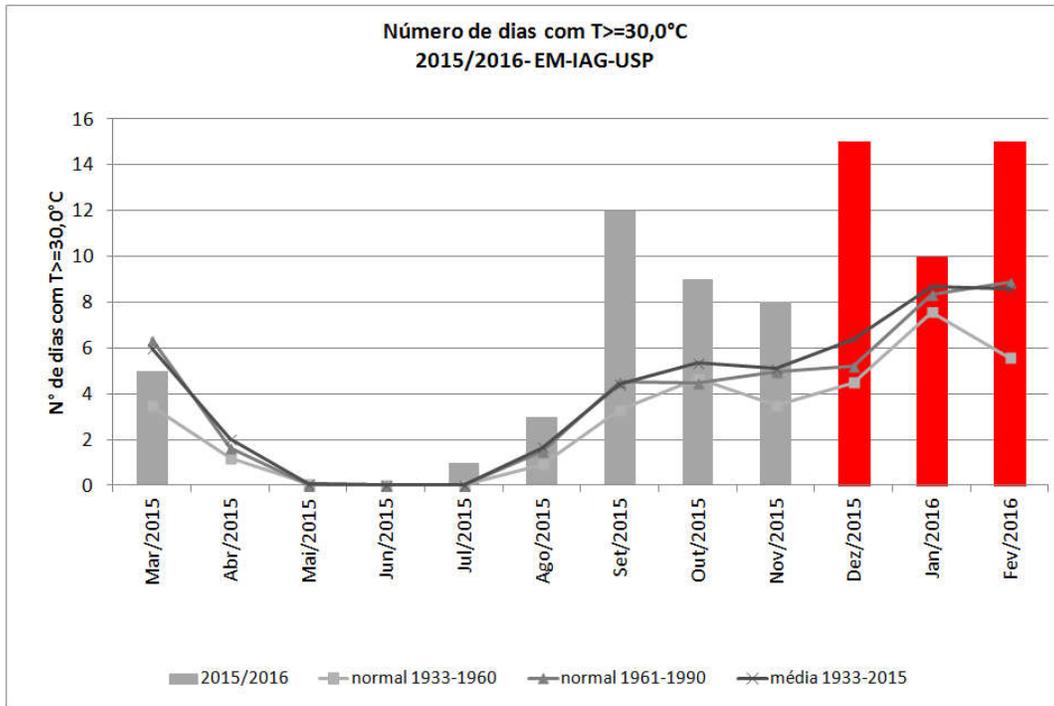


Figura 7 – Número de dias com temperatura acima de 30°C entre março/2015 e fevereiro/2016 (barras). As barras destacadas em vermelho representam os meses DJF2015-2016. A linha com círculos representa a normal 1933-1960, a linha com quadrados representa a normal 1961-1990 e a linha com triângulos representa a média 1933-2015.

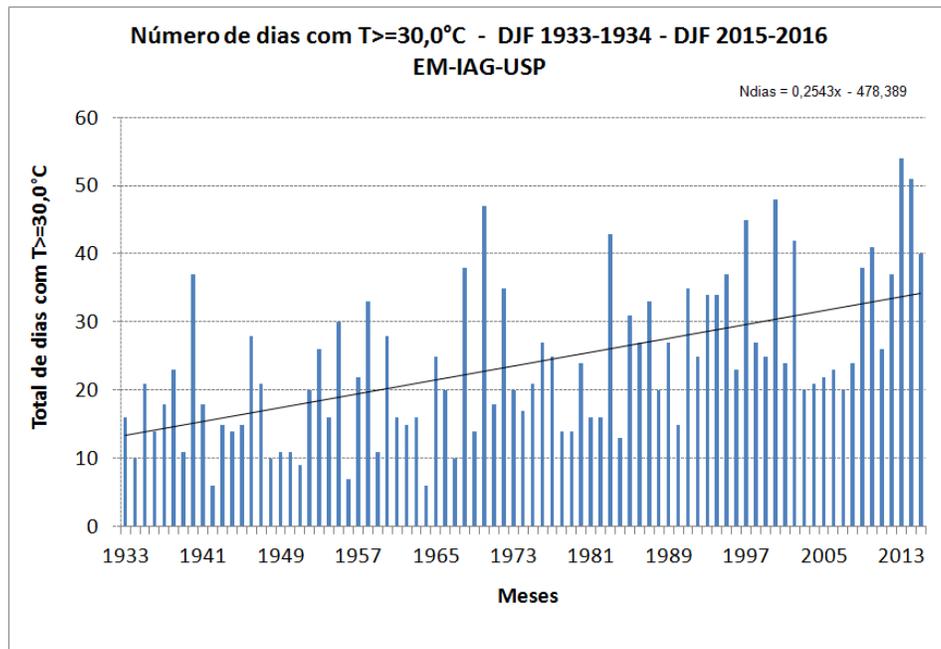


Figura 8 – Número de dias com $T \geq 30,0^\circ\text{C}$ em todos os trimestres DJF (verão) desde 1933.

A maior amplitude térmica (maior diferença entre temperatura máxima e mínima em um mesmo dia) foi 16,6°C e ocorreu em 25 de janeiro (mínima de 18,1°C e máxima de 34,7°C) e em 1 de fevereiro (mínima de 18,7°C e máxima de 35,3°C). Já a menor amplitude térmica ocorreu em 30 de dezembro: 2,1°C (mínima de 20,2°C e máxima de 22,3°C).

A temperatura média mínima mensal ficou acima da média climatológica em todos os meses do trimestre DJF2015-2016 (Figura 9).

A Figura 9 mostra também os mínimos absolutos de temperatura para o verão DJF 2015-2016. Tem-se:

- Dezembro: 16,4°C em 1 de dezembro;
- Janeiro: 14,4°C em 17 de janeiro;
- Fevereiro: 16,9°C em 2 de fevereiro.

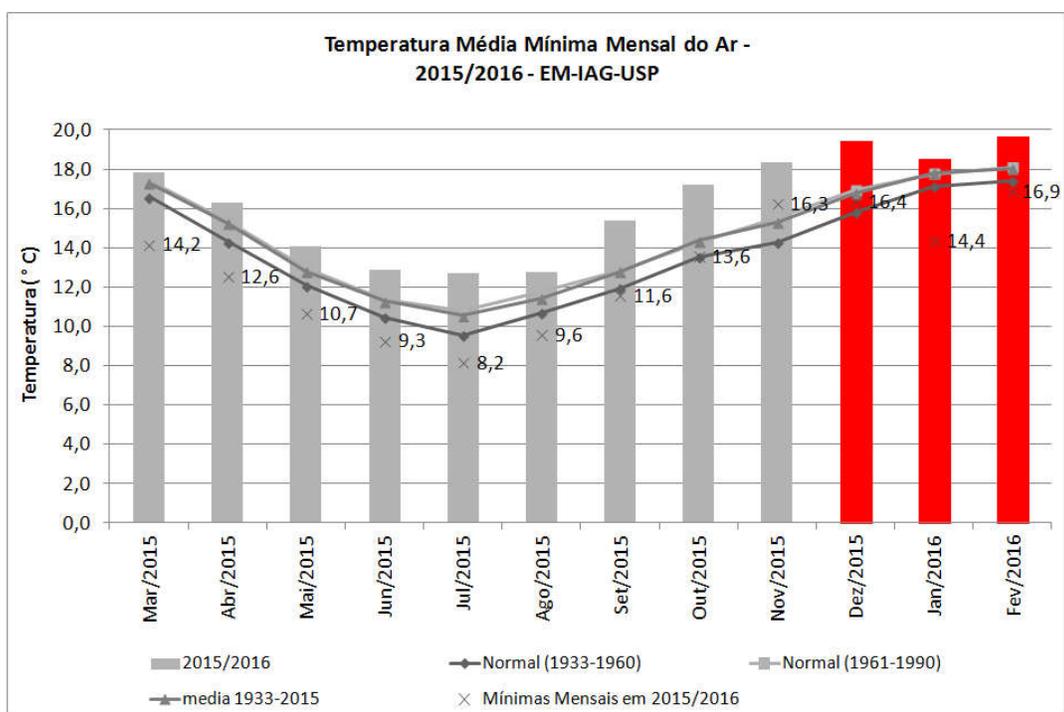


Figura 9 – Temperatura média mínima mensal (°C) entre março/2015 e fevereiro/2016 (barras). As barras destacadas em vermelho representam os meses DJF2015-2016. A linha com círculos representa a normal 1933-1960, a linha com quadrados representa a normal 1961-1990 e a linha com triângulos representa a média 1933-2015. As marcações em X mostram as temperaturas mínimas mensais ao longo do período

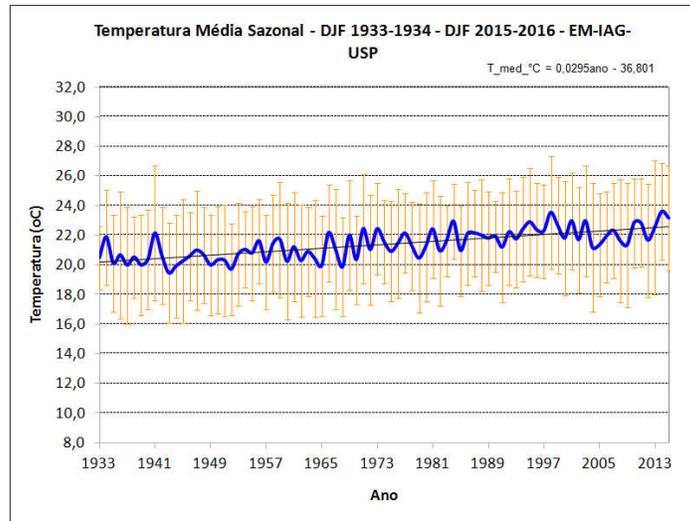
Na Figura 10 apresenta-se a série histórica da temperatura para os meses de verão, além do ajuste linear que permite verificar as tendências de variação. Observa-se que há tendência de elevação da temperatura média (Figura 10a), média máxima (Figura 10b) e média mínima (Figura 10c) para o trimestre DJF1933-1934 até DJF2015-2016.

No caso da temperatura média do trimestre (Figura 10a), o teste T de Student indica que a tendência é significativa para um nível de 95% de confiança ($t=8,3$). Sendo assim, o ajuste

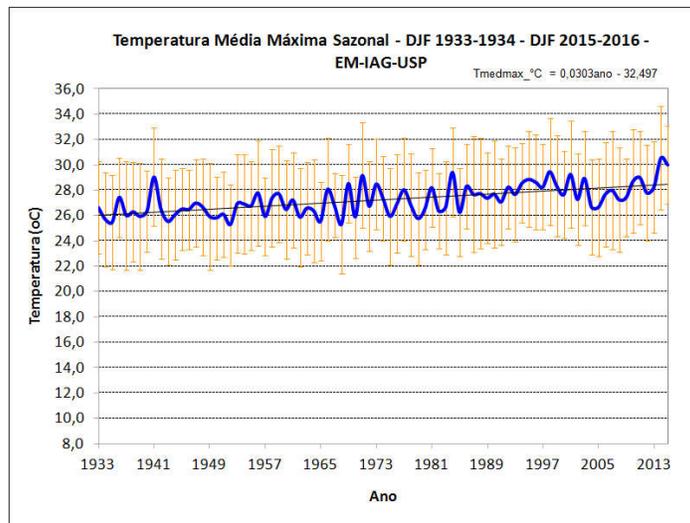
linear expresso pela equação na Figura 10a representa bem a evolução da temperatura média para o trimestre DJF.

No caso da temperatura média máxima do trimestre (Figura 10b), o teste T de Student também indica que a tendência é significativa para um nível de 95% de confiança ($t=6,5$). Sendo assim, o ajuste linear expresso pela equação na Figura 10b representa bem a evolução da temperatura média máxima para o trimestre DJF.

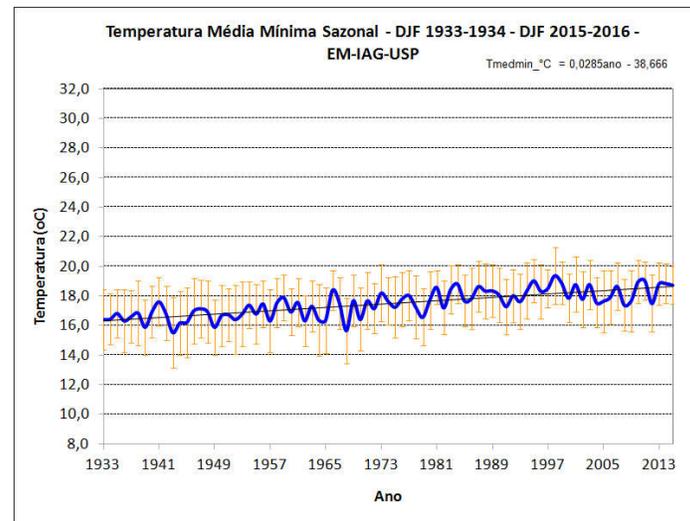
No caso da temperatura média mínima do trimestre (Figura 10c), o teste T de Student indica que a tendência é significativa para um nível de 95% de confiança ($t=9,6$). Sendo assim, o ajuste linear expresso pela equação na Figura 10c representa bem a evolução da temperatura média mínima para o trimestre DJF.



(a)



(b)



(c)

Figura 10 – Temperatura média (a), média máxima (b) e média mínima (c) sazonal para o verão (DJF) de DJF1933 a DJF2015-2016 (curva azul). 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 10a, Figura 10b e Figura 10c e levando em consideração as equações de ajuste linear expostas em cada um dos gráficos, tem-se que:

- de 1933 a 1960: houve um aumento médio de 0,8°C para a temperatura média do ar próximo da superfície, 0,8°C para a média máxima e 0,8°C para a média mínima;
- de 1961 a 1990: houve um aumento de 0,9°C para a temperatura média, 0,9°C para a média máxima e 0,8°C para a média mínima;
- de 1991 a 2015: houve um aumento de 0,7°C para a temperatura média, 0,8°C para a média máxima e 0,7°C para a média mínima;
- de 1933 a 2015: houve um aumento de 2,4°C para a temperatura média, 2,5°C para a média máxima e 2,3°C para a média mínima.

4. Umidade relativa do ar

Com relação à média mensal de umidade relativa em DJF2015-2016, os meses de do trimestre ficaram abaixo da média climatológica, (Figura 11). O mesmo quadro foi observado com relação à média dos valores mínimos de umidade relativa, que aqui é denominada umidade relativa média mínima mensal (Figura 12).

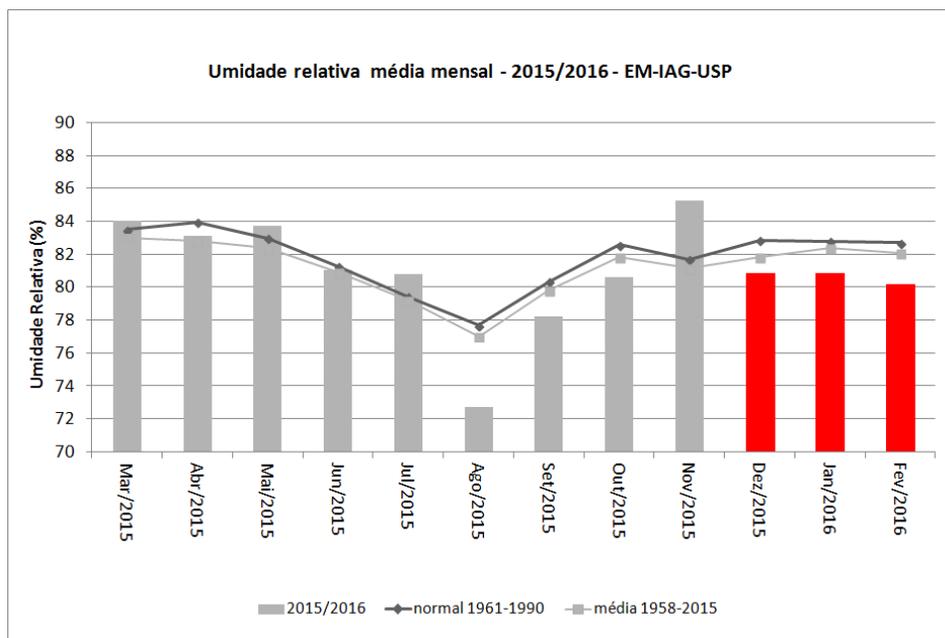


Figura 11 – Umidade relativa média mensal (%) entre março/2015 e fevereiro/2016 (barras). As barras destacadas em vermelho representam os meses DJF2015-2016. A linha com círculos representa a normal 1961-1990, a linha com quadrados representa a média 1958-2015.

A Figura 12 também indica os mínimos de umidade relativa do período de março/2015 a fevereiro/2016. Destacando o período DJF2015-2016, temos os seguintes mínimos mensais:

- Dezembro: 36%, em 18 de dezembro;

- Janeiro: 36%, em 18 de janeiro;
- Fevereiro: 28%, em 1 de fevereiro.

No trimestre, foram registrados 5 dias com umidade relativa abaixo de 40%, valor abaixo da média climatológica (8 dias). A Figura 13 indica o total de dias com umidade relativa abaixo de 40% no período de março/2015 a fevereiro/2016, com destaque para o trimestre DJF2015-2016. Na Figura 13, o maior destaque para dezembro/2015, com 3 dias com essa característica (mesmo valor que a média climatológica).

Foi registrado apenas um dia com umidade relativa abaixo de 30%. Foi no dia 1 de fevereiro, com 28%.

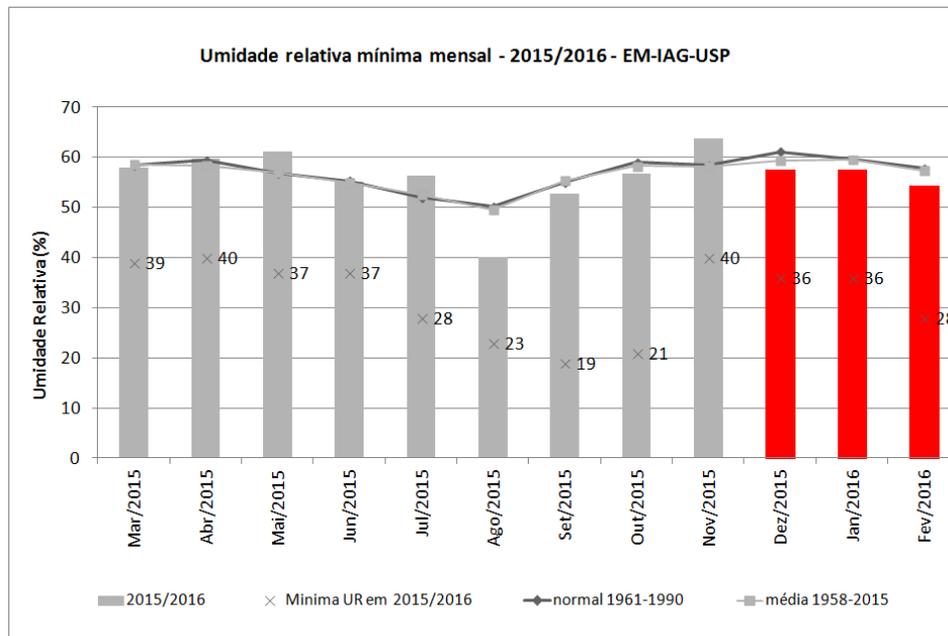


Figura 12 – Umidade relativa média mínima mensal (%) entre março/2015 e fevereiro/2016 (barras). As barras destacadas em vermelho representam os meses DJF2015-2016. A linha com círculos representa a normal 1961-1990, a linha com quadrados representa a média 1958-2015. As marcas em X representam os menores valores mensais do trimestre.

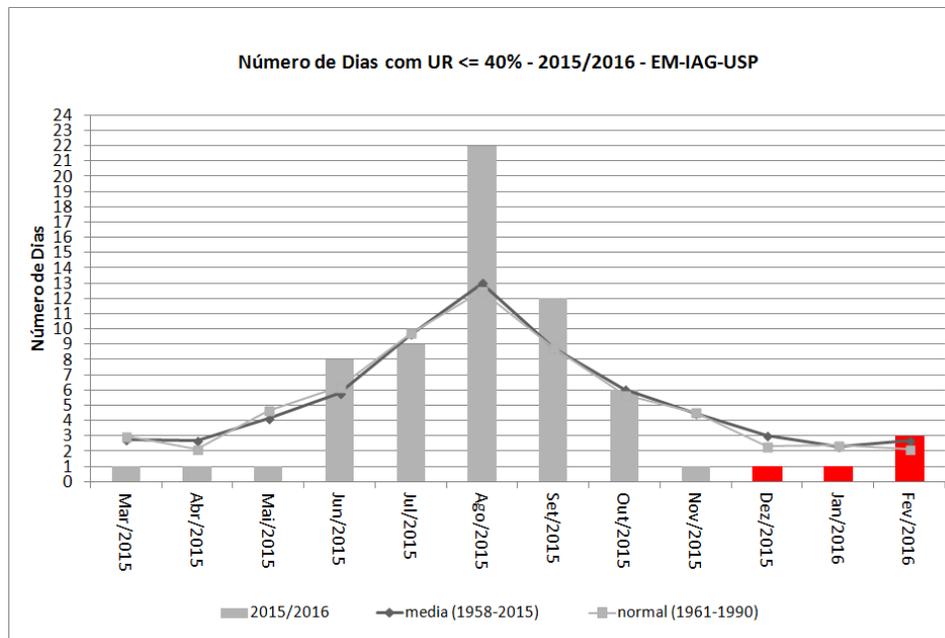


Figura 13 – Número de dias com baixa umidade relativa (abaixo de 40%) entre março/2015 e fevereiro/2016 (barras). As barras destacadas em vermelho representam os meses DJF2015-2016. A linha com círculos representa a normal 1961-1990, a linha com quadrados representa a média 1958-2015.

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 DJF1958 (Figura 14), verifica-se que $t=2,8$, a tendência é significativa (espera-se $|t|>2,0$, para um nível de confiança de 95%). Portanto, o ajuste linear apresentado na Figura 14 sugere um leve aumento no total de dias com umidade relativa do ar abaixo de 40%.

Observando a Figura 14, destacam-se os seguintes trimestres DJF com muitos dias de baixa umidade relativa desde DJF1957-1958:

- DJF1970-1971: 22 dias;
- DJF2002-2003: 21 dias.

Ainda observando a Figura 14, destacam-se os seguintes trimestres DJF com poucos dias de baixa umidade relativa desde DJF1957-1958:

- DJF1962-1963: 0 dia;
- DJF1966-1967; DJF1969-1970; DJF1984-1985 e DJF 1988-1989: 1 dia;
- DJF1997-1998: 2 dias.

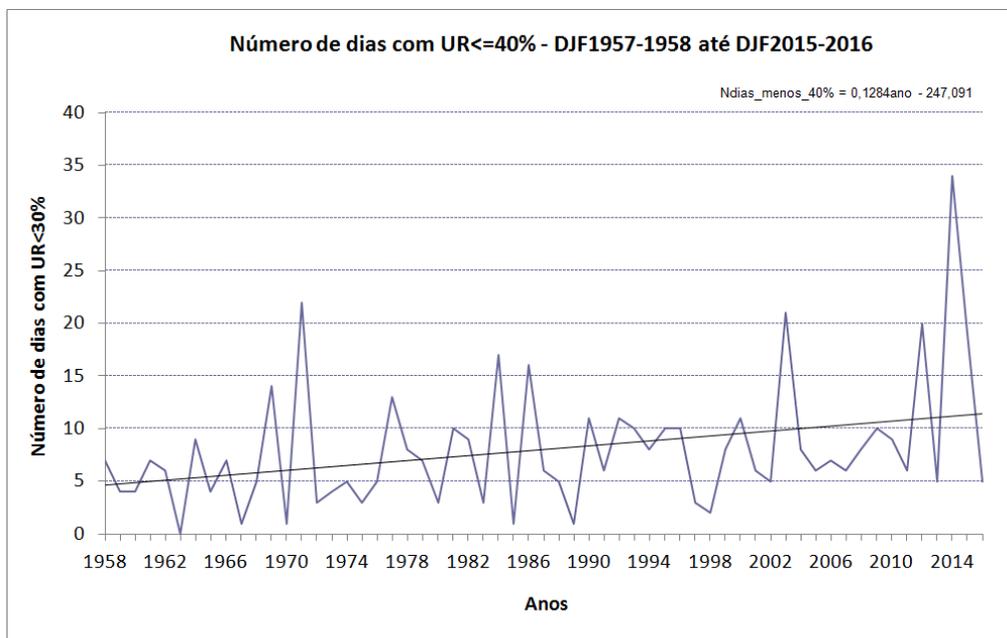


Figura 14 – Número anual de dias com UR<=40% em todos os períodos de Verão (DJF) de DJF1957-1958 até DJF2015-2016. Em preto, a linha de tendência.

5. Garoa

Durante DJF2015-2016 foram registrados 37 dias com garoa, acima da média climatológica (22 dias). De acordo com a Figura 15, em dezembro/2015 foram registrados 10 dias de garoa (acima da média, que é de 9 dias), em janeiro/2016 houve 13 dias com garoa (acima da média, que é de 7 dias) e em fevereiro/2016 foram 10 dias com garoa (acima da média, que é de 6 dias).

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 16) o que foi comprovado pelo teste de T de Student, com $t=0,4$. Sendo assim, não há nenhum indício de que o número de dias com garoa tenha aumentado ou diminuído ao longo dos anos durante o verão.

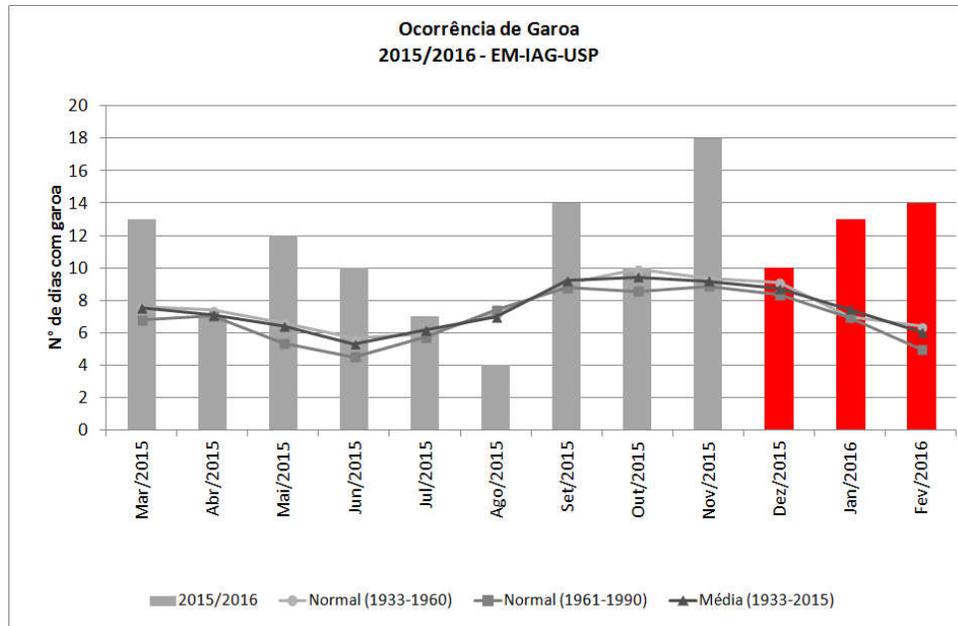


Figura 15 – Número de dias com garoa entre março/2015 e fevereiro/2016 (barras). As barras destacadas em vermelho representam os meses DJF2015-2016. A linha com círculos representa a normal 1933-1960, a linha com quadrados representa a normal 1961-1990 e a linha com triângulos representa a média 1933-2015.

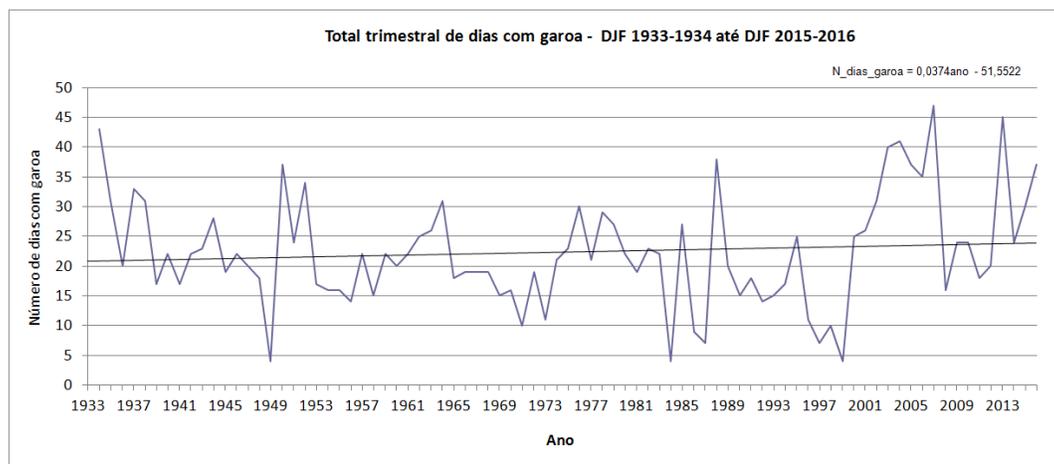


Figura 16 – Número de dias com garoa no trimestre DJF1933-1934 até DJF2015-2016.

6. Orvalho

Durante o trimestre DJF2015-2016 foram registrados 35 dias com orvalho enquanto que a média climatológica para esta estação é de 27 dias. De acordo com a Figura 17, em dezembro/2015 foram registrados 3 dias com orvalho (abaixo da média, que é de 8 dias), em janeiro/2016 houve 14 dias (abaixo da média, que é de 9 dias) e em fevereiro/2016 foram 13 dias com orvalho (acima da média, que é de 10 dias).

Com relação a todos os trimestres de verão desde DJF1957-1958, quando o fenômeno passou a ser registrado, a equação de tendência aponta um grande aumento na quantidade de orvalho desde então (Figura 18), o que foi comprovado pelo teste de T de Student, com $t=8,5$. Sendo assim, há indício de aumento no total de dias de ocorrência de orvalho ao longo da série climatológica, durante o verão.

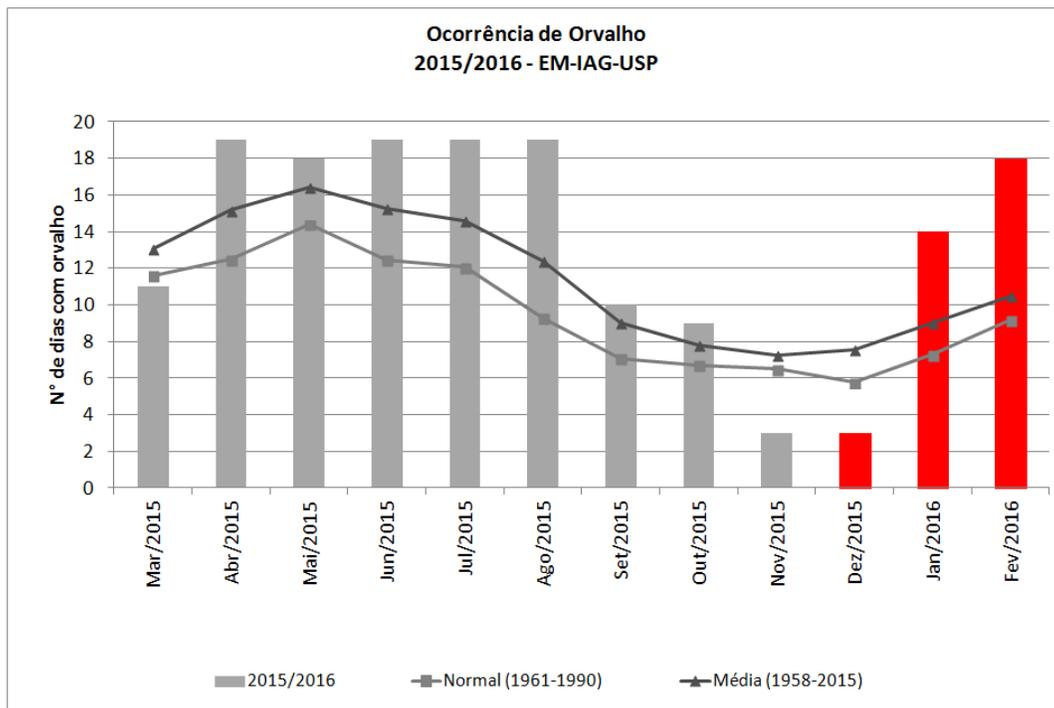


Figura 17 – Número de dias com orvalho entre março/2015 e fevereiro/2016 (barras). As barras destacadas em vermelho representam os meses DJF2015-2016. A linha com quadrados representa a normal 1961-1990 e a linha com triângulos representa a média 1958-2015.

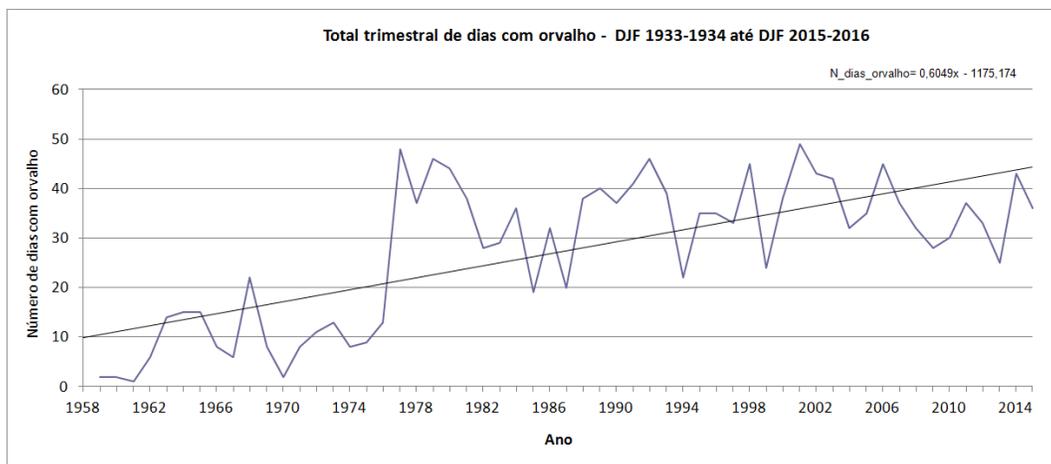


Figura 18 – Número de dias com orvalho no trimestre DJF1957-1958 até DJF2015-2016.

7. Nevoeiro

Durante o trimestre DJF2015-2016, foram registrados apenas 4 dias com nevoeiro, sendo que a média climatológica para a verão é de 16 dias. Todos os meses do trimestre apresentaram menos dias de nevoeiro do que as respectivas médias climatológicas (Figura 19).

Analisando o número de dias com nevoeiro em todos os trimestres de verão desde DJF1933-1934 (Figura 20), 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 20 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 21 dias na ocorrência de nevoeiro no trimestre DJF, de DJF1933-1934 até DJF2015-2016.

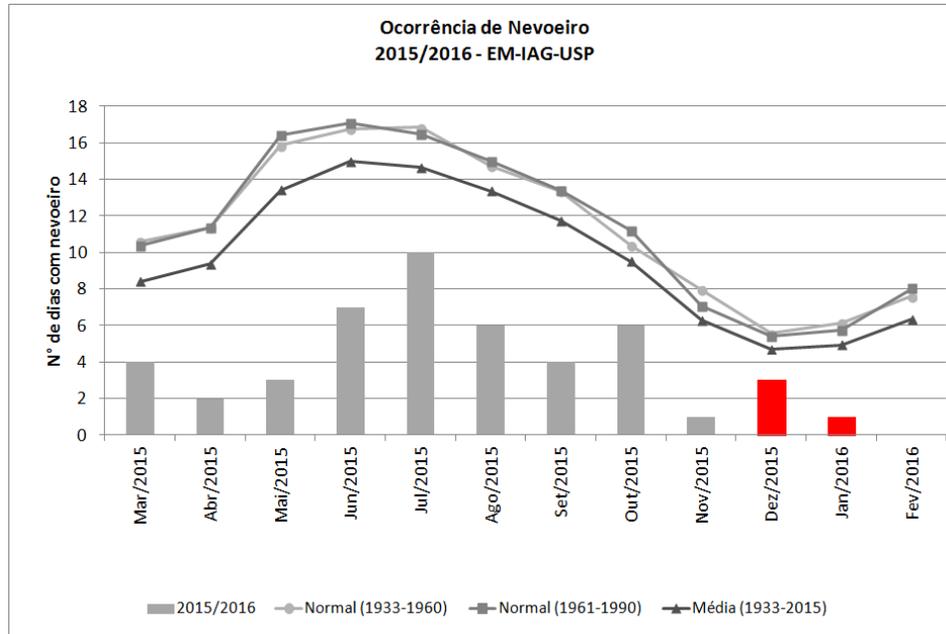


Figura 19 - Número de dias com neveiro entre março/2015 e fevereiro/2016 (barras). As barras destacadas em vermelho representam os meses DJF2015-2016. A linha com círculos representa a normal 1933-1960, a linha com quadrados representa a normal 1961-1990 e a linha com triângulos representa a média 1933-2015.

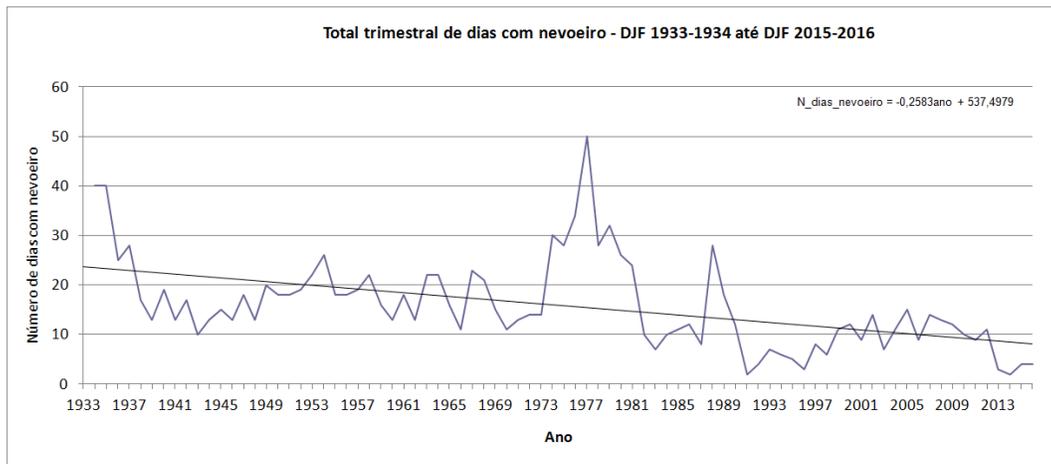


Figura 20 – Número de dias com neveiro no trimestre DJF1933-1934 até DJF2015-2016.

8. Trovoadas

Foram registrados 37 dias com trovoada no trimestre DJF2015-2016, valor muito próximo da média climatológica, que é de 39 dias (Figura 21). De acordo com a Figura 21, em dezembro/2015 foram registrados 14 dias com trovoadas (acima da média, que é de 10 dias), em janeiro/2016 houve 6 dias com trovoadas (abaixo da média, que é de 14 dias) e em fevereiro/2016 foram 15 dias com trovoadas (ligeiramente acima da média, que é de 14 dias).

A Figura 22 indica o total de dias nos quais se registraram trovoadas nos trimestres de DJF1957-1958 até DJF2015-2016. É possível verificar flutuações, mostrando trimestres com

mais ou com menos trovoadas. Analisando todos os trimestres DJF de DJF1958 até DJF2015-2016 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 $t=2,2$.

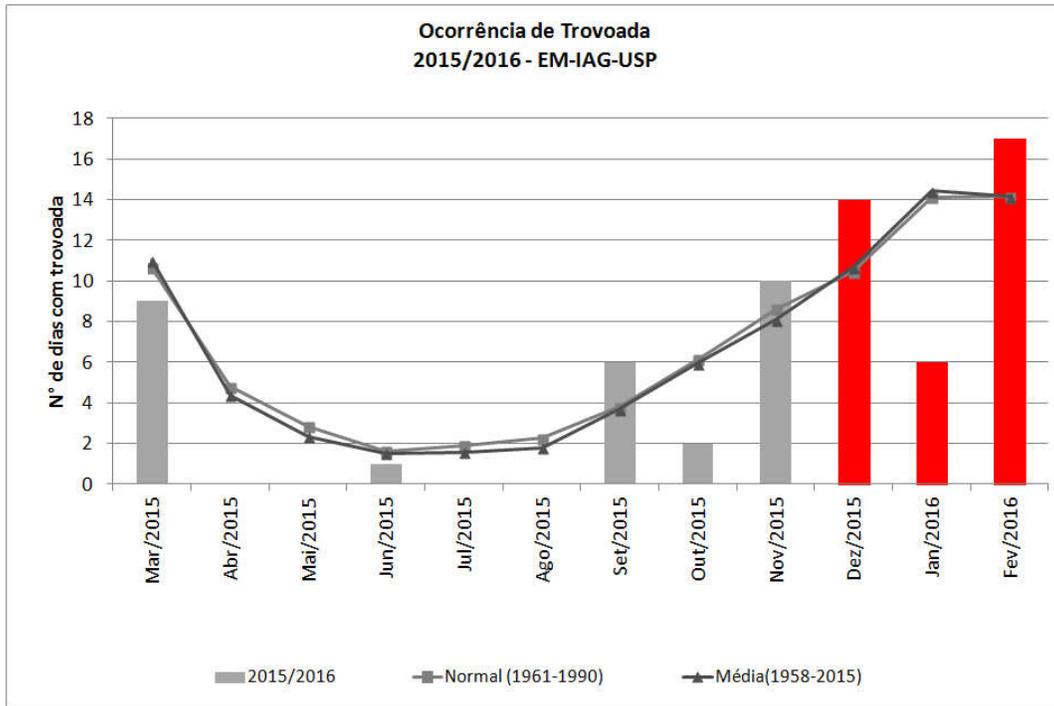


Figura 21 – Número de dias com trovoada entre março/2015 e fevereiro/2016 (barras). As barras destacadas em vermelho representam os meses DJF2015-2016. A linha com quadrados representa a normal 1961-1990 e a linha com triângulos representa a média 1958-2015.

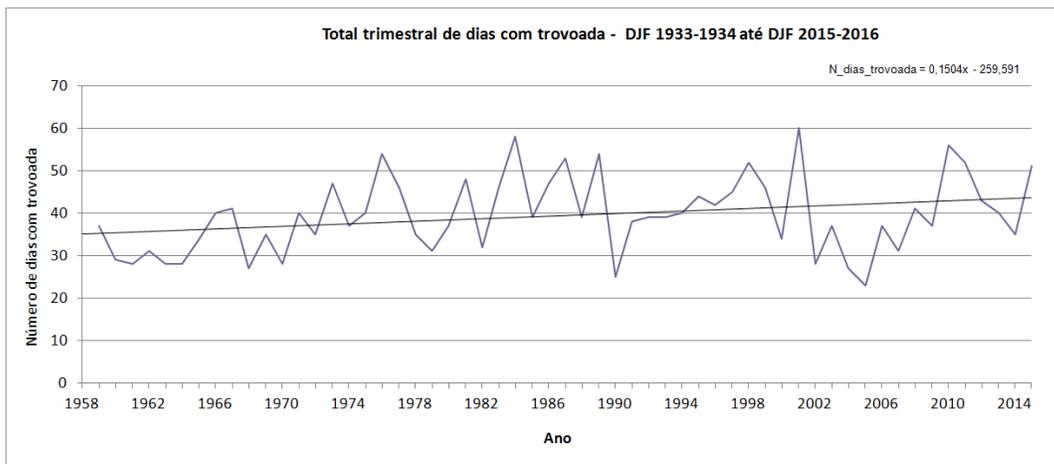


Figura 22 – Número de dias com trovoada no trimestre DJF1957-1958 até DJF2015-2016.

9. Radiação Solar Total

Dezembro/2015 foi o único mês do trimestre que apresentou radiação solar total abaixo da média climatológica, enquanto janeiro/2016 e fevereiro/2016 registraram radiação solar total ligeiramente acima da média climatológica (Figura 23).

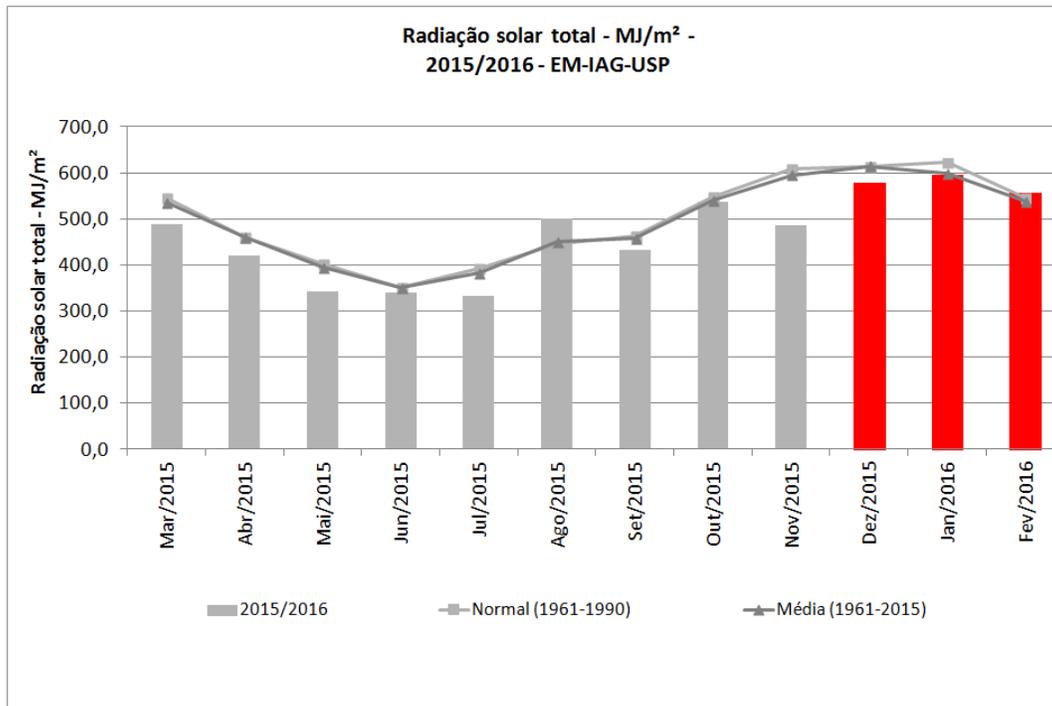


Figura 23 – Radiação Solar Total (MJ/m²) entre dezembro/2015 e fevereiro/2016 (barras). As barras destacadas em vermelho representam os meses DJF2015-2016. A linha com quadrados representa a normal 1961-1990 e a linha com triângulos representa a média 1961-2015.

10. Insolação

Com relação ao total de horas de brilho solar dos meses do trimestre DJF2015-2016 (Figura 24), os meses de dezembro/2015 e janeiro/2016 ficaram abaixo da média climatológica, enquanto o mês de fevereiro/2016 apresentou horas de brilho solar ligeiramente acima da média.

A Figura 25 por sua vez, mostra o número de horas de brilho solar médio diário (ou seja, dividido pelo total de dias do mês).

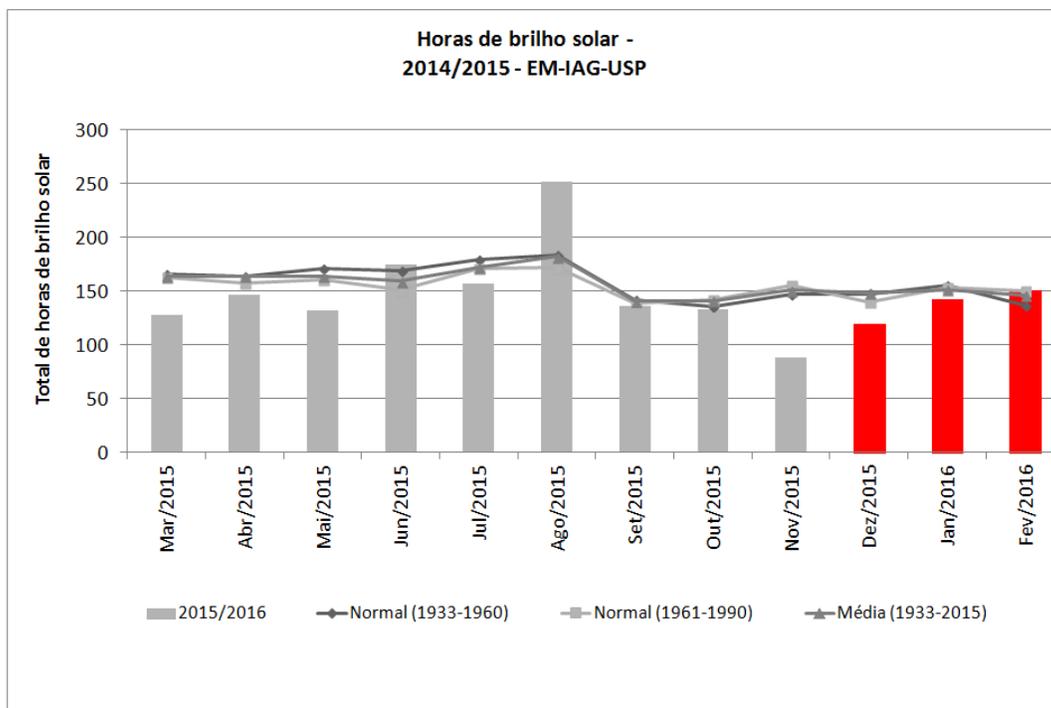


Figura 24 – Totais de horas mensais de brilho solar entre dezembro/2015 e fevereiro/2016 (barras). As barras destacadas em vermelho representam os meses DJF2015-2016. A linha com círculos representa a normal 1933-1960, a linha com quadrados representa a normal 1961-1990 e a linha com triângulos representa a média 1933-2015.

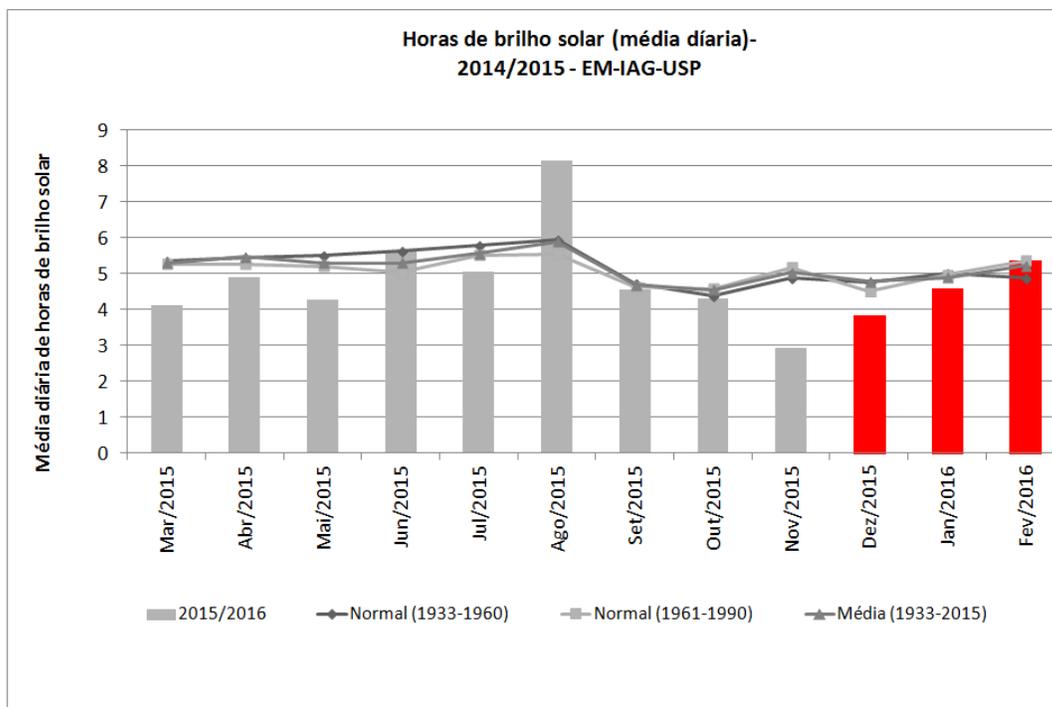


Figura 25 – Médias diárias de totais de horas de brilho solar entre dezembro/2015 e fevereiro/2016 (barras). As barras destacadas em vermelho representam os meses DJF2015-2016. A linha com círculos representa a normal 1933-1960, a linha com quadrados representa a normal 1961-1990 e a linha com triângulos representa a média 1933-2015.