

O BALANÇO HÍDRICO EM CAMPO MOURÃO E OS SISTEMAS ATMOSFÉRICOS

Victor da Assunção BORSATO¹

Resumo

A cidade de Campo Mourão é atravessada pelo paralelo 24° S, nas proximidades do trópico de Capricórnio e em uma região de transição climática. A região é essencialmente agrícola e o estudo da disponibilidade de água no solo ao longo de uma série é mais um elemento disponível para as cooperativas de agricultores e para pesquisadores. O balanço hídrico foi executado para a série histórica de 2000 a 2010 com a utilização da temperatura média decenal e a chuva acumulada no mesmo período. As chuvas se distribuíram irregularmente ao longo dos anos da série e os principais fatores responsáveis pelas irregularidades foram El Niño, a La Niña, assim como a dinâmica dos sistemas atmosféricos. As irregularidades ocorreram na altura e na distribuição das chuvas, por isso o balanço hídrico acusou déficit hídrico nos meses de fevereiro a novembro e a falta de água no solo não foi superior a três meses consecutivos. A deficiência hídrica não ultrapassou 25mm. Analisou-se a dinâmica dos sistemas atmosféricos nos períodos em que o BH acusou falta de água no solo. Os resultados mostraram que a massa de ar Tropical continental é a principal geradora de dias quentes e com baixa pluviosidade.

Palavras-chave: Climatologia. Água no solo. Sistema atmosférico.

Summary

The water balance in Campo Mourão and the atmospheric systems

The city of Campo Mourão is crossed by the 24°S parallel, close to the Tropic of Capricorn and in a region of climate transition. The main aim of this study was to verify the availability of water in the soil, identifying the periods of water shortage and then, investigate the genesis on the atmospheric systems. The water balance (WB) was performed for the series from the year 2000 to 2010, using the ten-day average temperature and the total rainfall over the same period. Rainfalls were unevenly distributed over the years of the series and the main factors responsible for that were the El Niño, the La Niña, as well as the dynamics of weather systems. The irregularities occurred in the level and distribution of the rainfall, so, the water balance shown a water shortage in the months from February to November, and the lack of water in the soil was not present for more than three consecutive months. Water deficit did not exceed 25mm. The weather system dynamics were analyzed in the periods in which the WB showed lack of water in the soil. The results showed that the continental Tropical air mass is the main generator of hot days with low rainfall.

Key words: Climatology. Soil water. Atmospheric system.

¹ Professor Adjunto do Departamento de Geografia da UEPR – Campus de Campo Mourão – E-mail: victorb@fecilcam.br

INTRODUÇÃO

O Balanço Hídrico (BH) é um sistema contábil que nos fornece o volume de água disponível no solo para o vegetal. Ele contabiliza a entrada e a saída de água do solo. As informações de ganho, perda e armazenamento são representadas em um gráfico denominado de *extrato do BH*.

O BH é uma metodologia simples e adequada para aferir a disponibilidade de água para as plantas. A entrada se dá pela precipitação ou por irrigação e a remoção ou a saída se dá pela evapotranspiração ou pela drenagem. Os solos de textura arenosa têm uma capacidade de armazenamento um pouco menor que a dos argilosos. Esta capacidade é a máxima quantidade de água utilizável pelas plantas que pode ser armazenada na sua zona radicular. Por isso, para cada tipo de cultivo se adota um valor em mm.

Thorntwaite (1948) teve o grande mérito e a sensibilidade de confrontar de maneira prática os valores de precipitação e de evapotranspiração, sendo que esta comparação entre os valores de entrada pela chuva e saída pela evapotranspiração potencial determina, em linha base, o balanço hídrico, o qual, além da evapotranspiração potencial, possibilita estimar a evapotranspiração real, o excedente hídrico, a deficiência hídrica e as fases de reposição e retirada de água do solo.

Além da evapotranspiração potencial, existe a evapotranspiração real (ER) que se dá quando a água começa a ser um fator limitado. A ER é, no máximo, igual à precipitação. Enquanto não ocorre deficiência de água no solo, a evapotranspiração real é igual à evapotranspiração potencial.

Sempre existirá excedente de água no solo durante o período em que a precipitação for maior que a quantidade necessária para suprir a evapotranspiração potencial e completar o armazenamento de água no solo. A partir do momento em que o solo não conseguir suplementar a precipitação no atendimento da evapotranspiração, ocorrerá a deficiência de água no solo.

O balanço hídrico pode ser conceituado como um reservatório fixo no qual a água é armazenada até o máximo da capacidade de campo, e somente será removida pela ação das plantas, o que significa que o balanço hídrico fornece informações de ganho, perda e armazenamento da água no solo. Esse balanço pode ser um indicador da disponibilidade hídrica da região, que pode também influenciar um determinado grupo de cultivares. A capacidade do solo de armazenar água e disponibilizá-la às plantas pode ser de 100mm a 150mm, a depender do tipo de cultivo, para atender à demanda da evapotranspiração da maioria das culturas durante o período de um mês.

A principal finalidade do BH é identificar locais onde uma determinada cultura pode ser explorada; mas para isso é preciso ter conhecimento das características climáticas de suas variações sazonais. A cidade de Campo Mourão, por estar localizada nas proximidades do trópico de Capricórnio, sofre influência dos sistemas atmosféricos polares e tropicais, os quais, por sua vez, influenciam os tipos de tempo que se sucedem no decorrer das estações do ano. Na classificação de Koppen o clima da região é o mesotérmico sempre úmido com verões quentes e invernos brandos, representado pela sigla Cfa (IAPAR, 2011)

O período escolhido foi a série 2000 a 2010. Esses anos foram estudados separadamente, em conformidade com os objetivos da proposta, os quais foram: 1) analisar os efeitos da estacionalidade no balanço hídrico em Campo Mourão; e 2) identificar os sistemas atmosféricos geradores dos tipos de tempo. Constatou-se que o período de déficit hídrico é sempre inferior a três meses e que a cidade de Campo Mourão encontra-se em uma zona de transição climática, razão pela qual não houve uma uniformidade nos extratos do BH e na série estudada (2000 – 2010). Ao longo desses anos o extrato acusou pelo menos um mês com deficiência hídrica.

METODOLOGIA

O presente trabalho resultou da aplicação da metodologia desenvolvida por Thornthwaite na análise do balanço hídrico climatológico (BH), que constitui uma das várias maneiras de se monitorar a disponibilidade de água no solo. Utilizam-se os dados da temperatura média e da precipitação acumulada no mesmo período, adota-se um volume para o armazenamento de água no solo, tanto na escala diária como na mensal. Essa metodologia possibilita estimativas da evapotranspiração real (ETR), da deficiência hídrica (DEF), do excedente hídrico (EXD) e do armazenamento de água do solo (ARM).

A pesquisa foi elaborada com base nos dados climáticos da cidade de Campo Mourão (dados da Estação Climatológica Principal de Campo Mourão (ECPCM), conveniada com o Instituto de Nacional de Meteorologia do Ministério da Agricultura (INMET)). O BH contabiliza a entrada e a saída de água do solo através da evapotranspiração potencial e real. Os dados dos dois elementos do tempo foram fornecidos pela ECPCM/INMET. A série histórica compreende o período de 2000 a 2010.

Os dados foram organizados em planilhas do Excel e os cálculos foram feitos segundo Rolim et al. (1998). Para cada período decenal foi elaborado um gráfico com o resultado do balanço (Extrato do Balanço Hídrico).

Para os períodos em que o extrato apresenta deficiência hídrica se analisaram os sistemas atmosféricos através das imagens de satélite no canal infravermelho e nas cartas sinóticas da Marinha do Brasil.

Os sistemas atmosféricos considerados foram aqueles que atuaram no Centro-Sul do Brasil, ou seja, o Sistema Frontal (SF), a Massa Tropical Continental (mTc), a Massa Tropical Atlântica (mTa), a Massa Polar Atlântica (mPa) e a Massa Equatorial Continental (mEc) (VIANELLO 2000; VAREJÃO-SILVA 2000; FERREIRA 1989) observados nas cartas sinóticas da Marinha do Brasil (MAR MIL 2011) e nas imagens de satélite do CPTEC INPE (2011). Para o registro dos sistemas identificados (PÉDELABORDE 1957), foram elaboradas tabelas em planilha, subdivididas em unidades mensais com uma linha para cada dia e colunas para os sistemas atmosféricos atuantes.

ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS

A cidade de Campo Mourão é atravessada pelo paralelo 24° S, portanto próximo ao trópico de Capricórnio e em uma zona de transição climática. A região é essencialmente agrícola e o estudo da disponibilidade de água no solo ao longo do ano é mais um elemento desponível para as cooperativas, agricultores e pesquisadores.

O balanço hídrico é a contabilização de água no solo, que varia de acordo com o volume que entra e o que sai do solo. Executou-se o BH e analisaram-se os resultados da série 2000 a 2010 para a cidade de Campo Mourão. Os resultados serão apresentados anualmente através dos extratos, figuras que mostram o excedente ou a deficiência hídrica de acordo com a variabilidade dos dois elementos considerados - chuva e temperatura. Na série estudada os fenômenos **El Niño** e **La Niña** estiveram presentes em quase todos os anos, por isso apresentaremos as principais características desses fenômenos. Para Guerra e Caramori (2003), em anos de El Niño as chuvas aumentam na Região Sul do Brasil, principalmente na primavera, no fim do outono e no começo do inverno. Já para Nery et al. (2000), em anos sem ocorrência de El Niño e La Niña ocorrem anomalias significativa de precipitação no Paraná, indicando que elas não necessariamente apresentam anomalias significativas na precipitação nesse Estado. Segundo Berlato e Fontana (2003), em anos de El Niño as deficiências hídricas são menores em todo o Estado do Rio Grande do Sul, enquan-

to em anos de La Niña a tendência é as deficiências hídricas serem maiores do que em anos neutros,

A La Niña é caracterizada por temperatura das águas oceânicas inferior à média no Pacífico Equatorial. As águas mais frias que o normal da superfície do mar no centro e leste tropical do oceano Pacífico impactam os padrões climáticos globais.

La Niña significa "a menina". Para o NOAA (2011), a La Niña é às vezes chamada de El Viejo, anti-El Niño, ou simplesmente "um evento frio" ou "um episódio de frio".

O El Niño foi originalmente reconhecido por pescadores na costa da América do Sul com o aparecimento de água anormalmente mais quente no Oceano Pacífico, que tem o seu máximo no final do ano, quando se comemora o Natal, ou seja, o nascimento do Menino Jesus. El Niño significa "o menino" ou o menino Jesus em espanhol (PRELA 2004). A tabela 01 mostra os anos de evidência do fenômeno a partir de 1997.

O El Niño e a La Niña resultam da interação entre a superfície do oceano e a atmosfera no Pacífico Tropical. O El Niño e a La Niña são as fases extremas de um ciclo climático natural conhecido como El Niño Oscilação/Sul. Ambos os termos referem-se a mudanças de larga escala na superfície do mar, a temperatura em todo o Pacífico Tropical. A leitura da superfície do mar na costa oeste da América do Sul vem desde os anos 1960 e o fenômeno El Niño se dá quando a temperatura excede 80°F na "piscina aquecida", localizada no Pacífico Central e Ocidental. Esta piscina aquecida se expande para cobrir os trópicos durante o El Niño, mas durante a La Niña os ventos alísios de leste se intensificam e fortalecem a ressurgência fria ao longo do equador e da costa oeste da América do Sul. A temperatura da superfície do mar ao longo do equador pode cair até 7°F abaixo do normal (NOAA 2011)

Tabela 1 – Anos de ocorrência dos fenômenos El Niño e La Niña no período de 1997 a 2010

El Niño	La Niña
anos	anos
1997 - 1998	1998 - 1999
2002 - 2003	2000 - 2001
2004 - 2005	2006 (início)
2006 - 2007	2007- 2008
2009	2010 (final)

Fonte - NOAA 2011.

Balanco hídrico – 2000

O ano de 2000 iniciou com chuva abundante, por isso o extrato do balanço acusou excedente hídrico para janeiro (figura 1). Com a redução drástica das precipitações a partir do final de janeiro em Campo Mourão, a evapotranspiração potencial foi superior às precipitações e por isso houve déficit hídrico a partir de fevereiro.

Foram analisados os sistemas atmosféricos de fevereiro a abril, período de deficiência hídrica e verificou-se que os sistemas frontais (SFs) atuaram em 22,8%, a mPa atuou em 40,6%, a mTa em 10,6%, a mTc em 17,8% e a mEc em apenas 8,3%. Como em fevereiro e março ainda é verão, esperava-se uma porcentagem maior para os sistemas de baixa pressão (mTc e mEc), embora a justificativa para o baixo volume das chuvas seja a manifestação da La Niña.

A partir de agosto as chuvas se intensificaram na região, a deficiência hídrica foi reposta e foram gerados excedentes em quase todo o restante do ano; apenas no final de novembro houve uma diminuição das chuvas e o excedente foi eliminado.

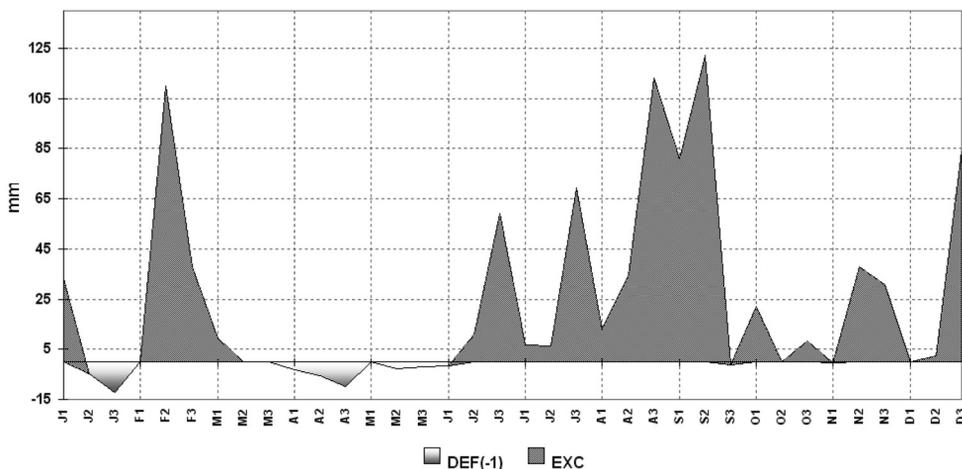


Figura 1 – Extrato do balanço hídrico para Campo Mourão em 2000

Dados da ECPCM/INMET - Organização do autor.

Balanço hídrico - 2001

O ano de 2001 iniciou com chuva abundante, por isso o extrato do balanço acusou excedente hídrico para a primeira quinzena do mês de janeiro. Com a redução drástica das precipitações em Campo Mourão na segunda quinzena, a evapotranspiração potencial foi superior às precipitações, por isso houve déficit hídrico no final do mês (figura 2). Em fevereiro o volume de chuva foi de 159,6mm (EPCM/INMET 2011). Esse volume foi superior à evapotranspiração e gerou excedente hídrico. Em março a altura precipitada foi de 109mm, e em abril, de 65,8mm. Como esses dois meses ainda são de temperaturas elevadas, a evapotranspiração foi superior, gerando deficiência hídrica.

A partir da segunda quinzena de maio o volume de chuva foi ligeiramente superior à evapotranspiração e gerou excedente hídrico que se estendeu para os meses junho, julho, agosto, setembro e primeira quinzena de outubro. No último decêndio de outubro foram registrados apenas 6,6mm, por isso o balanço acusou déficit para o final de outubro e início de novembro. Como dezembro é um dos meses mais úmidos do ano, as chuvas foram superiores à evapotranspiração.

Como o ano foi de manifestação pouco intensa da La Niña, as irregularidades e a altura não comprometeram a disponibilidade de água no solo. O total de precipitação registrado no ano foi de 1338,8mm (média da série: 1574,6 mm).

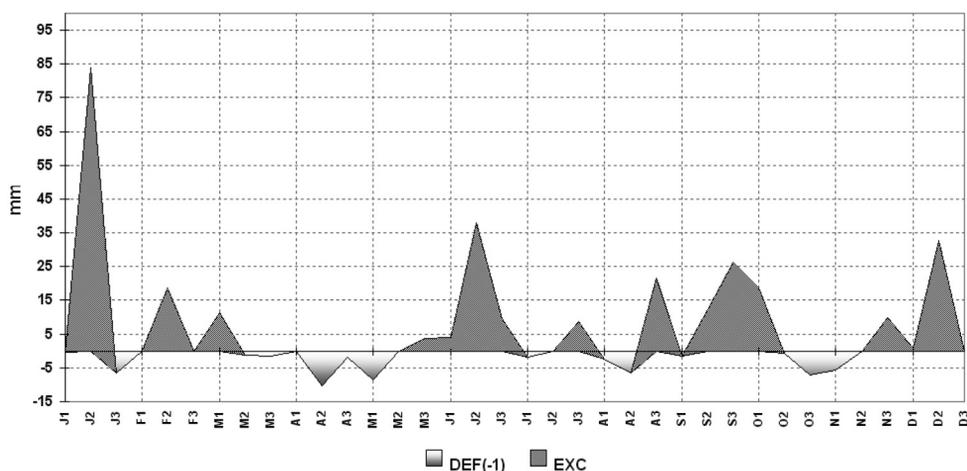


Figura 2 – Extrato do balanço hídrico para Campo Mourão em 2001

Dados da ECPCM/INMET - Organização do autor.

Balanço hídrico - 2002

O ano de 2002 foi climatologicamente normal, embora também de manifestação do El Niño. O extrato do balanço hídrico mostra que somente em junho, julho e agosto houve deficiência de água no solo. Esses três meses são os mais secos do ano. A altura registrada na Estação Principal de Campo Mourão nesses três meses foi de apenas 43,7mm (INMET/FECILCAM, 2002).

Foram analisados os sistemas atmosféricos no período de junho a agosto, que é de deficiência hídrica, e verificou-se que os sistemas frontais (SFs) atuaram em 17,4%, a mPa atuou em 54,3%, a mTa em 10,3%, a mTc em 16,8% e a mEc em apenas 1,1%. Os sistemas de alta pressão representados pela mPa e mTa somaram 64,6% do tempo cronológico. Esses dois sistemas são geradores de estabilidade atmosférica. A baixa umidade do ar, comum na estação de inverno, e a pouca atuação dos sistemas frontais, explicam a pouca chuva e a consequente deficiência hídrica no período. As chuvas registradas na estação foram essencialmente frontais. A figura 3 mostra o extrato do balanço hídrico para Campo Mourão no ano de 2002.

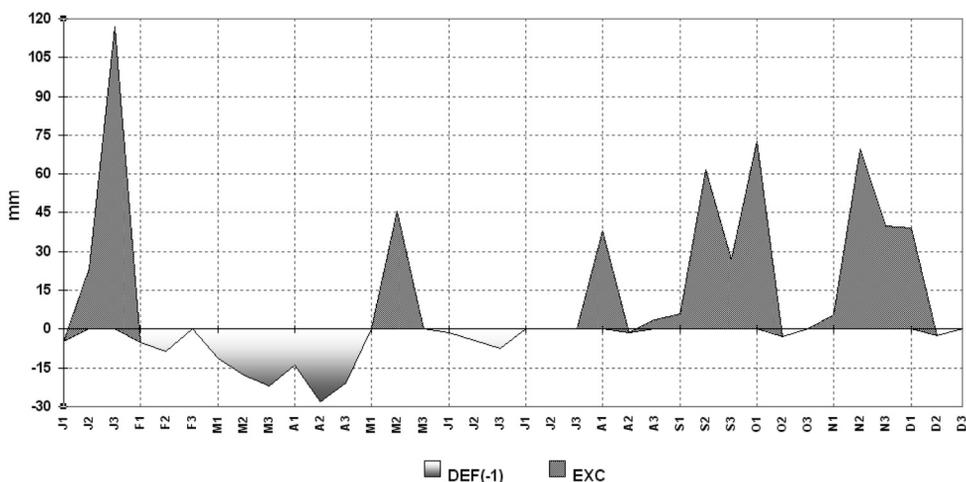


Figura 3 – Extrato do balanço hídrico para Campo Mourão em 2002

Dados da ECPM/INMET - Organização do autor.

Balanço hídrico - 2003

O ano de 2003 também foi de manifestação do El Niño, o qual contribuiu para a elevação nas precipitações no Sul do Brasil. Como o evento do biênio (2002-2003) foi de baixa intensidade, o volume de chuva registrado na ECPCM (1693,0mm) situou-se próximo à média histórica na série, de 1574,6mm/ano.

A figura 4 mostra que o solo na região foi bem servido de água e que em apenas três ocasiões foi verificado déficit hídrico: no final de abril e início de maio, na segunda quinzena de junho e em agosto. Nesses três períodos, a deficiência foi menor do que 10mm. Como para os cálculos do balanço empregou-se a capacidade de armazenamento de 100mm, nenhum valor acima dessa capacidade resultaria em déficit. Outra observação que deve ser relevada é a textura dos solos da região. Como estes são de textura argilosa, sua capacidade de armazenamento de água de 100mm é subestimada.

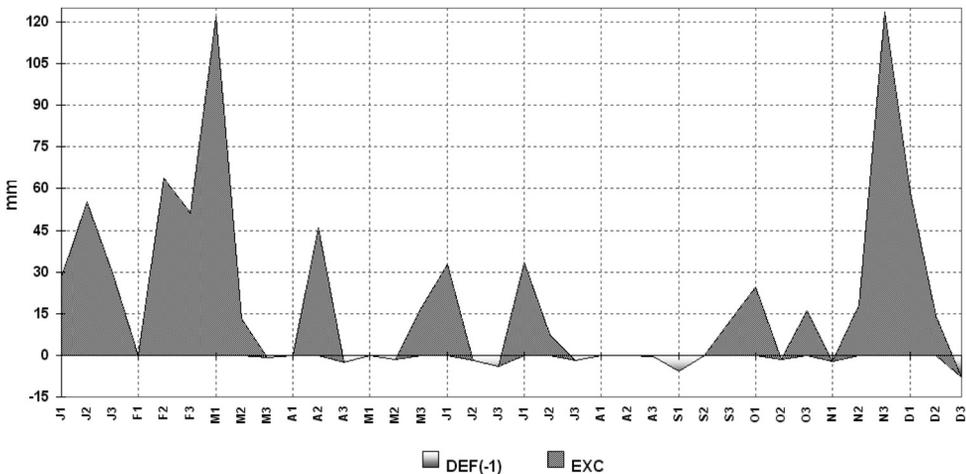


Figura 4 – Extrato do balanço hídrico para Campo Mourão em 2003

Dados da ECPCM/INMET - Organização do autor.

Balanco hídrico - 2004

O ano de 2004 também foi de manifestação do El Niño. Assim como o ano de 2003, esse também foi de intensidade baixa, por isso não houve chuva abundante na região, além de ter-se verificado irregularidade na distribuição. Nery (2005) afirma que em ano de El Niño espera-se chuva acima da média no Sul do Brasil. Da segunda quinzena de abril até o final da primeira de julho registrou-se chuva acima do esperado; em outubro e novembro, novamente a altura pluviométrica ficou acima da média para esses dois meses; em fevereiro e março o volume ficou aquém do esperado, e também em agosto e setembro o volume de chuva foi menor do que a evapotranspiração potencial. O quadro 1 mostra a altura registrada pela ECPCM/INMET no ano de 2004.

Foram analisados os sistemas atmosféricos de janeiro a março, período de deficiência hídrica, tendo-se verificado que os sistemas frontais (SFs) atuaram em 15,9%, a mPa atuou em 25,3%, a mTa em 2,2%, a mTc em 13,2% e a mEc em 43,4%. Em fevereiro somente dois sistemas frontais avançaram sobre a região, e em março, três. Isso significa que a participação das chuvas frontais foi inferior à média. No mês de abril uma massa polar avançou pelo interior e causou estabilidade em pelo menos 13 dias.

Quadro 1 – meses de janeiro a dezembro e o volume de chuva em mm

jan.	fev.	mar.	abr.	maio	jun.	jul.	ago.	set.	out.	nov.	dez.
129,4	122,6	54,4	167,7	287,1	85,6	120	2,9	67,2	311,1	232,7	150,1

Fonte: ECPCM/INMET.

O segundo período com déficit hídrico abrangeu os meses de agosto e setembro. Agosto é frequentemente o mês mais seco do ano, e em 2004 o volume de chuva foi de apenas 2,9mm. Setembro também recebeu um volume de apenas 67,2mm. Esse volume ficou aquém do esperado e foi menor do que a evapotranspiração potencial, por isso houve déficit hídrico (figura 5).

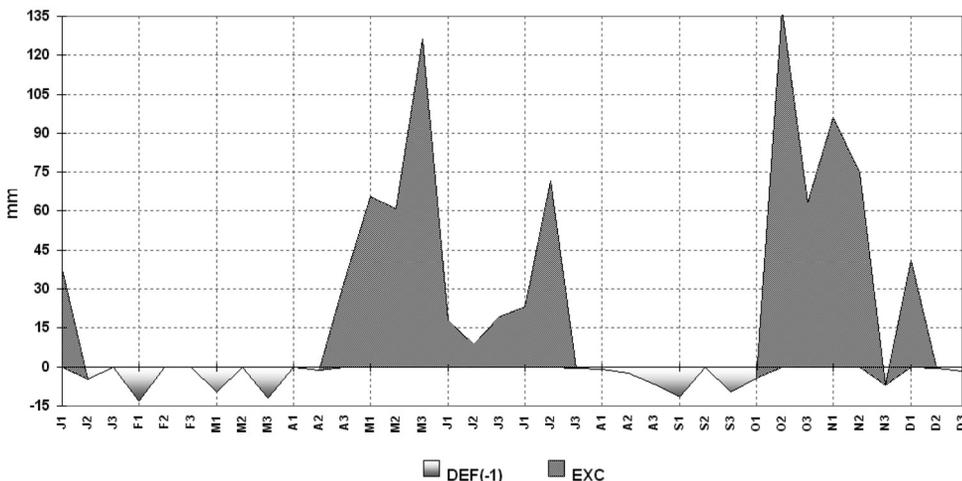


Figura 5 – Extrato do balanço hídrico para Campo Mourão em 2004

Dados da ECPCM/INMET - Organização do autor.

A altura registrada na ECPCA/INMET (2004) foi de 1731mm, volume acima da média da série (1574,6mm). Os períodos de déficit hídrico foram consequência da irregular distribuição das chuvas. Embora houvesse cinco meses com deficiência, a evapotranspiração potencial foi superior à real em, no máximo, 10mm. Considerando-se que a capacidade de solo foi 100mm e que os solos são de textura argilosa, essa capacidade de armazenamento foi subestimada.

Balanço hídrico - 2005

O ano de 2005 apresentou uma grande irregularidade na distribuição e altura das chuvas, em quatro meses o volume foi superior à média da série. O quadro 2 mostra a pluviosidade mensal e a média da série 2000/2010. Observa-se que em oito meses o acumulado mensal foi inferior à média da série.

Essa irregularidade na distribuição das chuvas gerou igual irregularidade no balanço hídrico, tendo-se verificado disponibilidade de água no solo nos meses de janeiro, maio, junho, julho, setembro e outubro, enquanto nos demais o balanço apresentou deficiência hídrica (figura 6).

Quadro 2 – chuva acumulada nos meses de 2005 e a média da série 2000/2010 para a Estação Climatológica Principal de Campo Mourão

Meses	janeiro	Fevereiro	março	abril	maio	Junho
Ano/2005	319,1	2,0	64,4	84,5	101,5	128,7
média	229,9	180,8	129,6	112,0	141,3	78,3
Meses	julho	agosto	setembro	outubro	novembro	dezembro
Ano/2005	62,8	35,5	146,1	374,1	68,3	50,5
média	101,8	91,8	142,2	187,7	201,9	180,4

Fonte: ECPCM/INMET.

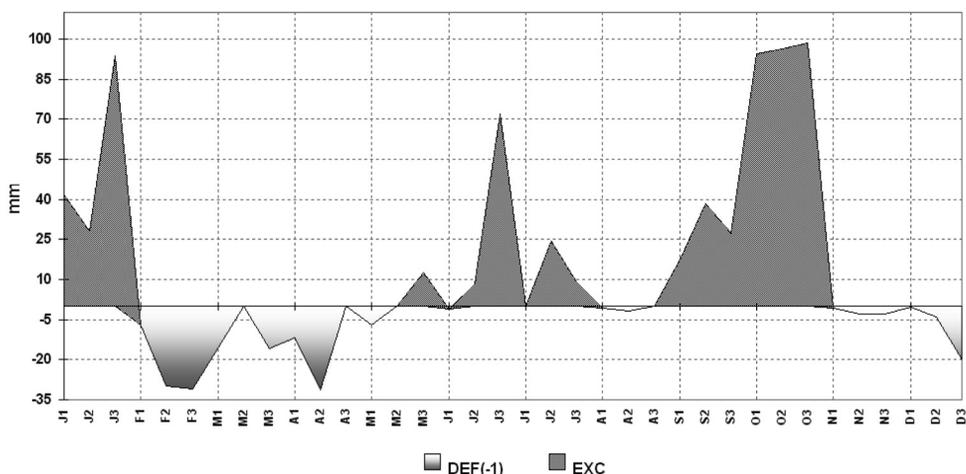


Figura 6 – Extrato do balanço hídrico para Campo Mourão em 2005

Dados da ECPCM/INMET - Organização do autor.

Foram analisados os sistemas atmosféricos de fevereiro a dezembro, período de irregularidade nas precipitações e verificou-se que os sistemas atmosféricos também foram irregulares. O quadro 3 mostra as porcentagens das participações dos sistemas no tempo em Campo Mourão.

Quadro 3 – Porcentagem dos sistemas atmosféricos que atuaram na região de Campo Mourão de fevereiro a dezembro de 2005 e a chuva acumulada no mês

2005	Sistema	Sistema	Sistema	Sistema	Sistema	
Meses	SF	mPa	mTa	mTc	mEc	Chuva (mm)
fevereiro	19,6	37,5	0,0	5,4	37,5	2,0
março	29,0	35,5	3,2	16,1	16,1	64,4
abril	20,0	43,3	5,0	30,0	1,7	84,5
maio	19,4	38,7	9,7	24,2	8,1	101,5
junho	20,0	23,3	21,7	26,7	8,3	128,7
julho	14,5	71,0	8,1	6,5	0,0	62,8
agosto	22,6	37,1	21,0	19,4	0,0	35,5
setembro	20,0	61,7	0,0	13,3	5,0	146,1
outubro	40,3	21,0	1,6	17,7	19,4	374,1
novembro	18,3	38,3	0,0	13,3	30,0	68,3
dezembro	21,0	29,0	0,0	30,6	19,4	50,5

Fonte: ECPCM/INMET.

Balanço hídrico - 2006

Em 2006 iniciou-se mais um fenômeno La Niña, cuja principal consequência foi a redução das chuvas para 1378mm, enquanto a média da série foi de 1774,6mm. Em janeiro, fevereiro, março e primeira quinzena de abril as chuvas foram abundantes e o BH acusou excedente hídrico. A partir da segunda quinzena de março até o final de agosto as chuvas foram insuficientes para gerar excedente, com exceção da segunda quinzena de junho.

A partir do final de agosto, com o retorno das chuvas, as reservas dos solos foram repostas e excedente foram gerados (figura 7). Para a segunda quinzena de novembro e a primeira de dezembro as elevadas temperaturas propiciam o aumento da evapotranspiração. Como o volume de chuva foi baixo, com 100,2mm em novembro e 190,5mm em dezembro, e como dos 190,5mm acumulados em dezembro, 141mm foram registrados no terceiro decêndio, nesse intervalo houve um pequeno déficit de água no solo.

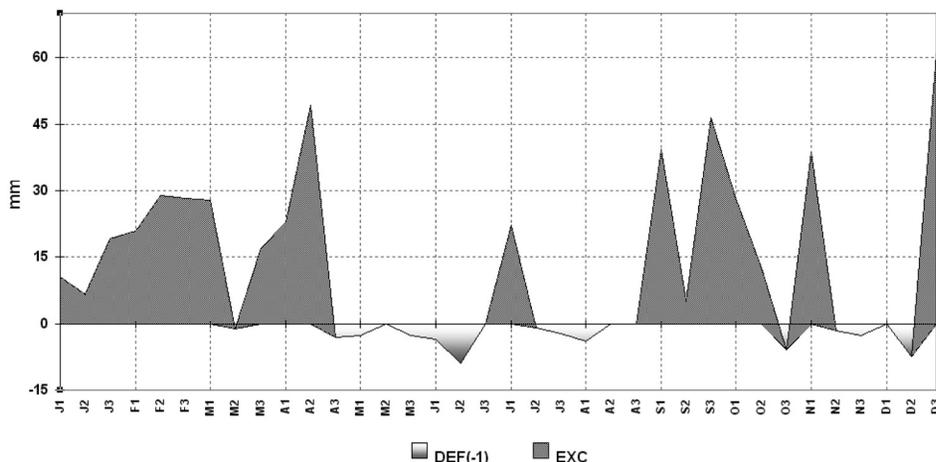


Figura 7 – Extrato do balanço hídrico para Campo Mourão em 2006
Dados da ECPCM/INMET - Organização do autor.

Balanço Hídrico - 2007

O ano de 2007 registrou um volume de chuva de 1663mm, próximo à média da série, que foi de 1774,6 mm. Esse ano foi também de manifestação da La Niña, cuja baixa intensidade propiciou igual irregularidade na altura e distribuição das chuvas. Por isso houve dois períodos com deficiência hídrica, um dos quais ocorreu no mês junho e o segundo iniciou-se em agosto e se estendeu até o início de novembro.

Os dois períodos de deficiência hídrica coincidiram com período em que os principais cultivos da região não precisam de grande disponibilidade de água, por ser o período de entressafras. A figura 8 mostra o extrato do BH para o ano de 2007. Verifica-se que a deficiência hídrica oscilou em até 15mm aproximadamente, volume baixo considerando as características dos solos e da metodologia adotada.

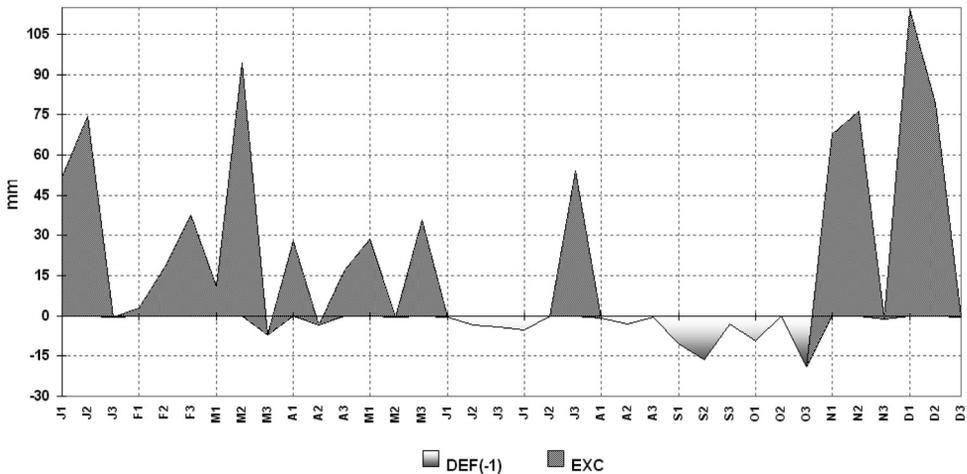


Figura 8 – Extrato do balanço hídrico para Campo Mourão em 2007

Dados da ECPCM/INMET - Organização do autor.

Balanço hídrico - 2008

O ano de 2008 foi, na década, o que apresentou o menor volume de chuva: 1376mm (ECPCM/INMET 2008). Além da baixa pluviosidade, verifica-se também que a distribuição foi irregular, tanto que agosto, mês que geralmente recebe menos chuva, foi o que acumulou maior volume.

Janeiro é um dos meses mais úmidos na região, mas acumulou apenas 154,2mm. (ECPCM/INMET 2008). Como a temperatura média é alta, oscilando sempre acima de 20°C, a evaporação é intensa. Na contabilização da entrada de água no sistema através da chuva e a saída através da evapotranspiração houve desequilíbrio, ou seja, a evapotranspiração potencial foi maior do que a entrada de água, por isso o balanço hídrico acusou déficit, como se pode observar na figura 9.

Para entender por que não houve comprometimento da safra 2007/2008, embora janeiro seja o mês em que a maioria dos cultivares da região está em fase de enchimento dos grãos e amadurecimento, analisou-se o ano de 2007 (figura 8). O extrato do balanço hídrico mostra que o mês de dezembro daquele ano foi bastante úmido, de modo que o solo continha um grande volume de água. Assim, embora o equilíbrio entre o volume de chuva e a evapotranspiração tenha sido estreito em janeiro de 2008, as reservas acumuladas no mês de dezembro supriram as necessidades das plantas em janeiro.

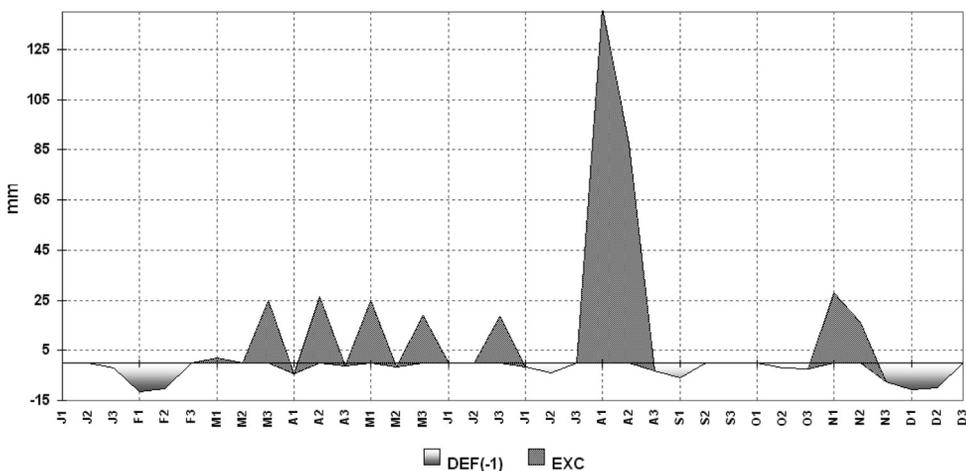


Figura 9 – Extrato do balanço hídrico para Campo Mourão em 2008

Dados da ECPCM/INMET. Organização do autor.

A figura 10 é o extrato da BH para o período de julho de 2007 a junho de 2008, ou seja, sequencial (PEREIRA et al 2002). Ele foi elaborado para verificar as reais condições de janeiro de 2008. Como o BH é executado para o período de um ano, o mês de janeiro é subestimado, pois a metodologia não considera as eventuais reservas de dezembro do ano anterior. Como janeiro de 2008 não apresentou excedente hídrico, optou-se por executar o BH para o período citado. Verificou-se que janeiro não apresenta deficiência e que a de fevereiro foi menor do que a apresentada na figura 9.

As chuvas de janeiro geraram excedente hídrico nos dois primeiros decêndios do mês. Depois do dia 22 as condições hídricas se agravaram, pois o volume de chuva registrado foi baixo, como se pode observar no quadro 5. Foram analisados os sistemas atmosféricos para verificar se a baixa pluviosidade foi consequência do predomínio de um sistema, mas isto não se confirmou, pois foram vários os sistemas que atuaram no mês, embora uma crista da mPa tenha avançado pelo interior da região a partir do dia 23 e propiciado estabilidade na atmosfera.

Em fevereiro as chuvas continuaram insuficientes para as exigências desse mês e houve um aumento da deficiência hídrica, pelo fato de as precipitações terem sido inferiores aos da evapotranspiração, o que levou à ampliação do déficit, como se pode observar nas figuras 8 e 9. O volume registrado pela ECPCM/INMET (2008) foi de apenas 75,7mm, o que foi agravado pelo fato de fevereiro ser um mês de temperaturas altas e de intensa evapotranspiração. O estudo dos sistemas atmosféricos mostrou que os SFs atuaram em 20,1%, a mPa em 18,4%, a mTa em 1,7%, a mTc em 37,4% e a mEc em 22,4%. A elevada participação da mPa de alta pressão e a mTc de baixa umidade contribuíram com a redução das chuvas no mês. Verificou-se também que até o dia 17 as precipitações foram de apenas 18,9mm.

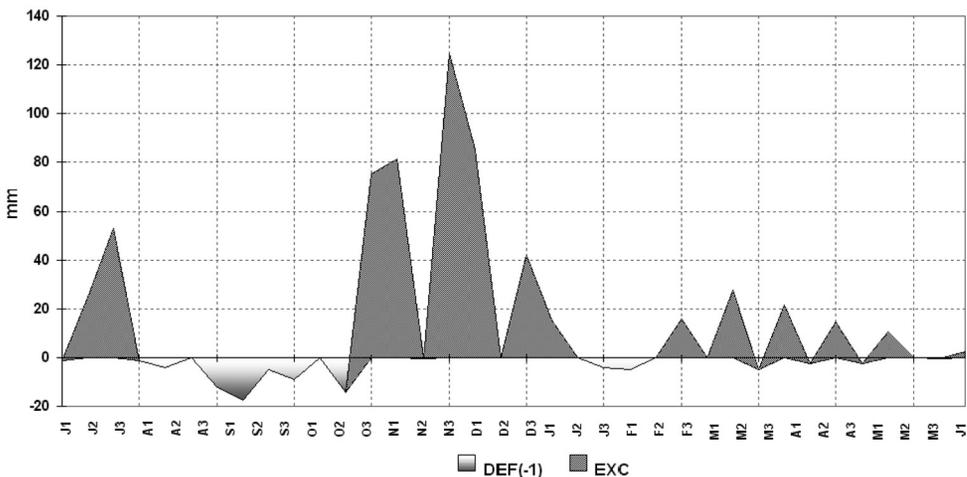


Figura 10 – Extrato do balanço hídrico para Campo Mourão no período de julho de 2007 a junho de 2008

Dados da ECPCM/INMET. Organização do autor.

A partir de março as massas de ar de alta pressão começam a se intensificar. Esse mês é de bastante irregularidade, tanto que na série 2000 a 2010 em 50% deles as chuvas ficaram aquém da evapotranspiração potencial. Por outro lado, nesse março o volume foi elevado, correspondendo a 174,3mm (ECPCM/INMET 2008). Esse volume de chuva foi superior à evapotranspiração e por isso houve um excedente hídrico no mês. A figura 9 mostrou o extrato anual.

Os sistemas frontais foram mais constantes sobre a região, contribuindo para o aumento da altura precipitada na região. Na sequência, os meses de maio e junho registraram excedente hídrico. A partir de julho, com a diminuição das chuvas, a evapotranspiração potencial foi superior à precipitação, levando a um pequeno déficit.

Agosto foi anômalo, pois recebeu um volume excepcional de 285,2mm, repondo a água e gerando excedente. A partir de setembro as chuvas se escassearam e novamente a evapotranspiração potencial foi suprir a baixa entrada de água no sistema. Para os meses de setembro e outubro a altura precipitada foi próxima à evaporação potencial, por isso o déficit foi pequeno.

Balço hídrico – 2009

O ano de 2009 registrou um volume de chuva de 1924mm, superior à média da série, que foi de 1774,6mm. Esse ano foi de manifestação da La Niña, que, embora tenha sido de baixa intensidade, propiciou igual irregularidade na altura e na distribuição das chuvas. Por isso houve um período de pouca pluviosidade, com uma deficiência hídrica que se estendeu de fevereiro a março, embora tenha sido de, no máximo, 10mm (figura 11).

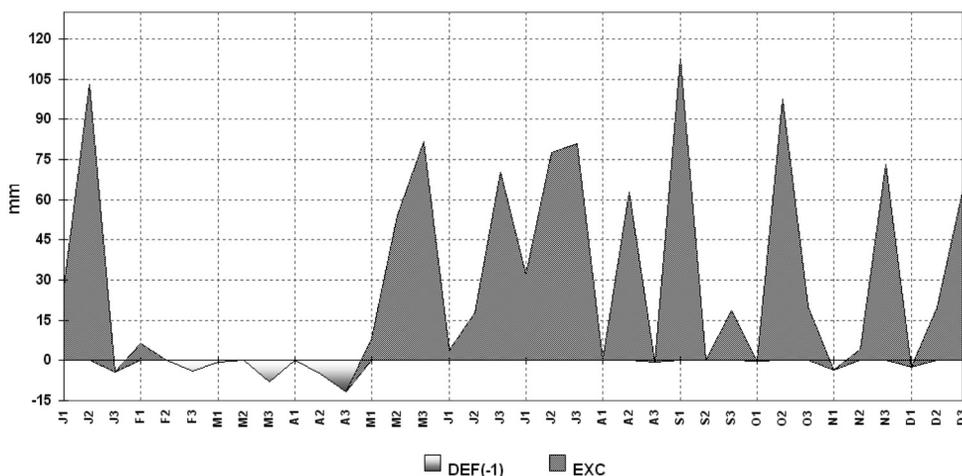


Figura 11 – Extrato do balanço hídrico para Campo Mourão em 2009

Dados da ECPCM/INMET - Organização do autor.

Estudaram-se os sistemas atmosféricos e apurou-se que os sistemas frontais atuaram em 13,8% do tempo cronológico, a mTc atuou em 21,3% e a mEc em 30,1%. A baixa participação dos SFs contribuiu para a baixa pluviosidade no período. Os sistemas de alta pressão, geradores de estabilidade, atuaram com 28,4% para a mPa e 6,4% para a mTa.

Balanço hídrico - 2010

O ano de 2010 foi o último da série estudada e, apesar da manifestação da La Niña, o BH mostrou que a distribuição das chuvas, interpretada no extrato do BH, foi regular. A altura foi de 1569mm, próximo à média da série, que foi de 1574,6mm. A figura 12, que mostra o extrato anual, verifica-se que em junho, julho e agosto houve déficit hídrico; mas, embora esse período seja o menos úmido do ano, a deficiência hídrica foi de, no máximo, 15mm.

Foram analisados os sistemas atmosféricos que atuaram no inverno de 2010, período de déficit hídrico em Campo Mourão. Constatou-se que os sistemas de alta pressão prevaleceram, como era de esperar para a região. O Sistema Frontal atuou em 16,7% do tempo cronológico, e durante os 92 dias da estação somente seis sistemas frontais resultaram em chuvas. A maior janela sem registro foi de 34 dias - de 05 de agosto a 7 de setembro. O volume acumulado na estação foi de 79,2mm.

A mPa é um sistema de alta pressão e geradora de estabilidade atmosférica, atuou em 48,6% do tempo. A mTa que também é anticiclônica, causou tempo estável e dominou o tempo em 18,3%. A mTc, sistema de baixa pressão e baixa umidade que raramente desestabiliza a atmosfera, atuou em 16,5% do tempo. A mEc, um sistema de baixa pressão que causa chuva durante o período de atuação e raramente atua nos meses de inverno, não atuou em campo Mourão. A figura 13 mostra a participação dos sistemas atmosféricos em Campo Mourão na estação de inverno de 2010.

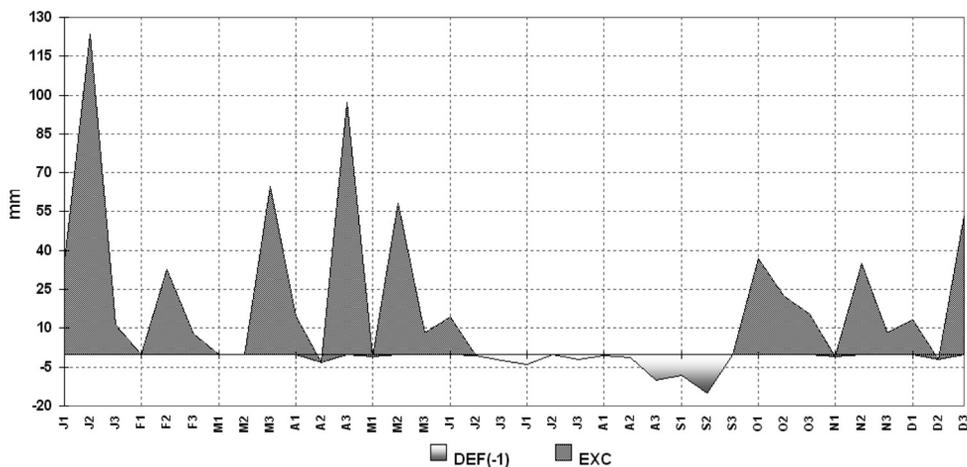


Figura 12 – Extrato do balanço hídrico para Campo Mourão em 2010

Dados da ECPCM/INMET. Organização do autor.

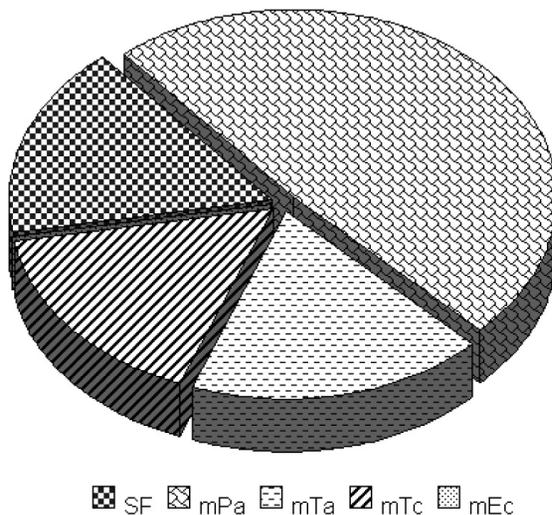


Figura 13 - Porcentagem do tempo de atuação dos sistemas atmosféricos no inverno de 2010 em Campo Mourão - PR

Organização do autor.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A série estudada totalizou 11 anos e todos apresentaram particularidades distintas. Na Região Centro-Oeste do Brasil espera-se deficiência hídrica para o trimestre de junho a setembro. Para o Extremo Sul espera-se deficiência para dezembro, janeiro e fevereiro. Como a região de Campo Mourão se encontra nas proximidades do trópico de Capricórnio e em ampla faixa de transição climática, não houve homogeneidade nos resultados. Excetuando-se janeiro e dezembro, todos os demais meses apresentaram deficiência hídrica em pelo menos um ano da série, embora na grande maioria dos extratos o volume deficitário tenha sido inferior a 15mm.

Os sistemas de alta pressão foram responsáveis pela estabilidade atmosférica. Verificou-se que durante a atuação da mPa ou da mTa a região apresentou céu aberto e dias ensolarados. A elevação da temperatura estimula a evapotranspiração e contribui para o esvaziamento das reservas do solo.

Observou-se que a capacidade de solo de 100mm é subestimada, pois o solo de textura argilosa armazena, provavelmente, um volume superior a esse. Essa consideração se justifica por não ter havido registro de perdas significativas na agricultura na região no período estudado, embora não fosse objetivo da pesquisa fazer essa investigação. Convém destacar ainda que a região recebe grande volume de chuvas convectivas que se distribuem de forma irregular conforme pode ser evidenciado nos dados de pluviosidade registrados na Estação Climatológica Principal de Campo Mourão.

REFERÊNCIAS

BERLATO, M.A.; FONTANA, D.C. **El Niño e La Niña**: impactos no clima, na vegetação e na agricultura do Rio Grande do Sul, aplicações de previsões climáticas na agricultura. Porto Alegre: Ed. da UFRGS, 2003. 110p.

CENTRO DE PREVISÃO DE TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS – CPTEC. INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS - INPE. **Divisão de satélites e sistemas ambientais**. São José dos Campos, 2008. Disponível em: <<http://satelite.cptec.inpe.br/home/index.jsp>>. Acesso em: 26 jan. 2010.

FERREIRA, C.C. **Ciclogêneses e ciclones extratropicais na Região Sul - Sudeste do Brasil e suas influências no tempo**. 1989. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos 1989.

IAPAR, INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. **Cartas Climáticas do Paraná**. Londrina, 2011. Disponível em: ><http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=597>< Acesso em 23 jun. 2011.

IAPAR, INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. **O fenômeno La Niña e a agricultura do Paraná** - Aviso especial para a safra 2010/2011, Londrina, 2011. Disponível em: >/www.iapar.br/arquivos/File/zip_pdf/NotaLaNina2010.pdf< Acesso em 23 jun. 2011.

GUERRA, J. R.; CARAMORI, P. H. Influências dos fenômenos El Niño e La Niña sobre a produtividade da cultura do trigo no Estado do Paraná. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 13, 2003. **Anais**. Santa Maria: Sociedade Brasileira de Meteorologia, 2003, vol. 1, p. 579-580

MARINHA DO BRASIL. **Cartas sinóticas**. Serviço Meteorológico Marinho. Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://www.mar.mil.br/dhn/chm/meteo/prev/cartas/cartas.htm>>. Acesso em: 05/10/2010.

NERY, J. T. Dinâmica Climática da Região Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**. Associação brasileira de Climatologia. Presidente Prudente. SP. v. 1, p. 61-75, 2005

NERY, J. T.; FERREIRA, J. H. D.; MARTINS, M. L. O. F. 2000. **Relação de parâmetros meteorológicos associados a anos de El Niño e La Niña no Estado do Paraná**. Apontamentos nº 95. Maringá: EDUEM, 64p.

NOAA. NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION; United states department commerce. **Answers to La Niña Frequently Asked Questions**. Disponível em: <http://www.elnino.noaa.gov/lanina_new_faq.html>. Acesso em 24 mar 2011.

PÉDELABORDE, P. **Lê climat du bassin parisien**: essai d'une méthode rationnelle de climatologie physique. Paris: Medecis, 1957.

PEREIRA, A.R.; ANGELOCCI, L.R.; SENTELHAS, P.C. **Agrometeorologia**: fundamentos e aplicações práticas. Guaíba: Agropecuária, 2002. 478 p.

PRELA, A.; **Influência dos Fenômenos El Niño/La Niña na produtividade do trigo no Estado do Paraná**. 2004 Tese (Doutorado) Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, São Paulo 2004, 65f.

ROLIM, G.S.; SENTELHAS, P.C.; BARBIERI, V. Planilhas no ambiente EXCEL para os cálculos de balanços hídricos: normal, sequencial, de cultura e de produtividade real e potencial. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.6, p.133-137, 1998.

THORNTHWAITE, C.W. An approach toward a rational classification of climate. **Geogr. Rev**, v.38, p.55-94, 1948.

VAREJÃO-SILVA M. A., **Meteorologia e Climatologia**. Brasília: Instituto Nacional de Meteorologia, 2000 515p.

VIANELLO, R. L., **Meteorologia Básica e Aplicações**. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa: Editora UFV 2000. 450p.

Recebido em setembro de 2011

Aceito em novembro de 2011