

ISSN 0104-1347

Microclima da cultura do algodoeiro em três densidades populacionais¹

Cotton crop microclimate in three plant population densities

José Eduardo Boffino de Almeida Monteiro^{2,3}, Paulo Cesar Sentelhas⁴ e Ederaldo José Chiavegato⁵

Resumo – Doenças de plantas são o produto da interação entre um hospedeiro suscetível, um patógeno e condições favoráveis no ambiente. Componente fundamental do ambiente é o microclima da cultura, bastante afetado pela densidade populacional. O objetivo deste trabalho foi avaliar algumas alterações micrometeorológicas na cultura do algodoeiro em três densidades populacionais e suas possíveis conseqüências epidemiológicas. Foram conduzidos ensaios na Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, SP, com a cultivar IAC 23, em espaçamento entre linhas de 0,9m e três densidades: 5, 10 e 15 plantas por metro na linha. Utilizou-se uma estação meteorológica automática no centro da área, além de microestações dentro das parcelas, em cada densidade, para monitoramento da temperatura, umidade relativa e duração do período de molhamento foliar (DPM). Observou-se concordância elevada entre o desenvolvimento da cultura (massa, altura, área foliar) e o aumento da umidade relativa do ar e molhamento foliar no dossel da cultura. Não houve efeito da densidade na temperatura. As diferenças de umidade e duração de molhamento entre densidades ocorreram, principalmente, na fase inicial da cultura, minimizando-se progressivamente a partir da cobertura das entre linhas pelo dossel. Aos 45 dias após a emergência, ocorreram as maiores diferenças na DPM: 13,5h na parcela com 15 plantas por metro, 12,2h com 10 plantas por metro e 11,2h com 5 plantas por metro, enquanto na estação meteorológica a DPM foi de 9,3h.

Palavras-chave: algodoeiro, microclima, molhamento foliar, umidade, doenças, adensamento.

Abstract – Plant diseases are the product of interaction between a susceptible host, a pathogen and favourable environmental conditions. A fundamental part of this environment is the crop microclimate, very which is affected by plant population densities. The goal of this paper was to evaluate some micrometeorological alterations on a cotton crop in three plant population densities and possible epidemiological consequences. Experiments were carried out at Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, State of São Paulo, Brazil, with the genotype IAC 23, 0.9m spacing between rows and three densities: 5, 10 and 15 plants per meter on the line. An automatic weather station was installed in the centre of the experimental area, and micro-stations were installed inside the experimental plots, with different densities, to monitor air temperature, relative humidity and leaf wetness duration on crop (DPM). High concordance was observed between crop development (dry weight, height, leaf area) and the increase of air humidity and leaf wetness duration. There was no effect of densities on temperature. The differences of relative humidity and wetness duration between the three densities occurred, mainly, in the initial phase of the crop, what decreased progressively with the canopy growth. At 45 days after seedling the maximum differences was observed: 13.5h of wetness at the plot with 15 plants per meter, 12.2h with 10 plants per meter and 11.2h with 5 plants per meter, while in the weather station it was 9.3h.

Key words: cotton crop, microclimate, leaf wetness duration, humidity, plant diseases, densification.

Extraído da dissertação de mestrado do primeiro autor: apresentada ao PPG em Física do Ambiente Agrícola, ESALQ/USP.

² Departamento de Ciências Exatas, Setor de Agrometeorologia, ESALQ/USP. Av. Pádua Dias, 11, 13418-900. Piracicaba-SP, Brasil. eduardo@esalq.usp.br.

³ Bolsista FAPESP.

⁴ Eng^o Agr^o, Doutor, Professor do Departamento de Ciências Exatas, ESALQ/USP. Bolsista CNPq.

⁵ Eng^o Agr^o, Doutor, Professor do Departamento de Produção Vegetal, ESALQ/USP.

Introdução

A atmosfera interage com a vegetação ou superfície com que está em contato de acordo com suas características. Essas interações resultam em fluxos, trocas gasosas e de calor entre a superfície e o ar, que mudam as propriedades físicas da atmosfera adjacente, e definem as condições do microclima (GEIGER, 1980). Tais propriedades podem ser medidas e monitoradas por meio de instrumentos e sensores específicos. No entanto, uma vez que o microclima de uma cultura é a resultante da interação de diversos fatores como densidade de plantio, topografia, tipo de solo, drenagem e práticas de manejo, como irrigação (ROTEM & PALTI, 1969), ele torna-se bastante variável, tanto no tempo como no espaço.

Normalmente, os instrumentos e sensores utilizados para a coleta dos dados meteorológicos são instalados em estações meteorológicas. Dessa forma, as medidas feitas e os dados gerados nessa situação, especialmente de umidade relativa e molhamento foliar, não representam as mesmas condições que ocorrem no nível do dossel da cultura. Ocorrem, na verdade, diferenças consideráveis entre as duas posições de medida (MONTEIRO, 2002).

O estudo e aprimoramento das medidas e estimativas de variáveis meteorológicas na micro-escala servem a diversas finalidades, dentre as quais, o uso em sistemas de previsão e simulação de doenças em culturas, baseados na grande interdependência entre planta, patógeno e condições meteorológicas. A observação contínua dessas variáveis, bem como as da cultura e do patógeno é necessária para melhor entendimento e quantificação dessas inter-relações (SUTTON *et al.*, 1984). Tais sistemas visam racionalizar o uso de defensivos, melhorar a preservação do ambiente e maximizar a produção agrícola. São, portanto, de grande utilidade, desde que precisos e confiáveis (ZAHLER *et al.*, 1991). Alguns trabalhos, entre eles BERGER *et al.* (1995) e GODOY (2000), relacionando condições meteorológicas e ocorrência de doenças têm descrito resultados insatisfatórios, atribuem a isso, estritamente, fatores em interações não previstas com particularidades relacionadas a fases específicas do ciclo patogênico, porém, sem investigar outra classe de fatores que comprometem a precisão da modelagem que, segundo MONTEIRO (2002), é o uso de dados imprecisos ou não representativos das reais condições em que planta e patógeno interagem.

Dentre as variáveis que interferem decisivamente no processo infeccioso, destacam-se a temperatura, a umidade relativa do ar e a duração do período de molhamento. Um dos fatores que afetam profundamente a dinâmica diária dessas variáveis no microclima é a densidade da cultura. O incremento da densidade populacional de uma cultura dentre outras técnicas de cultivo intensivo afetam marcadamente o balanço de energia radiante e a atuação do vento e, conseqüentemente, a velocidade de evaporação de água proveniente de chuva, orvalho ou irrigação (PEDRO JR., 1989). Isso resulta em alterações microclimáticas que afetam o curso diário da umidade e da temperatura dentro do dossel das plantas, favorecendo o desenvolvimento de epidemias (ROTEM & PALTI, 1969; PEDRO JR, 1989).

Muitas vezes, apesar da cultura estar exposta a um ambiente supostamente adverso à doença, epidemias continuam a ocorrer porque técnicas de cultivo intensivo como irrigação ou adensamento populacional formam microclima favorável à doença (ROTEM, 1988). A extensão e a frequência da ocorrência de determinadas doenças, assim como sua severidade, são influenciadas pelo grau de desvio do ponto no qual, cada condição ambiental é ótima para o desenvolvimento da doença (AGRIOS, 1997). Tais considerações são de extrema importância para o manejo e, até mesmo, a simulação de doenças, já que estão relacionadas com o estágio de desenvolvimento e densidade em que cada cultura é mais suscetível ao ataque de doenças (ROTEM & PALTI, 1969; PEDRO JR, 1989; ZAHLER *et al.*, 1991; SENTELHAS *et al.*, 1993).

Em função da importância de se conhecer as conseqüências do adensamento no microclima da cultura do algodoeiro, no presente trabalho, teve-se por objetivo avaliar as condições de temperatura e umidade relativa do ar, assim como da duração do período de molhamento, na cultura do algodoeiro cultivada em três diferentes densidades de plantio e verificar a relação dessas variáveis com as medidas em estação meteorológica automática.

Material e métodos

O experimento foi conduzido na área experimental da Fazenda Areão do Campus “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo (ESALQ-USP), no município de Piracicaba, Estado de São Paulo, localizado nas seguintes coordenadas geográficas:

Latitude de 22° 42' S; Longitude de 47° 37' W; altitude de 546 m.

A cultivar de algodoeiro, IAC-23, semeada em 08/11/2001, foi conduzida em parcelas experimentais de quatro linhas de 5m de comprimento. O espaçamento utilizado entre linhas foi de 0,90m em todas as parcelas. Como o espaçamento entre linhas é fixo, foram definidos três espaçamentos entre plantas na linha de plantio, que corresponderam a cinco, dez e 15 plantas por metro ou, respectivamente, 55.555, 111.111 e 166.666 plantas por hectare. Aos 30 dias após a emergência, efetuou-se um desbaste para ajustar o número de plantas por metro em cada uma das 6 repetições de cada densidade estudada. O delineamento experimental adotado foi o de parcelas simples, inteiramente ao acaso.

Foi instalada no centro da área experimental uma estação meteorológica que forneceu os dados das condições meteorológicas durante o ciclo da cultura. Foi utilizado para leitura dos sensores um sistema automático de aquisição de dados, marca Campbell Scientific, modelo CR23X. A este sistema foram conectados os seguintes sensores e equipamentos: 1) Psicrômetro aspirado⁶ de termopar tipo T (Cobre-Constantan); 2) Sensor de molhamento foliar, marca Campbell Scientific, modelo 237; 3) Pluviômetro de balança, marca Texas Eletronics, modelo TR-525M; 4) Anemômetro de caneca, marca Met-One, modelo 014A; todos instalados a 1,5m do nível do solo. Portanto, foram consideradas para as avaliações: temperatura, umidade relativa do ar e duração do período de molhamento (DPM), velocidade do vento e precipitação; medidas a cada 10 segundos e armazenadas a cada 15 minutos pela média dos valores, exceto para a precipitação para a qual armazenou-se o valor total.

Além dos dados obtidos na área experimental, foram utilizados, também, as mesmas variáveis registradas pela estação meteorológica automática do Posto Meteorológico do Departamento de Ciências Exatas, ESALQ/USP, situado a, aproximadamente 5km da área experimental e à mesma altitude. A cada quinze dias, de cada variável analisada, foram geradas as médias de sete dias consecutivos, a fim de se resumirem os dados e gerar as curvas de umidade relativa, temperatura e duração do período de molhamento ao longo do ciclo da cultura.

No centro de três parcelas experimentais, cada qual com uma das densidades populacionais, foi ins-

talado um conjunto sensor formado por um psicrômetro aspirado e um sensor eletrônico de molhamento foliar a fim de se monitorar as condições micrometeorológicas no interior do dossel vegetativo. Sua altura foi mantida no terço superior das plantas, de modo a acompanhar o crescimento da cultura.

Considerando-se análises prévias apresentadas por SENTELHAS et al. (2003), todos os dados apresentados acerca da DPM, inclusive a instalação dos sensores de DPM, foram baseados nas estimativas a partir do número de horas com umidade relativa maior ou igual a 90% ($NHUR \geq 90\%$). Método este já descrito em trabalhos anteriores (SENTELHAS, 1992). Procedeu-se dessa forma em razão da maior qualidade dos dados obtidos por esse método do que com os sensores nesse experimento.

Para se quantificar o crescimento da cultura do algodoeiro a área foliar nos diferentes tratamentos foi determinado pela relação entre o produto do comprimento pela largura das folhas e a área foliar da respectiva folha, segundo os coeficientes determinados por MONTEIRO (2002).

O grau de correlação entre as variáveis estudadas foi determinado por análise de regressão linear simples.

Resultados e discussão

De modo geral, os microclimas de cada densidade diferiram da condição geral do tempo – representada pelos dados registrados na estação meteorológica padrão e no Posto Meteorológico – com diferentes graus, de acordo com a fase do ciclo da cultura. Além disso, o grau de desenvolvimento da cultura afetou, principalmente, as diferenças de temperatura, umidade relativa do ar e duração do molhamento entre as três densidades estudadas.

A Figura 1 ilustra a variação da temperatura do ar ao longo do ciclo da cultura, no intervalo de 0 a 120 DAE (dias após a emergência), monitorada em cinco condições distintas: nas parcelas da cultura em três densidades populacionais, na estação meteorológica da área experimental e no posto meteorológico da ESALQ/USP.

As medidas do conjunto sensor no dossel da cultura são influenciadas diretamente pelas plantas

⁶Psicrômetro aspirado construído pelo Departamento de Ciências Exatas, ESALQ/USP (Marin et al. 2001).

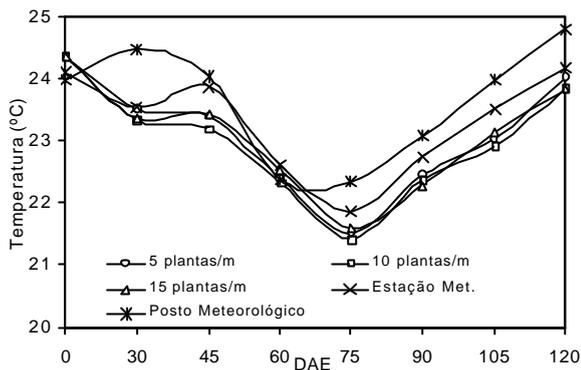


Figura 1. Temperatura média do ar ao longo do ciclo da cultura do algodoeiro, medida em cada densidade de plantio, na estação meteorológica da área experimental e no posto meteorológico (LCE/ESALQ/USP).

de cada parcela. Já, as medidas na estação meteorológica representam a condição média da área experimental que também é influenciada pela cultura e, conseqüentemente, pelo seu grau de desenvolvimento. Logo, a evolução da temperatura registrada no mesmo período no Posto Meteorológico é útil como termo de comparação com as temperaturas registradas no experimento, já que, neste caso, as condições da superfície, ou seja, da cobertura vegetal, no Posto Meteorológico, são mantidas sempre as mesmas, e as variações de temperatura do ar se devem, principalmente, às condições do tempo (macro-meteorológicas).

No transcorrer do ciclo da cultura, é possível verificar que as maiores variações na temperatura média do ar ocorreram devido às condições do tempo. Isso se verifica à medida em que a temperatura no dossel da cultura acompanha as oscilações do posto meteorológico que, estando distante, não sofre interferência do crescimento da cultura ou mesmo das diferentes densidades, mas apenas, das condições gerais do tempo.

Na maior parte do período, as curvas são similares, de modo que a variação observada na área experimental acompanhou a verificada do Posto Meteorológico. Em média, a diferença não passou de 0,5°C entre o Posto Meteorológico e a área experimental, de 0,4°C entre a estação

meteorológica e as parcelas da cultura. Tais diferenças, apesar de pequenas são consistentes, já que as medidas foram feitas em sensores iguais previamente calibrados.

Na comparação da temperatura média ao longo do ciclo entre as densidades de plantio, também não se encontrou diferença relevante. SENTELHAS (1992) identificou influência da densidade populacional na temperatura do dossel da cultura do trigo, e essa foi, em média, 0,7°C maior nas áreas menos densas. Porém, no ano seguinte e com irrigação, a diferença média foi de apenas 0,15°C, atribuindo-se a isso, o fator termo-regulador da água. De maneira geral, espera-se que ocorra menor temperatura onde houver maior densidade de fitomassa, pois associa-se a isso, maior índice de área foliar, logo, maior fluxo de calor latente em detrimento do fluxo de calor sensível. Isso significa que, para as comparações da temperatura em culturas com diferentes densidades de fitomassa, é preciso considerar também, como a disponibilidade hídrica afeta o sistema.

A comparação feita em momentos específicos como, por exemplo, em dias de pouco vento, revela aspectos interessantes do microclima (Figura 2) que apresenta a variação da temperatura do ar medida na estação meteorológica padrão, no centro da área experimental, e junto à cultura, no dia 02 de janeiro de 2002.

Os valores de temperatura chegaram a uma diferença de até 4,6°C por volta das 20 horas, ou seja, enquanto o sensor da estação media uma temperatura de 27,6°C, no terço superior da cultura, os sensores indicavam em torno de 23°C.

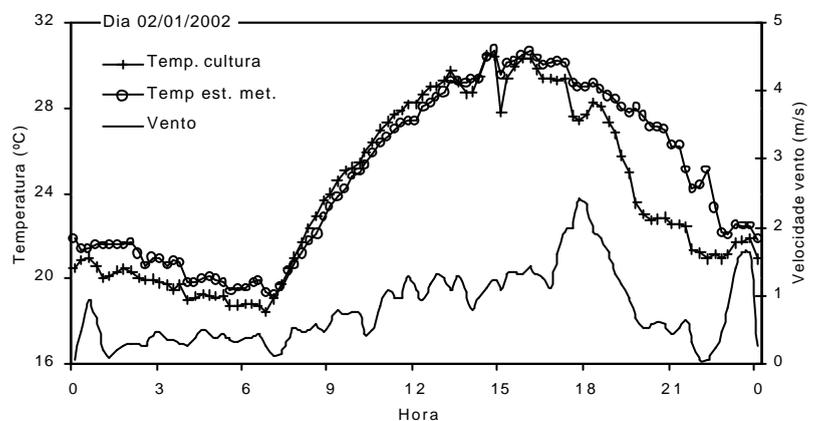


Figura 2. Temperatura do ar na cultura do algodoeiro e na estação meteorológica, e velocidade do vento, ao longo do dia 02 de janeiro de 2002.

Em vários dias analisados, foi comum ocorrer uma brusca redução na temperatura medida junto à cultura, nos períodos vespertinos, quando a temperatura passava a apresentar tendência decrescente e, em geral, associado à baixa velocidade do vento. Por outro lado, em outros dias, nos horários em que a velocidade do vento se manteve acima de $1,5\text{m.s}^{-1}$, a diferença de temperatura entre as duas condições foi muito pequena, não excedendo 1°C durante a maior parte do ciclo da cultura, cerca de 85% do tempo.

Nem por isso, a identificação do fenômeno deixa de ser relevante, uma vez que a temperatura afeta diretamente a velocidade de desenvolvimento do patógeno e, como abordado por BEDENDO (1995), a temperatura está relacionada com a maior ou menor duração da etapa de germinação de esporos e, conseqüentemente, de infecção. Dessa forma, estimativas de taxa de progresso de doença podem ser muito influenciadas por uma diferença de $4,6^\circ\text{C}$ (como do exemplo), mesmo que por poucas horas, principalmente se durante períodos de molhamento e em condições de ocorrência de infecção.

Ao contrário do observado para a temperatura, observou-se maior efeito das densidades populacionais na umidade relativa do ar. A Figura 3 apresenta a variação da umidade relativa do ar ao longo do ciclo da cultura, no intervalo de 0 a 120 DAE, monitorada em três condições distintas: nas parcelas da cultura em três densidades populacionais, na estação meteorológica da área experimental e no Posto Meteorológico LCE/ESALQ/USP. Como se pode observar, a fase inicial é marcada por uma condição uniforme na área experimental, uma vez que ainda não havia fitomassa expressiva nos primeiros dias de

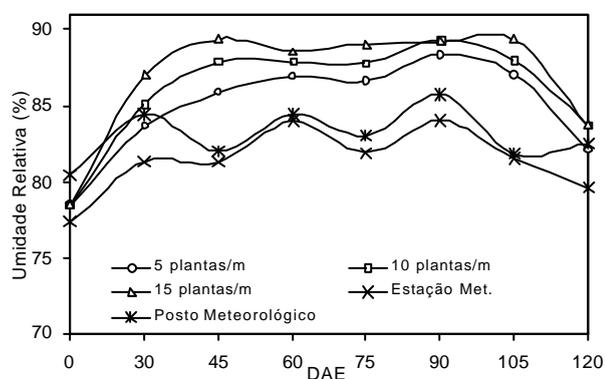


Figura 3. Umidade relativa média do ar ao longo do ciclo da cultura do algodoeiro, medida em cada densidade de plantio, na estação meteorológica da área experimental e no posto meteorológico (LCE/ESALQ/USP).

germinação. A umidade relativa medida na estação meteorológica até os 30 DAE, manteve-se menor que a do Posto Meteorológico. Dos 30 aos 45 DAE, intervalo marcado por um significativo aumento do índice de área foliar da cultura (Figura 4), constatou-se uma aproximação dos valores de umidade relativa, permanecendo similares até o final do ciclo quando, com o início da senescência das plantas, começou a haver novamente aumento da diferença.

Ao que parece, o crescimento da cultura e o conseqüente aumento de fitomassa na área experimental resultou em aumento da umidade relativa, identificável pelas medidas feitas no dossel da cultura nas três densidades. Além disso, observa-se que a umidade relativa registrada na estação meteorológica acompanha as variações registradas no Posto Meteorológico, e é portanto, mais reflexos das condições macro e meso meteorológicas da região do que das condições microclimáticas da cultura.

A curva de umidade relativa medida na estação indica a intensidade dessa variável determinada pelas condições do tempo. Da situação inicial de uniformidade, passando pelo progressivo aumento na área foliar das plantas, ocorre um distanciamento cada vez maior entre as medidas microclimáticas e as medidas da estação meteorológica. É identificável, também, o efeito da densidade populacional no microclima. Paralelo à evolução do microclima em relação à condição geral, constatou-se aumento de umidade relativa nas parcelas ou tratamentos com maior densidade. Ou seja, a umidade relativa foi maior na parcela com 15 plantas por metro, seguida das parcelas com dez e cinco plantas por metro.

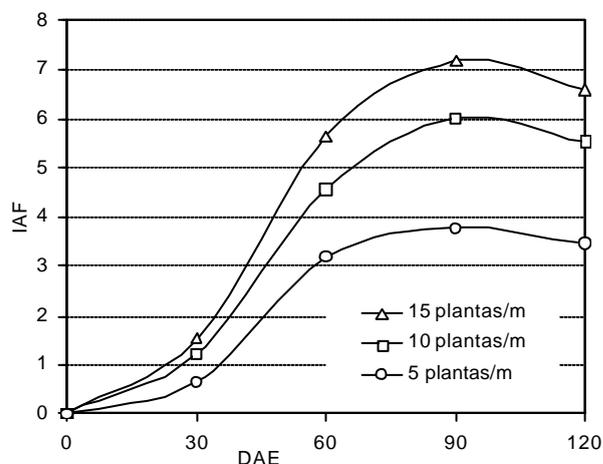


Figura 4. Índice de área foliar (IAF), aos 30, 60, 90 e 120 dias após emergência (DAE) nas parcelas de algodoeiro, com as densidades de 5, 10 e 15 plantas por metro.

A diferenciação de microclimas entre as três densidades começou a ocorrer desde o início do desenvolvimento da cultura, e ao longo do ciclo as diferenças se ampliaram até um certo ponto, quando entre 45 e 60 DAE, as diferenças passaram a diminuir, tornando-se muito menores ou mesmo insignificantes.

A Figura 5 apresenta valores totais diários de DPM estimada pelo $NHUR=90\%$ e precipitação de uma semana, tomada como exemplo, durante o ciclo da cultura. Observa-se uma seqüência de eventos bastante ilustrativa para a análise das condições do tempo e do microclima da cultura do algodoeiro.

No início do período, comparando-se a DPM no ao dossel da cultura em cada densidade populacional, verificam-se valores muito similares. No entanto, mesmo nesse período evidencia-se um discreto acréscimo de DPM quando se comparam as parcelas com diferentes densidades populacionais.

A diferença entre a DPM nos tratamentos e na estação meteorológica padrão, no centro da área experimental, se deve ao posicionamento da medida, dada a maior proximidade do conjunto sensor à zona de maior influência da cultura (junto ao dossel). De 18/12 a 20/12, a diferença entre os dois pontos de medida foi de 2,1 h, valor considerável em se tratando de estudos epidemiológicos, já que uma diferença como essa pode ser suficiente para possibilitar ou inviabilizar a ocorrência de infecção. Isso significa que, normalmente, uma variável medida em uma estação meteorológica não corresponde às condições micrometeorológicas da cultura. Observações semelhantes foram feitas por LOMAS & SHASSHOUA (1970), SENTELHAS (1992) e SENTELHAS et al. (2003).

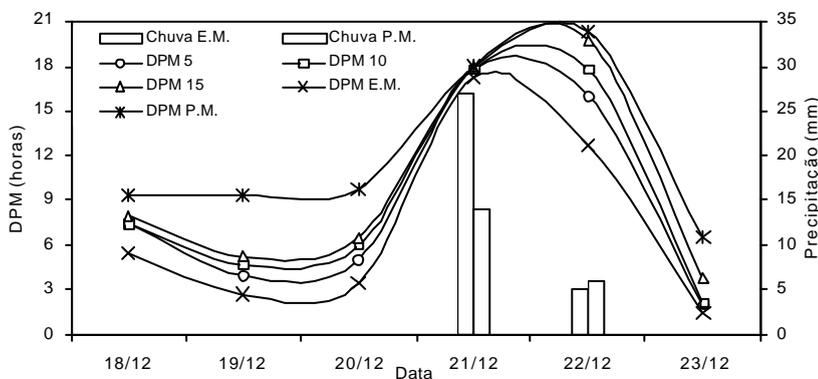


Figura 5. Duração do período de molhamento e precipitação em uma fase do ciclo da cultura do algodoeiro, medidas em cada densidade populacional, na estação meteorológica da área experimental e no posto meteorológico (LCE/ESALQ/USP).

A área experimental e o Posto Meteorológico encontravam-se, praticamente, na mesma altitude e distantes entre si em cerca de 5 km. Mesmo assim, diferenças importantes de DPM foram observadas entre os dois locais. No dia 19/12, essa diferença foi 6,6 h maior que na estação meteorológica. Tais observações refletem a variabilidade espacial e temporal das condições do tempo e, também, o quanto as condições podem ser variáveis em um curto intervalo de tempo, o que é mensurável, desde que com os instrumentos e métodos apropriados.

Durante o mesmo período, de 17 a 20/12, a diferença entre a DPM na estação meteorológica e nos tratamentos praticamente se manteve a mesma. Ocorreu apenas uma pequena diferença entre os tratamentos, que chegou a 1 h entre a menor e a maior densidade populacional. A precipitação de 27mm ocorrida no experimento, no dia 21/12 igualou a medida de DPM tanto nos tratamentos como na estação meteorológica e no Posto Meteorológico, em torno de 18 h.

A diferenciação clara dos microclimas quanto à DPM ocorreu após a chuva que, na área experimental, iniciou-se no dia 21 e terminou no dia 22/12. A partir do fim da chuva, por volta das 8 h do dia 22, a água remanescente sobre as partes das plantas, progressivamente evaporou. Quanto maior a densidade populacional menor a ação do vento e da incidência de radiação solar no interior da cultura, retardando a evaporação. Segundo PEDRO JR. (1989), o incremento da densidade populacional de uma cultura afeta marcadamente o balanço de energia radiante e, conseqüentemente, a velocidade de evaporação de água proveniente de chuva, orvalho ou irrigação. Como descrito por BAKER et al. (1972) e BENEDICT (1984), o algodoeiro apresenta estrutura planofoliar do dossel, com elevadíssimo coeficiente de extinção de luz. Isso resulta em alterações microclimáticas que afetam o curso diário da umidade e da temperatura dentro do dossel, favorecendo o desenvolvimento de epidemias (ROTEM & PALTÍ, 1969; PEDRO JR., 1989). Como resultado, registrou-se 19,8 h de DPM na parcela mais densa, 17,8 h na parcela de densidade intermediária e 16 h na menos densa, ao passo que a DPM foi de 12,8 h na estação meteorológica.

Após a evaporação da água da chuva, a situação novamente tende a um equilíbrio, na qual acaba persistindo apenas uma pequena diferença entre os microclimas quanto à DPM causada, provavelmente, pelo orvalho. É o que se observa no dia 23/12.

As condições micrometeorológicas monitoradas, em cada parcela, parecem sempre tender ao equilíbrio em condições de tempo estável. No entanto, as diferenças registradas entre elas parecem estar mais relacionadas à velocidade com que as condições dentro das parcelas entram em equilíbrio com a nova condição de tempo. Obviamente, essa velocidade de transição que leva ao equilíbrio depende de dois fatores: da magnitude da diferença da variável entre o ambiente e o interior da cultura; e das características estruturais da cultura (altura, IAF), que influenciam a evaporação da água, que por sua vez, influenciam a umidade relativa e a DPM e, basicamente, definem dois espaços diferentes - o espaço da cultura (foliosfera) e a atmosfera na qual está inserida.

A Figura 6 ilustra a DPM ao longo do ciclo da cultura, no intervalo de 0 a 120 DAE, monitorada nas três condições distintas, mencionadas anteriormente

A DPM medida na estação meteorológica se manteve menor que a do Posto Meteorológico. Dos 30 aos 45 DAE, intervalo marcado por um significativo aumento da área foliar da cultura, constatou-se uma aproximação dos valores, havendo redução da diferença. O crescimento da cultura e, conseqüente aumento da fitomassa, resultou em aumento de umidade relativa, que por sua vez, resultou em aumento mais que proporcional na DPM.

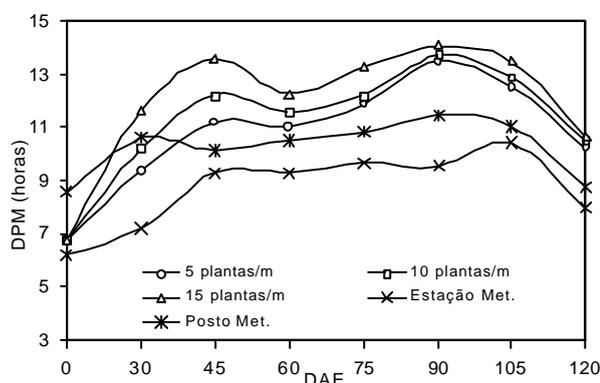


Figura 6. Duração média do período de molhamento ao longo do ciclo da cultura do algodoeiro, medidas em cada densidade de plantio, na estação meteorológica da área experimental e no posto meteorológico (LCE/ESALQ/USP).

Observa-se um claro efeito do microclima na DPM, mais do que na umidade relativa. Nesse caso, ao longo do crescimento da cultura, ocorreu uma diferença cada vez maior entre a DPM na cultura e a da estação meteorológica. Isso ocorreu até, aproximadamente, os 45 DAE quando, a partir de então, a diferença diminuiu e voltou a aumentar até 90 DAE

O efeito da densidade populacional na DPM também pode ser observado na Figura 6. Paralelo à evolução do microclima em relação à condição geral, é constatado aumento da DPM nas parcelas ou tratamentos com maior densidade. Ou seja, a DPM foi maior na parcela com dez plantas por metro do que na de cinco plantas e, maior ainda nas parcelas com 15 plantas por metro. SENTELHAS (1992) também constatou diferença significativa entre a DPM de diferentes densidades populacionais de trigo, principalmente em ano com poucas chuvas.

A diferenciação de microclimas entre as densidades começou a ocorrer desde as fases iniciais do desenvolvimento da cultura, e ao longo do ciclo as diferenças tenderam a se ampliar até um determinado grau, quando entre 45 e 60 DAE, as diferenças diminuíram progressivamente, se tornando cada vez menores, tendendo à igualdade.

Na fase inicial, de 0 a 45 DAE, quando as condições microclimáticas entre as densidades foram mais discrepantes, a diferença chegou, em média, a 1 h entre as densidades de cinco e dez plantas por metro, e 1,5 h entre as densidades de 10 e 15 plantas por metro, ou seja, 2,5 h entre a maior e a menor densidade. É claro que essas diferenças são apenas médias de sete dias de cada fase analisada, o que significa que em vários dias a diferença foi menor que essa, mas o que é mais importante, é que em outros tantos dias, a diferença foi ainda maior que 2,5 h. E são exatamente casos como esses que irão possibilitar a ocorrência de diferentes intensidades de doença em distintas densidades populacionais.

Conclusões

Os dados obtidos no presente trabalho permitem concluir que:

- As densidades de cinco, dez e 15 plantas por metro, na cultura do algodoeiro, não afetaram a temperatura da foliosfera, na altura do terço superior da plantas.
- As temperaturas médias ao longo do ciclo da cul-

tura do algodoeiro, apresentam diferenças significativas entre as medidas no terço superior da cultura e na estação meteorológica padrão, a 2m de altura.

- c) A umidade relativa do ar foi significativamente afetada pela densidade populacional da cultura do algodoeiro, e as diferenças entre densidades se minimizam progressivamente, a partir da cobertura das entre-linhas pelo cultura.
- d) A diferença de umidade relativa do ar foi maior entre a estação meteorológica padrão e a foliosfera da cultura do algodoeiro, do que entre a foliosfera das diferentes densidades populacionais.
- e) O adensamento da cultura do algodoeiro teve grande efeito no aumento da duração do período de molhamento na foliosfera e, assim como na umidade relativa, esta diferença entre densidades foi maior na fase inicial da cultura, diminuindo progressivamente à medida que a cultura se desenvolveu.

Referências bibliográficas

- AGRIOS, G.N. Environmental effects on disease development. In: Agrios, G.N. (Ed.) **Plant pathology**. New York: Academic Press, 1997. p. 143-172.
- BAKER, D.N.; HESKETH, J.D.; DUNCAN, W.G. Simulation of growth and yield in cotton. I. Gross photosynthesis, respiration and growth. **Crop Science**, Madison, v. 12, n. 4, p. 431-435, 1972.
- BEDENDO, I.P. Ambiente e Doença. In: BERGAMIN FILHO, A.; KIMATI, H.; AMORIN, A. **Manual de fitopatologia**. 3. ed., São Paulo: Agronômica Ceres, 1995. p. 331-341.
- BENEDICT, C.R. Physiology. In: KOHEL, R.J.; LEWIS, C.F. (Ed.). **Cotton**. Madison: American Society of Agronomy, 1984. p. 151-200.
- BERGER, R.D. et al. Simulation model to describe epidemics of rust of phaseolus beans I. Development of the model and sensitivity analysis. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 85, n. 6, p. 715-21, 1995.
- GEIGER, R. **Manual de microclimatologia**: o clima da camada de ar junto ao solo. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1980. 556 p.
- GODOY, C.V. **Influência de variáveis climáticas no desenvolvimento da ferrugem polysora na cultura do milho**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2000. 79 p. Tese (doutorado em Fitopatologia) – ESALQ/USP, 2000.
- LOMAS, J.; SHASSHOUA, Y. The performance of three types of leaf-wetness recorders. **Agricultural Meteorology**, Amsterdam, v. 7, p. 159-166, 1970.
- MONTEIRO, J.E.B.A. **Microclima e ocorrência de ramulose no algodoeiro em diferentes densidades populacionais**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2002. 99 p. Dissertação (mestrado em Física do Ambiente Agrícola) – ESALQ/USP, 2002.
- PEDRO JR., M.J. Aspectos microclimáticos e epidemiologia. In: **Curso prático internacional de agrometeorologia para otimização da irrigação**, 3., Campinas: Instituto Agronômico de Campinas, 1989. 13 p.
- ROTEM, J.; PALT, J. Irrigation and plant diseases. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, v. 7, p. 267-288, 1969.
- ROTEM, J. Techniques of controlled condition experiments. In: Kranz J.; Rotem J. (Eds.) **Experimental techniques on plant disease epidemiology**. Berlin: Springer-Verlag, 1988. p. 279-289.
- SENTELHAS, P.C. **Ocorrência de helmintosporiose (*Helminthosporium sativum*) e de oídio (*Erysiphe graminis*) na cultura do trigo (*Triticum aestivum*, L.) sob diferentes condições microclimáticas**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1992. 103 p. Dissertação (mestrado em Agrometeorologia) – ESALQ/USP, 1992.
- SENTELHAS, P.C., GILLESPIE, T.J., MONTEIRO, J.E. Estimating leaf wetness duration on a cotton crop from meteorological data. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 13, 2003. Santa Maria, **Anais...** Santa Maria: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, v.1, p. 663-664, 2003.
- SENTELHAS, P.C., PEDRO JÚNIOR, M.J., FELÍCIO, J.C. Efeitos de diferentes condições de irrigação e densidade de semeadura no microclima e na ocorrência de helmintosporiose e de oídio em trigo. **Bragantia**, Campinas, v.52, n.1, p. 45-52, 1993.
- SUTTON, J.C.; GILLESPIE, T.J.; HILDEBRAND, P.D. Monitoring weather factors in relation to plant disease. **Plant Disease**, Saint Paul, v. 68, n. 1, p. 78-84, 1984.
- ZÄHLER, P.M.; MOTA, F.S.; AGENDES, M.O.O. **Previsão agrometeorológica no controle de doenças e pragas**. Brasília: Ministério da Agricultura e Reforma Agrária, 1991. 54 p.