

• Capítulo 5 •

## Clima

*Henrique Pessoa dos Santos  
Rafael Anzanello*

81) O que é uma variável climática?

82) Quais variáveis climáticas apresentam maior influência no cultivo da macieira?

83) Como a radiação é modificada em quantidade e qualidade e quais consequências essas alterações promovem na macieira?

84) Que ações de manejo podem alterar os efeitos da radiação solar sobre a macieira?

85) Qual o efeito da radiação solar sobre as características físico-químicas dos frutos?

86) Existe algum período crítico em que a limitação de luz solar possa ser mais impactante para a produção de maçã?

87) Como a chuva interfere no desenvolvimento vegetativo e produtivo da macieira?

88) Quais são os danos causados nas macieiras pela ocorrência de granizo?

89) Como a temperatura influencia no desenvolvimento da macieira nas condições climáticas do Sul do Brasil?

90) Além do aspecto fenológico, existe algum outro efeito da temperatura sobre as macieiras?

91) Qual a faixa ideal de temperatura durante o período vegetativo para a macieira?

92) Quais são os danos causados nas macieiras pelas geadas?

93) Por que o potencial de cultivo da macieira está diretamente

relacionado ao somatório de frio que ocorre durante o outono e o inverno?

94) A exigência de frio da macieira durante o período de dormência pode ser variável entre cultivares?

95) Nas condições climáticas do Sul do Brasil, o que acontece se não ocorrer frio suficiente durante o outono e o inverno?

96) Além de prejudicar a brotação e a floração, que outras anomalias podem se manifestar nas plantas em função da falta de frio durante a dormência?

97) Quais indicadores são utilizados para contabilizar o frio durante o outono e o inverno?

98) Qual a importância dos modelos agrometeorológicos para a previsão da brotação em macieiras?

99) Quais variáveis climáticas exercem maior influência sobre o raleio de frutos na macieira?

100) Como se pode alterar o microclima na macieira?

101) Quais as consequências de ventos fortes e intensos em pomares de macieira?

102) Quais são os fatores climáticos que favorecem o acúmulo de açúcar nas maçãs?

103) Como o relevo influencia as condições climáticas na cultura da macieira?

104) Quais os principais impactos do aquecimento global sobre o cultivo de macieiras?

105) Como enfrentar ou minimizar os impactos causados pelo aquecimento global no cultivo da macieira?

•••

## 81) O que é uma variável climática?

Enquanto se experimenta um clima quente ou frio, raramente nos damos conta de que essas condições são o resultado de um

delicado equilíbrio de influências da atmosfera, dos sistemas hídricos, dos organismos vivos e da topografia do relevo.

As causas de influências são definidas como fatores climáticos, e são principalmente representadas por latitude, altitude, continentalidade, relevo, massas de ar, correntes marítimas, ocupação humana e vegetação, entre outros fatores. Todos esses fatores irão interferir no estado físico atmosférico de um determinado local, o qual é caracterizado pelas variáveis climáticas ou elementos climáticos.

Entre as variáveis climáticas, destacam-se a temperatura, a umidade relativa do ar, a radiação solar, a nebulosidade, as chuvas ou precipitações pluviométricas, a pressão atmosférica, os ventos, etc. Essas variáveis oscilam no tempo e no espaço, em função dos fatores climáticos.

...

82) Quais variáveis climáticas apresentam maior influência no cultivo da macieira?



Para a macieira, todas as variáveis podem exercer alguma influência de modo direto ou indireto sobre o crescimento, a produção e a qualidade.

Entretanto, destacam-se como mais impactantes as variáveis:

- Temperatura, considerando máxima, mínima, uniformidade e distribuição.
- Precipitação (na forma de chuva ou granizo), em termos de frequência, duração, intensidade e sazonalidade.
- Vento, em termos de velocidade, época e sentido predominante de ocorrência.
- Radiação solar, em quantidade e qualidade.

Considerando a região de cultivo no Brasil e as exigências da macieira, a temperatura apresenta-se como uma das variáveis climáticas mais importantes.

•••

83) Como a radiação é modificada em quantidade e qualidade e quais consequências essas alterações promovem na macieira?

É imprescindível que a radiação solar, por ser essencial para a produção de açúcares nas folhas, seja disponibilizada ao máximo para a maior proporção de superfície foliar nas plantas.

A exemplo disso, para que uma folha de macieira possa atuar em máxima fotossíntese (produção de açúcares a partir da energia luminosa), ela necessita, em média, de 35% da intensidade instantânea de radiação incidente em um dia ensolarado.

Contudo, essa radiação pode ser facilmente restringida em dias nublados ou por chuvas, pela localização do pomar no relevo e pelo manejo do pomar.

Em termos qualitativos, a radiação é mais benéfica quando incide diretamente sobre a folha e a fruta, pois a radiação refletida ou difusa não dispõe do mesmo padrão de cores (e de energia) e, conseqüentemente, não exerce a mesma função biológica.

•••

84) Que ações de manejo podem alterar os efeitos da radiação solar sobre a macieira?

Em um aspecto amplo, todas as ações que promovem, de modo direto ou indireto, uma barreira física para os raios solares incidirem sobre a folha ou fruto estão interferindo nos efeitos da radiação sobre a macieira.

Por exemplo, excesso de vigor vegetativo, sem manejo de poda, pode facilmente promover condições de autossombreamentos de folhas e frutos, restringindo os efeitos da radiação na planta. A orientação solar das fileiras do pomar no sentido norte-sul pode também contribuir para se evitar autossombreamentos e elevar o aproveitamento da radiação.

Além disso, o uso de coberturas (por exemplo, antigranizo) que não respeitam a exigência mínima de radiação para macieira (35%) pode também restringir os efeitos qualitativos da radiação.

•••

## 85) Qual o efeito da radiação solar sobre as características físico-químicas dos frutos?

Na fase de maturação, as maçãs que recebem maior incidência de radiação solar direta apresentam maior uniformidade e intensidade de maturação (mais açúcar, menor acidez) e de coloração da casca, que são atributos qualitativos desejáveis para essa fruta.

Entretanto, o excesso de exposição solar, principalmente nos horários mais quentes do dia, pode causar queimaduras ou favorecer o aparecimento de um distúrbio fisiológico, denominado escaldadura, que se manifesta durante o período de armazenagem dos frutos, principalmente em cultivares de casca verde.

•••

## 86) Existe algum período crítico em que a limitação de luz solar possa ser mais impactante para a produção de

maçã?

De modo geral, sempre que houver sombreamentos além do limite mínimo (35% da radiação máxima de um dia de sol) haverá comprometimento para o desenvolvimento, crescimento e produção da macieira.

Entretanto, destacam-se dois períodos em que a restrição de luz pode ser mais impactante. O primeiro ocorre, em média, 3 a 4 semanas após o início da floração e compromete diretamente a frutificação efetiva das plantas, quando os frutos estão em crescimento e com alta necessidade de açúcares. O segundo período crítico corresponde à fase intermediária de maturação até a colheita, quando os frutos ainda apresentam alta demanda por açúcares e as folhas já não apresentam a mesma performance para processar a radiação incidente, podendo o sombreamento comprometer a evolução da maturação.

•••

87) Como a chuva interfere no desenvolvimento vegetativo e produtivo da macieira?

A chuva é importante para o desenvolvimento da macieira, especialmente no período de crescimento dos frutos, pois restrições hídricas podem promover diminuição de tamanho e, conseqüentemente, redução da produtividade do pomar e do preço dos frutos.

Além disso, restrições hídricas também podem prejudicar a absorção de nutrientes, o crescimento da planta e a diferenciação das gemas floríferas para o ciclo seguinte.

Em geral, a disponibilidade hídrica – que também é dependente das características físicas do solo e da profundidade e extensão do sistema radicular das plantas – não é limitante para a cultura no Sul do Brasil. As macieiras geralmente necessitam de no mínimo 700 mm por ano. Quanto ao limite máximo, para que o manejo fitossanitário não fique comprometido, é necessário que o volume de precipitações não ultrapasse o máximo de 1.700 mm por ano.

Quanto à distribuição, chuvas contínuas no período de floração comprometem drasticamente a produtividade. Grande volume de chuva em curto espaço de tempo pode também restringir a absorção de nutrientes, dependendo das condições de drenagem do solo, pela asfixia de raízes.

...

88) Quais são os danos causados nas macieiras pela ocorrência de granizo?





As precipitações de granizo correspondem a outro grande entrave na produção agrícola, especialmente no cultivo de macieira.

O dano provocado pelo granizo é variável, dependendo do tamanho das pedras, densidade por área, duração, velocidade de queda, idade das plantas e época de ocorrência.

Em macieira, se o fruto for atingido logo após a floração, as frutas ficam deformadas, depreciando sua qualidade. Em frutos maiores, os danos por granizo resultam em lesões que favorecem a entrada de patógenos, impossibilitando, muitas vezes, sua comercialização. Quando em intensidade alta, o granizo pode comprometer produções futuras por causa do dano causado nos ramos e nas folhas das plantas, favorecendo o desenvolvimento de fungos que causam cancro nos ramos.

No Sul do Brasil, baseado no histórico de ocorrências, há uma estimativa média de que as perdas anuais por granizo podem chegar a 20% da produção total de maçãs. Contudo, a ocorrência é muito variável de ano para ano e de local para local, o que exige investimentos para a garantia de safras (como, por exemplo, seguro agrícola, telas antigranizo, etc.).



## 89) Como a temperatura influencia no desenvolvimento da macieira nas condições climáticas do Sul do Brasil?

A macieira, a exemplo de outras plantas perenes de clima temperado, é diretamente influenciada pelas variações térmicas que podem ocorrer no local de cultivo.

Essa influência se deve ao controle direto que a temperatura

exerce sobre as etapas fenológicas, as quais correspondem ao tempo de ocorrência de cada fase no desenvolvimento anual da cultura.

Como respostas às variações de temperatura, as macieiras são induzidas a um período de dormência com queda das folhas nos meses de outono e inverno, e um período de desenvolvimento vegetativo e produtivo nos meses de primavera e verão.

•••

90) Além do aspecto fenológico, existe algum outro efeito da temperatura sobre as macieiras?

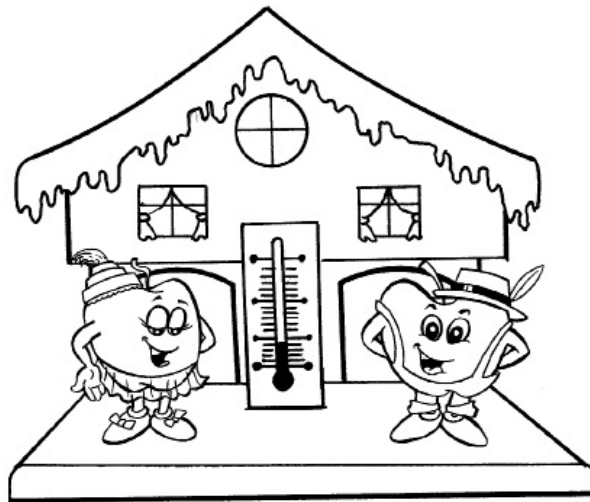
A temperatura exerce grande influência sobre vários aspectos do metabolismo das plantas.

Em macieira as temperaturas podem interferir diretamente na forma e na coloração dos frutos. Em condições de temperatura baixa, principalmente as temperaturas noturnas (em torno de 15 °C), durante a fase de crescimento (3 a 4 semanas após a floração), ocorre o favorecimento do alongamento dos frutos. Em contrapartida, temperaturas altas nessa mesma fase favorece a produção de frutos achatados. Essas condições térmicas são facilmente obtidas em cultivos com variações de altitude.

Temperaturas noturnas baixas na primavera e no verão também restringem o desenvolvimento do distúrbio de escaldadura e favorecem o incremento de sabor e de cor na casca. Na mesma fase, temperaturas muito elevadas favorecem o crescimento vegetativo, em detrimento dos frutos, gerando um desequilíbrio nas plantas.

•••

91) Qual a faixa ideal de temperatura durante o período vegetativo para a macieira?



A faixa ideal de temperatura para a macieira no período vegetativo se situa entre 18 °C e 23 °C, não ultrapassando no verão o limite máximo de 25 °C.

Durante a floração, temperaturas inferiores a 10 °C dificultam a fixação e o adequado crescimento dos frutos. Além disso, temperaturas muito baixas na floração dificultam a atividade dos insetos polinizadores. Geadas ou temperaturas muito baixas, antes da floração, podem causar danos nas estruturas florais e, conseqüentemente, restringir a produção.

A temperatura, nas 2 a 3 semanas após a floração, influencia a forma dos frutos; temperaturas baixas favorecem a alongação dos frutos e temperaturas altas, a formação de frutos mais achatados. Temperaturas muito elevadas (como, por exemplo, acima de 30 °C) durante o crescimento dos frutos também podem ocasionar queimaduras na casca, reduzindo a produtividade, a qualidade e a

capacidade de armazenamento deles.

...

92) Quais são os danos causados nas macieiras pelas geadas?

As geadas podem causar sérios danos, sobretudo quando ocorrem tardiamente na interface inverno/primavera, que coincide com o período inicial de desenvolvimento da macieira. Essas geadas tardias são as mais prejudiciais, pois “queimam” a vegetação e podem comprometer total ou parcialmente a produção de maçãs de uma safra e afetar inclusive as safras seguintes.

...

93) Por que o potencial de cultivo da macieira está diretamente relacionado ao somatório de frio que ocorre durante o outono e o inverno?

A macieira, como outras espécies de clima temperado, necessita de um somatório de frio durante o período hibernal, nos meses do outono e inverno.

Esse somatório de horas de frio, que corresponde à soma do tempo durante o qual as temperaturas do ar são iguais ou inferiores a 7,2 °C, é essencial para haver a indução e a superação do estado de endodormência (dormência induzida pelo frio) das gemas. Ou seja, para que um novo ciclo vegetativo se estabeleça na primavera e seja uniforme, em termos de brotação e floração, é imprescindível que ocorra um somatório de frio adequado para

cada cultivar.

•••

94) A exigência de frio da macieira durante o período de dormência pode ser variável entre cultivares?

A necessidade de frio durante a dormência é uma característica implícita de cada cultivar, existindo uma grande amplitude de variação de respostas ao frio. Como visto na questão 69, existem cultivares de baixa, média e alta exigência ao frio.

•••

95) Nas condições climáticas do Sul do Brasil, o que acontece se não ocorrer frio suficiente durante o outono e o inverno?

A insuficiência de frio hibernal faz com que as macieiras permaneçam em endodormência (veja questão 93) ou apresentem brotação e floração reduzidas e/ou desuniformes. Como consequência, as plantas apresentam comprometimentos na distribuição dos ramos, na formação de superfície foliar adequada e no potencial produtivo da safra.

Em função desses impactos, o somatório de horas de frio ( $HF \leq 7,2 \text{ }^\circ\text{C}$ ) tem sido adotado como um critério para definição dos locais preferenciais de cultivo. Regiões com mais de 1.000 horas de frio são consideradas ideais, enquanto locais com 500 horas são considerados adequados, desde que sejam utilizados tratamentos para a quebra da dormência (dependente do grau de exigência de

frio da cultivar).

No Brasil, as regiões mais adequadas para o cultivo da macieira estão localizadas nos estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina, que apresentam somatórios de horas de frio compatíveis com as exigências da cultura.

•••

96) Além de prejudicar a brotação e a floração, que outras anomalias podem se manifestar nas plantas em função da falta de frio durante a dormência?

A restrição ou desuniformidade na disponibilidade de frio hibernal pode promover alguns distúrbios fisiológicos e fenológicos em macieira. Entre eles, destacam-se a paralisia do crescimento de novos brotos, o desenvolvimento de folhas pequenas, a formação de frutos pequenos e achatados e o abortamento de gemas florais, gerando impactos quantitativos e qualitativos na produção.

•••

97) Quais indicadores são utilizados para contabilizar o frio durante o outono e o inverno?

Além do número de horas de frio abaixo ou igual a 7,2 °C, outros métodos podem ser utilizados para quantificar o frio ocorrido durante o outono/inverno para a superação da dormência.

Há modelos que consideram o total de unidades de frio (UF), os quais atribuem diferentes pesos às temperaturas, considerando uma maior abrangência de temperaturas efetivas de frio e incor-

porando efeitos negativos para temperaturas elevadas. Esses modelos apresentam o propósito de avaliar a evolução da dormência de acordo com a qualidade do frio acumulado no outono/inverno. Entre esses modelos, destacam-se o modelo de Utah e o modelo de Carolina do Norte, nos quais já foram feitas algumas modificações para adequá-los a condições de invernos amenos e com grandes variações térmicas, como no Sul do Brasil.

•••

98) Qual a importância dos modelos agrometeorológicos para a previsão da brotação em macieiras?

A modelagem de predição do início do ciclo vegetativo anual em frutíferas caducifólias, por meio da quantificação do frio ocorrido no outono e no inverno, é de extrema importância para a tomada de decisão quanto à necessidade ou não de aplicação de produtos químicos para a superação da dormência. Além disso, auxilia na administração de doses adequadas às necessidades de uma determinada safra.

A aplicação desse modelo sobre dados climáticos de um local pode ainda auxiliar na prospecção de locais ideais para cultivos de frutíferas de clima temperado e para prever os impactos de variações climáticas sobre o potencial produtivo de macieiras.

•••

99) Quais variáveis climáticas exercem maior influência sobre o raleio de frutos na macieira?

As condições climáticas que ocorrem no período botão floral/abertura de flores são cruciais na definição da frutificação efetiva e na resposta dos tratamentos para raleio de frutos.

Temperaturas baixas ( $< 18\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), alta umidade relativa e dias nublados são negativos para a frutificação efetiva e os frutos pequenos apresentam maior sensibilidade ao raleio químico. Além disso, nessas condições as folhas apresentam maior taxa de absorção dos produtos aplicados, o que exige controle de dose, principalmente nas cultivares mais suscetíveis (como, por exemplo, ‘Gala’ e ‘Golden Delicious’).

Por sua vez, dias quentes ( $21\text{ }^{\circ}\text{C}$ – $27\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), ensolarados e com baixa umidade relativa são mais favoráveis à frutificação efetiva e dificultam a ação de raleantes químicos. Temperaturas muito altas ( $> 30\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) podem promover estresse e queda natural de frutos, o que exige cautela na aplicação de raleantes químicos.

•••

## 100) Como se pode alterar o microclima na macieira?

O microclima, que corresponde aos valores das variáveis climáticas obtidos no interior do pomar – mais precisamente na posição das folhas e frutos –, pode ser favorecido com práticas de manejo. Nesse enfoque, destaca-se o emprego de porta-enxertos anão ou semianão, que possibilitam menor vigor de copa. Além disso, destaca-se a orientação das fileiras (ideal norte-sul) e a realização de podas verdes, que permitem aumentar a radiação solar incidente e a circulação do ar.

Em algumas regiões são utilizadas telas para proteção contra granizo, as quais atuam também como atenuantes da radiação e



barreira física para a circulação do ar. Nessas condições, pode haver favorecimento das condições microclimáticas para o estabelecimento de doenças (por exemplo, maior período de molhamento foliar).

•••

### 101) Quais as consequências de ventos fortes e intensos em pomares de macieira?

Ventos fortes (> 30 km/h) e frequentes são prejudiciais à macieira. Os maiores danos ocorrem em áreas altas, planas e sem a presença de matas nativas ou de quebra-ventos.

Entre os prejuízos, destacam-se o aumento na deriva de pulverizações, reduzindo a eficiência dos tratamentos fitossanitários; a redução na atividade de abelhas; e a queda de ramos, flores e frutos.

Além disso, a frequência de ventos fortes no pomar pode causar a inclinação das plantas, principalmente em pomares que utilizam porta-enxertos com sistema radicular pouco profundo.

•••

### 102) Quais são os fatores climáticos que favorecem o acúmulo de açúcar nas maçãs?

A radiação solar é fundamental para a produção de açúcar por meio da fotossíntese.

Temperaturas elevadas (próximo a 25 °C) e um deficit hídrico moderado também podem aumentar o teor de açúcar dos frutos.

Outro fator que pode auxiliar no aumento da superfície foliar para captação da radiação solar é a ocorrência de ventos fracos (< 10 km/h), pois isso garante uma movimentação foliar e renovação da camada de ar que circunda as folhas, beneficiando a transpiração e a atividade fotossintética.

•••

### 103) Como o relevo influencia as condições climáticas na cultura da macieira?

O relevo interfere principalmente na energia solar recebida em função da face de exposição do terreno (por exemplo, norte, sul, etc.), na temperatura, na circulação do ar (ventos), no índice de precipitações, bem como na drenagem dos solos.

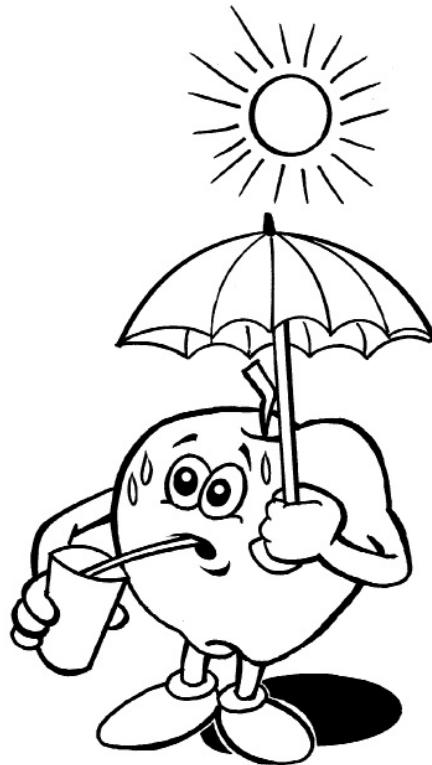
Com a altitude também ocorrerá uma redução na temperatura do ar, pelo fato de o ar tornar-se mais rarefeito. Em média, a cada 100 m de altitude temos uma diminuição na ordem de 0,6 °C na temperatura do ar.

O relevo também influencia a temperatura de um determinado local desviando ou até impedindo a passagem de uma massa de ar. Essa influência sobre o fluxo de massas de ar também repercute diretamente sobre a frequência de precipitações, aumentando a incidência de chuvas na face que recebe as massas de ar e reduzindo na face oposta do relevo.

Portanto, para garantir as melhores condições de cultivo para as diferentes cultivares, as áreas para implantação dos pomares devem ser criteriosamente estudadas para se chegar a uma escolha, considerando todas essas interferências.

...

104) Quais os principais impactos do aquecimento global sobre o cultivo de macieiras?



Considerando os cenários dos últimos estudos de mudanças climáticas, as temperaturas médias e as precipitações podem aumentar nas regiões produtoras do Sul do Brasil.

Essa mudança acarretará impactos diretos sobre a fenologia das plantas, sobretudo na superação da dormência. Com a redução progressiva no número de horas de frio durante o outono e o inverno – em função da maior frequência de oscilações térmicas –, as necessidades de frio das atuais cultivares não serão atendidas.

Além disso, as mudanças climáticas poderão ampliar a vulnerabilidade dos cultivos aos fenômenos naturais, como geadas, temperaturas extremas e estiagens ou excesso de precipitações.

...

105) Como enfrentar ou minimizar os impactos causados pelo aquecimento global no cultivo da macieira?

Com a concretização das previsões de mudanças climáticas, torna-se essencial a readequação dos zoneamentos agroclimáticos para a cultura da macieira, dando preferência para o cultivo em regiões de maior altitude.

Além disso, é necessário o desenvolvimento de um amplo programa de melhoramento genético, buscando cultivares com menores necessidades de frio no inverno, para garantir um potencial de produção sustentável com incrementos de temperatura durante o período hibernar.

...