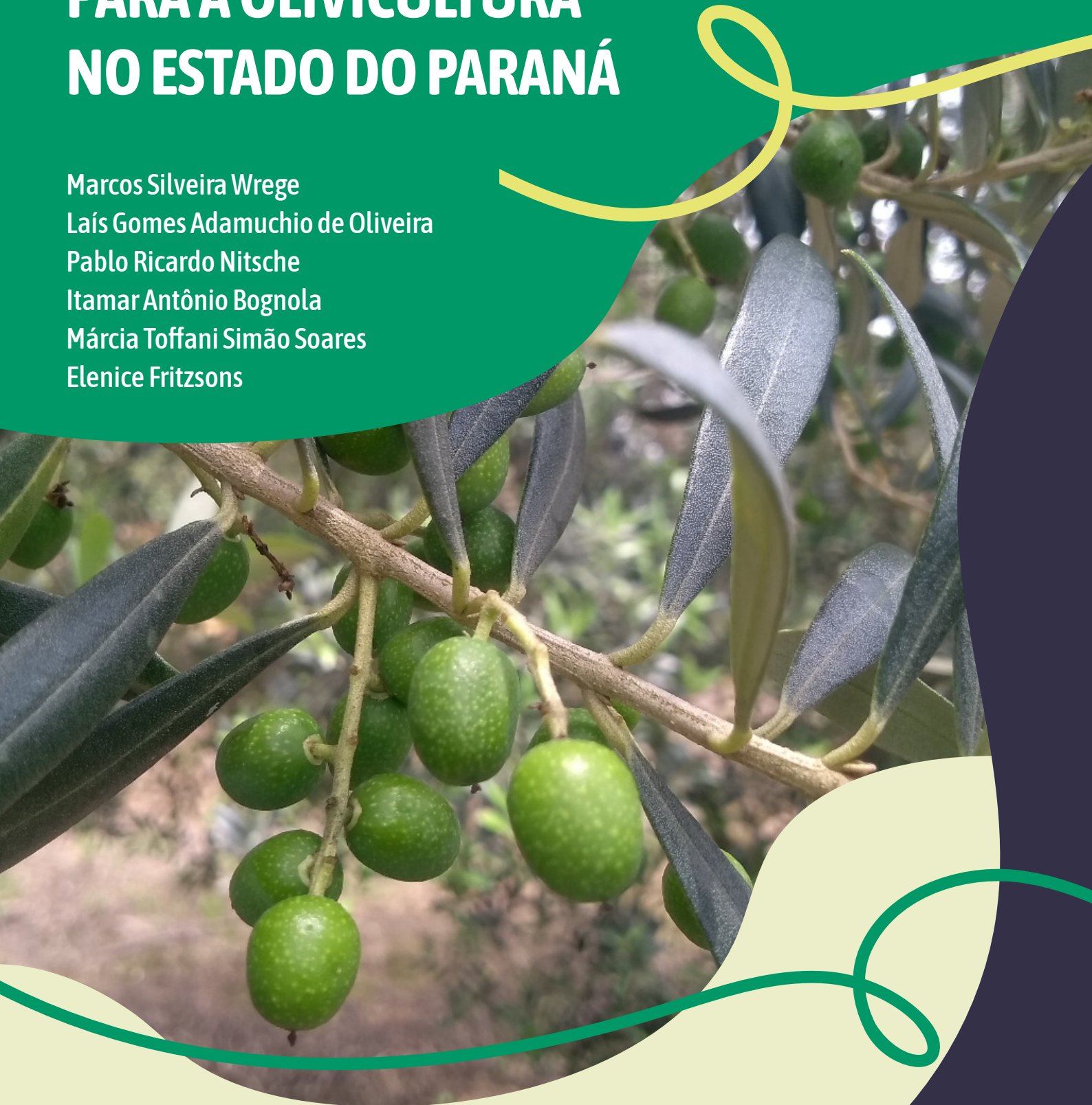


RISCOS CLIMÁTICOS PARA A OLIVICULTURA NO ESTADO DO PARANÁ

Marcos Silveira Wrege
Laís Gomes Adamuchio de Oliveira
Pablo Ricardo Nitsche
Itamar Antônio Bognola
Márcia Toffani Simão Soares
Elenice Fritzsos



RISCOS CLIMÁTICOS PARA A OLIVICULTURA NO ESTADO DO PARANÁ



Governador do Estado do Paraná

Carlos Massa Ratinho Júnior

Secretário da Agricultura e do Abastecimento

Marcio Fernando Nunes



Diretor-Presidente

Natalino Avance de Souza

Diretora de Pesquisa e Inovação

Vania Moda Cirino

Diretor de Extensão Rural

Paulo Eduardo Sipoli Pereira

Diretor de Gestão Institucional

Altair Sebastião Dorigo

Diretor de Gestão de Negócios

Richard Golba

RISCOS CLIMÁTICOS PARA A OLIVICULTURA NO ESTADO DO PARANÁ

Marcos Silveira Wrege

Laís Gomes Adamuchio de Oliveira

Pablo Ricardo Nitsche

Itamar Antônio Bognola

Márcia Toffani Simão Soares

Elenice Fritzsons



IDR-Paraná

Londrina
2026

Conselho Editorial
Vania Moda Cirino – Coordenadora
Paulo Eduardo Sipoli Pereira
Dimas Soares Junior
Álison Néri

Chefe do Departamento de Inovação
Dimas Soares Júnior

Editor-chefe
Álison Néri

Produção Editorial
Tikinet

Distribuição
Gerência de Produtos e Serviços
publicacoes@idr.pr.gov.br
(43) 3376-2133

Todos os direitos reservados.
É permitida a reprodução parcial, desde que citada a fonte.
É proibida a reprodução total desta obra.

Publicação parcialmente financiada com recursos da Fundação Araucária.



Dados Internacionais de Catalogação na Publicação – CIP

W944 Wrege, Marcos Silveira e Outros
Riscos climáticos para a olivicultura no estado do Paraná / Marcos Silveira Wrege,
Laís Gomes Adamuchio de Oliveira, Pablo Ricardo Nitsche, Itamar Antônio Bognola,
Márcia Toffani Simão Soares e Elenice Fritzsos. – Londrina: IDR-Paraná, 2026.
(Boletim Técnico, No. 110, março 2026)
E-Book: PDF; 27 p.; Il.; Color

ISSN 0100-3054

1. Agricultura. 2. Olivicultura. 3. Cultura da Oliveira. 4. Riscos Climáticos. 5.
Zoneamento Agrícola de Risco Climático (ZARC). 6. Tecnologia Agrícola. 7. Paraná.
I. Título. II. Série. III. Wreger, Marcos Silveira. IV. Oliveira, Laís Gomes Adamuchio
de. V. Nitsche, Pablo Ricardo. VI. Bognola, Itamar Antônio. VII. Soares, Márcia
Toffani Simão. VIII. Fritzsos, Elenice. IX. IDR-Paraná.

CDU 633

CDD 634

Catalogação Elaborada por Regina Simão Paulino – CRB 6/1154

Rua Teresina, 67 - Belo Horizonte - MG - 31230-570

Tel. Fixo 31 34213037 - ruth-paulino@uol.com.br

AUTORES

Marcos Silveira Wrege

Engenheiro-agrônomo, D. Sc.
Pesquisador, Agrometeorologia
marcos.wrege@embrapa.br

Laís Gomes Adamuchio de Oliveira

Engenheira-agrônoma, D. Sc.
Extensionista
lgadamuchio@idr.pr.gov.br

Pablo Ricardo Nitsche

Engenheiro-agrícola, D. Sc.
Pesquisador, Agrometeorologia
pablo.nitsche@idr.pr.gov.br

Itamar Antônio Bognola

Engenheiro-agrônomo, D. Sc.
Pesquisador, Classificação de Solos
itamar.bognola@embrapa.br

Márcia Toffani Simão Soares

Engenheira-agrônoma, D. Sc.
Pesquisadora, Manejo de Solo e Água
marcia.toffani@embrapa.br

Elenice Fritzsos

Engenheira-agrônoma, D. Sc.
Pesquisadora, Agrometeorologia
elenice.fritzsos@embrapa.br

RESUMO

O interesse pelo cultivo de oliveira no Brasil não é recente, mas as informações sobre seu cultivo não avançaram no mesmo grau de interesse, faltando informações básicas sobre as cultivares, atentando para a necessidade de montar uma rede de experimentação, a fim de avaliar a tolerância da oliveira aos riscos climáticos e em que condições específicas de clima pode alcançar produtividades sustentáveis. Assim, o objetivo deste trabalho foi o de avaliar os riscos e os indicadores climáticos relacionados à produção de algumas cultivares de oliveira no Estado do Paraná e, com base nisto, criar classes indicadoras de risco para dar suporte à tomada de decisão sobre onde e quando plantar. Para este fim, foram calculadas as somas de horas de frio necessárias ao processo de invernização com temperaturas inferiores a 12,5°C no período de abril a julho, a soma de temperaturas superiores a 10°C no período entre janeiro e abril, necessárias ao crescimento e maturação dos frutos, e a probabilidade de ocorrerem temperaturas mínimas no abrigo meteorológico inferiores a 3°C no mês de julho, temperatura relacionada à ocorrência de geada, no mês de maior risco de sua ocorrência. O Estado do Paraná apresenta uma ampla diversidade microclimática, em função das variações da altitude e de se situar em latitudes médias, na zona de transição climática entre o clima temperado e o tropical (Trópico de Capricórnio – 23° 27' S). Em função disso, as condições médias nem sempre representam satisfatoriamente a realidade de campo e em muitos anos, as condições necessárias para a oliveira frutificar e produzir de forma sustentável, podem não ocorrer. O sucesso da olivicultura no país está diretamente relacionado à melhor combinação do material genético com a oferta das condições climáticas de cada região, isto é, a região que apresentar os menores riscos climáticos para a cultivar selecionada.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	7
1.1 Situação da Olivicultura no Brasil	7
1.2 Índices Relacionados à Produção de Oliveira	8
1.3 Condições Climáticas Ofertadas para o Desenvolvimento da Oliveira no Brasil	8
1.4 Limites Climáticos para o Desenvolvimento da Oliveira	8
2. MATERIAIS E MÉTODOS	9
2.1 Avaliação da Base de Dados	9
2.2 Definição dos Critérios	10
2.3 Frequência das Horas de Frio	10
2.4 Risco de Umidade Relativa do Ar (UR) Alto (> 80%) ou Baixo (<30%).....	10
2.5 Risco de Geadas	11
2.6 Risco de Chuva nas Fases de Florescimento e Maturação dos Frutos	13
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	13
3.1 Zoneamento de Riscos Climáticos para Oliveira no Estado do Paraná	13
3.2 Frequência de Horas de Frio.....	13
3.3 Risco de Geadas	15
3.4 Risco de Chuva	15
3.5 Intercalação de Cultivares	16
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS	17
REFERÊNCIAS.....	17
ANEXO	19

1. INTRODUÇÃO

O interesse pela oliveira no Brasil não é recente, mas as informações sobre a olivicultura não avançaram da mesma maneira em que cresceu o interesse pelo seu cultivo comercial, faltando informações básicas sobre as cultivares, incluindo sua tolerância aos riscos climáticos, além da necessidade de experimentação para avaliar em quais condições específicas de clima a oliveira pode alcançar produtividades sustentáveis. Assim, o objetivo deste trabalho foi o de criar, para o Estado do Paraná, índices de riscos que deem suporte ao processo de tomada de decisão sobre onde e quando plantar, para indicar as regiões com os menores riscos climáticos para cada grupo de cultivares com características semelhantes e, nestas regiões, os melhores períodos para transplante de mudas no campo.

1.1 Situação da Olivicultura no Brasil

A oliveira (*Olea europaea L.*) é uma espécie arbórea nativa da região do Mediterrâneo, onde o clima é caracterizado por apresentar verão seco (Csa, pela classificação climática de Köppen), com temperaturas moderadas do ar no período do inverno. Atualmente, a maior parte da produção de azeite no mundo, cerca de 98%, ainda provém desta região. O aumento do interesse pelo azeite de oliva, dada suas qualidades nutricionais e benéficas à saúde, foi responsável pela expansão do cultivo para outras regiões, fora do Mediterrâneo, entre as quais o continente americano, onde o cultivo se deu em áreas com clima semelhante ao do mediterrâneo, mas também em áreas marginais, como o Brasil, com clima bastante distinto. Assim, muitos problemas de produção passaram a surgir, como falta de florescimento compatível com uma produção comercial sustentável, em função do não atendimento das condições climáticas necessárias ao desenvolvimento da oliveira, como a soma de horas de frio inferiores a 12,5 °C no período entre abril e julho, necessárias para o processo de invernização da planta.

A olivicultura está se expandindo principalmente pelas regiões Sul e Sudeste do Brasil onde, em princípio, são as que agregam as características climáticas mais favoráveis para o seu desenvolvimento. Os riscos embutidos nesta atividade são maiores, devido ao pouco conhecimento que se tem sobre o desenvolvimento da espécie em regiões subtropicais/tropicais. Os indicadores utilizados na região de origem nem sempre são iguais aos do Brasil e muitos requerem adaptações e refinamentos. Assim, é necessário tempo para que ajustes sejam feitos nestes indicadores e para que ocorram adaptações das técnicas de manejo, um melhor planejamento do uso da terra, com uma melhor gestão dos riscos climáticos, e o desenvolvimento de programas de melhoramento, voltados a uma região de clima subtropical/tropical, considerada atualmente marginal para o desenvolvimento comercial da espécie.

Poucas cultivares têm se apresentado produtivas, pois as condições climáticas do Brasil são distintas às do continente europeu-asiático, onde a oliveira é produzida tradicionalmente nas áreas em clima mediterrâneo. Para a produção comercial de oliveira no Brasil, há ainda algumas etapas a serem vencidas, como a produção de mudas certificadas e livres de patógenos, melhoria das técnicas de produção, o desenvolvimento de um amplo programa de melhoramento genético e a indicação de regiões com baixos riscos climáticos para o seu cultivo, como é o caso. O cumprimento destas etapas certamente resultará em uma melhor adaptação da espécie às diversas condições climáticas existentes no Brasil. Com esta finalidade, este trabalho visa indicar as regiões com os menores riscos climáticos para o plantio comercial da oliveira no Estado do Paraná, considerando as cultivares atualmente existentes, a maioria das quais foi introduzida a partir de regiões tradicionalmente produtoras da Europa.

1.2 Índices Relacionados à Produção de Oliveira

Para o sucesso da diferenciação floral, é necessário que a oliveira passe por um processo de dormência (ou invernização, ou latência), o que corresponde a um período de frio com temperaturas do ar inferiores a 12,5 °C. No Brasil, este período corresponde a abril, logo após a poda, até julho, quando a oliveira começa a florescer. Quando a temperatura do ar permanece abaixo de 12,5 °C, a oliveira cessa os processos de desenvolvimento vegetativo. Este processo pode ser interrompido se a temperatura voltar a subir acima de 12,5 °C. Temperaturas médias superiores a 20 °C, neste período, podem prejudicar o desenvolvimento das flores. Ao contrário, em alguns casos, temperaturas médias inferiores a 20 °C podem promover o desenvolvimento das flores, mesmo com pouca quantidade de frio somada no período correspondente à invernização. A temperatura base considerada para a soma de frio, de 12,5 °C, não é consenso, pois pode variar de acordo com as cultivares, conforme demonstram estudos recentes. As flores se desenvolvem bem quando as gemas florais recebem a soma de horas de frio suficiente para o término do processo de dormência e, com isso, se diferenciar anatomicamente para, então, receber a soma de horas de calor necessárias para dar início ao processo de brotação, considerando para a soma temperatura do ar superiores a 12,5 °C. Nesta fase, temperaturas muito baixas podem prejudicar o desenvolvimento das flores. Assim, existem cultivares que apresentam condições de se desenvolver em condições tropicais, onde as temperaturas baixas ocorrem por um período curto, ainda que as condições climáticas sejam diferentes entre os anos.

Assim como a temperatura base pode variar entre as cultivares para a soma das horas de frio, também ocorre para o cálculo da soma das horas de calor e conforme a fase de desenvolvimento das flores e dos frutos. Para o florescimento, entre 7,8 e 16,1 °C, para o amadurecimento dos frutos, entre 13,3 e 14,3 °C e, no final, para a maturação, entre 7,1 e 17,2 °C. Do mesmo modo, cada cultivar tem sua necessidade de soma térmica, sendo comum valores superiores a 1300 GD (graus-dia).

1.3 Condições Climáticas Ofertadas para o Desenvolvimento da Oliveira no Brasil

Em função do relevo, e também por estar situado na zona de transição do clima temperado para o tropical (Trópico de Capricórnio, paralelo 23°27' S), em latitudes médias, o Estado do Paraná apresenta variabilidade climática, com diferentes microclimas e, por este motivo, raramente as condições médias do clima representam as condições reais de um ano. Em função da variabilidade climática existente nas regiões mais frias do Brasil, as condições necessárias ao desenvolvimento podem ocorrer em alguns anos mais frios, e não ocorrer em anos mais quentes. Essa condição dificulta a escolha do melhor local para o plantio de uma cultivar, pois em alguns anos as condições podem ser ótimas, em outros, não. As cultivares de baixa necessidade de frio são mais suscetíveis às geadas, principalmente nos anos mais frios, porque suas necessidades de frio são logo atendidas, florescendo e brotando cedo, em um período de maior ocorrência de geada.

1.4 Limites Climáticos para o Desenvolvimento da Oliveira

Temperaturas do ar inferiores a 10 °C durante o florescimento, podem reduzir a polinização. Por outro lado, temperaturas altas, superiores a 37,8 °C, nesta fase, podem causar abortamento de flores, assim como temperatura superior a 30 °C no início do florescimento, causando alteração na receptividade do estigma, a longevidade dos óvulos e o desenvolvimento do tubo polínico. Em relação à frutificação, o intervalo de temperatura ideal é de 25 a 35 °C.

O limite inferior, abaixo do qual a temperatura mínima do ar pode causar danos à oliveira, é relativo, dependendo de uma série de fatores relacionados à planta, como: material genético da cultivar, idade da planta, estado nutricional e condições sanitárias. Existem outros fatores, ligados ao ambiente, como: tempo de exposição da planta à temperatura mínima do ar, existência de vento, umidade do solo e do ar. Temperaturas inferiores a 5°C causam alterações fisiológicas na planta, tornando-a mais tolerante ao frio, processo conhecido como de aclimação. A tolerância é gradualmente perdida na medida em que ocorre elevação da temperatura acima dos 16°C. O dano causado pela geada, assim, depende destas condições. Se a planta estiver aclimatada ao frio, o dano pode ser pequeno, caso contrário, as perdas podem ser maiores.

Em relação à precipitação pluviométrica, a oliveira convive bem com baixos índices, devido à sua região de origem, onde chove menos que no Brasil, geralmente menos de 1000 mm/ano, na média, entre 600 e 800 mm/ano, com chuvas concentradas no inverno e menor volume no verão, ao contrário do que ocorre nas regiões mais frias do Brasil. O maior volume de chuvas na primavera e no verão pode prejudicar o processo de polinização, frutificação e maturação dos frutos, de várias maneiras: lavar o pólen do estigma, aumentar o teor de água dos frutos e, com isso, reduzir a produção de azeite, reduzir a estabilidade do azeite, favorecer a ocorrência de doenças, como a antracnose, alterando com isso as propriedades físicas e químicas do azeite.

A umidade relativa do ar, na fase de florescimento, deve se situar entre 30 e 80%, preferencialmente entre 60 e 80%. Umidade inferior a 30% inviabiliza o estigma, enquanto que superior a 80%, hidrata o grão-de-pólen, alterando seu peso e, assim, dificulta sua dispersão pelo vento e, na pior condição, o intumescimento causa sua inviabilização para polinizar as flores. O excesso de umidade ainda cria ambiente favorável ao desenvolvimento de doenças, como a antracnose, que pode provocar a queda das flores e afetar a produção.

Desse modo, este trabalho reúne as necessidades da planta, considerando os limites para o seu desenvolvimento, com a oferta climática de cada região, por meio de índices indicadores de riscos climáticos, para auxílio no processo de tomada de decisão. Em relação às cultivares, no momento, as que têm obtido maior êxito nas regiões sul e sudeste do país, verificadas a campo, são “Arbequina”, “Koroneiki”, “Arbosana” e “Grappolo”.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Avaliação da Base de Dados

As primeiras ações no zoneamento de riscos climáticos para oliveira foram voltadas à avaliação da base de dados horária provenientes das estações meteorológicas do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e do Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR) (atualmente designado Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná – IAPAR-EMATER) em conjunto com o Sistema Meteorológico do Paraná – Simepar. Os dados foram avaliados quanto aos erros, consistência e completude, para se obter uma base de dados com qualidade. Para se ter uma boa representação espacial das camadas de clima, trabalhou-se com uma rede de estações meteorológicas bem distribuídas em todo o território, com histórico de dados climáticos diários de 30 anos ou mais, seguindo-se as regras normativas criadas pela Organização Meteorológica Mundial (OMM) para o cálculo de normais climatológicas. Os fatores climáticos utilizados foram os referentes às frequências (maior que 80% dos anos) do somatório das horas de frio no outono-inverno (entre abril e julho), da umidade relativa do ar no florescimento (que ocorre a partir do final de julho), do excesso de chuva no florescimento e da estiagem na

maturação dos frutos (que ocorre entre fevereiro e março). Com estas variáveis climáticas, pode-se calcular as necessidades de frio para as cultivares, os riscos de geada, de umidade relativa do ar e de pluviosidade nas fases críticas de desenvolvimento da cultura e indicar as regiões em que os riscos climáticos são menores e, portanto, são os mais favoráveis à olivicultura.

2.2 Definição dos Critérios

Os critérios usados no trabalho foram definidos com a participação de diversas instituições, junto a pesquisadores do IAC (SP), IDR-Paraná – Iapar/Emater (PR), Epagri/CIRAM (SC), Embrapa Florestas (PR), Embrapa Clima Temperado (RS), Embrapa Informática Agropecuária (SP) e Epamig (MG).

2.3 Frequência das Horas de Frio

No Brasil, as condições de inverno são muito variáveis e, por este motivo, optou-se por calcular a frequência de horas de frio, indicando como zonas favoráveis àquelas que apresentassem uma quantidade mínima de horas de frio necessária à oliveira para se desenvolver e produzir adequadamente em mais de 80% dos anos (para regiões com 400, 600 e 1000 horas de frio, inferiores a 12,5°C, acumuladas entre abril e julho).

Para calcular os valores e as frequências das horas de frio, foi usado o banco de dados históricos do INMET e do IDR-Paraná/SIMEPAR, contendo dados registrados pelas estações meteorológicas automáticas a cada 1 hora. No caso do INMET, o registro da série histórica horária do instituto teve início no ano de 2000, totalizando 20 anos. Quando a temperatura máxima registrada na hora, no período entre abril e julho, era inferior a 12,5°C, contabilizava-se 1 hora de frio.

Para elaborar os mapas, foram calculadas equações de regressão (regressões lineares múltiplas), baseadas no cálculo da probabilidade de ocorrência de horas de frio em mais de 80% dos anos em função de camadas contendo os modelos numéricos do terreno (altitude), da latitude e da longitude, conforme as Equações 1 a 3 (Tabela 1).

Tabela 1. Probabilidade (> 80%) de ocorrerem NHF <12,5°C entre abril e julho – cultivares do Grupo I) > 400, Grupo II) > 600 e Grupo III) > 1000 horas

	Abril a julho	Equação
400-600	$-5,048677604 - 0,114575744 \times \text{lat} - 0,043118621 \times \text{long} + 0,000676315 \times \text{alt}$	1
601-1000	$-4,394621985 - 0,104782124 \times \text{lat} - 0,031785804 \times \text{long} + 0,000806015 \times \text{alt}$	2
>1000	$-1,928365950 - 0,075409358 \times \text{lat} + 0,004292102 \times \text{long} + 0,000576775 \times \text{alt}$	3

Observações:

(1) NHF: probabilidade de ocorrência do total de horas com temperaturas menores que 12,5°C entre abril e julho na região Sul do Brasil (ou abril e agosto na Sudeste) maior que 80% (pelo menos 8 em cada 10 anos tem a quantidade de frio – Grupo I: > 400 horas, Grupo II: > 600 horas e Grupo III: > 1000 horas).

(2) Altitude: modelo obtido do GTOPO30, elaborado pelo USGS (1999) e adaptado para o Brasil por Weber et al. (2008), representado em metros.

(3) *lat: modelo de latitude, representado em graus decimais

(4) *long: modelo de longitude, representado em graus decimais.

2.4 Risco de Umidade Relativa do Ar (UR) Alto (> 80%) ou Baixo (<30%)

O risco de ocorrência de umidade desfavorável no florescimento foi calculado pela expressão (Equação 4):

Equação 4

$$Risco (UR) = \frac{x}{10} \times 100$$

Em que:

x: número de dias, a cada 10 dias, com condições desfavoráveis (UR > 80% ou UR < 30%). O risco deve ser menor que 20%.

Quando, em 1 hora, o valor de UR foi maior que 80%, computou-se este valor para o cálculo da frequência.

2.5 Risco de Geadas

Basicamente, não existem dados sobre ocorrência de geadas nas estações meteorológicas, pois seu valor é relativo, depende da espécie ou da cultivar, das condições de aclimação das plantas ao frio, entre outros fatores ambientais, como velocidade do vento, umidade relativa do ar, face de exposição do terreno, posição do cultivo na bacia hidrográfica etc. Assim, as informações sobre ocorrência de geadas em uma estação meteorológica, são baseadas na percepção do observador meteorológico sobre o fenômeno. Por este motivo, os cálculos de risco de geadas são feitos indiretamente, por meio da temperatura mínima registrada no abrigo meteorológico, em virtude de haver uma relação direta entre a temperatura mínima do ar e a ocorrência de geadas. Essa relação foi definida por Grodzki et al. (1996), que considerou uma diferença de 3 °C a 4 °C entre a temperatura registrada no abrigo meteorológico (situado a 1,5 m de altura) e a relva. Assim, quando a temperatura mínima do ar se encontra a 3 °C no abrigo, encontra-se a 0 °C na relva, podendo ocorrer geadas.

O risco de ocorrência de geadas foi calculado pela “Regra de Distribuição de Extremos”, descrita detalhadamente no trabalho desenvolvido por Wrege et al. (2018a), conforme segue:

Para o cálculo da “distribuição de valores extremos”, conhecida também como “distribuição de Gumbel”, utilizou-se a série de dados com temperaturas mínimas mensais da rede de estações meteorológicas mencionada anteriormente.

Segundo Camargo et al. (1993), citando Thom (1966), a função de densidade de probabilidade de distribuição de valores extremos é dada por (Equação 5):

Equação 5

$$f(x) = (1/\beta) \exp[-((x-\alpha)/\beta) - \exp(-((x-\alpha)/\beta))] \quad -\infty < \alpha < \infty$$

Em que: α e β são parâmetros da distribuição.

A probabilidade (P) de que a temperatura mínima (T) seja inferior a um valor (x) é (Equação 6):

Equação 6

$$P(T \leq x) = \beta \int \exp[-1 - \alpha((x - \alpha)/\beta)] - \exp[\exp((-x - \alpha)/\beta)] dy$$

Assim, desenvolvendo a Equação 9, tem-se a seguinte equação simplificada (Equação 7):

Equação 7

$$P(T \leq x) = \exp[-\exp(-(-x - \alpha)/\beta)]$$

α e β foram estimados pelo método de “Lieblein” (Thom, 1966), baseado nas variâncias mínimas, na qual dividiu-se a série de dados climáticos em subgrupos. Cada subgrupo foi ordenado na ordem crescente e, posteriormente, reagrupado, unindo os menores valores em um novo subgrupo, e assim por diante, até unir os maiores valores em um último subgrupo. A somatória de cada subgrupo foi multiplicada pelos valores a_j e b_j (valores tabelados) (Wrege et al., 2018b) para o cálculo do α e β (Astolpho, 2003). Os cálculos probabilísticos foram feitos para a temperatura mínima de 3°C.

O risco de geada (rg) foi determinado também utilizando probabilidade empírica, para efeito de comparação, utilizando o número de dias (x) com temperaturas mínimas situadas abaixo de 3°C, a cada 10 dias, conforme a expressão (Equação 8):

Equação 8

$$rg = \frac{x}{10} \times 100$$

Equações (Equações 9 a 11) usadas para gerar as camadas de risco de geada nos meses de julho, agosto e setembro, correspondente ao período de florescimento da oliveira (Tabela 2).

Tabela 2. Probabilidade (< 20%) de ocorrer geada nos meses de julho a setembro no Estado do Paraná

	Julho a setembro	Equação
Julho	-2,9154 - 0,1081 x lat - 0,005018 x long + 0,0005579 x alt	9
Agosto	-2,5317 - 0,0717 x lat - 0,013380 x long + 0,0005465 x alt	10
Setembro	-1,0805 - 0,0645 x lat + 0,01063 x long + 0,0002792 x alt	11

Observação:

(1) *lat: latitude representada em graus decimais

(2) *long: longitude representada em graus decimais

(3) alt: altitude representada em metros

2.6 Risco de Chuva nas Fases de Florescimento e Maturação dos Frutos

Na formação e maturação do fruto, se houver volume de chuva em excesso, pode ocorrer a redução da produção do azeite, em função do fruto apresentar maior quantidade de água e, se ocorrer uma estiagem com duração maior que 20 dias sem chuva, o fruto pode sofrer murchamento, prejudicando também a produção de azeite. O risco de ocorrer chuva (x) no florescimento (i) ou na fase final de maturação dos frutos (n) (Equação 12) foi calculada pela expressão:

Equação 12

$$\text{Risco de chuva} = \frac{x(i, n)}{10} \times 100$$

Em que:

X_i : chuva excessiva, maior que 50 mm em 1 dia no florescimento ou

X_n : estiagem com 20 dias sem chuva no final da maturação dos frutos.

O risco deve ser menor que 20%.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Zoneamento de Riscos Climáticos para Oliveira no Estado do Paraná

O resultado contendo o zoneamento para o Paraná é apresentado na Figura 1 e Tabelas 1 a 3, as quais contêm os mapas indicando os municípios onde estes riscos são os menores. As regiões indicadas no zoneamento como de baixo risco de geada e frequência de horas de frio acima de 80% dos anos (“favoráveis”) (Figura 1) apresentam, de modo geral, risco maior de umidade do ar e de chuva na fase de florescimento, comparativamente aos países tradicionalmente produtores da Europa, como Portugal. No Paraná, observa-se maior umidade e maior volume de precipitação na fase de florescimento da oliveira. Na fase de maturação dos frutos, que ocorre entre fevereiro e março, também ocorrem grandes volumes de chuva no Estado.

3.2 Frequência de Horas de Frio

O Estado do Paraná é representado por um verdadeiro mosaico das condições da paisagem, compreendendo vegetação, clima, solo e relevo muito diferenciados entre as regiões. Este mosaico se deve às variações da altitude e às latitudes médias que, de forma combinada, criam condições ímpares de tipos climáticos e de solos. Assim, predomina o clima temperado nas zonas dominadas por serras e o clima subtropical/tropical nas zonas de altitude menor, representadas pelos vales de rios e zona litorânea, apresentando variações entre um tipo e outro.

A oliveira, em princípio, desenvolve-se melhor no clima temperado, portanto, nas zonas de altitude maior, onde o clima é mais frio e ocorre maior acúmulo de horas de frio no outono-inverno, existindo classes de 400, 600 e 1000 horas ($<12,5^\circ\text{C}$) acumuladas entre abril e julho (Wrege et al., 2010). O frio no outono-inverno representa uma condição necessária ao estímulo da brotação uniforme das gemas vegetativas e floríferas e, conseqüentemente, para obter frutos de qualidade e tamanho e, assim, alcançar maior produtividade (Figuras 1 a 6 e Tabelas 3 a 5).

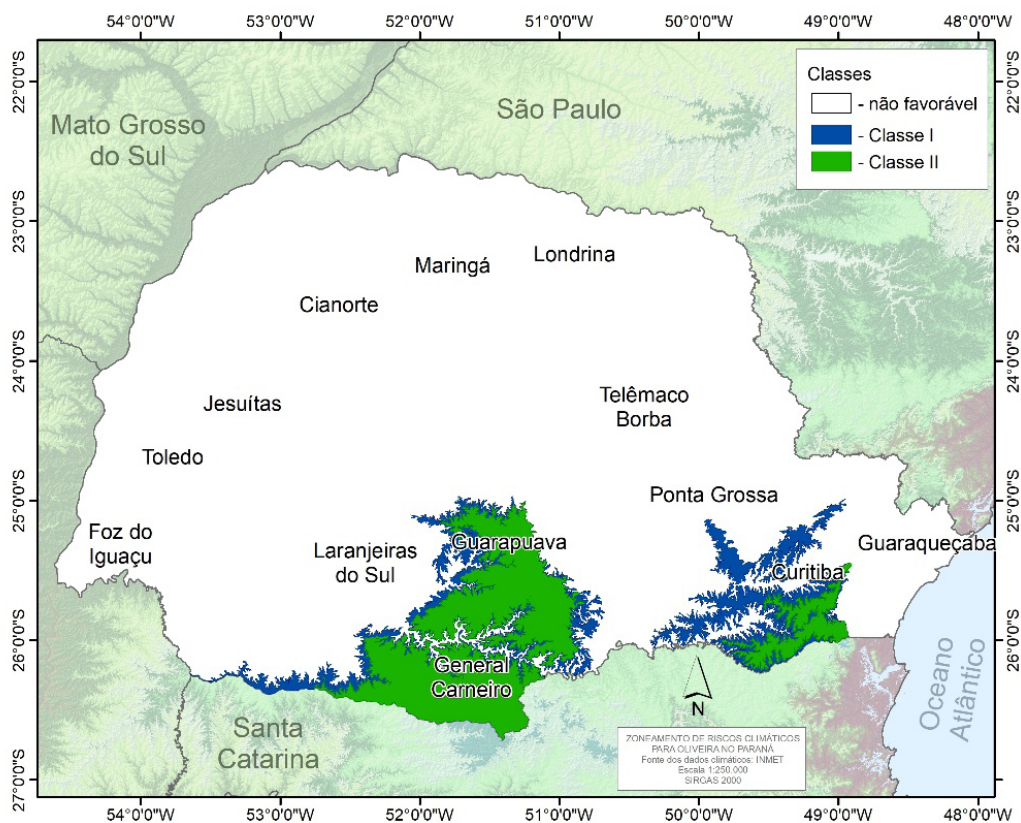


Figura 1. Zoneamento de risco climático para olivicultura no estado do Paraná (vide Tabela 1).

Tabela 3. Classificação das cultivares de oliveira quanto ao acúmulo de horas de frio com temperaturas abaixo de 12,5°C entre abril e julho (Sul) ou agosto (Sudeste).

Classes	NHF < 12,5	Necessidade de frio	Cultivares
I	400-600	Cultivares com pouca necessidade de frio.	'Arbequina' ⁽¹⁾ , 'Manzanilla', 'Picual', 'Ascolana', 'Tenera', 'Cobrançosa', 'Coratina', 'Pendolino' ⁽²⁾ , 'Kalamata'
II	601-1000	Cultivares com média necessidade de frio.	'Arbequina' ⁽¹⁾ , 'Arbosana' ^(1,2) , 'Koroneiki' ⁽¹⁾ , 'Grappolo' ⁽¹⁾ , 'Moraiole', 'Maurino', 'Leccino', 'Canino', 'Maria da Fé', 'Frantoio'

Observações importantes:

Dentro dos grupos, as cultivares devem florescer juntas e se polinizarem.

(1) No momento, são as cultivares mais plantadas no Brasil e as mais promissoras.

(2) Cultivares suscetíveis à antracnose. Fases fenológicas de desenvolvimento da oliveira no Brasil (veja Tabela 4).

Tabela 4. Fases fenológicas de desenvolvimento da oliveira na região sul do Brasil.

Data / fases fenológicas	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR
Dormência	x	x	x	x	x ⁽¹⁾							
Florescimento				x ⁽²⁾	x	x						
Fruit Set					x	x	x					
Frutificação							x	x	x	x		
Maturação											x	x

(1) Região Sudeste; (2) Região Sul.

Tabela 5. Riscos climáticos importantes nas fases fenológicas de desenvolvimento da oliveira.

Riscos	Fases
Acúmulo de frio NHF < 12,5 °C: 1ª classe 400-600 / 2ª classe 601-1000 / 3ª classe > 1.000 horas	Outono-inverno (abril a julho ou agosto)
Risco de geada > 20%	Florescimento / estabelecimento
Risco de chuva / risco de 30% > UR (%) > 80%	Florescimento / estabelecimento
20-30 dias sem chuva	Maturação

Em função das condições irregulares do inverno no Estado, no momento, as cultivares que reúnem características de menor necessidade de frio no período de repouso da planta e alta produção e qualidade do fruto, são as que têm apresentado maior êxito, devendo-se priorizá-las na seleção de cultivares para plantio, para que aumentem as chances de produzir mesmo em anos mais quentes. Assim, quatro cultivares se destacam: “Arbequina”, “Arbosana”, “Koroneiki” e “Grappolo” (vide Tabela 3).

3.3 Risco de Geada

O florescimento da oliveira no Sul do Brasil ocorre a partir do final de julho, época de maior risco de geada. Embora a geada se constitua como um fator de risco, seu peso não é tão expressivo como é para outros cultivos quando ocorre no período normal do inverno, pois a oliveira consegue se aclimatar e é adaptada às condições de inverno rigoroso. No entanto, quando ocorre fora do período normal, em que a planta não se encontra aclimatada às condições de dias frios, como é o caso das geadas tardias de primavera, pode causar danos, com possíveis prejuízos econômicos, principalmente se a escolha do local para plantio na propriedade não for o mais adequado, como por exemplo o plantio feito na baixada, onde ocorre acúmulo de ar frio e o efeito da geada pode ser intensificado.

3.4 Risco de Chuva

Apesar de ser uma planta semi-xerófita, adaptada às condições de seca, característica da região de origem da oliveira, a chuva é importante no momento exato. O excesso dela no florescimento é prejudicial, pois causa o intumescimento do grão-de-pólen, que perde a viabilidade e não ocorre a polinização. Portanto, nesta fase, não deve chover mais do que 50 mm acumulados de uma só vez. Do mesmo modo, a umidade relativa do ar deve se situar entre 30 e 80%. Se estiver fora deste intervalo, o grão-de-pólen perde a viabilidade. O excesso de chuva também favorece o aparecimento de algumas doenças, como a antracnose e a brusca, que têm sido bem comuns. A antracnose, na fase de florescimento, pode levar à queda de boa parte das flores. Por isso, a recomendação é usar cultivares tolerantes a estas doenças e evitar as regiões com maior umidade do ar.

Quando chegam as frentes frias, geralmente ocorre mais de 1 dia com chuva, mantendo a umidade do ar elevada, em torno de 100%, por período superior a 1 dia. No Brasil, na região Sul, normalmente ocorre um volume maior de chuva a partir de setembro, no período de florescimento, comparado ao clima do Mediterrâneo. Na formação e maturação do fruto, se houver chuva em excesso, ocorre a redução da produção do azeite, pois o fruto permanece com maior teor de água. Por outro lado, se ocorrer uma estiagem com duração maior que 20 dias sem chuva, o fruto pode sofrer murcharimento, causando perda de produção.

Apesar de existirem zonas de baixo risco climático, em algumas regiões os riscos de chuva e de umidade relativa do ar são maiores na fase de florescimento, enquadrando-se muito próximos do limite superior dos 20% e, portanto, em alguns anos com características fora da média, as condições podem ser desfavoráveis para formação dos frutos. As regiões com maior umidade e maior volume de precipitação situam-se no Sul e no Sudoeste do Paraná (Wrege et al., 2011).

No Paraná, em função da irregularidade das condições do clima, podem ocorrer estiagens no período de desenvolvimento dos frutos em alguns anos, prejudicando seu desenvolvimento. Por essa razão, a utilização de irrigação complementar, quando possível, é importante, principalmente se o objetivo for a produção de azeitonas de mesa, pois a irrigação pode favorecer a formação de frutos maiores, com maior valor de mercado (Wrege et al., 2011).

3.5 Intercalação de Cultivares

No planejamento de instalação de novos pomares, deve-se considerar a intercalação de cultivares polinizadoras que proporcionem a polinização cruzada. Para este fim, o período de florescimento entre as cultivares deve coincidir. No entanto, este período pode variar entre os anos, em função das condições do clima. Para reduzir o risco de os períodos não coincidirem, deve-se usar várias cultivares polinizadoras, para que pelo menos uma sempre coincida com o período de florescimento da cultivar principal e, assim, consiga-se atingir uma boa produção de frutos. As possibilidades de autofecundação para diferentes cultivares nas condições brasileiras ainda estão em fase de estudo.

Nas propriedades que se encontram dentro das regiões favoráveis à olivicultura, é preciso ainda adotar alguns cuidados na seleção do local para a implantação do pomar. É preciso avaliar as condições locais e analisar se o cultivo de oliveira é viável, verificando, nas baixadas ou depressões, onde o ar frio se acumula nas primeiras horas da manhã, ou na proximidade de matas, que favorecem o resfriamento do ar frio, se a umidade relativa do ar se apresenta favorável, analisando também a face de exposição do terreno. Na face Norte, ocorre maior exposição do pomar aos raios solares e a tendência é de haver menor exposição da planta às altas umidades do ar (Wrege et al., 2006).

A qualidade do azeite de oliva extravirgem produzido no Brasil é inquestionável e diversos azeites têm conquistado prêmios nacionais e internacionais. A questão está na produtividade ainda considerada baixa dos pomares, em função de problemas relacionados à adaptação das cultivares europeias ao clima do Brasil. A solução está no desenvolvimento de cultivares nacionais, de técnicas de manejo adequadas ao clima local, de ferramentas de suporte à tomada de decisão que auxiliem na escolha das melhores épocas de poda, adubação etc. e da indicação de regiões com os menores riscos climáticos para o desenvolvimento da olivicultura, como é o caso deste trabalho. O que tem garantido a sustentabilidade do sistema é o alto valor agregado do azeite, com apelo de produto artesanal proveniente da agricultura familiar, muitas vezes comercializado dentro da propriedade rural, diretamente ao consumidor, por ocasião do turismo rural, ou pelo comércio regional. No entanto, este sistema de comercialização é limitado e não garante o futuro da atividade por longo período no Brasil e são necessárias ações, no médio e no longo prazo, que busquem a solução para os problemas apresentados.

A busca por maior produtividade é fundamental para garantir a manutenção da produção de oliveira no país de modo sustentável e duradouro. Atualmente, produz-se em média cerca de 600 l/ha/ano de azeite no Brasil. Para isso, é preciso garantir uma produção superior a 8000 kg/ha/ano de azeitonas, considerando que o rendimento é de 12-15% (20% menor que na Europa) e a produção ainda não atingiu o equivalente a 15 kg/planta.

Neste momento, em que a olivicultura tem se expandido pelo Brasil, torna-se importante a realização de encontros entre os produtores, com troca de conhecimento sobre técnicas de manejo

utilizadas pelos que têm conquistado maiores e melhores produções com os demais produtores iniciantes, em parceria com os serviços de extensão rural e a pesquisa agropecuária, visando criar um pacote de tecnologias para garantir a produção sustentável da olivicultura no país.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para garantir o futuro do estabelecimento da olivicultura no Estado do Paraná, deve-se dar atenção aos seguintes aspectos:

- Desenvolver um amplo programa de melhoramento genético para a espécie, estabelecendo uma melhor relação do material genético com o ambiente;
- Elaborar novas técnicas de produção, principalmente de manejo da cultura em condições tropicais que tornem possível o cultivo da oliveira mesmo sem a quantidade de frio necessária ao seu desenvolvimento;
- Registro de viveiros nos estados que produzam mudas certificadas e de qualidade, livres de patógenos;
- Estudar e obter licenciamento para o uso de agroquímicos que, aplicados na planta, reduzam a necessidade de frio, considerando a grande variabilidade das horas de frio acumulado que existe entre os anos no Estado do Paraná;
- Apesar de não estar situado nas regiões tradicionalmente produtoras de oliveira no mundo, existem zonas favoráveis para a produção comercial nas regiões serranas do Estado do Paraná, em locais onde a umidade relativa do ar for menor e onde ocorram as horas de frio necessárias no período outono-inverno para que se favoreça o seu desenvolvimento. Na maioria dos casos, há necessidade da quebra artificial da dormência (ainda em estudo);
- As melhores cultivares para serem plantadas comercialmente no Estado do Paraná são aquelas que agregam características de produtividade e de longevidade com o mínimo das necessidades de frio atendidas, devido à irregularidade das condições de inverno existentes na região;
- O êxito no cultivo comercial de oliveiras no Estado do Paraná relaciona-se à seleção das melhores cultivares comerciais que, combinadas, promovam a polinização cruzada e estejam adaptadas ao clima de cada região;
- Estimular a associação da produção e venda do azeite de oliva extravirgem com o turismo rural, com vistas a garantir renda a partir do azeite extravirgem, com alto valor agregado, para o produtor de oliveira;
- Seguir as recomendações do ZARC.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, I. R. de; ANTUNES, L. E. C. Necessidades climáticas e influência do clima sobre adaptação, produção e qualidade. In: ANTUNES, L. E. C.; HOFFMANN, A. 2012. *Pequenas Frutas: 500 perguntas, 500 respostas. Você pergunta, a Embrapa responde*. Brasília, DF: Embrapa, 2012. p. 41-49.

CAMARGO, M. B. P. *et al.* Probabilidade de ocorrência de temperaturas mínimas absolutas mensais e anual no estado de São Paulo. *Bragantia*, Campinas, v. 52, n. 2, p. 161-168, 1993.

- DAMARIO, E. A.; PASCALE, A. J.; BELTRÁN, A. Disponibilidade de horas de frio en el Estado de Rio Grande do Sul. In: REUNIÃO LATINOAMERICANA DE AGROMETEOROLOGIA, 2., 1999, Florianópolis. *Anais [...]*. Florianópolis: EPAGRI, 1999. p. 228.
- GÖPFERT, H.; ROSSETTI, L. A.; SOUZA, J. *Eventos generalizados e seguridade agrícola*. Brasília, DF: IPEA, 1993. 65 p.
- GRODZKI, L.; CARAMORI, P. H.; OLIVEIRA, D. Risco de ocorrência de geada no estado do Paraná. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Santa Maria, v. 4, n. 1, p. 93-99, 1996.
- PINTO, H. S.; ORTOLANI, A. A.; ALFONSI, R. R. *Estimativa das temperaturas médias mensais do estado de São Paulo em função da altitude e latitude*. São Paulo: USP, 1972. (Caderno Ciências da Terra, 23).
- PRELA PANTANO, A.; BERTONCINI, E.; WREGGE, M.S. Pré-zoneamento da olivicultura para o estado de São Paulo. *O Agrônomo*, [s. l.], v. 64, p. 52-55, 2014.
- THOM, H.C.S. *Some methods of climatological analysis*. Geneva: World Meteorological Organization, 1966. (Nota Técnica, 81).
- UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY - SURVEY NATIONAL MAPPING DIVISION: Global 30 Arc Second Elevation Data. Disponível em: <https://www.usgs.gov/science>. Acesso em: 11 jul. 2018.
- WEBER, E.; HASENACK, H.; FERREIRA, C. J. *Adaptação do modelo digital de elevação do SRTM para o sistema de referência oficial brasileiro e recorte por unidade da federação*. Porto Alegre: UFRGS, 2004.
- WREGGE, M. S.; COUTINHO, E. F. Zoneamento agroclimático da olivicultura. In: FILIPPINI ALBA, J. M.; FLORES, C. A.; WREGGE, M. S. *Zoneamento edafoclimático da olivicultura para o Rio Grande do Sul*. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2013. p. 11-20.
- WREGGE, M. S. *et al.* *Zoneamento agroclimático para pereira no Rio Grande do Sul*. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2006.
- WREGGE, M.S. *et al.* de. *Zoneamento agroclimático para oliveira no Estado do Rio Grande do Sul*. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2009.
- WREGGE, M. S. *et al.* Impact of global warming on the accumulated chilling hours in the Southern Region of Brazil. *Acta Horticulturae*, [s. l.], v. 872, p. 31-40, 2010.
- WREGGE, M. S. *et al.* *Atlas Climático das regiões Sul e Sudeste do Brasil: estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul*. Pelotas: Embrapa Clima Temperado; Colombo: Embrapa Florestas, 2011.
- WREGGE, M. S. *et al.* Risco de ocorrência de geada na região Centro-Sul do Brasil. *Revista Brasileira de Climatologia*, [s. l.], v. 22, p. 524-553, 2018a.
- WREGGE, M. S. *et al.* *Determinação de critérios e indicadores edafoclimáticos para o cultivo da pecaneira no Sul do Brasil*. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2018b.

ANEXO

Anexo 1. Lista de municípios com menor risco climático para olivicultura no Estado do Paraná, classes de soma de horas de frio com temperaturas inferiores a 12,5°C no período entre abril e julho (em 80% dos anos), e altitude correspondente necessária para atingir a soma.

Município	Classe de horas de frio	Faixa de altitude
Agudos do Sul	401-600	900-1000
	601-1000	>1000
Almirante Tamandaré	401-600	1100-1200
Antônio Olinto	401-600	>900
Araucária	401-600	800-900
	601-1000	>900
Balsa Nova	401-600	>800
Barracão	401-600	>800
Bituruna	401-600	1000-1100
	601-1000	>1100
Boa Ventura de São Roque	401-600	>1100
Bocaiúva do Sul	401-600	>1100
Campina do Simão	401-600	900-1000
	601-1000	>1000
Campina Grande do Sul	401-600	>900
Campo do Tenente	401-600	900-1000
	601-1000	>1000
Campo Largo	401-600	>1000
Campo Magro	401-600	>1000
Candói	401-600	>1000
Cerro Azul	401-600	>1100
Chopinzinho	401-600	>900
Clevelândia	401-600	800-900
	601-1000	>900
Colombo	401-600	>900
Contenda	401-600	800-900
	601-1000	>900
Coronel Domingos Soares	401-600	900-1000
	601-1000	>1000
Coronel Vivida	401-600	800-900
	601-1000	>900
Cruz Machado	401-600	900-1000
	601-1000	>1000
Curitiba	401-600	>1000

Continua.

Anexo 1. Continuação.

Município	Classe de horas de frio	Faixa de altitude
Fazenda Rio Grande	401-600	900-1000
	601-1000	>1000
Flor da Serra do Sul	401-600	>900
Francisco Beltrão	401-600	>900
General Carneiro	401-600	700-800
	601-1000	>800
Goioxim	401-600	>1100
Guarapuava	401-600	900-1000
	601-1000	>1000
Honório Serpa	401-600	900-1000
	601-1000	>1000
Inácio Martins	401-600	900-1000
	601-1000	>1000
Irati	401-600	1000-1100
	601-1000	>1100
Itaperuçu	401-600	>1100
Lapa	401-600	>900
Mallet	401-600	1000-1100
	601-1000	>1100
Mandirituba	401-600	800-900
	601-1000	>900
Manfrinópolis	401-600	>900
Mangueirinha	401-600	900-1000
	601-1000	>900
Mariópolis	401-600	800-900
	601-1000	>900
Marmeleiro	401-600	>800
Palmas	401-600	800-900
	601-1000	>900
Palmeira	401-600	>1100
Pato Branco	401-600	800-900
	601-1000	>900
Paula Freitas	401-600	1000-1100
	601-1000	1100-1200
Paulo Frontin	401-600	900-1100
	601-1000	>1100
Piên	401-600	900-1000
	601-1000	>1000

Continua.

Anexo 1. Continuação.

Município	Classe de horas de frio	Faixa de altitude
Pinhão	401-600	900-1000
	601-1000	>1000
Piraquara	401-600	900-1000
	601-1000	>1000
Ponta Grossa	401-600	>1000
Porto Amazonas	401-600	>1000
Porto Vitória	401-600	900-1000
	601-1000	>1000
Prudentópolis	401-600	900-1000
	601-1000	>1000
Quitandinha	401-600	900-1000
	601-1000	>1000
Rebouças	401-600	>800
Renascença	401-600	>800
Reserva do Iguaçu	401-600	900-1000
	601-1000	>1000
Rio Azul	401-600	900-1000
	601-1000	>1000
Rio Branco do Sul	401-600	>1200
Rio Negro	401-600	800-900
	601-1000	>900
Salgado Filho	401-600	>800
Santa Maria do Oeste	401-600	1000-1100
	601-1000	>1100
São José dos Pinhais	401-600	900-1000
	601-1000	>1000
São Mateus do Sul	401-600	>900
Tijucas do Sul	401-600	900-1000
	601-1000	>1000
Tunas do Paraná	401-600	>1100
Turvo	401-600	900-1000
	601-1000	>1000
União da Vitória	401-600	900-1000
	601-1000	>1000
Vitorino	401-600	800-900
	601-1000	>900



IDR-Paraná

Instituto de Desenvolvimento
Rural do Paraná - IAPAR-EMATER

