



Modelo fenológico e exigências térmicas para uvas rústicas cultivadas em safras sequenciais de verão-inverno

Mário José Pedro Júnior^{1(*)} e José Luiz Hernandes²

¹Instituto Agronômico de Campinas, Centro de Solos e Recursos Ambientais. Av. Barão de Itapura, 1481, CEP 13020-902 Campinas, SP. Bolsista de Pesquisa do CNPq (Processo: 302162/2016-0). E-mail: mariopedrojunior@gmail.com

²Instituto Agronômico de Campinas, Centro de Frutas. Av. Luiz Pereira dos Santos, 1500, CEP 13214-820 Jundiaí, SP. E-mail: jlhernandes@iac.sp.gov.br

(*) Autor para correspondência.

INFORMAÇÕES

História do artigo:

Recebido em 14 de novembro de 2018

Aceito em 26 de fevereiro de 2020

Termos para indexação:

duração do ciclo

graus-dia

escala fenológica

RESUMO

A caracterização da duração dos estádios fenológicos e das exigências térmicas das cultivares de uva rústica Bordô, Isabel Precoce, BRS Violeta, Isabel e Concord foi feita durante safras sequenciais de verão e de inverno em Jundiaí, SP. Foi observado que a duração do ciclo das cultivares precoces, Bordô, BRS Violeta e Isabel Precoce, variou entre 134 e 138 dias para as safras de verão e de inverno, enquanto, para as cultivares de ciclo médio, Isabel e Concord, a duração foi de 158 dias para a safra de verão e de 149 dias para a de inverno. A exigência térmica, expressa em graus-dia, para as cultivares de ciclo curto, foi 1619 e 1457 e para as cultivares de ciclo médio, 1891 e 1576, respectivamente, para as safras de verão e de inverno. Equações exponenciais de terceiro grau foram desenvolvidas para estimativa dos estádios fenológicos, em função de graus-dia acumulados a partir da brotação, tendo sido obtidos coeficientes de correlação superiores a 0,99 para as cultivares de uva rústica avaliadas.

© 2020 SBAgro. Todos os direitos reservados.

Introdução

A região leste do Estado de São Paulo caracteriza-se por ser produtora da uva para mesa 'Niagara Rosada'. Atualmente com o crescente desenvolvimento do agroturismo (Verdi et al., 2010) o interesse dos produtores tem se voltado para a produção de uvas rústicas visando elaboração de suco e vinho, fato que tem aumentado a demanda pelo conhecimento sobre a duração do ciclo e dos diferentes estádios fenológicos das cultivares para melhor planejamento das atividades de cultivo nos vinhedos.

Nesse contexto, várias cultivares de uvas despertaram

o interesse dos produtores por terem sido utilizadas em diferentes regiões vitícolas do país, devido às características favoráveis à elaboração de vinho e suco. Dentre essas cultivares destaca-se a Isabel por ser de alta fertilidade, possuir sabor característico das labruscas e adaptar-se às condições climáticas do Sul e das regiões tropicais do Brasil. É a cultivar mais plantada para produção de vinho e suco no Rio Grande do Sul e Santa Catarina (Maia & Camargo, 2005). A cultivar Bordô, com aroma "foxado", adapta-se a regiões de inverno definido, e possui alta concentração de matéria corante, originando vinho e suco intensamente coloridos, servindo, também, para melhoria de produtos

elaborados com a 'Isabel' e 'Concord' (Maia & Camargo, 2005). A 'Concord', bastante popular na viticultura norte-americana, tem sido cultivada no sul do país e se destaca pelas características de aroma e sabor que ela confere ao suco (Borges et al., 2014). A 'Isabel Precoce', mutação somática da cultivar Isabel, apresenta as mesmas características da cultivar original, com exceção do ciclo, sendo 35 dias mais precoce. A precocidade da cultivar contribui para a ampliação do período de colheita e de processamento da uva na região Sul. Em regiões tropicais, pode ser cultivada em sistema de duas colheitas anuais (Camargo et al., 2010). A cultivar BRS Violeta, recentemente lançada visando incrementar a qualidade e competitividade do vinho de mesa e do suco no país, adapta-se a regiões de clima temperado, subtropical e tropical. Com ciclo variando de 120 dias (regiões mais quentes) a 150 dias (regiões mais frias), adapta-se bem ao sistema de latada e a sistemas verticais (espaldeira), e, devido à alta fertilidade, apresenta elevada capacidade produtiva (Camargo et al., 2010).

O processo produtivo de uvas para suco e vinho, no Estado de São Paulo, enfrenta dificuldade em relação à ocorrência de chuvas na colheita, pois, com poda sendo efetuada em agosto, a maturação e colheita ocorrem durante os meses de dezembro e janeiro, que apresentam índices de temperatura e chuva mais elevados, prejudicando o processo de acúmulo de açúcares nas uvas e aumentando o risco de ocorrência de doenças fúngicas. Para contornar o problema, foi introduzida a técnica da poda extemporânea, efetuada em meados de fevereiro, com colheita em junho-julho, meses de menor índice pluviométrico, que favorecem o processo de maturação das uvas. Esta técnica tem sido utilizada com sucesso na região sul de Minas Gerais (Mota et al., 2010; Favero et al., 2011; Dias et al., 2012) e em São Paulo (Regina et al., 2011; Dal'Osto et al., 2016; Pedro Júnior et al., 2017).

Com o deslocamento do ciclo da videira, pela utilização da poda extemporânea, o comportamento fenológico das plantas é alterado, uma vez que, dentre os diversos fatores que influem na fenologia das videiras, destacam-se, principalmente, a característica genética da cultivar e o clima da região, ou mesmo da estação de crescimento das plantas, pois as condições meteorológicas têm efeito significativo na duração dos diferentes subperíodos fenológicos (Parker et al., 2011; Santibáñez et al., 2014).

Segundo Jubileu et al. (2010), o conhecimento da duração das fases fenológicas é imprescindível em avaliações de possibilidade de ampliação do período de safra, pois, os requerimentos térmicos, além de indicar regiões climaticamente favoráveis ao cultivo da videira, permitem identificar características de precocidade das diferentes cultivares. A utilização de modelos de previsão de ocorrência de estádios fenológicos (Parker et al., 2011; Santibáñez et al. 2014;) também podem subsidiar o viticultor nas diferen-

tes operações agrícolas no vinhedo. Vários modelos para estimativa da época de brotação, florescimento e início da maturação, baseados em temperatura, foram desenvolvidos em diferentes países produtores de uva (Caffarra & Eccel, 2009; Parker et al., 2011). O conceito de graus-dia para determinar o estágio fenológico de uvas para mesa é bastante empregado na viticultura (Santibáñez et al. 2014), uma vez que a fenologia da videira é fortemente relacionada à temperatura do ar o que permite, inclusive, o uso de modelos para previsão dos estádios fenológicos para diferentes cultivares, dos graus-dias acumulados Verdugo-Vásquez et al. (2017).

Em razão da necessidade de melhor se conhecer a duração do ciclo e das épocas de florescimento, maturação e colheita de uvas rústicas destinadas à elaboração de suco e vinho, foi desenvolvido o presente trabalho, visando caracterizar a duração dos estádios fenológicos, as exigências térmicas e desenvolver modelos de estimativa de estádios fenológicos das cultivares Bordô, Isabel Precoce, Isabel, Concord e BRS Violeta, em função do acúmulo de graus-dia, em regime de safras sequenciais de verão e de inverno.

Material e métodos

O experimento foi desenvolvido em vinhedo existente no Centro de Frutas do Instituto Agronômico de Campinas situado em Jundiaí, na latitude de 23°06'S, longitude de 46°56'W e altitude de 715 m. Segundo a classificação de Köppen o clima é tipo Cfb, apresentando verões com temperatura elevada e chuvosos e inverno com temperaturas baixas e menor intensidade de chuvas. O vinhedo foi plantado com as cultivares de uva rústica: Bordô; Isabel Precoce; Isabel; Concord e BRS Violeta, tendo sido as videiras sustentadas em espaldeira, com ramos suportados na vertical por três fios de arame. O espaçamento foi de 2 m entre linhas e de 1 m entre plantas. Os tratamentos culturais foram feitos segundo recomendação técnica para a região, tendo sido utilizada cobertura morta como forração do solo nas entrelinhas do vinhedo.

Caracterização fenológica das videiras e das condições meteorológicas – as podas das videiras foram feitas, durante safra de verão, em 01/08 e 01/09. Para a poda de agosto, a colheita das cultivares de ciclo mais curto Isabel Precoce, Bordô e BRS Violeta ocorreu no final de dezembro e, das cultivares de ciclo médio Isabel e Concord, no início de janeiro. Para a poda efetuada em 01/09, a colheita ocorreu no início de janeiro e início de fevereiro, respectivamente, para as cultivares de ciclo curto e médio. Para a safra de inverno, as podas foram efetuadas em 01/02 e 01/03. Para a poda de 01/02, a colheita das cultivares de ciclo precoce ocorreu no início de junho e das cultivares de ciclo médio no início de julho, enquanto, para a poda efetuada em

01/03, a colheita ocorreu no final de junho para as cultivares de ciclo curto e, início de agosto, para as cultivares de ciclo médio. As referidas épocas de poda foram efetuadas nas safras: verão de 2016, inverno de 2017, verão de 2017 e inverno de 2018. A avaliação dos estádios fenológicos foi feita semanalmente, desde a poda até a colheita, utilizando-se dez plantas amostrais de cada cultivar, segundo a escala proposta por Lorenz et al. (1995) e adaptada por Verdugo-Vásquez et al. (2017), como descrito na Tabela 1.

Os dados meteorológicos referentes a valores diários de temperatura máxima e mínima foram obtidos em estação meteorológica automática da Campbell Scientific, situada no posto meteorológico existente nas proximidades do experimento, pertencente ao sistema CIIAGRO do Instituto Agrônomo de Campinas.

Desenvolvimento e validação do modelo - as avaliações dos estádios fenológicos foram utilizadas para desenvolver modelo de estimativa, segundo a escala de Lorenz et al. (1995) e adaptada por Verdugo-Vásquez et al. (2017), apresentada na Tabela 1, em função de graus-dia acumulados a partir da data de brotação. O cálculo dos graus-dia foi feito para cada cultivar e safra, pela equação:

$$GD = ((T_{max} + T_{min}) / 2) - 10 \text{ } ^\circ\text{C, onde}$$

T_{max}= temperatura máxima diária; T_{min}= temperatura mínima diária. A temperatura de 10 °C foi utilizada como temperatura-base (Radünz et al., 2012; Santibáñez et

Tabela 1. Resumo da escala fenológica de Lorenz et al. (1995) e adaptada de Verdugo-Vásquez et al. (2017).

Valor do estágio fenológico (EF)	Descrição do estágio fenológico
1	Gema de inverno (dormente)
4	Brotação- ponta verde, primeiro tecido verde visível
7	Primeira folha separada do ramo
12	Cinco folhas separadas, ramos com cerca de 10cm de comprimento, inflorescência visível
17	12 folhas separadas; inflorescência bem desenvolvida; flores separadas.
19	Início do florescimento
23	Plena floração; queda de 50% das caliptras
27	Pequenos frutos crescendo (diâmetro da baga > 2mm); chumbinho; cachos perpendiculares aos ramos
31	Grão de ervilha (baga com 7 mm de diâmetro)
32	Início do fechamento do cacho, bagas se tocando
33	Uvas duras e verdes
35	Uvas iniciam troca de cor ou amolecimento (pintor, Veraison)
38	Uvas maduras; prontas para colheita

al., 2017).

Os valores da escala fenológica (EF) foram utilizados como variável dependente e graus-dia, como variável independente, tendo sido utilizado o modelo polinomial de terceiro grau para ajuste e parametrização das constantes da equação, como se segue:

$$EF = a + b x - c x^2 + d x^3, \text{ onde}$$

EF = estágio fenológico segundo escala da Tabela 1; x = graus-dia acumulados a partir da brotação e divididos por 1000; a, b, c, d, são constantes da equação.

A parametrização do modelo de estimativa do valor da escala fenológica foi feita utilizando-se o software Curve Expert 1.4 (Hyams Free Edition) para obtenção das constantes da equação polinomial. A divisão do total de graus-dia por 1000 foi necessária para ajuste de escala no software utilizado.

A validação do modelo foi feita pela comparação de valores da escala fenológica observados e estimados pelo modelo de equação polinomial, em conjunto de dados não utilizados para parametrização. A comparação foi feita pela utilização conjunta do coeficiente de correlação (r); do índice de concordância ou exatidão de Willmott (d) cujos valores variam de 0 (sem concordância) a 1 (concordância perfeita) aliado ao índice de confiança ou desempenho (c), proposto por Camargo & Sentelhas (1997), em que c=r,d, e a interpretação pode ser feita pelos valores da Tabela 2.

Resultados e Discussão

Os resultados obtidos são apresentados de maneira a caracterizar, para as cultivares avaliadas em safras sequenciais de verão e de inverno, a duração dos diferentes estádios fenológicos; os requerimentos térmicos e o desenvolvimento de modelo de previsão de estádios fenológicos.

Duração dos estádios fenológicos das videiras - na Tabela 3 são apresentados os valores médios da duração dos diferentes estádios fenológicos das cultivares de uva: Bordô, Isabel Precoce, BRS Violeta, Isabel e Concord. Durante

Tabela 2. Classificação do índice de desempenho de acordo com Camargo & Sentelhas (1997).

Índice de desempenho "c"	Classificação
>0,85	Ótimo
0,76 - 0,85	Muito bom
0,66 - 0,75	Bom
0,61 - 0,65	Mediano
0,51 - 0,60	Sofrível
0,41 - 0,50	Mal
<= 0,40	Péssimo

Tabela 3. Duração média dos subperíodos fenológicos, em dias, para cultivares de uva rústica, cultivadas em regime de safras sazonais de verão e de inverno, em Jundiá, SP.

Safr de verão					
Cultivar	P-B	B-F	F-Pintor	Pintor-C	P-C
Isabel Precoce	8 b	38 a	53 b	39 a	138 b
Bordô	8 b	38 a	53 b	39 a	138 b
BRS Violeta	16 a	34 a	43 c	45 a	138 b
Isabel	8 b	39 a	71 a	39 a	157 a
Concord	8 b	39 a	71 a	41 a	159 a
Safr de inverno					
Isabel Precoce	8 b	23 a	58 b	46 a	134 b
Bordô	8 b	23 a	59 b	46 a	136 b
BRS Violeta	15 a	21 a	42 c	56 a	134 b
Isabel	8 b	23 a	70 a	49 a	149 a
Concord	8 b	23 a	70 a	49 a	149 a

P=Poda; B=Brotação; F=Florescimento; Pintor=Mudança de cor (*Veraison*); C=Colheita. Médias seguidas por letras diferentes na coluna, dentro de cada safra, diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste 't'.

a safra de verão, as cultivares Bordô, Isabel Precoce e BRS Violeta apresentaram valores médios de duração do ciclo, considerando desde a poda até a colheita, de 138 dias, diferindo estatisticamente das cultivares Isabel e Concord, cujo ciclo foi mais longo, 158 dias, em média. Devido à importância dessas cultivares de uva, tanto para o viticultor quanto para a indústria de suco de vinho, muitos autores avaliaram o comportamento fenológico em diferentes regiões ecológicas do país. Os valores obtidos neste trabalho, para as uvas produzidas em regime de safra de verão, para a 'Concord', foram semelhantes aos relatados por Anzanello et al. (2012), para a região de Eldorado do Sul, RS; por Barros (2014), para Campo Largo, PR e por Pereira et al. (2008), em Caldas, MG. Porém, foram superiores aos observados por Carvalho (2016), em Lavras, cuja duração foi de 128 dias, provavelmente pelas temperaturas mais elevadas da região que encurtam a duração do ciclo. Em relação à Isabel, os valores obtidos neste trabalho foram inferiores aos observados por Azevedo (2010), em Pelotas, RS e Pereira et al. (2008), em Caldas, MG e; superiores aos valores relatados por Hernandez et al. (2010), para Jundiá, SP; Sato et al. (2008), para o norte do Paraná; Carvalho (2016), em Lavras, MG e Silva et al. (2008) para o norte fluminense. Para as uvas de ciclo curto, Isabel Precoce, Bordô e BRS Violeta, os valores observados neste trabalho foram semelhantes aos relatados por Pedro Júnior & Hernandez (2017) para a Isabel Precoce cultivada em Louveira-SP, porém, foram inferiores aos obtidos por Radünz et al. (2012) e Azevedo (2010), em Pelotas, RS e superiores aos apresentados por Carvalho (2016), para Lavras, MG. Durante a safra de inverno foram observados valores médios de duração do ciclo de 149 dias para as cultivares Concord e Isabel, e de 135 dias,

em média, para Isabel Precoce, Bordô e BRS Violeta. A avaliação das cultivares em regime de safra de inverno é mais escassa na literatura, pois, as condições climáticas favoráveis para obtenção de duas safras por ano existem a partir do norte do Paraná. Para a Isabel Precoce, (Pedro Júnior et al. (2017) relatam duração de ciclo de 133 dias na região de Louveira, SP, semelhante ao obtido neste trabalho. As durações dos ciclos das cultivares avaliadas foram entre 5 e 10 dias mais curtas em comparação à safra de verão, como também observado por Anzanello et al. (2012) para a Concord, em Eldorado do Sul, RS.

Ao se considerar o subperíodo poda-brotação verificou-se, para a BRS Violeta, tanto em safra de verão quanto de inverno, duração mais longa em cerca de oito dias, em comparação às outras cultivares. Por outro lado, a BRS Violeta apresenta o subperíodo florescimento-pintor, mais curto entre 10 e 17 dias em relação à Isabel Precoce e Bordô e de 28 dias em relação a Isabel e Concord.

Em relação ao período de maturação, durante a safra de verão, verificou-se para as cultivares Isabel, Concord e Isabel Precoce, duração de 39 dias; para a Concord 41 dias e para a BRS Violeta 45 dias, não tendo sido observada diferença estatística entre a duração do período de maturação para as diferentes cultivares. Os valores obtidos neste trabalho foram superiores aos observados por Pereira et al. (2008) para Concord, Isabel e Bordô cultivadas em Caldas, MG, e por Barros (2014), para a Concord e Bordô, em Campo Largo, PR. Para a safra de inverno, os valores de duração da fase de maturação foram de 46 dias para Isabel Precoce e Bordô; 49 dias para Isabel e Concord e 56 dias para a BRS Violeta. Em condições de safra de inverno a fase de maturação aumentou entre 7 e 11 dias em comparação à safra de verão, em função das temperaturas mais baixas que ocorrem nos meses de maturação das uvas durante a safra de inverno. A maior duração da fase de maturação pode ser considerada positiva, uma vez que, segundo Blouin & Guimberteau (2004), alguns componentes qualitativos das bagas da uva são produzidos neste período de desenvolvimento da videira.

Exigências térmicas das cultivares de uva rústica em safra de verão e de inverno – na Tabela 4 são apresentados os valores de exigência térmica, expressa em graus-dia, para os diferentes subperíodos fenológicos das cultivares avaliadas.

Para a safra de verão foi observado, para o subperíodo: poda-brotação, exigência térmica entre 111 e 120 graus-dia para as cultivares: Isabel Precoce, Bordô, Isabel e Concord, que foram estatisticamente diferentes da cultivar BRS Violeta, cuja necessidade térmica foi de 169 graus-dia. Os valores de necessidade térmica obtidos neste trabalho foram inferiores aos relatados por Anzanello et al. (2012) para a cultivar Concord, cultivada em Eldorado do Sul, RS, e semelhantes aos observados por Radünz et al. (2012), para

Tabela 4. Exigência térmica de diferentes subperíodos fenológicos, em graus dia, para cultivares de uva rústica cultivadas em regime de safras sequenciais de verão e inverno, em Jundiá, SP.

Safr de verão					
Cultivar	P-B	B-F	F-Pintor	Pintor-C	P-C
Isabel Precoce	120 a	333 a	878 b	294 a	1625 b
Bordô	115 a	341 a	864 b	303 a	1622 b
BRS Violeta	169 b	346 a	778 c	316 a	1609 b
Isabel	112 a	335 a	1140 a	303 a	1890 a
Concord	111 a	331 a	1144 a	307 a	1893 a
Safr de inverno					
Isabel Precoce	79 b	379 a	712 b	292 a	1462 b
Bordô	85 b	364 a	734 b	270 a	1452 b
BRS Violeta	164 a	348 a	658 c	289 a	1458 b
Isabel	81 a	369 a	820 a	309 a	1579 a
Concord	80 a	384 a	809 a	299 a	1573 a

P=Poda; B=Brotação; F=Florescimento; Pintor=Mudança de cor (*Veraison*); C=Colheita. Médias seguidas por letras diferentes na coluna, dentro de cada safra, diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste 't'.

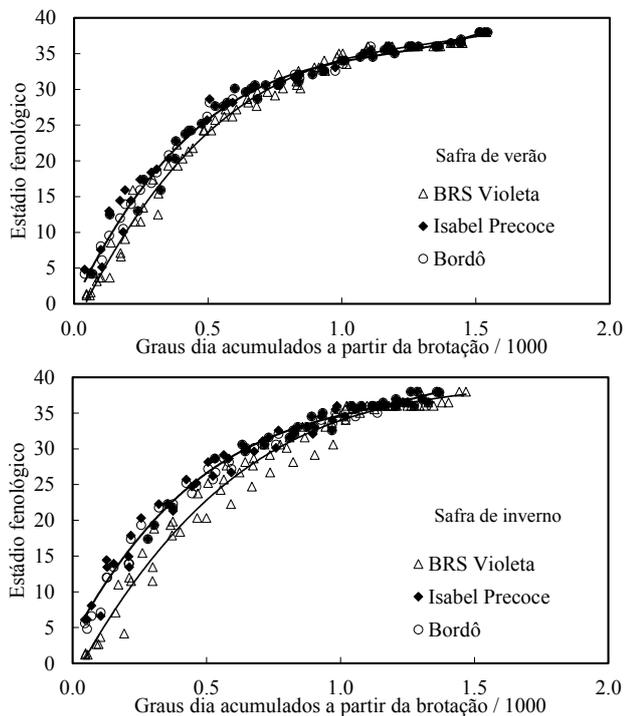
a cultivar Bordô em Pelotas, RS. O subperíodo: brotação-florescimento não apresentou diferença estatística entre as cultivares, tendo variado entre 331 e 346 graus-dia, em função da variedade de uva rústica. Para o subperíodo: florescimento-pintor, houve diferença estatística entre os valores médios obtidos para as cultivares, a saber: 864 a 878 graus-dia, para Isabel Precoce e Bordô; 778 para a BRS Violeta e entre 1140 e 1144 para Isabel e Concord. Para o período de maturação das uvas, representado pelo subperíodo fenológico: pintor-colheita, não foi observada diferença estatística entre as necessidades térmicas das cultivares, tendo variado entre 294 e 316 graus-dia. Esses valores foram inferiores aos citados por Radünz et al. (2012) para as cultivares Bordô e BRS Violeta; inferiores aos relatados por Sato et al. (2008) para a cultivar Isabel no norte do Paraná, cujo valor foi 444 graus-dia e, aos obtidos por Azevedo (2010), para as cultivares: Bordô, Isabel e BRS Violeta, em Pelotas, RS e semelhantes aos obtidos por Roberto et al. (2004), para a Isabel, cultivada em Maringá, PR. Para o período: poda-colheita, configurando o ciclo total das videiras, as cultivares Isabel Precoce, Bordô e BRS Violeta, mostraram valores entre 1609 e 1625 graus-dia, não diferindo estatisticamente entre si. Azevedo (2010) relata valores entre 1446 e 1582 graus-dia, inferiores aos obtidos nesse trabalho, para Bordô, Isabel e BRS Violeta. Da mesma maneira valores inferiores foram observados para a cultivar Isabel no norte (Sato et al., 2008) e noroeste do Paraná (Roberto et al., 2004). Por outro lado, foram semelhantes para a cultivar Bordô, produzida em Campo Largo, PR (Barros, 2014), e em Bocaiúva do Sul, PR (Chiarotti et al., 2014). Para as cultivares Isabel e Concord, de ciclo médio, os valores de exigência térmica foram da ordem de 1890 graus-dia, sendo

superiores aos relatados por Carvalho (2016), em Lavras, MG, e Anzanello; Souza; Coelho (2012), em Eldorado do Sul, RS, para a cultivar Concord.

Em relação à safra de inverno foi verificado, para a BRS Violeta, a exemplo da safra de verão, maior necessidade térmica, 164 graus-dia para o subperíodo poda-brotação, em relação às outras cultivares, cujos valores variaram entre 79 e 85 graus-dia. No subperíodo: brotação-florescimento, não houve diferença estatística entre os valores médios das cultivares que variaram entre 348 e 384 graus-dia. Porém, para o subperíodo: florescimento-pintor, a cultivar BRS Violeta apresentou o menor valor de necessidade térmica, de 658 graus-dia, em comparação à cultivares de ciclo curto, Isabel Precoce e Bordô, cuja exigência térmica variou entre 712 e 734 graus-dia e às cultivares de ciclo médio, Isabel e Concord, com valores entre 809 e 820 graus-dia. Para o subperíodo pintor-colheita não foi observada diferença estatística entre as médias das cultivares que variaram entre 270 e 309 graus-dia. A necessidade térmica para o ciclo total das videiras, em regime de safra de inverno, variou entre 1452 e 1462 para as cultivares de ciclo curto e entre 1573 e 1579 graus-dia para as de ciclo médio. Valores de necessidade térmica para as videiras produzidas em regime de safra de inverno são mais escassos na literatura. Anzanello et al. (2012) relata para a Concord, em Eldorado do Sul, RS, valor médio de 1585 graus-dia, semelhante ao obtido neste trabalho.

Modelo de estimativa de estádios fenológicos – na Figura 1 é apresentada a variação dos estádios fenológicos para cultivares de uva rústica de ciclo precoce: Isabel Precoce, Bordô e BRS Violeta, com as respectivas curvas de ajuste, para as safras de verão e de inverno. Na Tabela 5 estão apresentados os coeficientes da equação de estimativa para curva polinomial do terceiro grau, para a qual foi obtido o melhor ajuste aos valores de estágio fenológico avaliados. O acúmulo de graus-dia foi feito a partir da brotação das uvas, uma vez que foi utilizado calcionamida hidrogenada, para uniformizar o sistema de produção, não tendo havido, portanto, influência natural das condições climáticas. Os coeficientes de correlação, tanto para a safra de verão quanto para a de inverno, foram superiores a 0,99 para as cultivares de ciclo curto avaliadas. O erro padrão da média, para as cultivares de ciclo curto, variou entre 0,99 e 1,21 para a safra de verão; e, entre 0,91 e 1,61, para a safra de inverno, demonstrando que as estimativas dos estádios fenológicos poderão variar em até uma unidade quando estimadas pelo acúmulo de graus-dia. A curva representada pelo modelo polinomial de terceiro grau permitiu caracterizar de maneira apropriada o momento da colheita, pois a segunda inflexão da curva, permitiu que o valor do estágio colheita, representado na escala pelo número 38, fosse alcançado de maneira adequada. Modelos que utilizam curva com assíntota na época de colheita, muitas vezes estimam

Figura 1. Comparação dos valores da escala fenológica observados (pontos) e estimados (linha cheia) por modelo polinomial de terceiro grau para cultivares de uva Isabel Precoce e Bordô (linha superior) e BRS Violeta (linha inferior) cultivadas em regime de safras sequenciais de verão e de inverno.



este estágio fenológico com atraso, como identificado por Verdugo-Vásquez et al. (2017), quando aplicaram o modelo de Mitscherlich para uvas de mesa no Chile. A cultivar de uva BRS Violeta apresentou curva de ajuste diferenciada das cultivares Isabel Precoce e Bordô, provavelmente em função do atraso que ocorre na brotação, mesmo quando

estimulada com calcionamida hidrogenada. No entanto, após a mudança de cor, que é mais precoce para a ‘BRS Violeta’, a curva se aproxima das demais cultivares. As cultivares Isabel Precoce e Bordô, apesar de apresentarem coeficientes da curva polinomial diferentes (Tabela 5), graficamente não apresentaram diferenças, sendo representadas na Figura 1 por apenas uma curva.

Para as cultivares de ciclo médio, Isabel e Concord, as curvas de ajuste do modelo são apresentadas para safras de verão e de inverno na Figura 2. Também, apesar dos coeficientes do modelo de ajuste terem sido diferentes (Tabela 5), a representação gráfica para as cultivares Isabel e Concord é feita por apenas uma curva. Os coeficientes de correlação foram superiores a 0,99 e o erro padrão da média variou entre 1,09 e 1,70 para a safra de verão e entre 1,05 e 1,08 para a safra de inverno. Como observado por Verdugo-Vásquez et al. (2017) os estádios fenológicos correspondentes à mudança de cor (pintor) e colheita são de difícil interpretação pelo observador em condições de campo, levando muitas vezes a uma maior dificuldade de ajuste de curvas a valores observados. Alertam, ainda, os autores, que os parâmetros de ajuste dos modelos devem ser considerados específicos para cada cultivar e localidade.

A validação dos modelos de ajuste foi feita em conjunto independente de dados e os resultados dos índices estatísticos, da comparação de valores observados e estimados, estão apresentados na Tabela 6. De acordo com a classificação de Camargo & Sentelhas (1997), os índices de desempenho (c) nas safras de verão e de inverno ficaram próximos a 1, apresentando uma classificação ótima de concordância dos dados, o que indica a possibilidade de utilização das mesmas na estimativa dos estádios fenológicos das culti-

Tabela 5. Coeficientes da equação de regressão polinomial de terceiro grau para estimativa de estágio fenológico, segundo escala de Lorenz et al. (1995) e adaptada de Verdugo-Vásquez et al. (2017), em função de graus-dia (divididos por mil) acumulados a partir da brotação para uvas rústicas cultivadas em regime de safras sequenciais de verão e de inverno, em Jundiaí-SP.

Safr/Cultivar	Coeficientes da equação polinomial				Erro padrão da média	Coeficiente de correlação
	a	b	c	d		
Safr de verão						
Isabel Precoce	0,918	75,655	-59,951	17,229	1,21	0,992
Bordô	0,127	77,768	-61,763	17,729	0,99	0,995
BRS Violeta	-3,141	77,792	-53,908	13,370	1,17	0,995
Isabel	-0,463	80,166	-63,044	16,933	1,70	0,993
Concord	0,307	77,578	-60,734	16,316	1,09	0,993
Safr de inverno						
Isabel Precoce	3,497	69,225	-53,989	15,961	1,15	0,992
Bordô	2,225	73,512	-59,367	18,127	0,91	0,995
BRS Violeta	-2,385	68,995	-41,634	8,998	1,61	0,989
Isabel	4,165	66,762	-51,891	15,001	1,05	0,992
Concord	4,147	67,348	-52,799	15,356	1,08	0,992

Figura 2. Comparação dos valores da escala fenológica observados (pontos) e estimados (linha cheia) por modelo polinomial de terceiro grau para as cultivares de uva Isabel e Concord cultivadas em regime de safras sequenciais de verão e de inverno.

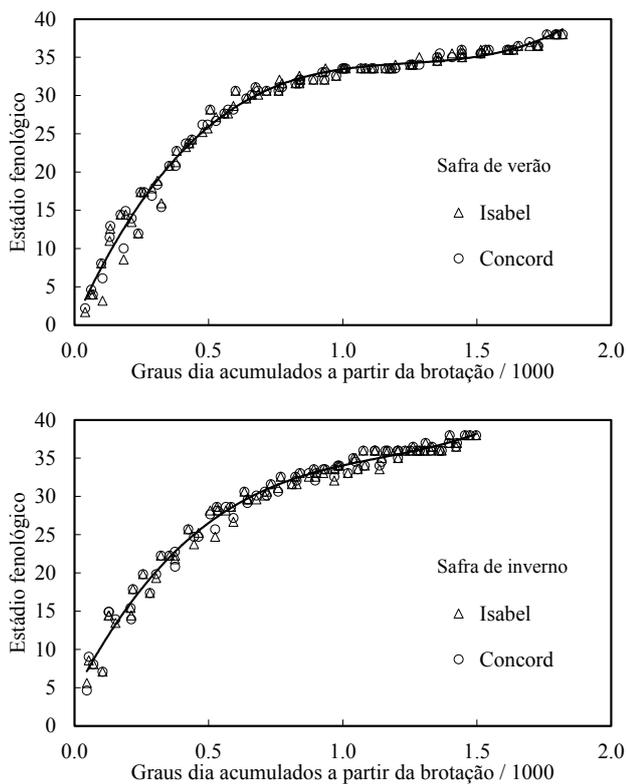


Tabela 6. Índice de desempenho estatístico e classificação da comparação de valores observados e estimados por equações polinomiais da escala fenológica de Lorenz et al. (1995) e adaptada de Verdugo-Vásquez et al. (2017).

	d	r	c	RMSE	Classificação
Safr de Verão					
Isabel	0,997	0,994	0,992	1,28	Ótimo
Concord	0,998	0,997	0,995	0,93	Ótimo
Isabel Precoce	0,999	0,998	0,997	0,63	Ótimo
Bordó	0,999	0,999	0,998	0,57	Ótimo
BRS Violeta	0,999	0,998	0,997	0,76	Ótimo
Safr de inverno					
Isabel	0,998	0,996	0,993	0,98	Ótimo
Concord	0,995	0,994	0,990	1,06	Ótimo
Isabel Precoce	0,996	0,995	0,991	1,01	Ótimo
Bordó	0,998	0,997	0,995	0,75	Ótimo
BRS Violeta	0,998	0,999	0,997	0,95	Ótimo

RMSE = erro médio; d = índice de concordância de Willmott; r = coeficiente de correlação e c = índice de desempenho.

vares de uva rústica em função de graus-dia acumulados a partir da data de brotação.

Conclusões

A duração do ciclo das cultivares de uva rústica precoces Isabel Precoce, BRS Violeta e Bordó, é de 138 dias para a safra de verão e varia entre 134 e 136 dias para a safra de inverno. Para as cultivares de ciclo médio, Isabel e Concord, a duração varia entre 157 e 159 dias, para a safra de verão, e de 149 dias, para a de inverno.

A exigência térmica média, expressa em graus-dia, para a safra de verão é 1619 e 1891, enquanto na safra de inverno é 1457 e 1576, respectivamente para as cultivares de ciclo curto e médio.

Modelos polinomiais de terceiro grau se mostram adequados para estimativa de valores da escala de estádios fenológicos, em função de graus-dia acumulados a partir da brotação, das uvas rústicas Isabel Precoce, Bordó, BRS Violeta, Isabel e Concord, cultivadas tanto em regime de safra de verão, quanto de inverno.

Referências

ANZANELLO, R.; SOUZA, P. V. D.; COELHO, P. F. Fenologia, exigência térmica e produtividade de videiras ‘Niagara Branca’, ‘Niagara Rosada’ e ‘Concord’ submetidas a duas safras por ciclo vegetativo. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, v. 34, n. 2, p. 366-376, 2012.

AZEVEDO, F. Q. **Perfil vitivinícola, fenologia, qualidade e produção de uvas americanas e híbrida em Pelotas-RS.** 2010. 103f. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

BARROS, L. B. **Fenologia, qualidade do suco e intensidade de doenças em combinações copa/porta-enxerto de uva rústica.** 2014. 99 p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

BLOUIN, J.; GUIMBERTEAU, G. **Maduración y madurez de la uva.** 4. ed., Madrid: Mundi-Prensa, 2004. 151p

BORGES, R. S., ROBERTO, S. R., YAMASHITA, F., ASSIS, A. M., YAMAMOTO, L. Y. Produção e qualidade de frutos de clones de videira ‘Concord’ sobre diferentes porta-enxertos. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, Goiânia, v. 44, n. 2, p. 198-204, 2014.

CAFFARRA, A.; ECCEL, E. Increasing the robustness of phenological models for *Vitis vinifera* cv. Chardonnay. *International Journal of Biometeorology*, Heidelberg, v.54, p. 255-267, 2009.

CAMARGO, A. P.; SENTELHAS, P. C. Avaliação do desempenho de diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração potencial no Estado de São Paulo, Brasil. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Santa Maria, v. 5, n. 1, p. 89-97, 1997.

CAMARGO, U. A.; MAIA, J. D. G.; RITSCHER, P. **Novas cultivares brasileiras de uva.** Ed. P. Ritschel, S. S. Sebben. Bento Gonçalves, RS, Embrapa Uva e Vinho, 2010. 64 p.

CARVALHO, E. **Fenologia, exigência térmica e produção de cultivares de videiras (*Vitis spp.*) em Lavras – MG.** Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal de Lavras, 2016, 63 p.

CHIAROTTI, F.; MORGOTI, G.; FOWLER, J. G.; CUQUEL, F. L.; BIASIS, L. A. Caracterização fenológica, exigência térmica e maturação da uva ‘Bordó’ em Bocaiuva do Sul, PR. *Agraria - Revista Brasileira Ciências Agrárias*, Recife, v.9, n.3, p.338-342, 2014.

- DAL'OSTO, M. C.; BASSI, A. P. G.; MELO, R. T.; AMARAL, L. B.; BARROS, A. L.; DALL'OSTO, M. F. Caracterização química e sensorial das variedades Malbec, Cabernet Sauvignon e Cabernet Franc com colheita de inverno para elaboração de vinhos finos de qualidade em São Roque, SP. **Scientia Vitae**, São Roque, v. 4, n. 13, p. 6-12, 2016.
- DIAS, F. A. N.; MOTA, R. V.; FAVERO, A. C.; PURGATTO, E.; SHIGA, T. M.; SOUZA, C. R.; PIMENTEL, R. M. A.; REGINA, M. A. Videira 'Syrah' sobre diferentes porta-enxertos em ciclo de inverno no sul de Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.47, n.2, p.208-215, 2012.
- FAVERO, A. C.; AMORIM, D. A.; MOTA, R. V.; SOARES, A. M.; SOUZA, C. R.; REGINA, M. A. Double-pruning of 'Syrah' grapevines: a management strategy to harvest wine grapes during the winter in the Brazilian Southeast. **Vitis**, Geilweilerhof, v. 50, n.4, p. 151-158, 2011.
- HERNANDES, J. L.; PEDRO JÚNIOR, M. J.; SANTOS, A. O.; TECCHIO, M. A. Fenologia e produção de cultivares americanas e híbridas de uva para vinho, em Jundiá, SP. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.32, n. 1, p. 135-142, 2010.
- JUBILEU, B. S.; SATO, A. F.; ROBERTO, S. R. Caracterização fenológica e produtiva das videiras 'Cabernet Sauvignon' e 'Alicante' (*Vitis vinifera* L.) produzidas fora de época, no norte do Paraná. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 32, n. 2, p. 451-462, 2010.
- LORENZ, D. H., EICHHORN, K. W., BLEIHOLDER, H., KLOSE, R., MEIER, U.; WEBER, E. Growth stages of the grapevine: phenological growth stages of the grapevine (*Vitis vinifera* L. ssp. *vinifera*) - Codes and descriptions according to the extended BBHC scale. **Australian Journal of Grape and Wine Research**, Adelaide, v.1, n.2, p.100-103, 1995.
- MAIA, J. D. G., CAMARGO, U. A. **Sistema de produção de uvas rústicas para processamento em regiões tropicais do Brasil**. Embrapa Uva e Vinho, Bento Gonçalves, Sistema de Produção, 9, 2005. Disponível em: <https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Uva/UvasRusticasParaProcessamento/cultivares.htm>. Acesso em 1 nov. 2018.
- MOTA, R. V.; SILVA, C. P. C.; FAVERO, A. C.; PURGATTO, E.; SHIGA, T. M.; REGINA, M. A. Composição físico-química de uvas para vinho fino em ciclos de verão e inverno. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 32, n. 4, p. 1127-1137, 2010.
- PARKER, A. K.; CORTÁZAR-ATAURI, I. G., VAN LEEUWEN, C.; I. CHUINE, I. General phenological model to characterize the timing of flowering and veraison of *Vitis vinifera* L. **Australian Journal of Grape and Wine Research**, Adelaide, v. 17, p. 206-216, 2011.
- PEDRO JÚNIOR, M. J.; HERNANDES, J. L. Produtividade e qualidade do mosto da uva 'Isabel Precoce' em safras sequenciais de verão e inverno. **Scientia Vitae**, São Roque, v. 5, n. 17, p.8-14, 2017.
- PEDRO JUNIOR, M. J.; HERNANDES, J. L.; BARDIN-CAMPAROTTO, L.; BLAIN, G. C. Plant parameters and must composition of 'Syrah' grapevine cultivated under sequential summer and winter growing seasons. **Bragantia**, v.76, n.2, p.345-351, 2017.
- PEREIRA, G. E., LIMA, L. C. O., REGINA, M. A., ROSIER, J. P.; FERRAZ, V.; MOURÃO JÚNIOR, M. Avaliação do potencial de cinco cultivares de videiras americanas para sucos de uva no sul de Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**. Lavras, v. 32, n.5, p. 1531-1537, 2008.
- RADÜNZ, A.L. et al. Efeitos da época da poda sobre a duração do ciclo e a produção de videiras 'Bordô' e 'BRS Violeta'. **Revista Científica Rural**, Bagé, v.14, p.213-224, 2012.
- REGINA, M. A.; MOTA, R. V.; FAVERO, A. C.; SHIGA, T. M.; SILVA, L. H. J.; SOUZA, W. C.; NOVELLI, F. A. D.; SOUZA, C. R. Caracterização físico-química de uvas viníferas cultivadas em dupla-poda no nordeste de São Paulo. **Revista Brasileira de Viticultura e Enologia**, Bento Gonçalves, v. 3, n. 3, p. 84-92, 2011.
- SANTIBÁÑEZ, F.; SIERRA, H.; SANTIBÁÑEZ, P. Degree-day model of table grape (*Vitis vinifera* L.) phenology in Mediterranean temperate climates. **International Journal of Science Environment and Technology**, Guwahati, v.3, n.1, p. 10-22, 2014.
- SATO, A. J.; SILVA, B. J.; SANTOS, C. E.; BERTOLUCCI, R.; SANTOS, R.; CARIÉLO, M.; GUIRAUD, M. C.; FONSECA, I. C. B.; ROBERTO, S. R. Fenologia e demanda térmica das videiras 'Isabel' e 'Rúbea' sobre diferentes porta-enxertos na Região Norte do Paraná. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 29, n. 2, p. 283-292, 2008.
- SILVA, F. C. C.; VIANA, A. P.; SILVA, M. G. O.; OLIVEIRA, J. G.; GOMES FILHO, A. Caracterização química e determinação dos estádios fenológicos de variedades de videiras cultivadas no norte fluminense. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 30, n. 1, p. 038-042, 2008.
- VERDI, A. V.; OTANI, M. N.; MAIA, M. L.; FREDO, C. E.; HERNANDES, J. L. Caracterização socioeconômica e perfil produtivo da produção de uva e vinho artesanal no município de Jundiá, estado de São Paulo. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 40, p.23-33, 2010.
- VERDUGO-VÁSQUEZ, N.; FUENTE, C. P.; ORTEGA-FARÍAS, S. Model development to predict phenological scales of table grapes (cvs. Thompson, Crimson and Superior Seedless and Red Globe) using growing degree-days. **OENO One**, Bordeaux, v. 51, n. 3, p. 277-288, 2017.

REFERENCIAÇÃO

PEDRO JÚNIOR, M. J.; JOSÉ LUIZ HERNANDES, J. L. Modelo fenológico e exigências térmicas para uvas rústicas cultivadas em safras sequenciais de verão-inverno. **Agrometeoros**, Passo Fundo, v.26, n.2, p.337-345, dez 2018.



Modeling phenology and thermal requirements of rustic grapes cultivated in sequential summer-winter growing seasons

Mário José Pedro Júnior^{1(*)} and José Luiz Hernandes²

¹Instituto Agronômico de Campinas, Centro de Solos e Recursos Ambientais. Av. Barão de Itapura, 1481, CEP 13020-902 Campinas, SP, Brazil. Bolsista de Pesquisa do CNPq (Processo: 302162/2016-0). E-mail: mariopedrojunior@gmail.com

²Instituto Agronômico de Campinas, Centro de Frutas. Av. Luiz Pereira dos Santos, 1500, CEP 13214-820 Jundiaí, SP, Brazil. E-mail: jlhernandes@iac.sp.gov.br

(*) Corresponding author.

ARTICLE INFO

Article history:

Received 14 November 2018

Accepted 26 February 2020

Index terms:

cycle length

degree-days

phenological scale

ABSTRACT

Characterization of the phenological stage length and the thermal requirements of grape cultivars Bordô, Isabel Precoce, BRS Violeta, Isabel and Concord were done during sequential summer and winter growing seasons in Jundiaí, São Paulo state, Brazil. The cycle length of the early cycle cultivars, Bordô, BRS Violeta and Isabel Precoce, varied between 134 and 138 days for the summer and winter crops. While for the cultivars of medium cycle, Isabel and Concord, it was 158 days for summer and 149 days for the winter growing season. The obtained values of thermal requirement, expressed in degree-days, for the short cycle cultivars were 1619 and 1457 and for the medium cycle cultivars, 1891 and 1576, respectively for the summer and winter growing seasons. Third-degree exponential equations were developed to estimate the phenological stages as a function of degree-days accumulated from budding and correlation coefficients higher than 0.99 were obtained for the evaluated grape cultivars.

© 2020 SBAgro. All rights reserved.

CITATION

PEDRO JÚNIOR, M. J.; JOSÉ LUIZ HERNANDES, J. L. Modelo fenológico e exigências térmicas para uvas rústicas cultivadas em safras sequenciais de verão-inverno. *Agrometeoros*, Passo Fundo, v.26, n.2, p.337-345, dez 2018.