

Bento Gonçalves, RS / Agosto, 2024

Nova metodologia para estimativa da deficiência hídrica no Zoneamento Agrícola de Risco Climático da Uva

Marco Antônio Fonseca Conceição⁽¹⁾, Jorge Tonietto⁽²⁾ e Maria Emília Borges Alves⁽³⁾⁽¹⁾ Pesquisador, Embrapa Uva e Vinho, Jales, SP. ⁽²⁾ Pesquisador, Embrapa Uva e Vinho, Bento Gonçalves, RS.⁽³⁾ Pesquisadora, Embrapa Cerrados, Brasília, DF.

Resumo – O Zoneamento Agrícola de Risco Climático da uva (ZARC Uva) está baseado no risco de ocorrência de geadas e no risco de ocorrência de deficiência hídrica para a cultura. No presente trabalho é apresentada uma nova metodologia para o ZARC Uva visando incorporar novas variáveis que possam melhor estimar o risco de ocorrência de deficiência hídrica para as videiras, considerando-se o estágio de desenvolvimento da cultura e os sistemas de condução adotados no vinhedo. Além disso, são empregados novos valores de água disponível no solo e três níveis de produtividade relativa para a videira. Foram realizadas estimativas para comparar os valores obtidos empregando-se a metodologia atual e a nova. Demonstrou-se que a nova metodologia consegue diferenciar melhor os riscos climáticos, conforme o sistema de condução adotado. Além disso, a adoção de seis classes de solo, ao invés das três empregadas atualmente, permite ampliar a abrangência das avaliações do ZARC, tornando os resultados mais próximos da realidade encontrada no campo. Por fim, o uso dos valores relativos da produtividade permite comparar regiões que apresentam valores absolutos de produtividade diferentes.

Termos para indexação: balanço hídrico, viticultura, produtividade.

New methodology for grape agricultural climate risk zoning

Abstract – The Grape Agricultural Climate Risk Zoning (ZARC Grape) is based on the risk of frost and the risk of water deficiency for the crop. In the present work, a new methodology for ZARC Grape is presented, aiming to incorporate new variables that can better estimate the risk of water deficiency for vines, considering the stage of development of the crop and the management system adopted in the vineyard. Furthermore, new values of soil water availability and three levels of relative productivity for the vine are used. Estimates were made to compare the values obtained using the current and new methodologies. It was demonstrated that the new methodology can differentiate better the climate risks, depending on the driving system adopted. Furthermore, the adoption of six soil classes, instead of the three currently used, makes it possible to expand the scope of ZARC assessments,

Embrapa Uva e Vinho

Rua Livramento, nº 515
Caixa Postal 130
95701-008 Bento Gonçalves, RS
www.embrapa.br/uva-e-vinho
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê Local de Publicações

Presidente

Henrique Pessoa dos Santos

Secretária-executiva

Renata Gava

Membros

*Edgardo Aquiles Prado Perez,**Fernando José Hawerth,**Mauro Celso Zanus, Joelsio**José Lazzarotto, Jorge Tonietto,**Rochelle Martins Alvorcem,**Thor Vinícius Martins Fajardo*

Revisão de texto

Renata Gava

Normalização bibliográfica

Rochelle Martins Alvorcem

(CRB-10/1810)

Projeto gráfico

Leandro Sousa Fazio

Publicação digital: PDF

Todos os direitos
reservados à Embrapa.

making the results closer to the reality found in the field. Finally, the use of relative productivity values allows to compare regions that have different absolute productivity values.

Index terms: water balance, viticulture, productivity.

Introdução

O Zoneamento Agrícola de Risco Climático (ZARC) serve de subsídio para diversas políticas públicas, como o Programa de Garantia da Atividade Agropecuária (Proagro), Proagro Mais e o Programa de Subvenção ao Prêmio do Seguro Rural (PSR), que visam proteger os produtores em caso de perdas por eventos climáticos. A metodologia empregada no ZARC se baseia em dados agrometeorológicos e simulações matemáticas que quantificam o risco de produção nas condições climáticas de cada região brasileira (Monteiro et al., 2021).

Até 2018, o ZARC para videiras (ZARC Uva) apresentava diferentes metodologias, que variavam de acordo com o estado da União (Brasil, 2017). A partir de 2019, por solicitação do Ministério da Agricultura e Pecuária (Mapa), a Embrapa Uva e Vinho desenvolveu uma nova metodologia para o ZARC Uva unificada para todo o país, com base em dois critérios: a probabilidade de ocorrência de geadas e a probabilidade de ocorrência de deficiência hídrica para a cultura (Brasil, 2019).

Nessa metodologia, o risco de geada foi quantificado através da frequência ou risco de ocorrência de temperaturas mínimas menores ou iguais 1 °C. Já o risco de deficiência hídrica teve por base o balanço de água no solo. De acordo com essa versão do ZARC Uva, o uso da irrigação se tornou obrigatório em todas as áreas localizadas em regiões de clima tropical. Dessa maneira, nessas regiões não há risco climático para a cultura, uma vez que não ocorre deficiência hídrica, em função da irrigação, e a probabilidade de ocorrência de geadas é baixa. Já em regiões de clima subtropical do sul do Brasil, além da maior probabilidade de ocorrência de geadas, os vinhedos também estão sujeitos à ocorrência de deficiência hídrica, uma vez que o uso da irrigação é opcional e ainda pouco frequente.

Apesar das novas metodologias adotadas para a videira e outras culturas, a Embrapa continuou buscando realizar atualizações no ZARC, visando refinar a determinação do risco climático por meio da incorporação de mais informações de clima e solo, bem como sobre as condições de manejo e os níveis de produtividade (Costa, 2022). Recentemente foi apresentada uma nova metodologia

para o ZARC Soja (ZARC Soja - 06 ADs), visando aprimorar a gestão de risco de deficiência hídrica e o planejamento da produção da cultura (Landgraf, 2023). A principal diferença, em relação à metodologia anterior, foi que são contemplados agora, não três, mas seis classes de água disponível no solo (AD). Essas novas classes deverão ser empregadas, também, nos novos zoneamentos a serem atualizados (Monteiro et al., 2022).

Para avaliar o risco de deficiência hídrica, o ZARC Uva atualmente vigente também utiliza apenas três classes de solos, equivalentes a 70, 110 e 150 mm m⁻¹ de água disponível (valores usados para todas as culturas). Além disso, só é utilizado um valor de coeficiente de cultivo (Kc) igual a 0,85 para todo o ciclo da cultura, independente do desenvolvimento vegetativo das plantas ou do sistema de condução adotado (o Kc é empregado na estimativa da evapotranspiração da cultura, usada no balanço hídrico). Também não há informações sobre os diferentes níveis de produtividade da cultura em função das condições de clima, solo, manejo e sistema de condução adotados.

O presente trabalho apresenta, assim, a proposta de uma nova metodologia para o ZARC Uva, visando incorporar novas variáveis que possam melhor estimar o risco de ocorrência de deficiência hídrica para a cultura.

Material e métodos

Nova metodologia proposta

Semelhante à metodologia atualmente utilizada no ZARC Uva, a nova metodologia também utiliza o balanço hídrico decendial (períodos de dez dias). Para isso, são necessários dados de pluviometria (P) e das variáveis a serem empregados na estimativa da evapotranspiração de referência (ET_o), quais sejam: radiação solar global, velocidade do vento, temperatura do ar e umidade relativa do ar. Quando essas variáveis estiverem disponíveis, os valores de ET_o podem ser obtidos pelo modelo padrão de estimativa de ET_o de Penman-Monteith-FAO (Allen et al., 1998). Quando não houver disponibilidade de todos os dados para o uso do método de Penman-Monteith-FAO, pode-se estimar a ET_o pelo método de Hargreaves, que emprega apenas valores das temperaturas máxima e mínima do ar (Monteiro et al., 2017b).

Uma vez obtido os valores de ET_o, podem ser calculados os valores da evapotranspiração potencial da cultura (ET_c), isto é, considerando-se ausência de déficit hídrico. Para isso, os valores de ET_o são multiplicados pelo coeficiente de cultura (Kc):

$$ETc = ETo \cdot Kc$$

Equação 1

em que ETc é a evapotranspiração potencial da cultura, em mm dia^{-1} ; ETo é a evapotranspiração de referência, em mm dia^{-1} ; e Kc é o coeficiente de cultivo (adimensional).

Novos valores de Kc

No ZARC Uva atual, foi adotado um valor de Kc igual a 0,85 para todo o ciclo da cultura e para qualquer condição de manejo das plantas. No entanto, recomenda-se, normalmente, utilizar valores de Kc que possam variar conforme o desenvolvimento fenológico das plantas e de acordo com o sistema de manejo adotado (Allen et al., 1998; Conceição, 2016).

A nova proposta metodológica emprega valores variáveis de Kc , de acordo com as condições da cultura (Tabela 1), tendo por base as recomendações apresentadas por Rallo et al. (2021). Os valores de Kc são maiores no período em que a cultura apresenta maior área foliar, que é durante a frutificação e a maturação.

Esses coeficientes também variam de acordo com as condições de cultivo, principalmente com a fração de solo coberta pela cultura. Por essa razão, os sistemas de condução horizontal (latada) apresentam valores maiores de Kc , em relação aos sistemas de condução vertical (espaldeira) (Rallo et al., 2021).

Os valores intermediários entre os indicados na Tabela 1 são determinados por interpolação através de funções lineares, conforme apresentado na Figura 1 e recomendado pela Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO) (Allen et al., 1998).

A partir dos valores diários da precipitação pluviométrica (P) e da ETc (Equação 1), obtêm-se os valores decendiais, que são empregados no balanço hídrico climatológico (Pereira, 2005). O armazenamento da água no solo é calculado com base na AD e na profundidade do sistema radicular, que foi considerado igual a 1 m (Brasil, 2019).

Tabela 1. Valores do coeficiente de cultivo (Kc) de acordo com o estágio de desenvolvimento da cultura e do sistemas de condução.

Sistema de condução	Fase vegetativa		
	Brotação/ Floração	Frutificação/ Maturação	Pós-colheita/ Repouso
Espaldeira ¹	0,40	0,70	0,45
Latada ²	0,60	0,95	0,70

⁽¹⁾ Utilizada principalmente para a produção de uvas destinadas à elaboração de vinhos finos.

⁽²⁾ Utilizada principalmente para a produção de uvas para mesa, suco e para vinhos de mesa.

Fonte: Allen et al. (1998) e Rallo et al. (2021).

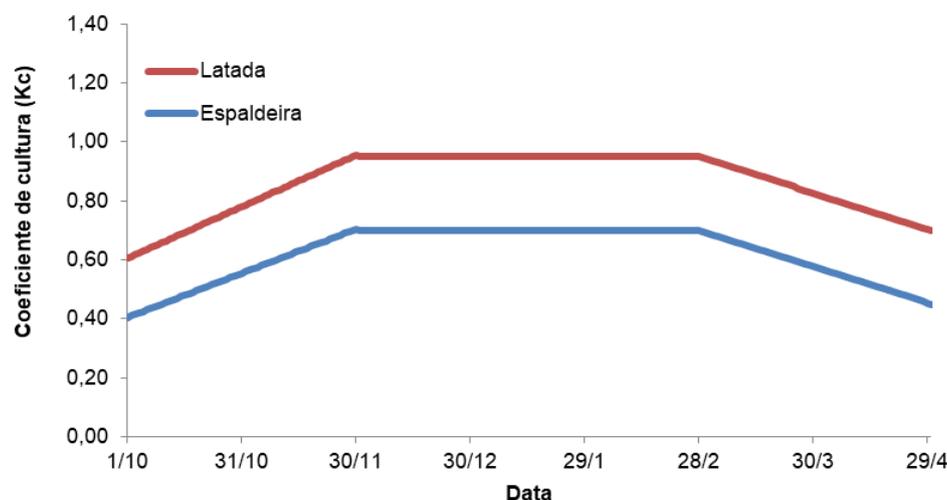


Figura 1. Comportamento dos valores de coeficiente de cultura (Kc) nos sistemas de condução do tipo espaldeira e latada durante o ciclo da cultura empregando os coeficientes interpolados linearmente.

Novos valores de água disponível no solo (AD)

No atual ZARC Uva foram utilizados valores de AD iguais a 70, 110 e 150 mm m⁻¹, para solos de textura arenosa, média e argilosa, respectivamente (Brasil, 2019). Novos valores de AD, no entanto, foram incorporados recentemente ao ZARC (Tabela 2), que farão parte da nova metodologia proposta.

Determinação da produtividade relativa da cultura (Yp)

O Índice de Satisfação das Necessidades de Água (ISNA) da cultura é um parâmetro utilizado no ZARC para definir os limites abaixo dos quais há risco de perdas de produção. Esse valor adimensional é determinado a partir do balanço hídrico pela seguinte relação:

$$ISNA = ETr / ETc \quad \text{Equação 2}$$

em que ISNA é o Índice de Satisfação da Necessidade de Água (adimensional); ETr é a evapotranspiração real da cultura, em mm (Figura 2); ETc é a evapotranspiração potencial da cultura, em mm.

Na presença de deficiência hídrica, os valores de ETr são inferiores aos de ETc, fazendo com que o ISNA seja inferior a 1,00.

No ZARC atual, ao analisar uma série histórica de valores de ISNA, busca-se avaliar qual a probabilidade de ocorrência de índices abaixo dos limites permitidos para a cultura, indicando, assim, a probabilidade de perdas de safra em determinada região. Se essa probabilidade for, por exemplo, de perda de uma safra a cada cinco, considera-se um risco de 20%. No ZARC são incluídas regiões que apresentam riscos de até 40% (perda de quatro safras em

dez). As regiões que apresentam valores superiores a esse limite de 40%, ficam fora do zoneamento.

Contudo, no ZARC há uma necessidade de se avaliar a ocorrência de reduções nos níveis de produtividade da cultura, ao invés de considerar somente as perdas de safra. Por essa razão, na nova metodologia proposta, utiliza-se o modelo desenvolvido pela FAO (Doorenbos; Kassam, 1979) para estimar a produtividade relativa da cultura em função da deficiência hídrica do solo. Esse modelo tem sido empregado, também, em outras culturas, em função da sua simplicidade e robustez (Monteiro et al., 2017a). Nele, a produtividade relativa da cultura é estimada empregando-se a seguinte função:

$$(1 - Yr / Yc) = 1 - Ky (1 - ETr / ETc) \quad \text{Equação 3}$$

em que Yr é a produtividade real, em kg/ha; Yc é a produtividade potencial da cultura, em kg/ha; ETr é a evapotranspiração real da cultura (mm) e ETc é a evapotranspiração potencial da cultura (mm).

O valor de Ky representa a sensibilidade da cultura à deficiência hídrica, sendo que para a videira recomenda-se um valor de Ky igual a 0,85 (Doorenbos; Kassam, 1979; Ronco et al., 2017; Loreto, 2021).

Expressando a produtividade relativa (Yr/Yc) em termos percentuais (Yp) e considerando-se que ETr/ETc = ISNA, pode-se reescrever a Equação 3 da seguinte forma:

$$Yp = 100 \cdot (1 - Ky (1 - ISNA)) \quad \text{Equação 4}$$

em que Yp é a produtividade relativa (%), Ky é a sensibilidade da cultura à deficiência hídrica (adimensional) e ISNA é o Índice de Satisfação da Necessidade de Água (adimensional).

Tabela 2. Limite inferior e superior, bem como valores intermediários para seis classes de água disponível no solo a serem utilizadas nas avaliações de risco de déficit hídrico do Zoneamento Agrícola de Risco Climático.

Classes de AD ⁽¹⁾	Limite inferior de AD (mm m ⁻¹)	Valores intermediários* (mm m ⁻¹)	Limite superior de água no solo (mm m ⁻¹)
AD1	34	40	46
AD2	46	53	61
AD3	61	70	80
AD4	80	93	106
AD5	106	123	140
AD6	140	162	184

(1) AD: água disponível no solo.

* Média aproximada entre os limites inferiores e superiores.

Fonte: Monteiro et al. (2022).

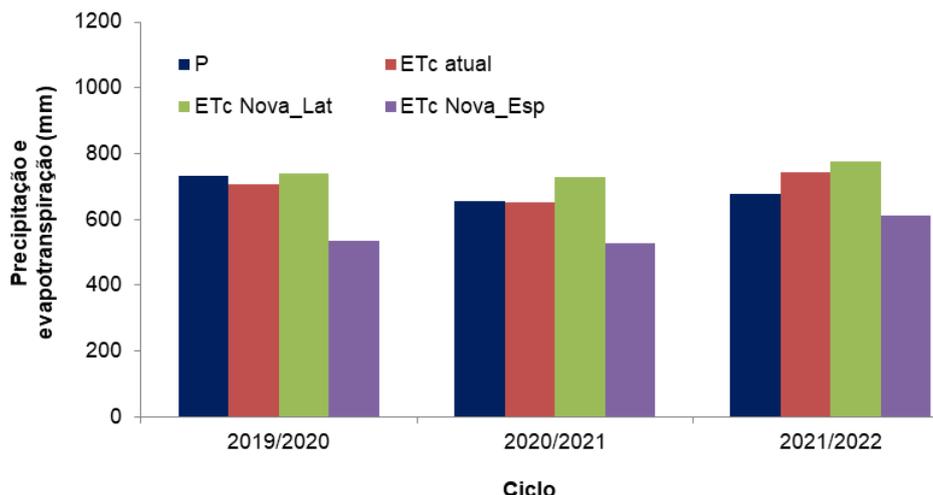


Figura 2. Precipitação pluvial (P) e evapotranspiração potencial da cultura (ETc) na Serra Gaúcha, empregando-se a metodologia atual (ETc atual) e a nova metodologia considerando-se o sistema de condução do tipo latada (ETc Nova_Lat) e espaldeira (ETc Nova_Esp) durante três ciclos da cultura da videira. (Bento Gonçalves, RS, 2019/2020, 2020/2021 e 2021/2022).

Foram propostos três níveis de produtividade relativa para a cultura da videira, apresentados na Tabela 3.

Os níveis inferiores (55 e 60%) equivalem às aproximações dos valores de Y_p calculados empregando-se a Equação 4, com os valores limites do ISNA para videiras de mesa (0,55) e processamento (0,45). Valores de Y_p inferiores a esses limites poderão ser considerados como perdas de safra no ZARC, para efeito de indenização do Proagro ou do Seguro Agrícola.

As avaliações da nova metodologia foram realizadas para o município de Bento Gonçalves, RS (latitude 29°09'S, longitude 51°31'O, altura 640 m), localizado na Serra Gaúcha, principal região vitícola do país. Essa região apresenta, segundo a classificação de Köppen, clima subtropical úmido sem estação seca e com verão temperado (Cfb) (Tonietto et al., 2012; Álvares et al., 2013). Os dados meteorológicos foram obtidos no portal do Instituto Nacional de Meteorologia (Inmet, 2022). Para fins de balanço hídrico, foram considerados os períodos entre os meses de outubro e abril (Tonietto

et al., 2021) e calculados para os ciclos de 2019/2020, 2020/2021 e 2021/2022. As estimativas foram realizadas considerando-se a produção de uvas destinadas ao processamento, predominante nessa região.

Resultados e discussão

Comparação da metodologia atual com a nova metodologia proposta para diferentes valores de K_c

Para a comparação dos valores de ISNA, utilizando-se diferentes valores de K_c , foram considerados os valores de AD no solo usados na metodologia atual (70, 110 e 150 mm). Os valores de P e ETc durante o ciclo da cultura, empregando-se a metodologia atual (K_c atual) e a nova metodologia (K_c variável) nos três ciclos, estão apresentados na Figura 2.

Como esperado, os valores mais baixos da ETc corresponderam ao sistema de condução em espaldeira (ETc Nova_Esp), em função dos menores valores de K_c . Para essas condições, P foi superior à demanda hídrica da cultura nos três ciclos. Já a ETc no sistema

Tabela 3. Níveis de produtividade relativa para videiras destinadas ao consumo in natura (mesa) e processamento (vinhos e sucos).

Finalidade	Nível de produtividade relativa (Y_p) (%)			
	Alto	Médio	Baixo	Perda de safra
Mesa	$Y_p \geq 90$	$90 > Y_p \geq 75$	$75 > Y_p \geq 60$	$Y_p < 60$
Processamento	$Y_p \geq 85$	$85 > Y_p \geq 70$	$70 > Y_p \geq 55$	$Y_p < 55$

latada (ETc Nova_Lat) superou a P e a ETc atual nos três ciclos (Figura 2).

Embora a pluviosidade tenha sido elevada, ela foi mal distribuída durante os ciclos monitorados da cultura (Figura 3). Com isso, mesmo no ciclo que apresentou a maior precipitação pluvial (2019/2020), houve ocorrência de deficiência hídrica, como pode ser observado na Figura 4, considerando-se um valor de água disponível no solo igual a 70 mm.

O uso da metodologia atual e um valor único de Kc (Figura 4A) resultou em comportamento semelhante ao observado quando foi empregada a nova metodologia para o sistema de condução do tipo latada (Figura 4B). Já no sistema de condução em espaldeira (Figura 4C), o balanço hídrico apresentou uma redução na deficiência hídrica e um aumento no excedente hídrico, quando comparado ao obtido empregando-se a metodologia atual.

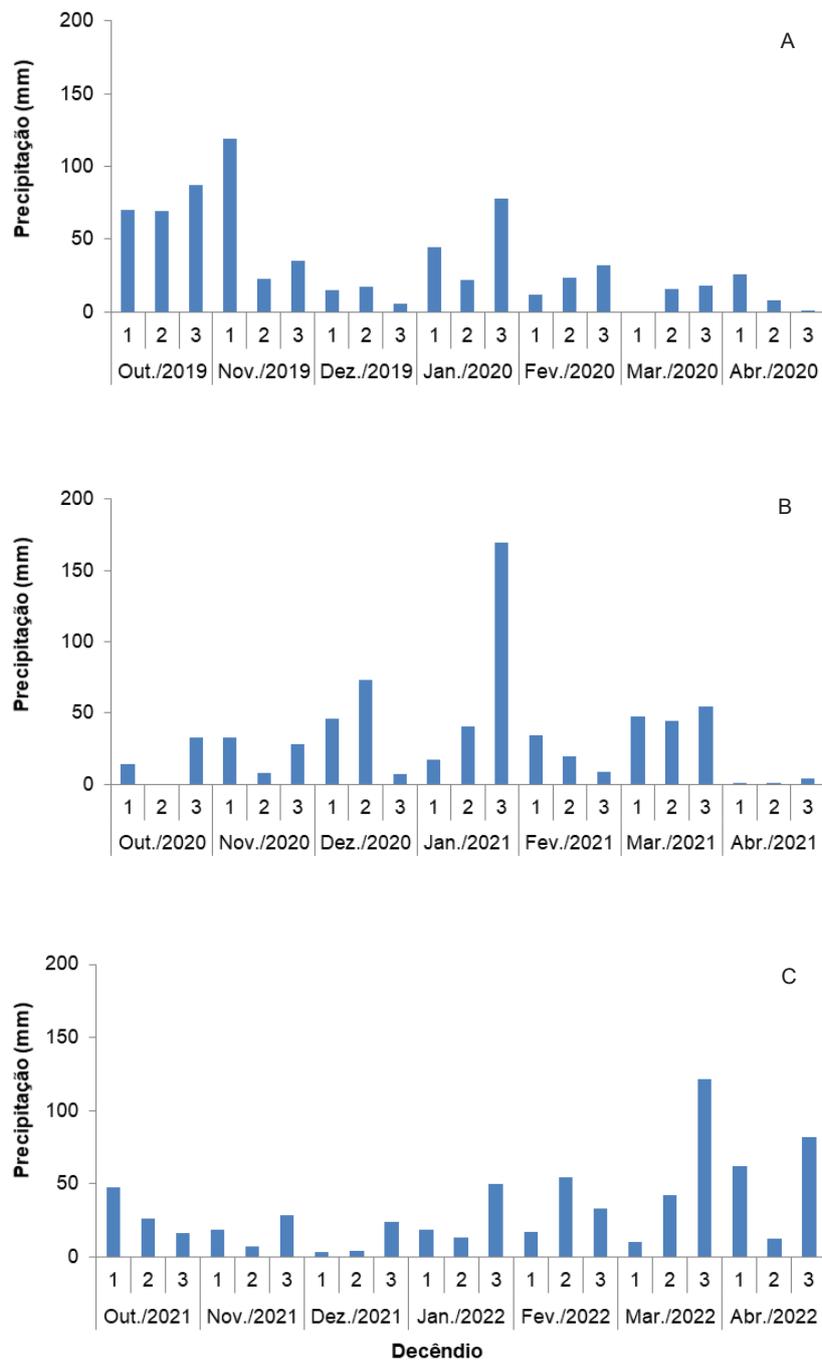
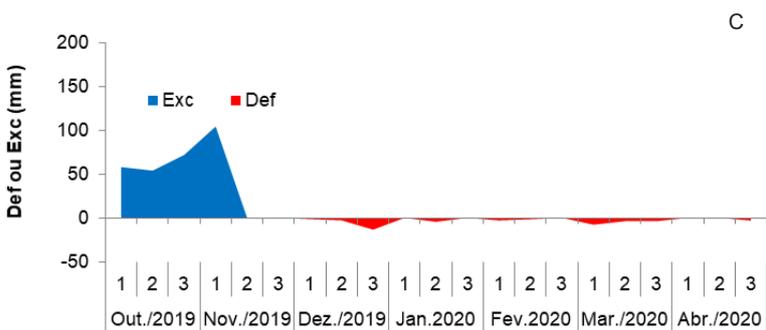
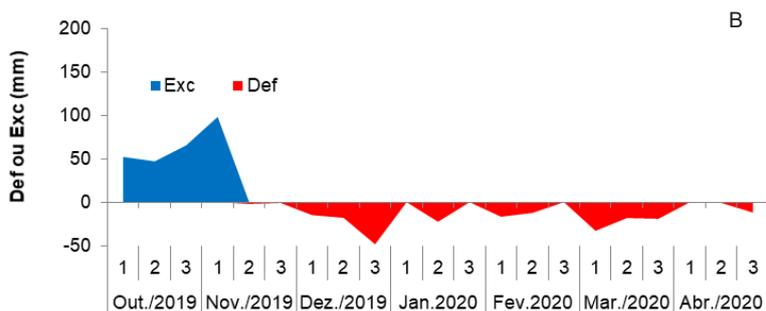
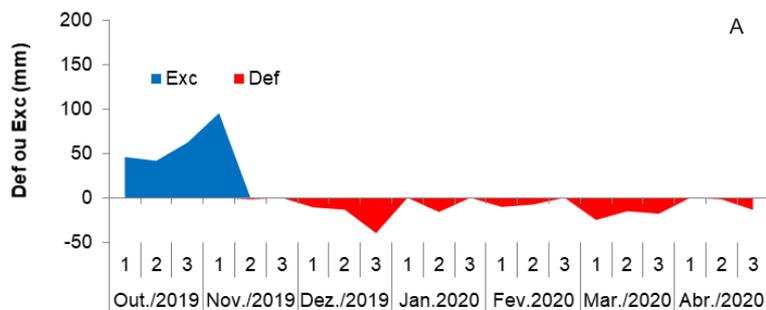


Figura 3. Valores decenciais da precipitação pluvial em Bento Gonçalves, RS. (A) 2019/2020; (B) 2020/2021; (C) 2021/2022.



Decêndio

Figura 4. Balanço hídrico decendial: (A) na metodologia atual; (B) na nova metodologia com sistema de condução latada; (C) na nova metodologia com sistema de condução espaldeira considerando-se a água disponível no solo igual a 70 mm, sendo DEF a deficiência hídrica da água no solo (mm) e EXC o excedente hídrico da água no solo (mm). (Bento Gonçalves, RS, 2019/2020).

A Tabela 4 apresenta os valores do índice de satisfação de necessidade de água para a cultura (ISNA) para as diferentes metodologias, classes de solos e sistemas de condução utilizados.

Em geral, os valores de ISNA no sistema em espaldeira (Nova Espaldeira) superaram os do modelo atual em 9% (Tabela 4). Por outro lado, os valores de ISNA no sistema do tipo latada (Nova Latada) apresentaram, em média, valores 4% inferiores aos

obtidos com a metodologia atual. Observa-se que os valores de ISNA empregando-se a nova metodologia e o sistema de condução em espaldeira (Nova Esp) superaram os valores dos demais, como já havia sido observado anteriormente, e que a diferença entre as metodologias foi maior no ciclo 2019/2020

Nenhum dos valores obtidos do ISNA (Figura 5) atingiu o limite de 0,45, que é o indicativo para perda de safra para uvas de processamento, de acordo com

Tabela 4. Valores do Índice de Satisfação de Necessidade de Água para a cultura (ISNA, adimensional) para diferentes teores de água disponível no solo (AD) e sistema de condução utilizados, considerando-se a metodologia atual e a nova.

Ciclo	Metodologia	Água disponível no solo (mm)	ISNA (%)	ISNA (%) Nova/Atual
2019/2020	Atual	70	0,75	
		110	0,79	
		150	0,82	
	Nova (latada)	70	0,70	96
		110	0,74	94
		150	0,77	94
	Nova (espaldeira)	70	0,86	115
		110	0,89	113
		150	0,91	111
2020/2021	Atual	70	0,86	
		110	0,90	
		150	0,92	
	Nova (latada)	70	0,85	99
		110	0,89	99
		150	0,91	99
	Nova (espaldeira)	70	0,93	108
		110	0,95	106
		150	0,96	104
2021/2022	Atual	70	0,68	
		110	0,72	
		150	0,76	
	Nova (latada)	70	0,65	96
		110	0,69	96
		150	0,73	96
	Nova (espaldeira)	70	0,73	107
		110	0,78	108
		150	0,81	107

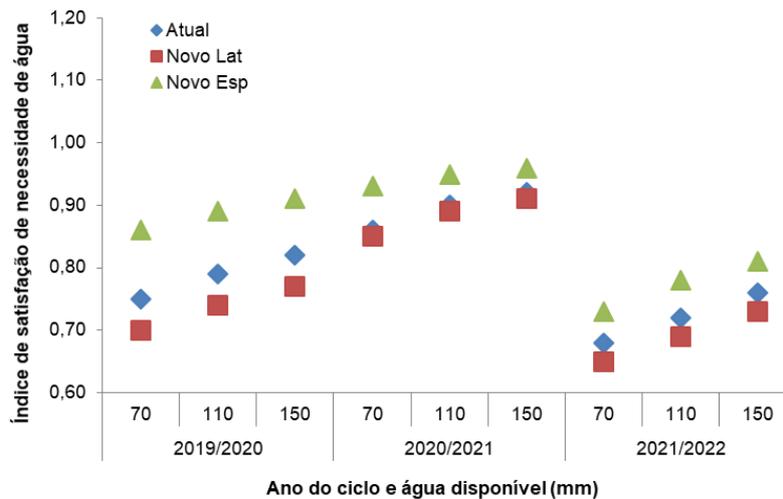


Figura 5. Valores do Índice de Satisfação de Necessidade de Água das plantas (ISNA), considerando três ciclos (2019/2020, 2020/2021, 2021/2022) e três teores de água disponível no solo (70, 110 e 150 mm). Os Índices de Satisfação de Necessidade de Água para a cultura (ISNAs) foram calculados pela metodologia atual e pela nova metodologia para sistemas de condução do tipo latada (Nova Lat) e espaldeira (Nova Esp).

o ZARC. No entanto, a nova metodologia permite uma diferenciação entre os vinhedos de acordo com o sistema de condução. De fato, o uso de sistema de condução vertical, como a espaldeira, reduz a área foliar e a fração de solo coberto pela planta e, conseqüentemente, a evapotranspiração da cultura (Rallo et al., 2021), o que reduz o risco hídrico para os parreirais.

Comparação dos valores de Yp para diferentes metodologias

Na Figura 6 são apresentados os valores da produtividade relativa (Yp) calculados pela metodologia atual, considerando-se teor de AD igual a 70 mm, que é o único valor coincidente entre as metodologias atual e nova.

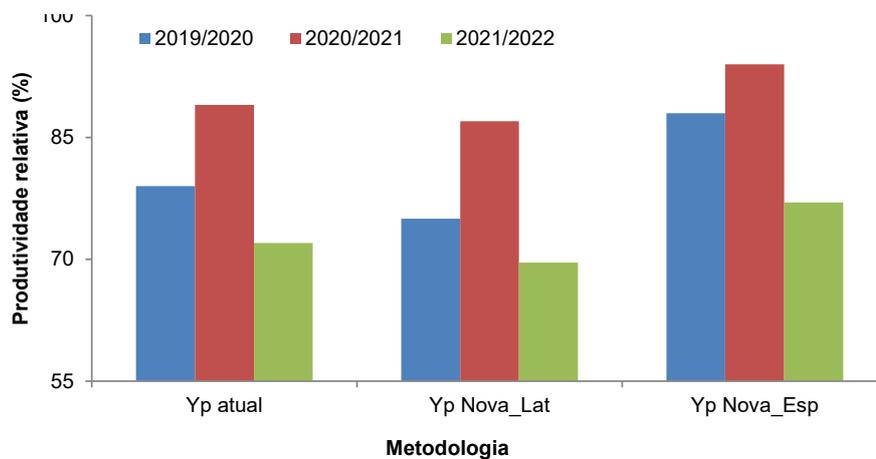


Figura 6. Valores da produtividade relativa (Yp) calculados pela metodologia atual (Yp atual) e pela nova metodologia para sistemas de condução do tipo latada (Yp Nova Lat) e espaldeira (Yp Nova Esp), para três ciclos e teor de água disponível no solo igual a 70 mm. (Bento Gonçalves, RS, 2019/2020, 2020/2021, 2021/2022).

Nenhum dos valores de Y_p calculados se aproximou do limite crítico estabelecido pelo ZARC (55%) em nenhum dos ciclos. O uso da nova metodologia (K_c variável) para o sistema de condução do tipo latada resultou em valores de Y_p que foram, em média, 3% inferiores aos que foram determinados pela metodologia atual. Entretanto, os valores obtidos com a nova metodologia e para o sistema espaldeira superaram, em média, 8% aqueles obtidos pela metodologia atual.

Os valores de Y_p representam o percentual de produção em relação ao potencial de cada sistema de condução, não significando que a produtividade absoluta na latada seja inferior à da espaldeira. O que ocorre é que as videiras conduzidas em latada apresentam consumo hídrico maior, em relação às conduzidas em espaldeira, estando, portanto, sujeitas as maiores perdas relativas em decorrência de estresse hídrico e, conseqüentemente, a uma produtividade relativa menor.

Em termos de valores absolutos, as videiras conduzidas no sistema latada apresentam, em geral, maiores produtividades do que em espaldeira (Miele; Mandelli, 2015). Por isso, a latada é mais empregada em uvas destinadas à elaboração de sucos e vinhos de mesa, que consideram a necessidade de produtividades mais altas para viabilizar os custos de produção e atingir maiores receitas em sua comercialização. Já para as uvas destinadas à elaboração de vinhos finos, a qualidade final dos produtos eleva, normalmente, o preço de comercialização, compensando a adoção de menor produtividade da cultura em decorrência do uso do sistema de condução em espaldeira.

Valores de Y_p para diferentes valores de AD e sistemas de condução

A nova metodologia apresenta valores de AD inferiores e superiores aos adotados na metodologia atual, o que permite ampliar as condições hídricas dos solos, tornando-os mais próximos das condições reais do campo. Para as avaliações, utilizando-se diferentes valores AD, foram considerados os valores intermediários de cada classe de solo (Tabela 2).

No sistema de condução do tipo latada, que é o predominante na Serra Gaúcha (Miele; Mandelli, 2015), foram observados valores de produtividade relativa (Y_p) médio e intermediário para os ciclos 2019/2020 e 2020/2021 em todas as classes de solo (Figura 7). No entanto, para o ciclo 2021/2022, as três classes com menor disponibilidade de água no solo apresentaram níveis baixos de produtividade.

Já no sistema de condução do tipo espaldeira, a produtividade relativa (Y_p) apresentou nível médio e intermediário em todas os ciclos (Figura 8).

A Tabela 6 resume os níveis de produtividade de acordo com o sistema de condução e a água disponível no solo. As variações meteorológicas entre ciclos afetaram o nível de produtividade da cultura. No ciclo 2020/2021, com exceções dos solos com AD de 40 mm, todos os demais apresentaram níveis altos de produtividade, independente do sistema de condução adotado.

Por outro lado, no ciclo 2021/2022 houve perda de produtividade relativa em todas as condições, sendo que os níveis mais baixos foram observados no sistema latada em solos com os menores valores de AD (Tabela 6). A perda de produtividade nas

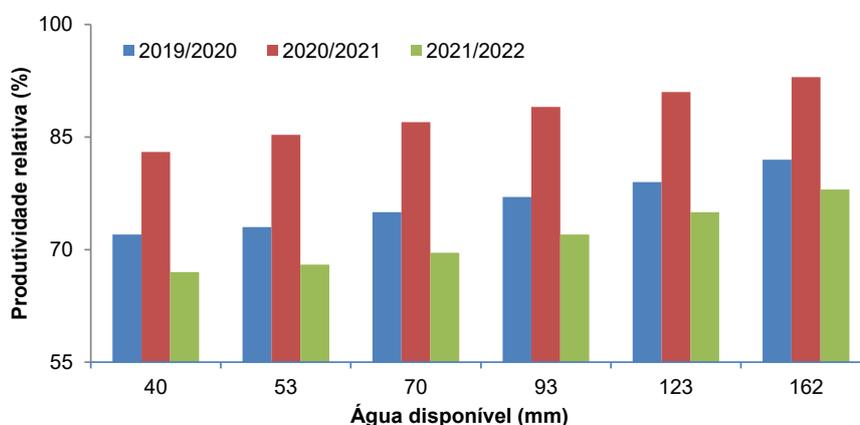


Figura 7. Valores da produtividade relativa (Y_p) calculados pela nova metodologia para sistemas de condução do tipo latada, para seis teores de água disponível no solo e três ciclos. (Bento Gonçalves, RS, 2019/2020, 2020/2021, 2021/2022).

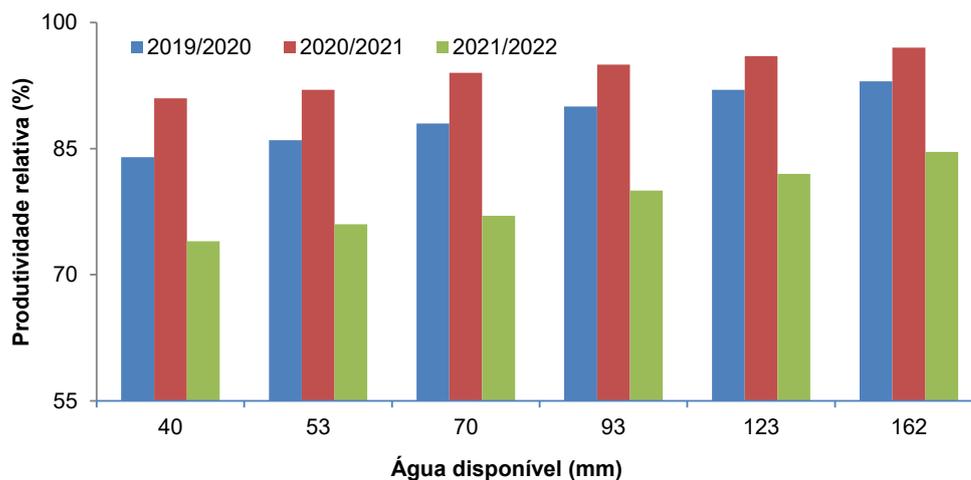


Figura 8. Valores da produtividade relativa (Y_p) calculados pela nova metodologia para sistemas de condução do tipo espaldeira, para seis teores de água disponível no solo e três ciclos. (Bento Gonçalves, RS, 2019/2020, 2020/2021, 2021/2022).

Tabela 6. Nível de produtividade relativa (Y_p) para seis classes de água disponível no solo (AD) em três ciclos. (Bento Gonçalves, RS, 2019/2020, 2020/2021, 2021/2022).

Água disponível (mm)	Latada			Espaldeira		
	2019/2020	2020/2021	2021/2022	2019/2020	2020/2021	2021/2022
40	Médio	Médio	Baixo	Médio	Alto	Médio
53	Médio	Alto	Baixo	Alto	Alto	Médio
70	Médio	Alto	Baixo	Alto	Alto	Médio
93	Médio	Alto	Médio	Alto	Alto	Médio
123	Médio	Alto	Médio	Alto	Alto	Médio
162	Médio	Alto	Médio	Alto	Alto	Médio

áreas produtoras de uvas para vinhos finos, que adotam normalmente o sistema do tipo espaldeira, foi compensada com o elevado potencial enológico das uvas e de qualidade dos vinhos (Junges et al., 2022). Por outro lado, em algumas áreas as videiras enfrentaram deficiência hídrica mais severa, principalmente em função das variações na capacidade de água disponível no solo, o que pode levar as plantas a apresentarem paralisação do crescimento vegetativo e bloqueio na evolução da maturação (Junges et al., 2022).

Conclusões

1) No caso de sistemas de condução do tipo latada, os valores do ISNA e da Y_p ficaram próximos, embora abaixo dos determinados pela metodologia atual, fazendo com que as áreas que adotam esse sistema sejam pouco penalizadas

pela adoção dos novos critérios. Por outro lado, a nova metodologia demonstra que o uso de sistemas de condução do tipo espaldeira reduz o risco de ocorrência de deficiência hídrica na cultura, favorecendo as áreas onde esse sistema é empregado, o que poderá proporcionar uma cobertura mais favorável na contratação do Proagro ou do seguro agrícola, para essas condições.

2) A adoção de seis classes de solo, ao invés das três empregadas atualmente, permite ampliar a abrangência das avaliações do ZARC, tornando os resultados mais próximos da realidade encontrada no campo. Solos com baixos teores de AD, que não estão incluídos no ZARC atual, se mostraram mais propensos a apresentarem risco hídrico, principalmente quando se emprega o sistema de condução do tipo latada. Assim, com base em um levantamento das classes de solo de uma determinada região, pode-se avaliar

quais as áreas que apresentam maior ou menor risco de ocorrência de deficiência hídrica para a cultura, de acordo com o sistema de condução adotado.

- 3) O uso dos valores relativos da produtividade (Y_p) permite fazer comparações entre regiões que, muitas vezes, apresentam valores absolutos diferentes de produtividade. A metodologia proposta poderá, assim, ser empregada no ZARC para avaliar o risco de redução da produtividade específica de cada região, e não apenas o risco de perda total de safra, como acontece atualmente. Muitas vezes, a ocorrência de deficiência hídrica reduz a produtividade de determinada área, sem que haja, contudo, perda de safra. Essa redução, no entanto, não é coberta atualmente pelo Proagro. O emprego da nova metodologia poderá fornecer, portanto, subsídios para que futuramente possam haver, também, indenizações intermediárias para os níveis médio e baixo de Y_p .

Referências

- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. de M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, p. 711-728, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e Pecuária. **Parâmetros de risco climático**. Brasília, DF, 2017. 85 p. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/riscos-seguro/programa-nacional-de-zoneamento-agricola-de-risco-climatico/documentos/Parametrosderisoclimatico.pdf/view>. Acesso em: 30 ago. 2022.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e Pecuária. Portaria nº 36, de 05 de abril de 2019. Aprovar o Zoneamento Agrícola de Risco Climático para a cultura de uva clima subtropical frio no Estado do Rio Grande do Sul. **Diário Oficial da União**: seção 1, ano 157, n. 69, p. 75-84, 10 abr. 2019.
- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. (FAO: Irrigation and Drainage Paper, 56).
- CONCEIÇÃO, M. A. F. **Modelos para estimativa dos coeficientes (Kc) de videiras irrigadas**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2016. 14 p. (Embrapa Uva e Vinho. Circular técnica, 132). Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1060551>. Acesso em: 30 ago. 2022.
- COSTA, V. C. **Novas metodologias vão aperfeiçoar zoneamento agrícola de risco climático**. 25 maio 2022. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/71033265/novas-metodologias-vao-aperfeiçoar-zoneamento-agricola-de-risco-climatico#>. Acesso em: 30 ago. 2022.
- DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. **Yield response to water**. Rome: FAO, 1979. 193 p. (FAO Irrigation and Drainage, Paper, 33).
- INMET. **Tabela de dados das estações**. Disponível em: <https://tempo.inmet.gov.br/TabelaEstacoes/A001>. Acesso em: 16 maio. 2022.
- JUNGES, A. H.; SANTOS, H. P. dos; GARRIDO, L. da R.; PEREIRA, G. E. **Boletim Agrometeorológico da Serra Gaúcha - Edição Abril 2022**: condições meteorológicas de janeiro a março de 2022, prognóstico climático para abril-maio-junho e recomendações fitotécnicas para vinhedos. Bento Gonçalves, RS: Embrapa Uva e Vinho, 2022. (Boletim Agrometeorológico da Serra Gaúcha. Abril 2022). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/doc/1142407/1/BolAgromet-Abril2022.pdf>. Acesso em: 30 ago. 2022.
- LANDGRAF, L. **Novo ZARC Soja será apresentado na comemoração de 50 anos da Embrapa**. 24 abr. 2023. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/79983715/novo-zarc-soja-sera-apresentado-na-comemoracao-de-50-anos-da-embrapa>. Acesso em: 25 abr. 2023.
- LORETO, A. C. de. **Proposição para o desenvolvimento de um modelo para a quantificação do potencial desperdício de alimentos na agricultura**. 2021. 77 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Animal) -- Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba
- MIELE, A.; MANDELLI, F. Sistemas de condução da videira: latada e espaldeira. In: SILVEIRA, S. V. da; HOFFMANN, A.; GARRIDO, L. da R. (ed.) **Produção integrada de uva para processamento: implantação do vinhedo, cultivares e manejo de planta**. Brasília, DF: Embrapa, 2015. v. 3, 72 p. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1060143>. Acesso em: 30 ago. 2022.
- MONTEIRO, J. E. B. de A.; ASSAD, E. D.; SENTELHAS, P. C.; AZEVEDO, L. da C. Modeling of corn yield in Brazil as a function of meteorological conditions and technological level. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 52, n. 3, p. 137-148, 2017a.
- MONTEIRO, J. E. B. de A.; CUADRA, S. V.; OLIVEIRA, A. F. de; NAKAI, A. M.; MACIEL, R. J. S. Estimativa da evapotranspiração diária baseada apenas em temperatura. **Agrometeoros**, v. 25, n. 1, p. 227-236, 2017b.
- MONTEIRO, J. E. B. de A.; COSTA, F. de S.; BEZERRA, M. A.; COMUNELLO, E.; ZOLIN, C. A.; PEREIRA, J. R.; MELEM JUNIOR, N. J.; ANTONIO, I. C.; SANTIAGO, A. V.; SILVA, S. C. da; SILVA, F. A. M. da; STEINMETZ,

S.; KLEPKER, D.; COELHO FILHO, M. A.; CABRAL, O. M. R.; ANDRADE JUNIOR, A. S. de; GUIMARAES, D. P.; SORIANO, B. M. A.; PEZZOPANE, J. R. M.; EVANGELISTA, B. A.; ALVES, A. B.; MOURA, M. S. B. de; FARIAS, J. R. B.; BARROS, A. H. C.; TEIXEIRA, W. G.; SILVA, A. A. G. da; CUNHA, G. R. da; CONCEIÇÃO, M. A. F.; HIGA, R.; PELLEGRINO, G. Q. Agricultural climate risk zoning (ZARC). In: SOTTA, E. D.; SAMPAIO, F. G.; MARZALL, K.; SILVA, W. G. da (ed.). **Adapting to climate change: strategies for Brazilian agricultural and livestock systems**. Brasília, DF: Mapa, 2021. p. 102-103.

MONTEIRO, J. E. B. de A.; VICTORIA, D. de C.; FARIAS, J. R. B.; BARROS, A. H. C.; LIMA, E. de P.; ARAUJO FILHO, J. C. de; SILVA, F. A. M. da; EVANGELISTA, B. A.; TEIXEIRA, W. G. **Classes de água disponível do solo para uso no Zoneamento Agrícola de Risco Climático**. Campinas: Embrapa Agricultura Digital, 2022. 6 p. (Embrapa Agricultura Digital. Comunicado técnico, 135). Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1144396>. Acesso em: 30 ago. 2022.

PEREIRA, A. R. Simplificando o balanço hídrico de Thornthwaite-Mather. **Bragantia**, v. 64, n. 2, p. 311-313, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0006-87052005000200019>.

RALLO, G.; PAÇO, T. A.; PAREDES, P.; PUIG-SIRERA, A.; PROVENZANO, G.; PEREIRA, L. S. Updated single

and dual crop coefficients for tree and vine fruit crops. **Agricultural Water Management**, v. 250, p. 1-24, May 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106645>.

RONCO, P.; ZENNARO, F.; TORRESAN, S.; CRITTO, A.; SANTINI, M.; TRABUCCO, A.; ZOLLO, A. L.; GALLUCCIO, G.; MARCOMMI, A. A risk assessment framework for irrigated agriculture under climate change. **Advances in Water Resources**, v. 110, p. 562-578, Dec. 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.advwatres.2017.08.003>.

TONIETTO, J.; CONCEIÇÃO, M. A. F.; ZANUS, M. C.; ALVES, M. E. B. **Condições meteorológicas e sua influência na safra vitícola de 2021 em regiões produtoras de vinhos finos do Sul do Brasil**. Bento Gonçalves, RS: Embrapa Uva e Vinho, dez. 2021. 27 p. (Embrapa Uva e Vinho. Documentos, 132). Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1138580>. Acesso em: 30 ago. 2022.

TONIETTO, J.; MANDELLI, F.; ZANUS, M. C.; GUERRA, C. C.; PEREIRA, G. E. O clima vitícola das regiões produtoras de uvas para vinhos finos do Brasil. In: TONIETTO, J.; RUIZ, V. S.; GÓMEZ-MIGUEL, V. D. (ed.). **Clima, zonificación y tipicidad del vino en regiones vitivinícolas Iberoamericanas**. Madrid: CYTED, 2012. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/928655>. Acesso em: 30 ago. 2022.