

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ – CAMPUS DE CASCAVEL  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

**BALANÇO HÍDRICO E ESTIMATIVA DO CONSUMO RELATIVO DE ÁGUA DA CULTURA DE  
AMOREIRA-PRETA EM SISTEMA ORGÂNICO PARA MANEJO AUTOMATIZADO DE  
IRRIGAÇÃO NA REGIÃO DE CASCAVEL – PARANÁ**

**ADEMAR CÉZAR FEIL**

**CASCAVEL – PARANÁ – BRAZIL**

**JUNHO -2019**

**ADEMAR CÉZAR FEIL**

**BALANÇO HÍDRICO E ESTIMATIVA DO CONSUMO RELATIVO DE ÁGUA DA CULTURA DE  
AMOREIRA-PRETA EM SISTEMA ORGÂNICO PARA MANEJO AUTOMATIZADO DE  
IRRIGAÇÃO NA REGIÃO DE CASCAVEL – PARANÁ**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola em cumprimento parcial aos requisitos par obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola, área de concentração Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental.

Orientador Prof. Dr. Marcio Antonio Vilas Boas

**CASCAVEL – PARANÁ – BRAZIL**

**JUNHO -2019**

Ficha de identificação da obra elaborada através do Formulário de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da Unioeste.

Feil, Ademar César

BALANÇO HÍDRICO E ESTIMATIVA DO CONSUMO RELATIVO DE ÁGUA DA CULTURA DE AMOREIRA-PRETA EM SISTEMA ORGÂNICO PARA MANEJO AUTOMATIZADO DE IRRIGAÇÃO NA REGIÃO DE CASCAVEL - PARANÁ / Ademar César Feil; orientador(a), Marcio Antonio Vilas Boas, 2019.

27 f.

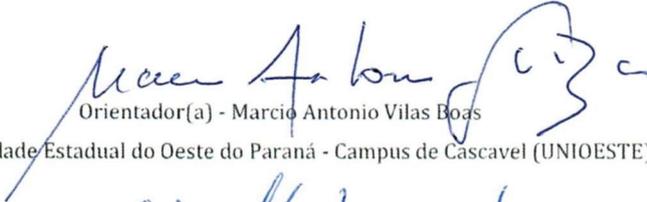
Dissertação (mestrado), Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Campus de Cascavel, Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, 2019.

1. Evapotranspiração. 2. Rubus spp. 3. ISNA. 4. deficiência hídrica. I. Vilas Boas, Marcio Antonio. II. Título.

**ADEMAR CEZAR FEIL**

Balanço Hídrico e estimativa do consumo relativo de água da cultura de amoreira-preta em sistema orgânico para manejo automatizado de irrigação na região de Cascavel - Paraná

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola em cumprimento parcial aos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola, área de concentração Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, linha de pesquisa Recursos Hídricos, APROVADO(A) pela seguinte banca examinadora:

  
Orientador(a) - Marcio Antonio Vilas Boas  
Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus de Cascavel (UNIOESTE)

  
Eriuelto Mercante  
Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus de Cascavel (UNIOESTE)

  
Jonathan Dieter  
Universidade Federal do Paraná (UFPR)

Cascavel, 31 de julho de 2019

## **BIOGRAFIA**

Ademar César Feil nasceu em 16 de março de 1974, na cidade Toledo, Paraná, Brasil e cursou Bacharelado em Informática na Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE, campus de Cascavel, graduado no ano de 2006. Trabalha como Servidor Público na UNIOESTE desde o ano de 1995 e atua na área de Tecnológica da Informação. Ingressou no Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola (PGEAGRI) na Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE), campus de Cascavel, como aluno especial no ano de 2015 e como aluno regular no ano de 2017, no programa de Pós-graduação, em nível de mestrado na área de concentração de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, sob orientação do Prof. Dr. Marcio Antonio Vilas Boas.

À minha companheira Kelly e aos meus filhos,  
Felipe e Maria Luiza, pelo amor, apoio e incentivo.

DEDICO E OFEREÇO

## AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Marcio Antonio Vilas Boas pelo incentivo, por todos os conhecimentos transmitidos e pela dedicada orientação.

Ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola, da UNIOESTE, campus de Cascavel, e ao corpo docente da Instituição, pelo aprendizado e pela oportunidade de realização desta conquista.

À Universidade Estadual do Oeste do Paraná, pela concessão de afastamento parcial e concessão de auxílio financeiro.

À CAPES pela concessão de bolsas e auxílio financeiro ao programa.

Aos amigos do PGEAGRI, pelos momentos juntos, pela convivência e por continuarem sempre presentes.

À minha companheira, Kelly, pelo suporte emocional, grande apoio, cuidado, amor incondicional e amparo que recebi sempre que precisei. Aos meus filhos, que sempre me apoiam e alegram mesmo nos momentos mais difíceis.

Meu muito obrigado a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para que fosse possível a conclusão desta etapa.

# BALANÇO HÍDRICO E ESTIMATIVA DO CONSUMO RELATIVO DE ÁGUA DA CULTURA DE AMOREIRA-PRETA EM SISTEMA ORGÂNICO PARA MANEJO AUTOMATIZADO DE IRRIGAÇÃO NA REGIÃO DE CASCAVEL – PARANÁ

## RESUMO

O presente trabalho tem como objetivos determinar o balanço hídrico e estimar o consumo relativo de água para a cultura da amoreira-preta (*Rubus* spp) nas diferentes fases fenológicas, em sistema orgânico, para o município de Cascavel, visando fornecer informações úteis aos agricultores para o manejo da irrigação e o melhor desenvolvimento das plantas. Os dados utilizados no estudo correspondem ao ano de 2018, e calculados o balanço hídrico sequencial diário e o balanço hídrico normal diário, ambos utilizando a capacidade de armazenamento de água disponível no solo (CAD) de 100 mm. O índice de Satisfação das Necessidades de Água para a cultura em estudo (ISNA), definido como a relação entre a evapotranspiração real e a evapotranspiração da cultura ( $ET_r/ET_c$ ), foi utilizado como critério nas fases fenológicas favoráveis para o cultivo da cultura da amoreira-preta. Os resultados obtidos indicam que, nas fases de crescimento vegetativo, floração e maturação dos frutos os períodos mais críticos com relação à deficiência hídrica, considerando a colheita realizada entre novembro e janeiro, é necessária a reposição de água nestes períodos para evitar decréscimo da produtividade e diminuir o potencial produtivo do próximo ciclo.

**Palavras-chave:** Evapotranspiração; deficiência hídrica; consumo relativo; *Rubus* spp; ISNA.

# WATER BALANCE AND RELATIVE WATER CONSUMPTION OF BLACKBERRY CROP UNDER ORGANIC SYSTEM FOR AUTOMATED MANAGEMENT IRRIGATION SYSTEM IN CASCAVEL REGION – PARANA

## ABSTRACT

This trial aims at determining the water balance and estimating the relative water consumption for blackberry crop (*Rubus* spp) in different phenologic phases, under organic system, in Cascavel municipality, to provide useful information to the farmers for irrigation management and to improve the plants development. The data applied in the study are based in 2018, and diary sequential water balance and dairy normal water balance were calculated, both, using 100 mm as soil water storage capacity (WSC). Water Requirement Satisfaction Index (WRSI), defined as the relation between actual evapotranspiration and crop evapotranspiration ( $ET_r/ET_c$ ), was used as a criterion during the phenological phases favorable for blackberry cropping. The results have shown that the vegetative growth, flowering and fruits ripening phases were the most critical periods in relation to water deficit, considering the harvest from November to January, it is essential to replace water in these periods to prevent a decrease in productivity and decrease the productive potential of the next cycle.

**Keywords:** evapotranspiration; water deficit; relative consumption; *Rubus* spp; WRSI.

## SUMÁRIO

ARTIGO - Balanço hídrico e estimativa do consumo relativo de água da cultura de amoreira-preta em sistema orgânico para manejo automatizado de irrigação na região de Cascavel – Paraná

LISTA DE FIGURAS .....	viii
1. INTRODUÇÃO .....	1
2. MATERIAL E MÉTODOS .....	4
2.1 Local de Estudo .....	4
2.2 Características da cultura da amoreira-preta.....	6
2.3 Estimativas de Evapotranspiração .....	7
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	9
4. CONCLUSÕES.....	13
5. REFERÊNCIAS.....	14

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Local de Estudo .....	4
Figura 2 Estação Meteorológica .....	5
Figura 3 Adubação verde no talhão amora preta em outubro 2018.....	5
Figura 4 Curva do coeficiente da cultura (kc) de acordo com o estágio de desenvolvimento, e porcentagem aproximada de duração de cada uma das fases. Fonte: Allen et al. (1998) e Pagot et al. (2007) .....	7
Figura 5 Índice de satisfação das necessidades de água conforme Kc tabelado FAO.....	10
Figura 6 Índice de satisfação das necessidades de água com ajuste vegetação cobertura.	10
Figura 7 Extrato do balanço hídrico diário no ano de 2018. ....	11
Figura 8 Balanço hídrico completo diário do mês de dezembro de 2018 .....	11
Figura 9 Armazenamento de água no Solo (ARM) e Capacidade Máxima de Água Disponível (CAD).....	12

# BALANÇO HÍDRICO E ESTIMATIVA DO CONSUMO RELATIVO DE ÁGUA DA CULTURA DE AMOREIRA-PRETA EM SISTEMA ORGÂNICO PARA MANEJO AUTOMATIZADO DE IRRIGAÇÃO NA REGIÃO DE CASCAVEL – PARANÁ

## 1. INTRODUÇÃO

A utilização dos recursos hídricos deve ser feita de forma racional por toda a sociedade, já que a água é um recurso natural essencial para sobrevivência de todas as espécies. O setor de maior consumo de água é a agricultura, imprescindível para o abastecimento mundial de alimentos. A Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO) revela que aproximadamente 70% de toda a água disponível no mundo é utilizada na irrigação.

O uso de sistemas de irrigação gera a necessidade de um manejo eficiente, o qual é um dos maiores problemas da irrigação, mesmo considerando a melhoria dos sistemas de irrigação com mais eficiência na distribuição da água, o manejo incorreto causa diversos problemas, tais como a aplicação excessiva ou insuficiente, antes ou depois do momento adequado para cada fase da cultura, dentre outros.

O manejo incorreto da irrigação realizado sem informações do solo e do clima geralmente resulta no insucesso da atividade agrícola. Dessa forma, o monitoramento das condições de solo e clima durante o desenvolvimento da planta, aliado ao conhecimento sobre a cultura, permite aplicar com mais precisão a quantidade requerida bem como o momento correto (BATISTA, 2012).

O estudo dos aspectos climatológicos da região, aliado ao uso da tecnologia, tem papel fundamental na obtenção de uma irrigação mais próxima do ideal, de forma que ocorram estimativas mais confiáveis para o manejo. Neste contexto, a estimativa adequada da evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) é de suma importância.

A busca pela otimização das áreas produtivas para melhorar a produtividade e reduzir os impactos ambientais faz com que a utilização de tecnológicas de automação, sensores e metodologias de análise seja de grande importância para o manejo das culturas (SILVA et al., 2017).

O uso da irrigação nas culturas de frutas vermelhas proporciona frutos de maior tamanho e massa fresca a fim de aumentar a produtividade (SEGANTINI et al., 2014). O incremento do consumo de frutas vermelhas tem ocorrido devido a esses frutos possuírem quantidades expressivas de compostos fenólicos e carotenoides, que podem auxiliar no combate a doenças degenerativas (GUEDES et al., 2013; SOUZA et al., 2014; CURTI et al., 2014). Além desses compostos, podem-se destacar os pigmentos naturais, principalmente a antocianina, que confere uma coloração atraente no processamento desses frutos,

especialmente na elaboração de produtos lácteos, geleias e doces em calda (GUEDES et al., 2014; MARO et al., 2014).

Novas cultivares têm apresentado boa adaptação ao clima subtropical na medida em que há o aumento pela procura destas frutas. Algumas apresentam maiores produtividades em comparação às regiões mais frias e até mesmo com qualidade superior à dos frutos (GUEDES et al., 2013).

A amoreira-preta (*Rubus* spp) é uma das culturas do chamado grupo “pequenos frutos”, onde existe uma demanda elevada de mão de obra, mas que podem proporcionar agregação de renda em propriedades de pequeno porte, com mão-de-obra familiar (DEGÁSPARI & WASZCZYNSKYJ, 2004). Nos próximos anos, há uma tendência de crescimento do mercado para amora-preta em todo o Planeta, sobretudo para frutos produzidos em sistemas alternativos de produção, como o agroecológico e o orgânico (ANTUNES et al., 2010; STRIK; FINN, 2012).

O uso dos sistemas orgânicos de produção que envolve aspectos econômicos, ambientais e sociais, e busca formas de manejo que possibilitam a conservação dos recursos naturais. Tal uso vem sendo muito difundido como meio de substituição dos sistemas convencionais de produção. Utilizando-se do sistema orgânico, é possível conservar e dinamizar a fertilidade bem como manter a água no solo a partir da disposição de resíduos culturais e pós de rocha na superfície e do revolvimento mínimo do solo (PETRY et al., 2007; SOUZA et al., 2011b).

Nesse trabalho, o Índice de Satisfação das Necessidades de Água (ISNA) foi utilizado como ferramenta de estudo para definição dos momentos de irrigação para o ano de 2018, que pode servir de base para o manejo futuro. O ISNA é mais recentemente utilizado em trabalhos de zoneamento agroclimático, para a definição de áreas de risco em sistemas de produção (MATZENAUER; BARNI; MALUF, 2004).

A capacidade de água disponível no solo adotada é de 100 mm por considerar esta quantidade suficiente para atender à demanda de evapotranspiração da maioria das culturas durante o período de um mês e, com possibilidade de alteração pelo usuário. A partir da contabilização do suprimento natural de água ao solo, pela precipitação, e da demanda atmosférica, pela evapotranspiração potencial (ETP), e com um nível máximo de armazenamento ou capacidade de água disponível apropriada ao estudo em questão, o balanço hídrico fornece estimativas da evapotranspiração real (ETR), da deficiência hídrica (DEF), do excedente hídrico (EXC) e do armazenamento de água no solo (ARM) e pode ser elaborado desde uma escala diária até a mensal CAMARGO, (1971); PEREIRA et al., (1997).

O presente trabalho teve como objetivo determinar o balanço hídrico e estimar o consumo relativo de água para a cultura da amoreira-preta, nas diferentes fases fenológicas, para o município de Cascavel, na região Oeste do Paraná, visando fornecer informações

aos produtores para auxiliar no manejo da irrigação, além de fornecer informações para o sistema automatizado de irrigação.

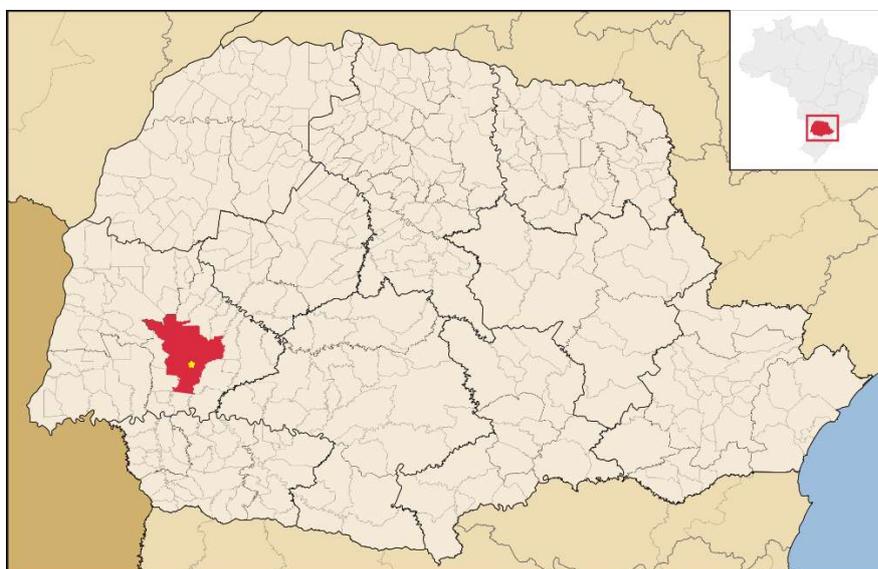
## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 LOCAL DE ESTUDO

A propriedade está localizada a 20 km ao sul da sede do município de Cascavel Latitude 25°08'06.6" Sul, Longitude de 53°27'20.5" Oeste e altitude de 524 metros em relação ao nível do mar, solo Latossolo Vermelho Distroférico típico.

A Classificação climática do município de Cascavel, segundo Köppen, é Cfa. A temperatura média no mês mais frio é inferior a 18 °C (mesotérmico) e a temperatura média no mês mais quente está acima de 22 °C.

Segundo o Instituto de Águas do Paraná, a precipitação média anual entre 2008 e 2018 foi de 2063,1 mm na estação do Rio do Salto, localizada no município de Cascavel.



**Figura 1** Local de Estudo

O local de estudo conta com um pomar com 2500 plantas da variedade Tupy, plantadas em dezembro de 2017, cultivadas em sistema orgânico, utilizando sistema de irrigação por gotejamento com tubos gotejadores de 2,4 litros por hora a cada 30 cm. No ano de 2018, a poda de inverno foi realizada no mês de julho e o início da colheita foi em 20 de novembro.

O sistema de irrigação da marca Hydrawise utiliza os dados da estação meteorológica para gerenciar os turnos e as lâminas de irrigação. O balanço hídrico e o consumo relativo de água para a cultura da amoreira-preta foram determinados para o ano de 2018, em função da disponibilidade de dados meteorológicos coletados no local de Estudo. Foram utilizados dados climáticos, provenientes da estação meteorológica particular da Figura 2, da marca Davis modelo Vantage Pro2 GroWeather Wireless Sensor Suite, com sistema datalogger para armazenamentos dos dados. Os dados foram coletados a cada cinco minutos por um período de 365 dias.



**Figura 2** Estação Meteorológica

No local de estudo, utiliza-se manejo de adubação verde com uma cultura de adubação verde perene e dois plantios de adubação verde, consorciados anuais, além da aplicação de pós de rocha e compostos orgânicos. As culturas de adubação verde utilizadas em 2018 foram o nabo forrageiro e a aveia preta no ciclo de inverno e milho e trigo mourisco, conforme Figura 3, no ciclo de verão e, como adubação é perene, utilizou-se o amendoim forrageiro.



**Figura 3** Adubação verde no talhão amora preta em outubro 2018

## 2.2 CARACTERÍSTICAS DA CULTURA DA AMOREIRA-PRETA

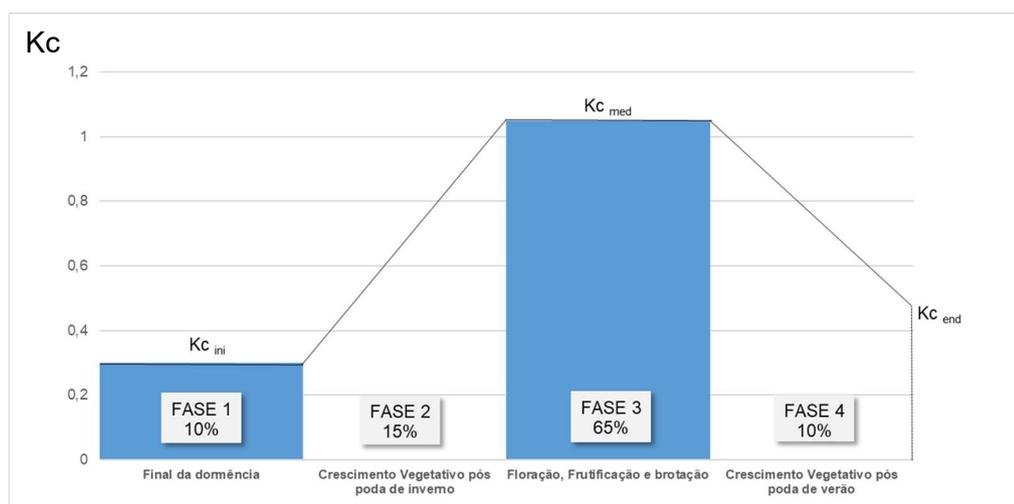
A amoreira-preta é classificada como pertencente ao gênero *Rubus*, subgênero *Eubatus*, que constitui um grupo variado e complexo de plantas. Muitas são nativas do Hemisfério Norte, mas algumas ocorrem em regiões tropicais montanhosas no Hemisfério Sul (MOORE, 1984; POLING, 1996).

A amoreira-preta, tida como planta rústica e agressiva, necessita de suplementação de irrigação em períodos críticos quando há redução de disponibilidade de água no solo. O consumo de água da cultura adulta é de 25 a 30 mm por semana, durante o ciclo vegetativo e deve ser aplicado pelo menos duas vezes por semana. Em períodos de alta demanda e em solos arenosos, a água deve ser aplicada diariamente (REISSER JUNIOR; ANTUNES, 2008).

Ainda, segundo os mesmos autores, o manejo da água para a cultura deve ser feito de forma a complementar as precipitações ocorridas na semana, a fim de determinar que o volume de água seja próximo a 25 mm, neste período.

Durante o ciclo da amoreira-preta, os períodos de maior suscetibilidade a estresse hídrico são durante a formação, floração, maturação dos frutos e após a colheita. A falta de água no solo assim como seu excesso durante estas fases podem reduzir a quantidade e tamanho dos frutos, além de prejudicar o crescimento das hastes produtivas do próximo ciclo. Durante o período de dormência, não há exigência de irrigação além de se ter o objetivo de reduzir a umidade junto às raízes.

Tal como nas framboesas o sistema radicular das amoras é fasciculado e relativamente superficial. Aproximadamente 70% do peso total do sistema radicular encontra-se nos primeiros 25 cm de profundidade e uns 20% adicionais nos 25 cm seguintes. Contrariamente às framboesas, o sistema radicular das amoras tende a desenvolver-se junto do local onde a planta de amora foi inicialmente plantada.



**Figura 4** Curva do coeficiente da cultura (kc) de acordo com o estágio de desenvolvimento, e porcentagem aproximada de duração de cada uma das fases. Fonte: Allen et al. (1998) e Pagot et al. (2007)

Conforme a Figura 4, em culturas perenes, a Fase 1 começa no início da brotação até alcançar 10% da cobertura do solo. O coeficiente da cultura, durante a Fase 1, seria predominantemente influenciado pela evaporação do solo e sofre influência pela umidade do solo em caso de chuva ou seca. A Fase 2 de crescimento vegetativo ocorre após alcançar 10% da cobertura do solo até a cobertura completa. A Fase 3 ocorre desde a cobertura completa até o início do amarelamento das folhas, ou seja, o início da senescência das hastes que produziram além do desenvolvimento vegetativo das hastes novas. A Fase 3 é o período mais longo durante o ciclo da planta, e onde o coeficiente da cultura alcança seu maior valor. A Fase 4 ocorre até o início do período de descanso hibernar.

### 2.3 ESTIMATIVAS DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO

A estimativa da evapotranspiração (ET<sub>c</sub>) da cultura foi realizada a partir da relação:

$$ET_c = K_c * ET_o$$

Em que,

- K<sub>c</sub> – coeficiente da cultura (Allen et al. 1998);
- ET<sub>o</sub> - evapotranspiração de referência calculada pelo método padrão FAO Penman-Monteith (ALLEN et al., 1998).

A evapotranspiração real foi calculada pelo uso do balanço hídrico sequencial diário; o balanço hídrico normal diário também foi calculado para auxiliar no manejo da irrigação. Os cálculos foram realizados em planilha eletrônica de acordo com a metodologia descrita por Thornthwaite e Mather (1955), apresentados por Pereira, Angelocci, e Sentelhas (2002). O valor da capacidade de água disponível no solo (CAD) utilizada foi obtido pelo método aproximado de Doorens & Kassam (1994), no qual para uma

profundidade de até 50 cm temos um valor de CAD de 100 mm. O índice de satisfação das necessidades de água (ISNA) foi calculado pela relação  $E_{Tr}/E_{Tc}$ , para todo o período em estudo.

Assim, em virtude de não estar definido o índice ISNA para a cultura da amoreira-preta, três classes de ISNA da cultura da videira foram utilizadas: (i)  $ISNA \geq 0,55$  – a cultura está exposta a um baixo risco climático (favorável); (ii)  $0,45 < ISNA < 0,55$  – a cultura está exposta a médio risco climático (intermediário) e (iii)  $ISNA \leq 0,45$  - a cultura está exposta a um alto risco climático (desfavorável).

Conforme Doorembos e Pruitt (1977), em virtude dos valores tabelados para  $K_c$  propostos serem definidos para condições com umidade relativa mínima de 45% e ventos em torno de 2m/s, os valores médio e final dos coeficientes da cultura serão ajustados, conforme a equação.

$$K_{c_{mid/end}} = K_{c_{mid/end}(tab)} + [0,04(u_2 - 2) - 0,004(RH_{min} - 45)] \left(\frac{h}{3}\right)^{0,3}$$

Onde:

- $K_{c_{mid/end}(tab)}$  é o valor do  $K_c$  mid ou  $K_c$  end proposto por Doorembos e Pruitt (1977);
- $u_2$  é a média da velocidade do vento a dois metros sobre a grama durante a fase 3 ou 4 em m/s;
- $RH_{min}$  é a média da umidade relativa mínima diária durante a fase 3 ou 4, entre 20% e 80%;
- $h$  é a altura da planta durante a fase 3 ou 4, entre 0,1 e 10m.

Ainda segundo Doorembos e Pruitt (1997), para pomares em que as plantas perdem as folhas em climas sem neve, os valores de  $K_{c_{ini}}$  podem ser superiores, e chegam a 0,8 ou 0,9, quando existe cobertura vegetal.

O manejo constante de adubações verdes e suas roçadas proporciona a formação de um *mulch* orgânico. A profundidade e a fração do solo coberta por essa cobertura afetam diretamente a redução na evaporação da superfície do solo, conforme Allen et al. (1998). Embora o efeito da redução no coeficiente da cultura pelo *mulch*, isto não foi considerado, em virtude de a área ser mantida sempre com cobertura verde.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

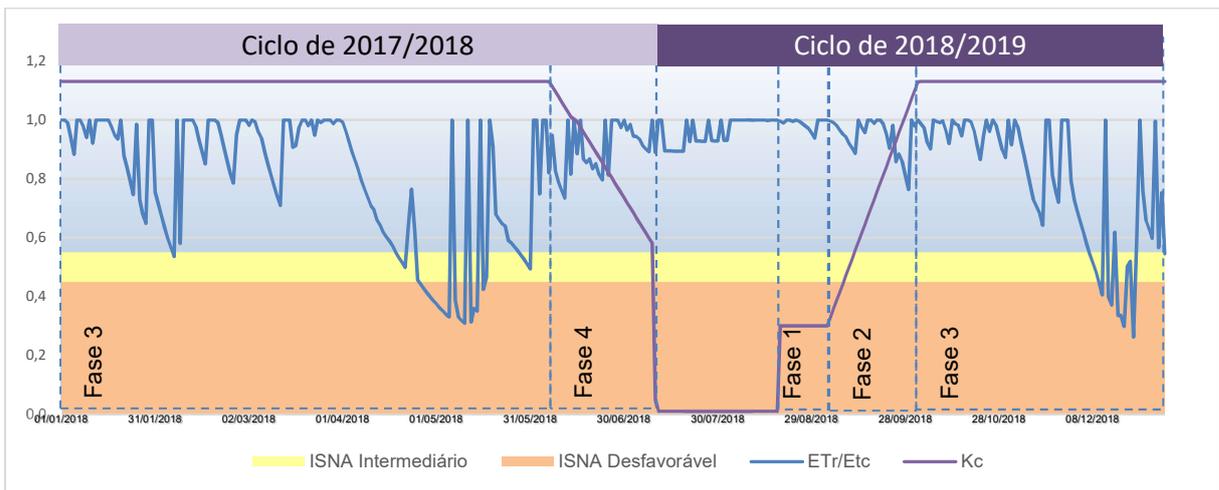
A estimativa do consumo relativo de água nas fases fenológicas da amoreira-preta, no período analisado, é apresentada na Figura 5. Podemos observar que o consumo relativo de água teve grande variação no mês de dezembro, o que corresponde à fase maturação dos frutos.

Os valores do coeficiente da cultura foram ajustados em virtude da umidade relativa média da fase 3 ser de 57,67%; na fase 4 ser de 62,97% e a média da velocidade do vento ser de 2,81m/s e 1,74 m/s, respectivamente. Desta forma, o Kc da fase 3 ficou em 1,03 e na fase 4, o resultado foi 0,58.

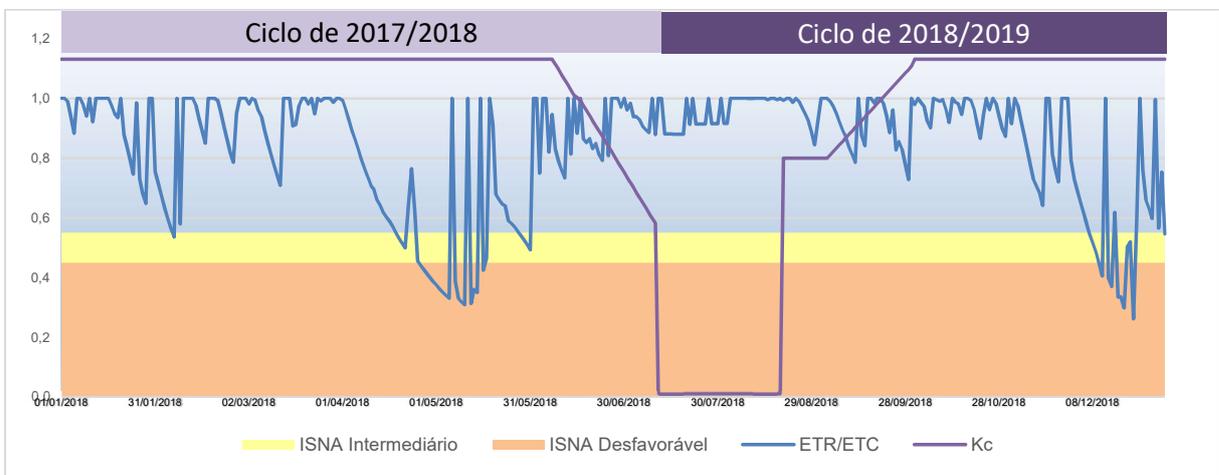
A influência dos coeficientes das culturas dos adubos verdes também pode ocorrer na evapotranspiração e gerar maior demanda hídrica no cultivo, conforme Souza et al. (2012) e Sans et al. (2007).

Embora os resíduos culturais dos adubos verdes gerem o efeito de *mulch* orgânico, eles ficam pouco expostos diretamente aos efeitos do vento e da radiação solar, em virtude de a cultura de adubação seguinte já ter sido implantada em conjunto.

O ISNA demonstrado nas Figura 5 e Figura 6 demonstra que, na fase 1, os valores do índice foram favoráveis à cultura e apresentaram menores riscos de perdas de produtividade por deficiência hídrica, ou seja, estaria exposta a um baixo risco climático.



**Figura 5** Índice de satisfação das necessidades de água conforme Kc tabelado FAO.

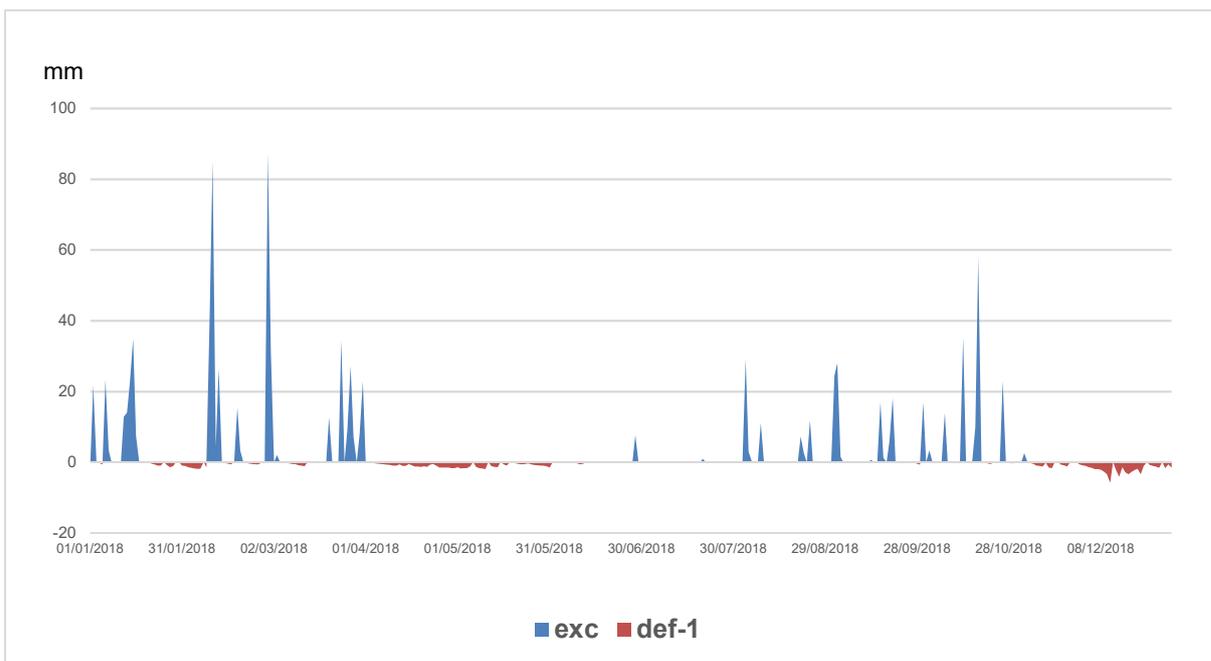


**Figura 6** Índice de satisfação das necessidades de água com ajuste vegetação cobertura

Entretanto, para a avaliação do índice tanto na Figura 5 quanto na Figura 6, os menores valores foram encontrados durante a fase 3 do período estudado, no qual ocorre a maturação dos frutos, a cultura esteve exposta a um alto risco climático, o que poderia ter influenciado diretamente na produtividade e qualidade dos frutos. Além disso, houve influência nas hastes da próxima colheita, por isso foi necessária a utilização de irrigação complementar, em virtude de ser uma fase considerada crítica quando submetida à deficiência hídrica. A amoreira-preta, tida como planta rústica e agressiva, necessita de suplementação de irrigação em períodos críticos quando houver baixa disponibilidade de água no solo (REISSER JUNIOR; ANTUNES, 2008). Também, durante a fase vegetativa, a temperatura e a precipitação influenciam na qualidade das gemas, fator determinante ao potencial de produção para o ano seguinte (WREGGE; HERTER, 2004).

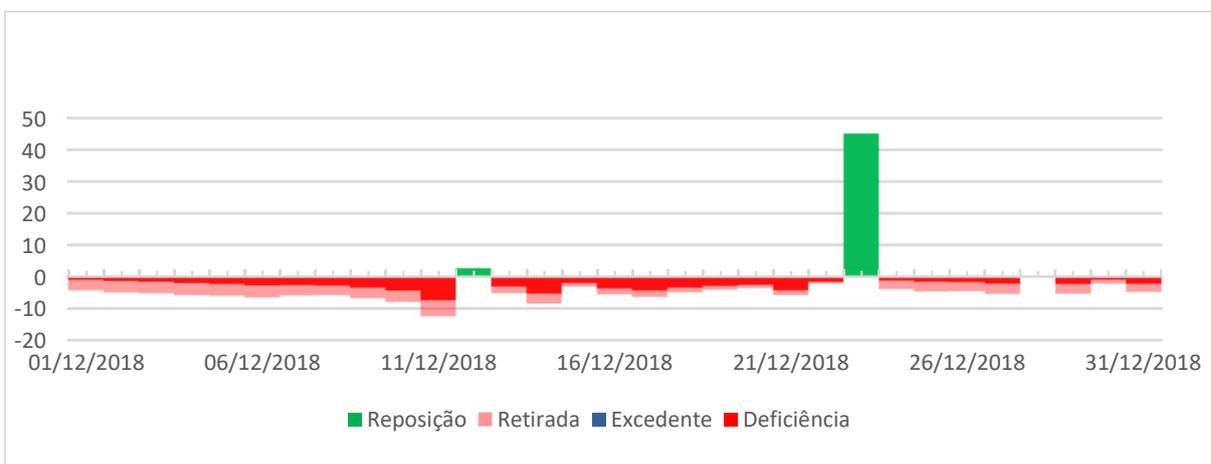
Segundo Segantini (2013), foi verificado que o uso da irrigação proporcionou um aumento significativo da produção, em virtude do aumento do peso médio dos frutos, que ocasionou incremento de 21,17% na produtividade.

O balanço hídrico é uma ferramenta indispensável para o planejamento no manejo da amoreira-preta e, podemos observar na Figura 7 que, embora as precipitações no período ocorram de forma distribuída, pequenos períodos de estiagem podem influenciar diretamente a produtividade e a qualidade da produtividade desta cultura. Podemos verificar que ocorreram outros períodos de estiagem, como um período de veranico entre 01/04/2018 e 14/05/2018 cuja precipitação total foi de 11,6 mm e evapotranspiração de referência de 123,5 mm no mesmo período e no mês de dezembro de 2018 houve 74,2 mm de precipitação e evapotranspiração de referência de 157,60 mm.



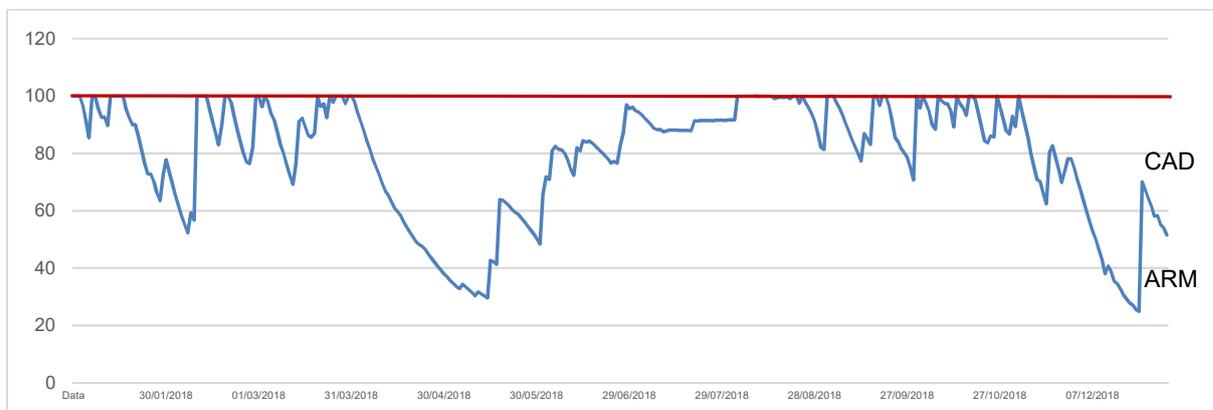
**Figura 7** Extrato do balanço hídrico diário no ano de 2018.

Na Figura 8, é possível observar que durante o mês de dezembro de 2018, ocorreram períodos de deficiência hídrica com pouca reposição e, embora a cultura possa ser implantada sem irrigação, a deficiência hídrica em determinadas fases poderia ter influenciado diretamente a qualidade e produtividade.



**Figura 8** Balanço hídrico completo diário do mês de dezembro de 2018

Na Figura 9, foram registrados dois momentos críticos no armazenamento de água no solo que ficaram próximos a 30 mm nos meses de maio e dezembro, meses que correspondem às fases importantes no ciclo da amoreira preta, que podem influenciar na produtividade da amoreira-preta.



**Figura 9** Armazenamento de água no Solo (ARM) e Capacidade Máxima de Água Disponível (CAD)

Assim, a utilização do índice ISNA juntamente com o planejamento realizado com base no balanço hídrico permitem enfatizar que, para obtenção de maior produtividade e qualidade dos frutos, a utilização de irrigação pode ser uma aliada no cultivo. A determinação do manejo da irrigação com o uso destas ferramentas pode acarretar a diminuição dos custos operacionais do sistema, haja vista o fato de, no período analisado, a irrigação complementar ter sido utilizada durante curtos períodos.

Em virtude do manejo adotado na área, são de suma importância a observação e o acompanhamento climatológico para refinar os coeficientes adotados no estudo durante cada período. Novos estudos estão sendo realizados na área para refinamento do coeficiente da cultura ( $K_c$ ) e a capacidade de água disponível (CAD), os quais poderão melhorar a granularidade do manejo da cultura.

#### **4. CONCLUSÕES**

O Índice de Satisfação da Necessidade de Água (ISNA) aplicado ao local de estudo comprova a deficiência hídrica durante o ciclo da amoreira-preta no período em estudo. O balanço hídrico também identificou que os meses de novembro e dezembro foram os períodos mais críticos para a cultura no período analisado. O uso do balanço hídrico possibilitou dimensionar a irrigação do sistema e subsidiou informações para o sistema automático de irrigação bem como proporcionou maior eficiência para o sistema de irrigação.

## 5. REFERÊNCIAS

ALLEN, R. G. et al. **Crop evapotranspiration**: guidelines for computing crop water requirements. Rome: FAO, 1998. 300 p. (Irrigation and Drainage Paper, 56).

ANTUNES, L. E. C.; GONÇALVES, E. D.; TREVISAN, R. Fenologia e produção de cultivares de amoreira-preta em sistema agroecológico. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, n. 9, p. 1929-1933, 2010.

BATISTA, S. C. O. **Estudo técnico e econômico de um dispositivo visando à automação de sistemas de irrigação a partir do monitoramento do conteúdo de água no solo**. 44f. Dissertação. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Seropédica, Programa de Pós-graduação em Agronomia. 2012.

CASTELLVÍ, F. et al. Generation of daily amounts of precipitation from standard climatic data: a case study for Argentina. **Journal of Hydrology**, v. 289, n. 4, p. 286-302, 2004.

CAMARGO, A.P. Balanço hídrico no Estado de São Paulo. 3.ed. Campinas: Instituto Agrônomo, 1971. 24p. (**Boletim**, 116).

CURI, P. N. et al. Qualidade de framboesas sem cobertura ou cobertas sobre o dossel e em diferentes espaçamentos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 36, n. 1, p. 199-205, 2014.

DEGÁSPARI, C. H.; WASZCZYNSKYJ, N. Propriedades antioxidantes de compostos fenólicos. **Visão Acadêmica**, v. 5, n. 1, p. 33-40, 2004.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. **Efeito da água no rendimento das culturas**. Campina Grande: UFPB; FAO, 1994. 306 p. (Estudos FAO Irrigação e Drenagem, 33).

GUEDES, M. N. S. et al. Chemical characterization and mineral levels in the fruits of blackberry cultivars grown in a tropical climate at an elevation. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 35, n. 2, p. 191-196, 2013.

MARO, L. A. C. et al. Environmental and genetic variation in the post-harvest quality of raspberries in subtropical areas in Brazil. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 36, n. 3, p. 323-328, 2014.

MATZENAUER, R.; BARNI, N. A.; MALUF, J. R. T. Estimativa do consumo relativo de água para a cultura da soja no Estado do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 33, n. 6, p. 1013-1019, 2003.

MOORE, J. N. Blackberry breeding. **HortScience**, Alexandria, v. 19, n. 2, p. 183-185, 1984.

PAGOT, E.; SCHNEIDER, E. P.; NACHTIGAL, J. C.; CAMARGO, D. A. **Circular Técnica 75 – Cultivo da Amora-Preta**. Embrapa. Bento Gonçalves-RS, 2007.

PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. **Agrometeorologia – Fundamentos e aplicações práticas**. Porto Alegre: Agropecuária, 2002.

PEREIRA, A. R. et al. **Evapo(transpi)ração**. Piracicaba: FEALQ, 1997, 183p.

PETRY, M. T.; ZIMMERMANN, F. L.; CARLESSO, R.; MICHELON, C. J.; KUNZ, J. H. Disponibilidade de água do solo ao milho cultivado sob sistemas de semeadura direta e preparo convencional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n. 3, p. 531-539, 2007.

REISSER JÚNIOR, C. ANTUNES, L. E. C. Sistemas de produção de morango no Brasil. **Revista Campo & Negócios HF**, Uberlândia, ano 3, n. 37, p. 57-59, jun. 2008.

SANS, L. M. A.; GUIMARÃES, D. P.; SANS, C. M. M. Coeficientes culturais de consórcio milho–feijão e milho-braquiária. In: XV Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 2007, Aracaju. Anais... Santa Maria: SBAGro, 2007.

SEGANTINI, DANIELA MOTA. **Técnicas de Cultivo, Produção, Qualidade de Frutos e custo de Produção para a Amoreira-Preta (Rubus spp.)**. Tese. Botucatu: UNESP, 2013.

SEGANTINI, D. M. et al. Exigência térmica e produtividade da amoreira-preta em função das épocas de poda. **REV. BRAS. FRUTIC.**, Jaboticabal, v. 36, n. 3, p. 568-575, Set., 2014.

SILVA, K. E.; BARRETO, T. S. C. P.; SHINOHARA, N. K. S.; ANDRADE, J. S. C. O.; COELHO-JUNIOR, J. M. Precision agriculture in the promotion of sustainable development. **Revista Geama**, Pernambuco, v. 3, n. 2, p. 42-46, 2017.

SOUZA, V. R. et al. Determination of the bioactive compounds, antioxidant activity and chemical composition of Brazilian blackberry, red raspberry, strawberry, blueberry and sweet cherry fruits. **Food Chemistry**, v. 156, p. 362-368, 2014a.

SOUZA, A. P.; LIMA, M. E.; CARVALHO. Evapotranspiração e coeficientes de cultura do milho em monocultivo e em consórcio com a mucuna-cinza, usando lisímetros de pesagem. **Revista Agrária**, v. 7, n. 1, p. 142-149, 2012.

SOUZA, A. P.; LIMA, M. E.; CARVALHO, D. F.; ANDRADE, I. P. S.; ROCHA, H. S.; SILVA, L. D. B. Umidade do solo e vegetação espontânea em diferentes coberturas mortas submetidas a lâminas de irrigação. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 6, n. 1, p. 127-139, 2011b.

STRIK, B. C.; FINN, C. E. Blackberry production systems - a worldwide perspective. **Acta Horticulturae**, The Hague, v. 946, p. 341-348, 2012.

THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. The water budget and its use in irrigation. **In: The Yearbook of Agriculture - Water**. Washington, D.C., Department of Agriculture, 1955. p. 346-358.

WREGE, M. S.; HERTER, F. G. Condições de clima. **In: ANTUNES, L. E. C.; RASEIRA, M. C. B. Aspectos técnicos da cultura da amora-preta**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2004. 54p. (Documentos, 122).