



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MANEJO DE SOLO E ÁGUA

DOUTORADO EM MANEJO DE SOLO E ÁGUA

DANIELLE DA SILVA OLIVEIRA MARTINS

**DEMANDA HÍDRICA DA CULTURA DO MELOEIRO DE ACORDO COM
CENÁRIOS CLIMATOLÓGICOS UTILIZANDO O SOFTWARE CROPWAT 8.0**

MOSSORÓ/RN

2021

DANIELLE DA SILVA OLIVEIRA MARTINS

**DEMANDA HÍDRICA DA CULTURA DO MELOEIRO DE ACORDO COM
CENÁRIOS CLIMATOLÓGICOS UTILIZANDO O SOFTWARE CROPWAT 8.0**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Manejo de Solo e Água da Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de “Doutora em Manejo de Solo e Água”

Linha de Pesquisa: Manejo de Solo e Água na Agricultura

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Tavares Gurgel

MOSSORÓ/RN

2021

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tornar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

M298d Martins, Danielle da Silva Oliveira.

DEMANDA HÍDRICA DA CULTURA DO MELOEIRO DE
ACORDO COM CENÁRIOS CLIMATOLÓGICOS UTILIZANDO O
SOFTWARE CROPWAT 8.0 / Danielle da Silva Oliveira
Martins. - 2021.

105 f. : il.

Orientador: Marcelo Tavares Gurgel.

Tese (Doutorado) - Universidade Federal Rural
do Semi-árido, Programa de Pós-graduação em
Manejo de Solo e Água, 2021.

1. Cucumis melo L. . 2. balanço hídrico. 3.
Jaguaribe-Açu. 4. temperatura. 5. simulação. I.
Gurgel, Marcelo Tavares, orient. II. Título.

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

DANIELLE DA SILVA OLIVEIRA MARTINS

**DEMANDA HÍDRICA DA CULTURA DO MELOEIRO DE ACORDO COM
CENÁRIOS CLIMATOLÓGICOS UTILIZANDO O SOFTWARE CROPWAT 8.0**

Tese apresentada ao Programa de Pós-
Graduação Manejo de Solo e Água da
Universidade Federal Rural do Semi-Árido
como requisito para obtenção do título de
“Doutora em Manejo de Solo e Água”

Linha de Pesquisa: Manejo de Solo e Água
na Agricultura

Defendida em: 02 / 08 / 2021

BANCA EXAMINADORA



Marcelo Tavares Gurgel, Prof. Dr. (UFERSA)
Presidente

Roberto Vieira Pordeus, Prof. Dr. (UFERSA)
Examinador externo ao programa



Vladimir Batista Figueirêdo, Prof. Dr. (UFERSA)
Examinador externo ao programa

Maristélio da Cruz Costa, Prof. Dr. (UFERSA)
Examinador externo ao programa



Kelly Kaliane Rego da Paz Rodrigues, Profª Dra. (UFRN)
Examinador externo

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pelo dom da vida e pelas portas abertas em minha vida. Eu não teria chegado até aqui sem a Sua presença em cada detalhe;

Aos meus pais (Elias e Vera) que em toda a minha jornada me incentivaram a ir mais longe através dos estudos, a vocês minha eterna gratidão, em especial à minha mãe, funcionária pública da educação, que me moldou para o caminho do conhecimento;

Ao meu esposo (Jedaias), pois não tenho palavras para descrever todo o apoio que me foi dado desde o processo seletivo até o último momento, incentivando, compreendendo e ajudando, principalmente, com nossas filhas (Maria Eduarda e Maria Eloah) para que eu pudesse avançar: te amo! A elas também deixo minha gratidão, pois, mesmo sem entenderem bem o sentido de tudo isso, sabiam que eu estava fazendo algo importante;

À minha família e amigos(as), que de forma direta e/ou indireta, me apoiaram nessa jornada, compreendendo os motivos das minhas ausências em momentos de confraternizações, que por vezes não pude ir;

Às minhas cunhadas (Elizama e Elionai), por sempre estarem disponíveis a me ajudar com minhas filhas para que eu pudesse estudar;

Ao meu orientador Prof. Dr. Marcelo Tavares por aceitar esse desafio de me orientar nesta tese, e que mesmo com tantos obstáculos, conseguimos atingir a linha de chegada;

Ao Prof. Dr. Roberto Vieira Pordeus, meu muito obrigada pela total disponibilidade para tirar dúvidas e tecer longas discussões sobre o tema abordado. As suas contribuições foram muito importantes para que eu pudesse finalizar minha tese;

À Prof^a Dra. Kátia Cilene, pelas inúmeras contribuições computacionais e por estar disponível sempre que precisei;

Aos membros da banca, Dra. Kelly Kaliane, Dr. Maristério Cruz e Dr. Vladimir Figuêiredo, agradeço pelo enriquecimento do meu trabalho com as vossas contribuições;

Agradeço em nome do Programa de Pós-Graduação em Manejo de Solo e Água, a cada professor(a) pela oportunidade de replicar conhecimento e tornar sonhos em realidade;

À UFRSA, pois foi através desta instituição que iniciei minha vida acadêmica e ainda permanece sendo a base de tudo, deixo minha gratidão!

"Teus, ó Senhor, são a grandeza, o poder, a glória, a majestade e o esplendor, pois tudo o que há nos céus e na terra é teu. Teu, ó Senhor, é o reino; tu estás acima de tudo."

I Crônicas 29: 11

RESUMO

O melão produzido no Polo Jaguaribe-Açu abastece o mercado brasileiro durante o ano todo, além do mercado internacional, principalmente, na entressafra da Espanha. No entanto, os custos com insumos e irrigação são elevados, o que torna a busca de soluções, como o uso de modelos de simulação, uma opção viável. Esses modelos permitem o conhecimento da necessidade hídrica antecipadamente e das respostas de rendimento através de ferramentas num curto prazo e a baixo custo, auxiliando na tomada de decisão do manejo a ser adotado, além da análise da melhor época de plantio. O objetivo da pesquisa foi estimar, através de simulações ano a ano de uma série histórica de 31 anos (1978 a 2008), as necessidades hídricas da cultura do meloeiro dos tipos Inodoros e Aromáticos cultivados nas condições edafoclimáticas de Mossoró – RN, para três épocas de semeadura, na qual foi analisada a interferência de cinco cenários climáticos na determinação da época ideal de cultivo, utilizando como ferramenta o programa CROPWAT – FAO. Para a determinação da necessidade hídrica, optou-se pela metodologia proposta pelo Boletim FAO nº 56. A série histórica foi caracterizada em cinco cenários, de acordo com a precipitação pluviométrica anual em: Muito Seco (MS) até 365,06 mm; Seco (S) de 365,07 a 551,70 mm; Normal (N) de 551,71 a 885,00 mm; Chuvoso (C) de 885,01 a 1.046,53 mm e Muito Chuvoso (MC) acima de 1.046,53 mm. Os ciclos de cultivos para os dois tipos de meloeiros iniciaram em: 10/junho (C-01); 10/setembro (C-02) e 10/outubro (C-03), para o solo do tipo franco argiloarenoso. O cultivo no ciclo C-01 para anos chuvosos apresentou os melhores valores de temperatura máxima e mínima exigidos pelo meloeiro. A variação da temperatura máxima ao longo de um ciclo atingiu mais de 10 °C. O cultivo no C-01 ocorreu em condições desfavoráveis ao meloeiro quando em cenário C a MC, onde a umidade relativa do ar ultrapassou 80%, enquanto no C-02 constatou-se como mais favorável à cultura do meloeiro, seguido do C-03, onde os valores obtidos de Evapotranspiração da cultura e Necessidades de irrigação acumulados atendem aos requeridos pela cultura, indicando que as simulações com o CROPWAT respondem positivamente à demanda hídrica do meloeiro, permitindo uma visão antecipada de acordo com o cenário climático anual.

Palavras-chave: *Cucumis melo* L., balanço hídrico, Jaguaribe-Açu, temperatura, simulação.

ABSTRACT

The melon produced at the Jaguaribe-Açu Pole supplies the Brazilian market throughout the year; in addition to the international market, mainly in the off-season in Spain. However, the costs with inputs and irrigation are high, which makes the search for solutions such as the use of simulation models, which allow the knowledge of the water requirement in advance and the yield responses through a tool in a short-term and at a low cost, assisting in management decision making to be adopted, in addition to analyzing the best planting time. The aim of the research was to estimate, through year-by-year simulations of a 31-year historical series (1978 to 2008), the water requirements of the Inodoros and Aromatic melon crops cultivated in the edaphoclimatic conditions of Mossoró - RN, for three seasons of sowing, analyzing the interference of five climatic scenarios in determining the ideal growing season, using the CROPWAT – FAO program as a tool. To determine the water requirement, the methodology proposed by FAO Bulletin No. 56 was followed. The historical series was characterized in five scenarios according to the annual rainfall as follows: Very Dry (VD) up to 365.06 mm; Dry (D) from 365.07 to 551.70 mm; Normal (N) from 551.71 to 885.00 mm; Rainy (R) from 885.01 to 1,046.53 mm and Very Rainy (VR) above 1,046.53 mm. Cropping cycles for the two types of melon started on: June 10 (C-01); September 10 (C-02) and October 10 (C-03), for the sandy clay loam type soil. Cultivation in cycle 01 for rainy years presented the best maximum and minimum temperature values required by melon. The maximum temperature variation over a cycle reached more than 10 °C. Cultivation in C-01 occurred under unfavorable conditions for melon when in scenario R to VR, where relative humidity exceeded 80%, while in C-02 it was found to be more favorable to the melon crop, followed by C-03 the values obtained for crop Evapotranspiration and accumulated irrigation needs accumulated meet those required by the crop, indicating that the simulations with CROPWAT respond positively to the water demand of the melon, allowing an anticipated view accordingly to the annual climate scenario.

Keywords: *Cucumis melo* L., water balance, Jaguaribe-Açu, temperature, simulation

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Fator de esgotamento (p) para diferentes níveis de evapotranspiração de cultivo – ETC.....	30
Figura 2. Representação da interface do programa CROPWAT 8.0.....	34
Figura 3. Exemplo da representação dos dados de entrada (colunas brancas) e os dados de saída (colunas amarelas) no módulo ETo referentes ao ano de 1978 com as informações da Estação Meteorológica nº 82591	37
Figura 4. Módulo clima/ETo, representação da variável Insolação (horas) e a possibilidade de estimar valores faltosos.....	38
Figura 5. Representação da interface do módulo precipitação (Rain).....	39
Figura 6. Representação da variação do Kc para diferentes culturas sob influencias de fatores climáticos, de solo e de cultivo	41
Figura 7. Interface Programa “Soil Water Characteristic”- Características da água no solo	45
Figura 8. Representação dos dados de entrada para o tipo de solo trabalhado	46
Figura 9. Representação da configuração para o tipo de irrigação, aplicação da irrigação e eficiência.....	46
Figura 10. Aba de configuração precipitação pluviométrica.....	47
Figura 11. Módulo de determinação da necessidade de irrigação e ETC	48
Figura 12. Valores médios amostrais da precipitação pluviométrica total - PPT (mm dec-1) em cada mês, durante cada decênio seguido dos dados obtidos	52
Figura 13. Valores médios amostrais da precipitação pluviométrica efetiva – PPef (mm dec ⁻¹) em cada mês, durante cada decênio seguido dos dados obtidos	54
Figura 14. Ocorrência da variável temperatura mínima (°C) para os três ciclos da cultura do meloeiro nos cinco cenários climáticos. A. Ciclo 01, B. Ciclo 02 e C. Ciclo 03.....	56
Figura 15. Ocorrência da variável temperatura máxima (°C) para os três ciclos nos cinco cenários climáticos. A. Ciclo 01, B. Ciclo 02 e C. Ciclo 03	59
Figura 16. Ocorrências da variável umidade relativa (%) para os três ciclos nos cinco cenários climáticos. A. Ciclo 01, B. Ciclo 02 e C. Ciclo 03	62
Figura 17. Ocorrências da variável Insolação (horas) para os três ciclos nos cinco cenários climáticos. A. Ciclo 01, B. Ciclo 02 e C. Ciclo 03	65
Figura 18. Ocorrências da variável Radiação Solar (MJ m ⁻² dia ⁻¹) para os três ciclos nos cinco cenários climáticos. A. Ciclo 01, B. Ciclo 02 e C. Ciclo 03	67
Figura 19. Ocorrências da variável Radiação Solar (MJ m ⁻² dia ⁻¹) para os três ciclos nos cinco cenários climáticos. A. Ciclo 01, B. Ciclo 02 e C. Ciclo 03	70

Figura 20. Representação da dispersão da variável ETc (mm dia ⁻¹) no cultivo do melão inodoros em três ciclos conforme os cinco cenários climáticos apresentados.....	71
Figura 21. Representação da variável ETc (mm dia ⁻¹) no cultivo do melão aromático em três ciclos distintos conforme os cinco cenários climáticos apresentados.....	80
Figura 22. Representação da Necessidade de Irrigação (mm dec ⁻¹) no cultivo dos meloeiros (inodoros e aromático) em três ciclos conforme os cinco cenários climáticos apresentados. A. melão inodoros, B. melão aromático.....	89
Figura 23. Representação da Precipitação Efetiva (mm dec ⁻¹) no cultivo dos meloeiros (inodoros e aromático) em três ciclos conforme os cinco cenários climáticos apresentados.....	90
Figura 24. Tendência do fator de estresse hídrico (Ks) nos três ciclos em decádios de cultivo dos meloeiros inodoros e aromático em função dos cinco cenários climáticos apresentados. A. melão inodoros, B. melão aromático.....	92
Figura 25. Representação da Depleção ou Esgotamento hídrico (%) nos cultivos dos meloeiros em três ciclos conforme os cinco cenários climáticos apresentados. A. melão inodoros e B. melão aromático	93
Figura 26. Tendência da ETa (%) nos cultivos dos meloeiros em três ciclos conforme os cinco cenários climáticos apresentados. A. melão inodoros e B. melão aromático	94
Figura 27. Lâmina Bruta (mm) nos cultivos dos meloeiros em três ciclos conforme os cinco cenários climáticos apresentados. A. melão inodoros e B. melão aromático	95
Figura 28. A lâmina líquida (mm) nos três ciclos em decádios de cultivo do melão Inodoros em função dos cinco cenários climáticos apresentados	97
Figura 29. Distribuição do total da lâmina líquida (mm) sugeridas para os três ciclos de simulações ano a ano para o cultivo, de acordo com os dois tipos de manejo de irrigação trabalhados. A. melão inodoros e B. melão aromático	99

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Valores de referência do melão inodoro para os coeficientes da cultura – Kc1, fator de disponibilidade de água no solo (p), profundidade efetiva do sistema radicular (Z), e coeficiente de sensibilidade ao déficit hídrico (Ky) nas fases inicial, de produção e final (Doorenbos e Kassam, 1979; Allen <i>et al.</i> , 2006)	41
Tabela 2. Valores de referência do melão aromático para os coeficientes da cultura – Kc2, fator de disponibilidade de água no solo (p), profundidade efetiva do sistema radicular (Z), e coeficiente de sensibilidade ao déficit hídrico (Ky) nas fases inicial, de produção e final (Doorenbos e Kassam, 1979; Allen <i>et al.</i> , 2006)	42
Tabela 3. Datas de semeaduras e colheitas para cada ciclo de cultivos simulados das variáveis cultivares Inodoros e Aromático	43
Tabela 4. Característica textural do solo utilizado no presente estudo	44
Tabela 5. Agrupamento da série histórica (31 anos) nos cinco cenários em função das semelhanças entre si, quanto ao critério precipitação pluviométricas (mm ano^{-1})	51
Tabela 6. Valores médios (M) e desvios padrões amostrais (DPA) da evapotranspiração da cultura (ETc), em função das simulações ano a ano (31 anos) para as épocas C-01, C-02 e C-03, cenário Muito Seco (MS) – Módulo “CWR” do CROPWAT 8.0	72
Tabela 7. Valores médios (M) e desvios padrões amostrais (DPA) da evapotranspiração da cultura (ETc), em função das simulações ano a ano (31 anos) para as épocas C-01, C-02 e C-03, cenário Seco (S) – Módulo “CWR” do CROPWAT 8.0.....	74
Tabela 8. Valores médios (M) e desvios padrões amostrais (DPA) da evapotranspiração da cultura (ETc), em função das simulações ano a ano (31 anos) para épocas C-01, C-02 e C-03, cenário Normal (N) – Módulo “CWR” do CROPWAT 8.0.....	75
Tabela 9. Valores médios (M) e desvios padrões amostrais (DPA) da evapotranspiração da cultura (ETc), em função das simulações ano a ano (31 anos) para as épocas C-01, C-02 e C-03, cenário Chuvoso (C) – Módulo “CWR” do CROPWAT 8.0.....	76
Tabela 10. Valores médios (M) e desvios padrões amostrais (DPA) da evapotranspiração da cultura (ETc), em função das simulações ano a ano (31 anos) para as épocas para os ciclos C-01, C-02 e C-03 para o melão inodoros, cenário muito chuvoso (MC) – Módulo “CWR” do CROPWAT 8.0	78
Tabela 11. Valores médios (M) e desvios padrões amostrais (DPA) da evapotranspiração da cultura (ETc), em função das simulações ano a ano (31 anos) para o melão aromático, para as épocas C-01, C-02 e C-03, cenário Muito Seco (MS) – Módulo “CWR” do CROPWAT 8.0.....	82

Tabela 12. Valores médios (M) e desvios padrões amostrais (DPA) da evapotranspiração da cultura (ETc), em função das simulações ano a ano (31 anos) para o melão aromático, para as épocas C-01, C-02 e C-03, cenário Seco (S) – Módulo “CWR” do CROPWAT 8.0	83
Tabela 13. Valores médios (M) e desvios padrões amostrais (DPA) da evapotranspiração da cultura (ETc), em função das simulações ano-a-ano (31 anos) para o melão aromático, para os ciclos C-01, C-02 e C-03, cenário Normal (N) – Módulo “CWR” do CROPWAT 8.0.....	84
Tabela 14. Valores médios (M) e desvios padrões amostrais (DPA) da evapotranspiração da cultura (ETc), em função das simulações ano-a-ano (31 anos) para o melão aromático, para os ciclos C-01, C-02 e C-03, cenário Chuvoso (C) – Módulo “CWR” do CROPWAT 8.0....	86
Tabela 15. Valores médios (M) e desvios padrões amostrais (DPA) da evapotranspiração da cultura (ETc), em função das simulações ano a ano (31 anos) para o melão aromático, para as épocas C-01, C-02 e C-03, cenário Muito Chuvoso (MC) – Módulo “CWR” do CROPWAT 8.0	87

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 OBJETIVO GERAL E ESPECÍFICOS	16
3 REVISÃO DE LITERATURA	17
3.1 Aspectos gerais do Pólo Jaguaribe-Açu	17
3.2 Climatologia do Rio Grande do Norte	18
3.3 Cultura do melão	18
3.3.1. Importância econômica do meloeiro para o semiárido nordestino	19
3.3.2 Condições edafoclimáticas do semiárido para a produção do meloeiro irrigado	20
3.3.3 A influência dos tipos de solo no cultivo do meloeiro	21
3.3.4 Sistema de irrigação utilizado no cultivo do meloeiro	23
3.3.5 Balanço hídrico do meloeiro	24
3.3.6 Evapotranspiração e a necessidade hídrica da cultura do meloeiro	25
3.3.7 Coeficiente de estresse hídrico (Ks)	28
3.4 Modelos de simulações de cultivos	31
3.5 Programa CROPWAT 8.0 (FAO)	32
4 MATERIAL E MÉTODOS	34
4.1 Localização e características da área do estudo	34
4.2 Dados obtidos para utilização no estudo	34
4.2.1 Variabilidade da evapotranspiração da cultura – ETC (mm dia ⁻¹) para o melão inodorus	70
4.3 Entrada dos dados	35
4.3.1 Módulo Clima/ETo	35
4.3.2 Módulo Precipitação/Rain	38
4.3.3 Módulo Cultivo/Crop	39
4.3.4 Módulo Solo/Soil	42
4.3.5 Programação	45
4.4 Roteiros das simulações	46
4.5 Módulo “CWR”, cálculo das necessidades hídricas da cultura	46
4.6 Módulo “Schedule”, cálculo do balanço hídrico diário da cultura em função do critério	47
4.7 Análises dos dados	49
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	50
5.1 Variáveis meteorológicas	50
5.1.1 Precipitação pluviométrica total (PPT) e efetiva (PPef) ao longo da série histórica	51

5.1.2 Registro da ocorrência da temperatura mínima (°C) para os três ciclos de semeaduras do meloeiro.....	54
5.1.3 Ocorrências da ocorrência da umidade relativa (%) para as três épocas de semeaduras	59
5.1.3 Registro da ocorrência da temperatura máxima (°C) para as três épocas de semeaduras do meloeiro.....	56
5.1.4 Ocorrências da ocorrência da insolação (horas) para as três épocas de semeaduras.....	62
5.1.5 Ocorrências da ocorrência da radiação solar (MJ m ² dia ⁻¹) para as três épocas de semeaduras...	64
5.1.6 Ocorrências da ocorrência da evapotranspiração de referência – ETo (mm dia ⁻¹) para as três épocas de semeaduras.....	67
5.2 Módulo “CWR” para o melão <i>inodoros</i>. Necessidades hídricas da cultura e necessidades de irrigação	70
5.3 Módulo “CWR” - Necessidades hídricas da cultura e necessidades de irrigação para o melão aromático	78
5.3.1 Variabilidade da evapotranspiração da cultura – ETc (mm dia ⁻¹) para o melão aromático.....	79
5.4 Variabilidade da necessidade hídrica (mm) dos meloeiros (inodoros e aromático), pelo programa CROPWAT 8.0	87
5.4.1 Variabilidade da precipitação pluvial efetiva – PPef (mm) dos meloeiros (inodoros e aromático), pelo programa CROPWAT 8.0	89
5.5 Módulo “Shedule”–Representação do balanço hídrico diário para os meloeiros (inodoros e aromático)	90
5.5.1 Fator de estresse hídrico no balanço hídrico para irrigação em intervalos fixos por estádio	90
5.5.2 Percentual de esgotamento hídrico do solo (Depleção) no balanço hídrico para irrigação em intervalos fixos por estádio	91
5.5.3 Dispersão da evapotranspiração real (ETa) no balanço hídrico para irrigação em intervalos fixos por estádio	92
5.5.4 Variabilidade da lâmina bruta e lâmina líquida de irrigação no balanço hídrico para irrigação em intervalos fixos por estádio e na irrigação ao nível de esgotamento crítico (atendendo a demanda evapotranspiratória).....	93
5.5.5 Lâmina líquida no balanço hídrico para irrigação em intervalos fixos por estádio, para os melões inodoros e aromático	96
6 CONCLUSÕES	99
REFERÊNCIAS	100

1 INTRODUÇÃO

A região semiárida do Nordeste brasileiro é caracterizada por um regime irregular de chuvas e pelo balanço hídrico negativo, no qual a precipitação média anual é inferior ao total anual evapotranspirado, considerando-se limitante para o desenvolvimento agrícola, além da extrema variabilidade das condições climáticas, em alguns, as precipitações pluviométricas suprem a necessidade hídrica das plantas, enquanto em outros, a escassez hídrica pode levar à perda total da colheita (Souza *et al.*, 2018).

Os níveis e a distribuição anual da precipitação pluviométrica, de modo geral, definem o potencial agrícola de uma determinada região, semelhante ao que ocorre com a região Centro-oeste do Brasil, considerada como celeiro do país. Mas isso nem sempre se aplica à fruticultura, pois algumas culturas são sensíveis às altas umidades, acarretando perdas produtivas devido a vulnerabilidade ao ataque de pragas e doenças, como é o caso do meloeiro, cultura tropical, que necessita de umidade controlada e altas temperaturas para o seu melhor desempenho.

A definição da melhor época para o plantio do meloeiro permanece um desafio para os produtores, além de saber quantificar as necessidades hídricas da cultura ao longo do ciclo produtivo. Nesse sentido, a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura – FAO, desenvolveu o programa CROPWAT 8.0 com a finalidade de simular a gestão de sistemas de irrigação e cálculos de evapotranspiração de uma determinada cultura, podendo assim, orientar épocas para plantio, estimativas de perda de produção, usando como referência dados de clima, solo, cultivar e manejo (Sales *et al.*, 2016). O software fornece o balanço hídrico de um ciclo mensurando o armazenamento de água no solo, o déficit hídrico e a lâmina de irrigação complementar e/ou necessária.

A tecnologia de simulações tem sido amplamente estudada por diversos pesquisadores no Brasil e no mundo (Saha *et al.*, 2019), principalmente associando a demanda hídrica aos fenômenos climáticos como fizeram Minuzzi & Ribeiro, (2012), quando analisaram, em sua pesquisa, o requerimento de água para a irrigação do milho (*Zea mays* L.) cultivado em Santa Catarina, em anos sob influência climática do evento La Niña.

Para fins de eficiência, os modelos de simulação precisam ser calibrados e validados antes de serem utilizados, sua importância se deve ao fato de que possibilitam uma pré-

avaliação de tratamentos, melhorando assim, a efetividade de pesquisas e redução do custo de experimentos de campo (Ndayitegeye *et al.*, 2020).

O CROPWAT, tem se difundido no Brasil, principalmente, para as culturas da cana-de-açúcar e do milho nas regiões Sudeste e Centro-oeste, em função da importância econômica dessas culturas para a região, além das constantes mudanças climáticas que vêm ocorrendo ao longo dos últimos anos e que têm afetado o desenvolvimento e produtividade das culturas.

O semiárido nordestino, mesmo apresentando baixos índices pluviométricos, destaca-se pela sua potencialidade produtiva em fruticultura irrigada, devido à exploração de águas subterrâneas, com destaque para a cultura do meloeiro (*Cucumis melo* L.) sendo a segunda cucurbitácea mais produzida no mundo, com 27,35 milhões de toneladas (Costa *et al.*, 2020). constitui uma cultura de forte representatividade econômica, principalmente, para os Estados do Ceará e Rio Grande do Norte devido a formação hidrogeológica (Militão *et al.*, 2017) mais precisamente no Polo Jaguaribe-Açu.

O meloeiro desenvolve-se bem nas condições edafoclimáticas da região, como altas temperaturas e radiação, e o alto nível tecnológico empregado no cultivo permite intensificar sua produção (Costa *et al.*, 2020). Porém, com base nas informações geradas ao longo do tempo, é possível constatar que as mudanças climáticas interferem no desenvolvimento e produtividade da referida cultura, pois os cenários inconstantes de precipitação pluviométrica que, por vezes, ocorrem, repentinamente, acarretam danos ao setor. Assim, poucos estudos foram realizados em regiões áridas e semiáridas do Brasil para analisar os impactos da vulnerabilidade climática e seus efeitos na produtividade das culturas irrigadas, utilizando modelos de simulação como ferramenta principal na tomada de decisões (Cavalcante Junior *et al.*, 2018).

Algumas cultivares do meloeiro apresentam mais resistência às variações climáticas, além de menores demandas hídricas, contudo, mensurar as consequências no desempenho da cultura nem sempre se reverterá em benefícios para o produtor. Dessa forma, proporcionar a seleção de cultivares com melhor desempenho em regiões semiáridas com capacidade de oferecer produtividades elevadas (Araujo *et al.*, 2016), com base em minimizar as perdas e auxiliar na tomada de decisão, tem sido o desafio dos modelos de simulações.

2 OBJETIVO GERAL E ESPECÍFICOS

Objetiva-se com esta pesquisa simular, utilizando uma série histórica de 31 anos, a estimativa das demandas hídricas da cultura do melão *inodoros e o aromático (cantaloupe)*, através das alterações climáticas no Polo Jaguaribe-Açu, especificamente no município de Mossoró/RN, listados abaixo:

- Identificar as alterações climáticas ao longo da série histórica de 31 anos na região de Mossoró/RN e os seus impactos sobre a cultura do meloeiro;
- Recomendar, com base nos dados climáticos, qual a melhor época do ano para a semeadura do meloeiro através das simulações realizadas ano a ano da série histórica, em três ciclos distintos pelo programa CROPWAT;
- Estimar as demandas hídricas da cultura do meloeiro *inodoros e o aromático*, fornecidas pelo CROPWAT 8.0 para três ciclos distintos;
- Analisar dois tipos de configurações do programa para o manejo da irrigação da cultura do meloeiro *inodoros e o aromático*;
- Recomendar a época ideal para semeadura com base na demanda hídrica meloeiro *inodoros e o aromático*;
- Avaliar o desempenho do programa para cultura do meloeiro, como ferramenta auxiliar para a tomada de decisão dos produtores.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Aspectos gerais do Polo Jaguaribe-Açu

O Polo Jaguaribe-Açu é assim denominado por corresponder ao vale do Rio Jaguaribe (Ceará), a Chapada do Apodi (divisa CE/RN), toda a região no entorno de Mossoró (RN) e ao vale do Rio Açu, situado ao Noroeste do Rio Grande do Norte (Demartelaere *et al.*, 2021).

A região possui clima semiárido, caracterizado pelo déficit hídrico e pela sazonalidade das chuvas que se concentram no primeiro semestre do ano, mais especificamente nos meses de fevereiro a maio (Diniz *et al.*, 2015) com pluviosidade média anual de 674 mm até 800 mm, temperatura média anual entre 26 °C e 27 °C, umidade relativa média anual é de 68,9% com predomínio da vegetação do tipo Savana Estépica – Caatinga. (IBGE 2021; Borges *et al.*, 2015)

Nos últimos anos, a expansão da irrigação no Brasil ocorreu em todas as regiões, de acordo com Carvalho *et al.* (2020), dentre as quais o Nordeste registra um aumento de 25% nos últimos 15 anos, sendo o gotejamento, sistema mais utilizado para o cultivo do melão, o que detém o maior nível de utilização em estabelecimentos de até 50 ha (617.423 ha).

Por apresentar aptidão agrícola para a fruticultura, mesmo em um cenário de irregularidade das chuvas, o que não permite a produção em condições de sequeiro, o melão produzido nesta região é predominante sob condições irrigadas, através da exploração das águas subterrâneas bombeadas do Aquífero Jandaíra e do Arenito Açu (Vanomark *et al.*, 2018). Essa condição, possibilitada pelo uso de poços com profundidades variadas, o torna o principal polo agrícola do agronegócio brasileiro do melão, sendo responsável por cerca de três quartos da área colhida, mais de 80% da produção e a quase totalidade das exportações brasileiras de melão (Figueiredo *et al.*, 2017).

3.2 Climatologia do Rio Grande do Norte

Um dos principais responsáveis por precipitações pluviométricas no Estado do Rio Grande do Norte é a Zona de Convergência Intertropical – ZCIT, já que as frentes frias não ocorrem no seu território, sendo ela a responsável pela maior parte da precipitação no primeiro semestre do ano. No médio oeste do Estado, onde se localiza a parte do Polo que pertence ao RN, a confluência dos alísios de Nordeste e do Sudeste, e a convergência de

massas em baixos níveis, favorecem o transporte de umidade e o aumento da atividade convectiva nessa porção do Estado. Ocorre que uma massa de ar unificada denominada Massa Equatorial Atlântica (mEa) adentra o território e devido a sua predominância, apresentam-se “duas estações”, uma chuvosa e outra seca (Diniz *et al.*, 2015).

Com isso, os estudos de avaliação dos impactos das mudanças climáticas sobre a estabilidade dos biomas predominantes no Brasil indicam que o bioma Caatinga, situado no médio oeste, está entre os mais vulneráveis, em se tratando de um cenário de aumento das temperaturas globais, o que coloca a Região Nordeste do Brasil em estado especial de alerta, uma vez que a vulnerabilidade do bioma Caatinga aos efeitos das mudanças climáticas representa um forte fator de pressão para a desertificação na região (Sampaio *et al.*, 2020).

3.3 Cultura do melão

Dentre as hortaliças-fruto mais produzidas e consumidas, a família das cucurbitáceas o meloeiro (*Cucumis melo* L.) é uma das mais cultivadas em várias regiões do mundo, devido a sua adaptabilidade em diversos tipos de clima e solo, além de sua elevada expressão econômica (Araujo *et al.*, 2016).

O meloeiro possui ainda discordância quanto ao centro de origem em, divergindo entre África, região nordeste da Ásia e Austrália, tendo elevada distribuição tropical e subtropical e grande variabilidade genética (Brandão Filho *et al.*, 2018), essas áreas apresentam características edafoclimáticas semelhantes às das regiões semiáridas, encontradas nos polos agrícolas do nordeste brasileiro (Figueiredo *et al.*, 2017).

Os melões apresentam grupos com características específicas. No Brasil, destacam-se na produção dos Inodoros, (*Cucumis melo inodoros*) e Aromáticos (*Cucumis melo reticulatus* e *C. melo cantaloupe*), distinguindo-se através dos aspectos físicos, como a cor e textura da casca, da polpa e os teores de grau brix (°Brix) (Salviano *et al.*, 2017). As variedades do grupo inodoros apresentam alto teor de sólidos solúveis (acima de 12 °Brix), já os melões *C. melo* var. *cantaloupe* são muito aromáticos, são assim chamados por exalarem fragrância agradável e elevados teores de grau brix (°Brix), no entanto apresentam baixa resistência ao transporte e dificuldade de conservação pós-colheita, sendo necessário mantê-los sob refrigeração durante os processos de comercialização (Demartelaere *et al.*, 2021; Orth *et al.*, 2014).

3.3.1. Importância econômica do meloeiro para o semiárido nordestino

O Nordeste do Brasil responde por 95% da produção nacional do fruto, com destaque para os polos do Jaguaribe-Açu com projeção de mais de 550 mil t ano⁻¹ em 2019 (IBGE, 2021; MAPA, 2018), e o Sub Médio do Vale do São Francisco com produção média de 64 mil t ano⁻¹, situado na divisa dos estados da Bahia e Pernambuco (Figueiredo *et al.*, 2017).

Um dos maiores destaques das exportações é o melão alcançando a marca de US\$ 136,0 milhões e com projeção de crescimento na proporção entre exportação e produção para os anos de 2028/29 em 30,26% (MAPA, 2018). A Holanda representa o principal exportador do fruto com 95,8 mil toneladas/US\$ 64 milhões, seguido do Reino Unido com 58,8 mil toneladas/US\$ 42,4 milhões e Espanha 48,8 mil toneladas/US\$ 28,9 milhões (Demartelaere *et al.*, 2021).

É um mercado altamente exigente quanto ao tipo, tamanho e qualidade dos frutos comercializados, o que tem favorecido a manutenção produtiva, mesmo que a custos muito altos, e ampliação tecnológica para alcançar os melhores resultados. A perspectiva para o comércio exterior é de expansão que nos próximos anos com novos países demonstrando interesse pelo melão brasileiro, como Argentina, Chile, Lituânia e Rússia (Brandão Filho *et al.*, 2018)

O Brasil possui capacidade comercial diferenciada, pois a colheita ocorre, em sua maioria, entre os meses de setembro a março. Permitindo que os produtores brasileiros exportem o fruto durante a entressafra da Espanha, o mais importante fornecedor mundial, a partir de janeiro produção de países centro-americanos é iniciada a, em especial, da Costa Rica, de Honduras e do Panamá, representando outros concorrentes (Orth *et al.*, 2014).

A expansão da produção, aliada ao cultivo intensivo e contínuo, (Sales Júnior *et al.*, 2019) contribuem com o fortalecimento da cadeia produtiva do meloeiro nos Estados do Ceará e do Rio Grande do Norte (Figueiredo *et al.*, 2017). A competitividade do setor tem contribuído para a geração de emprego e renda, com relevante importância econômica e social para o semiárido brasileiro. Há uma estimativa de que o melão brasileiro contribui com aproximadamente 60 mil empregos diretos e indiretos, isso é o resultado políticas de incentivo governamentais para o desenvolvimento da fruticultura irrigada, que impulsionou investimentos na atividade, promovendo melhorias tecnológicas e capacitação de produtores (Souza *et al.*, 2018).

De acordo com Vanomark *et al.* (2018), Mossoró é o município com maior destaque do Estado do Rio Grande do Norte, sendo reconhecido por sua intensa produção sob sistema de irrigação localizado. Esse destaque do setor agrícola no município se explica pelo aumento expressivo da população rural nos últimos anos passando de 14.760 em 2000 para 22.574 habitantes no ano de 2010, conforme descreve Lima *et al.* (2019).

De acordo com o mesmo autor, a produção de melão em Mossoró tem se tornado cada vez mais especializada, utilizando tecnologias de alto custo, o que tem resultado em marcas de rendimento na esfera de $24.875 \text{ kg ha}^{-1}$, com cerca de 8.000 hectares produzidos, o que corresponde à 58,14% de toda a produção estadual, quase 200 mil toneladas do fruto.

O ciclo do melão é reduzido na região semiárida, em média 60 dias, quando comparado à Espanha e França, onde o ciclo dura cerca de 120 dias, permitindo a produção até três safras por ano, distinguindo-se do Rio Grande do Norte e Ceará, em que a época de plantio corresponde aos meses de junho a dezembro, com maior concentração nos meses de agosto a outubro (Figueiredo *et al.*, 2017).

3.3.2 Condições edafoclimáticas do semiárido para a produção do meloeiro irrigado

As razões para que o cultivo do meloeiro apresente bons resultados na região do Polo Jaguaribe-Açu estão relacionadas às temperaturas elevadas, os tipos de solos, a umidade relativa baixa e a alta duração da insolação durante boa parte do ano favoreceram seu desenvolvimento (Vanomark *et al.*, 2018; Melo *et al.*, 2017). Para Brandão Filho *et al.* (2018) a faixa ideal de temperatura é de $25 \text{ }^{\circ}\text{C}$ a $35 \text{ }^{\circ}\text{C}$, pois o cultivo não tolera temperatura do ar inferior a $13 \text{ }^{\circ}\text{C}$ e/ou temperatura do solo inferior a $14 \text{ }^{\circ}\text{C}$ sendo prejudiciais à cultura, paralisando o crescimento vegetativo. A temperatura influencia diretamente a fase reprodutiva, sendo de suma importância para o florescimento, pois, acima de $35 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ocorre o estímulo à produção de flores masculinas, enquanto temperaturas noturnas de $20 \text{ }^{\circ}\text{C}$ e diurnas de $25 \text{ }^{\circ}\text{C}$ induzem a produção de flores hermafroditas.

A luminosidade varia de 2000 e 3000 horas por ano na região, sendo uma das condições climáticas que mais influenciam na produtividade do meloeiro, propiciam boa produtividade e frutas com elevado teor de açúcares, melhor aroma, sabor e consistência, quanto maior a intensidade melhor o desempenho da cultura (Pinto *et al.*, 2018).

Devido ao fato de o meloeiro ser extremamente sensível ao excesso de chuva, regiões com elevados índices pluviométricos dificultam o cultivo dessa hortaliça-fruto, a faixa

ideal situa-se entre 65% a 75%, durante a fase de crescimento vegetativo. Condições de umidade do ar elevada promovem a formação de frutos de má qualidade e propiciam a disseminação de doenças na cultura. Por essa razão a maior parte da produção ocorre principalmente no segundo semestre, como forma de evitar as chuvas que, nesta região, acontecem no primeiro semestre do ano (Paula *et al.*, 2017)

De acordo com o mesmo autor, anos que apresentam chuva regulares, ou seja, precipitações na média ou acima da média anual são favoráveis para a produção de melão, considerando-os como cenário favorável, pois proporcionam a quebra do ciclo das principais pragas e renovam as águas subterrâneas utilizadas para irrigação, melhorando a produtividade. Também afirmam que a probabilidade de ocorrência de cenários favoráveis e adversos é de 60 e 40%, respectivamente.

3.3.3 A influência dos tipos de solo no cultivo do meloeiro

Os diversos tipos de solos existentes do Brasil são classificados de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos – SiBCS (Santos, R. *et al.*, 2018), mediante a divisão em horizontes (camadas) com distinção entre atributos físicos, químicos, mineralógicos e morfológicos. A relação textural na composição dos horizontes influencia diretamente na atribuição dos solos para uma dada atividade, principalmente na relação à água e drenagem (Salazar *et al.*, 2019). A textura é uma característica bastante estável e de grande importância na identificação e classificação do solo, porém, para definição do potencial agrícola não é o fator principal devido aos atuais sistemas de manejo do solo que tornam os solos produtivos independente da textura (Centeno *et al.*, 2017).

O meloeiro se adapta bem à maioria dos solos, tendo como recomendável a indicação de que os solos devem ser ricos em matéria orgânica, profundos, de preferência textura média e com pH na faixa de 6,4 a 7,2, devendo ser preparado de forma a permitir boa drenagem e bom desenvolvimento radicular (Salviano *et al.*, 2017; Nascimento *et al.*, 2020)

No manejo, em geral, os solos com textura média possuem a faixa mais ampla de umidade, enquanto os arenosos apresentam faixa bem mais estreita. Solos de textura franca, apresentam proporções semelhantes de partículas de areia, silte e argila; concedendo a eles uma boa drenagem e capacidade de retenção de água e índice médio de erodibilidade (Centeno *et al.*, 2017).

Na região semiárida, os solos são pouco desenvolvidos, com raras exceções, rasos, pedregosos, de textura média a arenosa, com média a alta fertilidade natural, apresentando

restrições ao uso como a deficiência de água e a suscetibilidade a processos erosivos, bem como a rochosidade, salinidade, alcalinidade e drenagem (Silva *et al.*, 2019).

A SiBCS (2018) define a classificação dos solos brasileiros divididos de acordo com os seguintes critérios:

- Textura arenosa – material que compreende as classes texturais areia e areia franca, ou seja, teor de areia menos teor de argila $> 700 \text{ g kg}^{-1}$;
- Textura média – material com menos de 350 g kg^{-1} de argila e mais de 150 g kg^{-1} de areia, excluídas as classes texturais areia e areia franca;
- Textura argilosa – material com conteúdo de argila entre 350 g kg^{-1} e 600 g kg^{-1} ;
- Textura muito argilosa – material com conteúdo de argila superior a 600 g kg^{-1} ;
- Textura siltosa – material com menos de 350 g kg^{-1} de argila e menos de 150 g kg^{-1} de areia.

Quanto aos tipos predominantes na região do Polo Jaguaribe-Açu destacam-se os: Cambissolos Háplicos Eutróficos, Neossolos Litólicos Eutróficos, Luvisolos, Latossolo Vermelho-Amarelo Eutrófico, Gleissolos, Neossolos Flúvicos Eutróficos e Chernossolos (BRASIL, 2016a). Sendo o Cambissolo, Latossolo e Argissolo os mais utilizados para a produção de *curcubitacea* (Mota, 2008; Crisostómo *et al.*, 2002).

Nos Cambissolos, se observa um material mineral com horizonte B incipiente (Bi) com textura francoarenosa ou mais argilosa. Quanto ao solo, geralmente identifica-se teores uniformes de argila, podendo ocorrer ligeiro decréscimo ou um pequeno incremento de argila do A para o Bi (Santos, H. *et al.*, 2018).

Quanto aos Latossolos, estes são solos constituídos por material mineral, horizonte B latossólico precedido de qualquer tipo de horizonte A. De acordo com SiBCS (2018), são solos em avançado estágio de intemperização, profundos e bem drenados (Crisostomo *et al.*, 2002) muito evoluídos como resultado de enérgicas transformações no material constitutivo, variável em cores podendo ser bruno, amarelo e/ou vermelhos.

Já os Argissolos constituem o grupamento de solos com B textural, com argila de atividade baixa, ou atividade alta desde que conjugada com saturação por bases baixa ou com caráter aluminico. São de profundidade variável, desde forte a imperfeitamente drenados, de cores avermelhadas ou amareladas e mais raramente brunadas ou acinzentadas. A textura varia de arenosa a argilosa no horizonte A e de média a muito argilosa no horizonte Bt, caracterizado pelo aumento de argila do A para o B conforme descreve a SiBCS (2018). Aguiar *et al.* (2006) em experimento utilizando o argissolo para o cultivo do melão

comparando tipos e níveis distintos de adubações constatou que o melhor desempenho da cultura está mais relacionado com o tipo de adubo do que com as características físicas do solo.

Paula *et al.* (2017) confirmaram o que Crisostomo *et al.* (2002) relataram sobre a maior parte das áreas exploradas com agricultura irrigada do melão da região semiárida apresentarem solos de textura franco-arenosa.

3.3.4 Sistema de irrigação utilizado no cultivo do meloeiro

A disponibilidade dos recursos hídricos, já bastante escassos em regiões áridas e semiáridas, e as condições climáticas afetam diretamente a demanda de irrigação, sendo conseqüentemente, de fato alterada, com base nos cenários, resultando na possibilidade de formular algumas hipóteses sobre a dinâmica da agricultura no Brasil e no mundo (Cavalcante Junior *et al.*, 2018).

O sistema de irrigação localizado por gotejamento predomina no Polo Jaguaribe-Açu e tem como principal característica baixa vazão e alta frequência de irrigação. Requerendo um manejo diferenciado de acordo com o tipo de solo: em solos argilosos, o diâmetro do bulbo é maior que em solos arenosos, porém com menor profundidade, contudo, para ambos os solos, deve ser calculada a velocidade de infiltração básica (VIB), para estabelecer uma vazão ($L\ h^{-1}$) adequada para cada tipo de solo (Brandão Filho *et al.*, 2018).

A eficiência do sistema é reflexo do manejo da irrigação, que por sua vez, é dependente da quantificação das condições meteorológicas disponíveis, precipitação e evapotranspiração, principalmente para o dimensionamento de projetos e no manejo da irrigação adequado, pois, conhecida a perda de água pelas culturas, é possível determinar quanto irrigar (Lima *et al.*, 2020).

Segundo Brandão Filho *et al.* (2018) o gotejamento visa a melhor eficiência chegando à ordem de 80% a 90% do uso da água e menor incidência de doenças foliares e plantas daninhas, devido a limitação da área molhada. Dessa maneira, assegura uma maior economia de mão de obra e melhor eficiência na aplicação de fertilizantes, via fertirrigação.

De modo geral, os produtores evitam o uso excessivo da água de irrigação para evitar a lixiviação de nutrientes, procurando manter lâmina de irrigação conforme a necessidade hídrica da cultura evitando a redução da qualidade do fruto. Pereira, W. *et al.* (2021) confirmaram através da análise da produção e qualidade de melões sob diferentes arranjos do

sistema de irrigação e relatou que o motivo das melhores respostas do meloeiro está relacionado ao tipo de arranjo de irrigação em função da menor lâmina de irrigação.

3.3.5 Balanço hídrico do meloeiro

De acordo com Santos, R. *et al.* (2018) a disponibilidade hídrica de uma região pode ser mensurada a partir do Balanço Hídrico Climatológico (BHC), que evidencia as variações sazonais do excedente e déficit hídrico com base nas relações de entradas e saídas de água do solo explorada pelas raízes. Sendo a irrigação, a precipitação e a ascensão capilar os componentes de entrada no balanço hídrico e as perdas por percolação profunda, escoamento superficial e consumo de água pelas plantas (evapotranspiração) os componentes de saída, Brandão Filho *et al.* (2018) relata que cada cultura possui uma necessidade hídrica específica, e o conhecimento dessa informação torna possível o planejamento do manejo da irrigação.

A partir dessa premissa, o manejo adequado resultará em um ambiente em que a água do solo estará facilmente utilizável pelas plantas, evitando-se aplicações deficientes ou excessivas de água, as quais podem acarretar doenças, lixiviação de nutrientes e perdas de solo, além do gasto adicional de energia e insumos (Lima *et al.*, 2020).

A dinâmica da água no solo, facilmente disponível para as culturas, é considerada como o intervalo entre os valores de umidade na capacidade de campo (CC) e o ponto de murcha permanente (PMP), dos quais o segundo é atingido quando a umidade do solo proporciona a murcha irreversível das plantas e não há mais a recuperação da turgescência das folhas (Lima & Minuzzi, 2020). Em laboratório, a umidade na CC pode ser determinada utilizando-se funis de Büchner, mesa de tensão e sistema de câmara de pressão de Richards (Allen *et al.*, 2006).

A curva de retenção de água é usada no manejo de irrigação fornecendo tanto o momento correto de suplementação hídrica quanto a quantidade de água a aplicar para um manejo correto e adequado de irrigação. Além disso, os valores de umidade correspondentes a CC e PMP sendo que a diferença de umidade entre CC e PMP é definida como a capacidade de água disponível (CAD) de um solo a uma dada profundidade, sendo assim, um auxílio ao produtor no manejo da irrigação (Lima & Minuzzi, 2020).

A CAD conforme definido por Allen *et al.* (2006) varia em função das características físicas dos solos dentre os quais é observado que os solos arenosos oferecem menor disponibilidade de água para as plantas que os solos com maior teor de argila, o que torna os cultivos realizados nestes tipos de solo mais susceptíveis ao déficit hídrico, na Eq. 1 pode ser

definida como a quantidade máxima de água que o solo pode armazenar na profundidade explorada pelo sistema radicular da planta.

$$CAD = (CC - PMP) Z \quad (1)$$

Em que: CAD – Capacidade de água disponível no solo, mm; CC – Umidade do solo na capacidade de campo, $m^3 m^{-3}$; PMP – Umidade do solo no ponto de murcha permanente, $m^3 m^{-3}$; Z – Profundidade efetiva do sistema radicular, mm.

O meloeiro por ser uma cultura de ciclo curto apresenta sensibilidade ao estresse hídrico e moderadamente sensível à salinidade, Melo *et al.* (2017) avaliou lâminas 50, 75, 100 e 125% da evapotranspiração da cultura, determinada por lisimetria de pesagem, observando que nos tratamentos deficitário (50 e 75% da ETc), além de menor disponibilidade de água, houve um incremento de sais no solo, ou seja, elevando a salinidade, gerando limitação de crescimento e desenvolvimento das plantas.

3.3.6 Evapotranspiração e a necessidade hídrica da cultura do meloeiro

De acordo com Cavalcante Junior *et al.* (2018), a evapotranspiração constitui uma das variáveis mais afetadas por mudanças nas condições climáticas e apontam uma redução na necessidade de irrigação em virtude da redução do ciclo vegetativo da maioria das culturas anuais provocado pelo aumento nas temperaturas da superfície.

A evapotranspiração é a soma dos volumes de água transpirada pela cultura e da água evaporada do solo adjacente por precipitação interceptada em determinado momento. A evapotranspiração potencial de referência (ET_o) é a quantidade máxima de água que pode ser perdida em um cultivo hipotético de pastagem com características específicas independentes das condições de manejo e sob condições hídricas ideais. A equação de Penman-Monteith FAO é uma representação clara, precisa e simples dos fatores físicos e fisiológicos que envolvem o processo de evapotranspiração e pode ser visto através da Eq. 2, mundialmente utilizada (Allen *et al.*, 2006).

$$ET_o = \frac{0,408 \Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0,34u_2)} \quad (2)$$

Em que: ET_o – Evapotranspiração de referência pelo método FAO, (mm dia^{-1}); R_n – Radiação líquida na superfície das culturas, ($\text{MJ m}^2 \text{ dia}^{-1}$); G – Fluxo de calor no solo, ($\text{MJ m}^2 \text{ dia}^{-1}$); T – Média diária da temperatura do ar a 2 m de altura, ($^{\circ}\text{C}$); U_2 – Velocidade do vento a 2 m de altura, (m s^{-1}); e_s – Pressão da saturação de vapor, (kPa); e_a – Pressão de vapor atual, (kPa); $e_s - e_a$ – Déficit de saturação de vapor, (kPa); Δ – Inclinação da curva da pressão de vapor versus temperatura, ($\text{kPa } ^{\circ}\text{C}^{-1}$); γ – Constante psicrométrica, ($\text{kPa } ^{\circ}\text{C}^{-1}$).

De acordo com Vanomark *et al.* (2018) os principais parâmetros climáticos que afetam a evapotranspiração são a radiação, a temperatura do ar, a umidade atmosférica e a velocidade do vento, captados a partir de dados meteorológicos fornecidos pelas estações meteorológicas e observados em cada região época do ano específica.

Para o desenvolvimento de cultivo não existem limitações devido aos fatores adversos como estresse hídrico ou salino, densidade de cultivo, pragas e doenças, ou baixa fertilidade. O valor da evapotranspiração de cultivo (ET_c) é calculado através do enfoque do coeficiente de cultivo (K_c), no qual os efeitos das condições atmosféricas são incorporados na ET_o e as características de cultivo são incorporadas no coeficiente K_c , representado na Eq. 3 (Allen, et al., 2006).

$$ET_c = K_c ET_o \quad (3)$$

Em que: ET_c – evapotranspiração de cultivo (mm d^{-1}); K_c – coeficiente de cultivo (adimensional); ET_o – evapotranspiração de cultivo de referência (mm d^{-1}).

A evapotranspiração de um cultivo sob determinadas condições padrões agrônomicas e sem limitações de umidade do solo, ocorre em uma área cultivada e pode ser medida diretamente através de métodos de transferência de massa ou balanço de energia (Allen *et al.*, 2006). Também pode ser obtida a partir de estudos do balanço hídrico no solo em campos cultivados ou através de lisímetros, métodos micrometeorológicos, balanço hídrico do solo, fluxo de seiva e cintilometria. Assim, as necessidades hídricas são normalmente expressas mediante a quantificação da densidade de fluxo de ET_c , expressa em mm dia^{-1} ou mm período^{-1} (Vanomark *et al.*, 2018).

De acordo com Allen *et al.* (2006), para o cálculo da evapotranspiração de cultivo deve-se seguir os passos:

- a. Identificar as etapas de desenvolvimento de cultivo, determinando a duração de cada etapa e selecionando os valores correspondentes de K_c ;
- b. Ajustar os valores de K_c selecionados segundo o turno de rega ou as condições climáticas durante cada etapa;
- c. Construir a curva do coeficiente de cultivo (a qual permite a determinação do K_c para quaisquer etapas durante o ciclo);
- d. Calcular ET_c como o produto de ET_o e K_c .

Cavalcante Junior *et al.* (2018) afirma que a evapotranspiração seria uma das variáveis mais afetadas por mudanças nas condições climáticas. Alguns estudos na cultura do milho apontam para uma redução na necessidade de irrigação em virtude da redução do ciclo vegetativo das culturas provocado pelo aumento nas temperaturas da superfície.

Conhecer as necessidades hídricas do melão produzido na região do Polo Jaguaribe-Açu são importantes não só devido às condições climáticas locais, mas também para a aplicação das práticas culturais específicas (Borges *et al.*, 2015). Muito embora os valores de ET_c e da necessidade hídrica sejam próximos, a necessidade hídrica da cultura é referente à quantidade de água que precisa ser fornecida, enquanto ET_c refere-se à quantidade de água que é perdida através da evapotranspiração (Maschio, 2015).

A quantidade de água necessária para repor as perdas por evapotranspiração do meloeiro variam com o ciclo da cultivar trabalhada, as condições climáticas e o sistema de irrigação adotado, do plantio à colheita esse valor pode variar de 350 à 550 mm. (Medeiros *et al.* 2007) contudo, a necessidade diária nem sempre é bem manejada, sendo identificada uma variação na dotação de rega para a cultura, de 5 a 13 mm dia⁻¹ (Santos, F. *et al.*, 2001).

As fases de desenvolvimento da cultura do meloeiro, quanto às necessidades hídricas, foram estabelecidas por Allen *et al.* (2006), da seguinte maneira:

- I) Estádio inicial – do plantio até 10% de cobertura do solo;
- II) Estádio de desenvolvimento – 10% de cobertura até total cobertura;
- III) Estádio intermediário – da cobertura completa da cultura até o início do amadurecimento dos frutos;
- IV) Estádio final – da maturação à colheita dos frutos.

De acordo com o mesmo autor, o coeficiente de cultivo varia principalmente em função das características individuais de cada cultivo, com influência do tipo de solo e do clima. Para estabelecer os valores de K_c para culturas anuais, que nada mais é do que o quociente entre a ET_c e a ET_o representado na Eq. 4, o mesmo autor propôs um novo método

de aproximação dos valores, em que apenas três valores de K_c (para os estádios inicial, intermediário e final) são utilizados para se traçar um Figura de variação do K_c ao longo do ciclo da cultura. Devendo realizar o ajuste de acordo com a variedade cultivada, condições climáticas e as técnicas de cultivo utilizadas.

$$K_c = \frac{ET_c}{ET_o} \quad (4)$$

Em que: K_c – coeficiente de cultura (adimensional); ET_c – evapotranspiração da cultura (mm período⁻¹); ET_o – evapotranspiração de referência (mm período⁻¹);

A FAO, através do caderno nº 56 faz recomendações dos valores de K_c para diversos cultivos englobando em condições climáticas distintas, inclusive para o meloeiro. Borges *et al.*, (2015), em estudos sobre os valores do K_c do meloeiro no município de Mossoró, observaram que os valores obtidos para os quatro estádios de crescimento do fruto foram menores que aos valores propostos pela FAO.

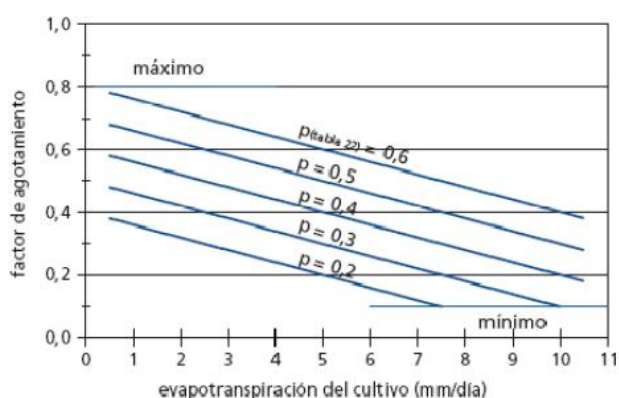
3.3.7 Coeficiente de estresse hídrico (K_s)

O conhecimento da sensibilidade de cada cultura ao estresse devido à deficiência hídrica é fundamental para reduzir impactos na produção. O período de frutificação, para o meloeiro, que correspondente à fixação do fruto até à maturação, é o período em que ocorre o maior consumo de água, sendo o mais crítico para irrigação. Durante esta fase, problemas relacionados ao manejo da irrigação ou a fatores climáticos de difícil controle como as chuvas excessivas ou secas prolongadas podem resultar no estresse hídrico e, portanto, pode ser decisivo para produção (Azevedo *et al.*, 2016).

Uma forma de mensurar é através do coeficiente de estresse hídrico (K_s) que determina o efeito do déficit hídrico no perfil do solo na evapotranspiração da cultura (ET_c), assumindo que K_s reduz linearmente, a partir de um determinado valor de umidade do solo (θ_t). Esse formato da curva pode variar também entre muito convexa a levemente convexo. Conceitualmente, quanto mais convexa for a curva, maior será a capacidade de se ajustar e se adaptar ao estresse (Maschio, 2015). Uma relação linear indica mínima ou nenhuma adaptabilidade estudos realizados com grãos demonstraram que o estresse hídrico afetou o

rendimento e também confirmou a existência de uma relação linear entre o rendimento de grãos e a evapotranspiração real da cultura (ETa) o rendimento (Kresovic *et al.*, 2016).

O fator crítico de esgotamento (p) representa o nível crítico de umidade do solo representado na Figura 1, a partir do qual ocorre o estresse devido à falta de água. Isso afeta a evapotranspiração da cultura e sua produção. Os valores são expressos como fração da Água Disponível Total (ADT) e, em geral, variam entre 0,4 e 0,6, apresentando valores mais baixos para culturas sensíveis com sistema radicular raso sob condições de alta evaporação, e valores mais altos para culturas densas, com raízes profundas e baixas taxas de evaporação (Steduto *et al.*, 2012; Allen *et al.*, 2006).



Fonte: Allen *et al.*, (2006)

Figura 1. Fator de esgotamento (p) para diferentes níveis de evapotranspiração de cultivo – ETc

O manejo da irrigação altera de acordo com a metodologia utilizada no cálculo de Ks o seu comportamento para diversos cultivos (Alves *et al.*, 2020). Allen *et al.* (2006) descreveram que a capacidade relativa real de água no solo (RAW, mm m⁻¹) é a fração da capacidade relativa total de água no solo (TAW, mm m⁻¹) que a cultura pode utilizar sem sofrer estresse hídrico (água facilmente disponível). A partir de um valor limite de (θt), relacionado com o fator de disponibilidade hídrica no solo (p), conforme representada pela Eq. 5, a densidade de fluxo de água torna-se insuficiente para atender a demanda potencial de evapotranspiração da cultura (ETc), caracterizando assim um déficit hídrico (ETr).

$$RAW = p TAW \quad (5)$$

Em que: RAW – capacidade relativa real de água no solo (mm m^{-1}); p – fator de disponibilidade hídrica no solo (adimensional); TAW – capacidade relativa total de água no solo (mm m^{-1}).

Conforme Steduto *et al.*, (2012), o indicador de estresse é o esgotamento da água na zona radicular (Dr). O fator de disponibilidade hídrica no solo (fator de depleção) (p) representa o nível crítico de umidade do solo caracterizando-se, a partir daí, o início de um déficit hídrico, afetando assim a evapotranspiração da cultura (ETc) e, conseqüentemente, a produtividade vegetal. No ponto em que não há depleção $K_s = 1,0$.

O mesmo autor afirma no Caderno 66 da FAO que conforme o déficit avança K_s não cai abaixo de 1,0 até que o limite superior para o efeito de estresse seja alcançado. Este limite é referido como pupper. Aumento adicional no esgotamento da zona radicular, traz valores mais baixos de K_s , até que o limite inferior (designado como lavrador) seja alcançado, no qual K_s torna-se zero e o efeito do estresse é máximo. Essa relação pode ser calculada pela Eq. 6, representada abaixo:

$$K_s = \frac{(TAW - Dr)}{(TAW - RAW)} \quad (6)$$

Em que: K_s – coeficiente de estresse hídrico; TAW – capacidade relativa total de água no solo (mm m^{-1}); Dr – déficit de armazenamento hídrico no solo (mm m^{-1}), sendo $RAW \leq Dr \leq TAW$; RAW – capacidade relativa real de água no solo (mm m^{-1}).

Além dos efeitos do estresse hídrico na competição por assimilados durante a frutificação e enchimento de grãos, estudos têm mostrado que o estresse hídrico leve a moderado pouco antes da fase reprodutiva pode ser positivo, aumentando o índice de colheita em alguns casos, provocando redução na lâmina de irrigação sem prejudicar a produção para o caso da cultura do melão. O aumento está correlacionado com a redução no acúmulo de biomassa, porém efeito variável da lâmina para a mesma cultura pode ser aplicado corretamente apenas com um entendimento completo da resposta do rendimento (Steduto *et al.*, 2012; Kresovic *et al.*, 2016; Melo *et al.*, 2017).

3.4 Modelos de simulações de cultivos

Simulação corresponde ao ato ou efeito de simular, experiência ou ensaio realizado para reproduzir as condições reais em ambiente virtual com o auxílio de modelos matemáticos

e/ou computacionais (Andrade *et al.*, 2009), considerando que as metas e os objetivos dos modelos disponíveis são diversos e podem ser agrupados em termos de sua natureza e finalidade da ciência. Embora alguns sejam muito complexos, a maioria deles busca um equilíbrio entre precisão e utilidade, pois a dificuldade em empregá-los na prática, torna essa técnica distante da realidade dos produtores (Anjos, 2016).

As altas tecnologias do mundo do agronegócio sempre foram desenvolvidas e aliadas para uma melhor adequação dos recursos na terra gerando resultados cada vez mais voltados para o aumento da produtividade das terras ao invés de aumentar a área cultivável (Miranda *et al.*, 2017). As decisões tomadas em cada processo agrícola revelam um elevado nível de complexidade e incerteza, sendo assim a utilização de modelos de simulação para a agricultura, parte da premissa de que os processos envolvidos em sistemas biológicos podem ser descritos com expressões matemáticas (Pinho *et al.*, 2015).

O mesmo autor relata que as tecnologias de informação auxiliam na tomada de decisão para reduzir os riscos que afetem a produtividade e os custos operacionais através do monitoramento das variações climáticas acrescida à maior exatidão da aplicação um planejamento eficiente das atividades baseando-se não apenas na aplicação do conceito, mas também, em estudos que levem em consideração a importância ecológica e hidrológica de todos os componentes da paisagem, a boa interação da relação solo-planta-atmosfera.

Modelos matemáticos são classificados como empíricos, para os quais as equações são ajustadas a um grupo de dados observados ou mecanísticos e determinísticos, nos quais as equações que descrevem os processos são baseadas nos princípios físicos que os regem.

Saraiva *et al.* (2016) utilizaram o modelo do programa CROPWAT, desenvolvido pela FAO, para simular as necessidades hídricas da cultura da melancia, no Estado do Piauí para cenários climáticos futuros, através do cálculo da evapotranspiração de referência (ET_o) e a evapotranspiração das culturas (ET_c), além de realizar o balanço hídrico no solo.

No atual contexto das mudanças climáticas, a implementação de medidas efetivas de adaptação regional surge como forma de prevenção do aquecimento global. Sendo, essas medidas de adaptações mais efetivas quanto melhor se conheçam as causas e tipos de vulnerabilidades existentes em cada região. Contudo as vulnerabilidades encontradas no Semiárido Brasileiro (SAB) são diferentes em natureza e consequências das encontradas em outras regiões sujeitas à escassez hídricas (Saraiva *et al.*, 2016).

Por isso, conhecer os cenários climáticos associados ao modelo mais adequado, mediante o fornecimento das informações do solo, clima, cultura, manejo e condições iniciais do sistema resultará em maior grau de precisão dos resultados almejados.

No entanto, os modelos de simulações agrícolas foram desenvolvidos para as culturas de maior importância econômica como o arroz, milho e trigo, muito embora os modelos de cultura sejam muito úteis, eles têm limitações. Os aspectos biológicos e fisiológicos dos complexos sistemas de crescimento natural das plantas não são totalmente assimilados pelos programas computacionais, que precisam ser validados e ajustados ao mais próximo possível entre os personagens naturais e modelados (Ndayitegeye *et al.*, 2020; Batte *et al.*, 2019).

O modelo proposto pela FAO já contempla em seu banco de dados informações dos principais cereais e as principais culturas frutíferas como banana, laranja e até mesmo o melão, uma cultura de ciclo curto e de elevada importância econômica, com opções para diversas situações (FAO, 2021).

Portanto, nenhum simulador terá 100% de precisão, mas permite fornecer um suporte probabilístico ao produtor e/ou pesquisador quanto ao desempenho e produtividade de determinada cultura em uma dada época de semeadura.

3.5 Programa CROPWAT 8.0 (FAO)

O programa computacional CROPWAT versão 8.0 foi criado e distribuído gratuitamente pela FAO, desenvolvido para permitir que o pesquisador e/ou produtor possa fazer a gestão de sistemas de irrigação e cálculos de evapotranspiração de uma cultura, podendo assim orientar épocas para plantio, estimativas de perda de produção, usando como referência dados de clima, solo, cultivar, manejo, ciclo entre outras (Sales *et al.*, 2016).

Todos os cálculos são baseados nas diretrizes da FAO, conforme estabelecido na publicação da série FAO Irrigação e Drenagem No. 56 "Evapotranspiração da cultura - Diretrizes para a determinação de necessidades de água da colheita " (Allen *et al.*, 2006).

A Figura 2 representa a interface do CROPWAT 8.0 e nele contém o menu principal na parte superior da tela que permite acessar todas as funções do programa, incluindo as configurações, a barra de ferramentas logo abaixo do menu e a barra de módulos à lateral esquerda (vertical), onde são inseridos todos os dados edafoclimáticos individualmente de acordo com a finalidade. O programa é dividido em módulos, dos quais os quatro primeiros

são módulos de entrada (Clima, Precipitação, Cultivo e Solo) e os demais representam os dados de saída.

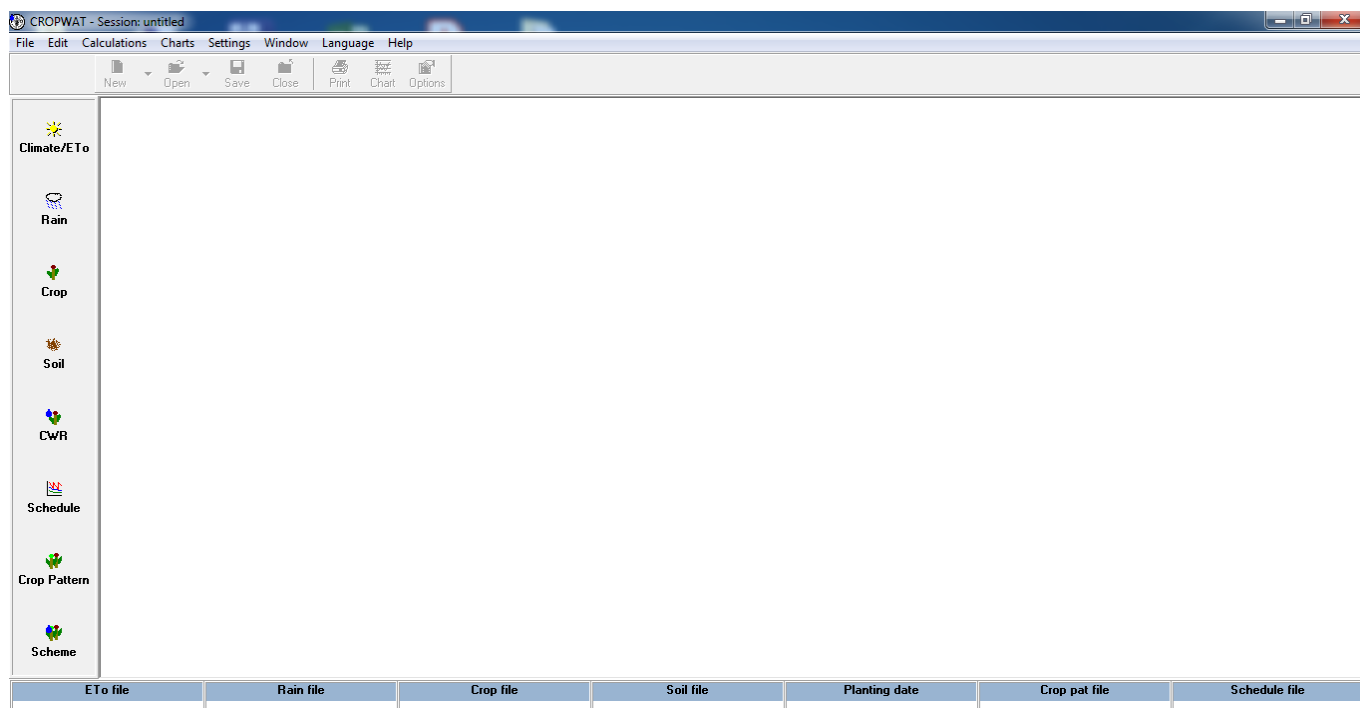


Figura 2. Representação da interface do programa CROPWAT 8.0

As principais respostas aos dados introduzidos segue os parâmetros descritos por Allen *et al.* (2006) sendo disponibilizada a quantidade de água necessária para compensar a perda por evapotranspiração de uma cultura sendo definida como a necessidade hídrica da cultura no módulo CWR sendo realizado em escala temporal decendial (a cada dez dias por ciclo), consiste em uma estimativa “genérica” das necessidades hídricas das culturas, uma vez que não leva em consideração os efeitos do solo (armazenamento), mas leva em conta a eficiência de aplicação de água.

O módulo seguinte é denominado de “Shedule”, onde são fornecidos o planejamento e a programação da irrigação, sendo auto explicativo, baseado nas diretrizes propostas na publicação n° 56 da FAO, incluindo os cálculos do balanço hídrico em escala temporal diária.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Localização e características da área do estudo

O estudo foi realizado utilizando-se dados provenientes da região no entorno de Mossoró (RN) do Polo Agrícola Jaguaribe-Açu. Esse Polo abrange também a região do vale do Rio Jaguaribe (Ceará), formado por toda a Chapada do Apodi (divisa CE/RN) e o vale do Rio Açu, no Noroeste do Rio Grande do Norte.

O município de Mossoró se caracteriza por apresentar clima tipo BSw^h, clima quente e semiárido, com estação chuvosa podendo atrasar para o outono (Alvares *et al.*, 2014). A temperatura média anual é de 28,5 °C, com mínima de 22 °C e máxima de 35 °C. A precipitação média anual é 772 mm, sendo sua distribuição muito irregular, com ocorrência de secas (Sampaio *et al.*, 2020) e distribuição predominantemente no primeiro semestre do ano com cerca de 80% da precipitação total anual concentrada em quatro meses (de fevereiro a maio), a precipitação do mês mais seco é inferior a 60 mm, a umidade relativa média anual é de 62% segundo a classificação climática de Koppen (Dubreuil *et al.*, 2018; Vanomark *et al.*, 2018; Lucena *et al.*, 2018).

Situado no bioma Caatinga com formações vegetais da Savana Estépica está entre os mais vulneráveis ao aumento das temperaturas num cenário global, o que coloca a Região Nordeste do Brasil em estado especial de alerta, visto que a vulnerabilidade do bioma aos efeitos das mudanças climáticas representa um sério risco para a desertificação, como grande atividade antrópica sobre o meio, principalmente sobre os solos, onde os processos erosivos se intensificam por serem pobres em matéria orgânica, pouco intemperizados, com muitos sais e os rios são temporários (Sampaio *et al.*, 2020).

4.2 Dados obtidos para utilização no estudo

Foram utilizados os dados diários das variáveis temperaturas mínima e máxima do ar (°C), umidade relativa do ar (UR, %), velocidade do vento (v , $m\ s^{-1}$), insolação (h) e precipitação pluvial (PP, mm) da série histórica de 1978 a 2008, convertidos em médias mensais para cada ano, obtidos da Estação Meteorológica do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET, nº 82591, situada no município de Mossoró/RN, Latitude: 5.2 S, Longitude: 37.3 W, Altitude 37,99 m.

A cultura do meloeiro foi definida para as simulações devido a sua importância econômica para a região, atribuindo-se dados provenientes dos melões mais produzidos como *Cucumis melo inodoros* (inodoros) e *Cucumis melo cantaloupense* (aromáticos).

4.3 Entrada dos dados

4.3.1 Módulo Clima/ETo

Nesse módulo foram inseridas as informações dia a dia de cada ano da série histórica fornecidos da estação meteorológica como dados de entrada, gerando automaticamente a Evapotranspiração de Referência (ETo), em que a ETo foi obtida através da equação FAO Penman-Monteith, representada na Eq. 7. O CROPWAT 8.0 permite ao usuário ingressar valores de ETo, ou ingressar dados de temperatura, umidade, velocidade do vento e radiação solar.

$$ET_o = \frac{0,408 \Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0,34u_2)} \quad (7)$$

Em que: ETo – Evapotranspiração de referência pelo método FAO, (mm dia⁻¹); Rn – Radiação líquida na superfície das culturas, (MJ m² dia⁻¹); G – Fluxo de calor no solo, (MJ m² dia⁻¹); T – Média diária da temperatura do ar a 2 m de altura, (°C); U2 – Velocidade do vento a 2 m de altura, (m s⁻¹); es – Pressão da saturação de vapor, (kPa); ea – Pressão de vapor atual, (kPa); es - ea – Déficit de saturação de vapor, (kPa).

O módulo Clima/ETo é o primeiro para a introdução dos dados e requer informação sobre o nome da estação meteorológica, país, altitude, latitude e longitude, e ano trabalhados juntamente com os dados climáticos, e o ícone localiza-se logo à esquerda na parte superior da interface do programa. (Figura 3).

No que se refere à variável velocidade do vento, ocorreu uma expressiva ausência de dados pela estação meteorológica no decorrer da série histórica, sendo atribuído o valor de 2,0 m s⁻¹, seguindo a recomendação de Allen *et al.* (2006), esses valores podem ser imputados, sem prejuízos à equação de Penman Monteith.

The screenshot shows the 'Daily ETo Penman-Monteith' software interface. At the top, there are input fields for Country (Brasil), Station (82591), Year (1978), Altitude (37.99 m), Latitude (5.21 °S), and Longitude (37.31 °W). Below these fields is a monthly navigation bar (Jan to Dec) and a table of daily data for the year 1978. The table has columns for Day, Min Temp, Max Temp, Humidity, Wind, Sun, Rad, and ETo. The first column (Day) is white, and the remaining columns (Min Temp, Max Temp, Humidity, Wind, Sun, Rad, ETo) are yellow. The data is as follows:

Day	Min Temp	Max Temp	Humidity	Wind	Sun	Rad	ETo
	°C	°C	%	km/day	hours	MJ/m ² /day	mm/day
1	23.6	34.8	65	173	4.0	15.6	4.64
2	25.2	36.0	60	173	9.5	24.1	6.28
3	24.4	36.1	61	173	7.9	21.6	5.85
4	24.0	35.5	65	173	10.7	25.9	6.32
5	23.4	36.2	61	173	10.9	26.2	6.54
6	23.6	34.5	65	173	9.9	24.7	6.01
7	22.6	36.5	64	173	9.5	24.1	6.14
8	23.0	35.2	64	173	8.5	22.6	5.77
9	23.2	35.7	65	173	9.9	24.8	6.14
10	24.2	34.4	63	173	8.3	22.3	5.72
11	23.5	34.8	64	173	8.8	23.1	5.82
12	24.5	33.6	67	173	3.6	15.1	4.41
13	23.8	32.5	67	173	3.3	14.6	4.24
14	23.0	35.0	67	173	8.3	22.4	5.63
15	23.8	34.8	67	173	9.3	23.9	5.87
16	23.2	32.4	66	173	7.6	21.3	5.24
17	23.0	35.2	66	173	10.4	25.7	6.19
18	23.0	35.0	64	173	7.5	21.2	5.54
19	24.8	35.8	58	173	9.8	24.8	6.42
20	22.8	34.8	64	173	10.3	25.6	6.18
21	22.3	35.4	64	173	11.1	26.8	6.43

Figura 3. Exemplo da representação dos dados de entrada (colunas brancas) e os dados de saída (colunas amarelas) no módulo ETo referentes ao ano de 1978 com as informações da Estação Meteorológica n° 82591

Para a série histórica os dados foram inseridos ano a ano e salvos individualmente, assim, foram obtidas as temperaturas mínimas do ar, temperaturas máximas do ar, umidades relativas do ar, velocidades do vento, precipitações pluviométricas e insolação, mês a mês, permitindo a realização das simulações em qualquer data ao longo do ano.

A insolação direta representa a duração da recepção da radiação solar sem interferência das nuvens. Além da nebulosidade, depende da posição do sol e, portanto, é uma função da latitude e do dia do ano. É expresso como horas de sol (horas), como uma porcentagem insolação direta (%) ou como fração de insolação direta (fração). O programa dispõe da opção de gerar os valores de insolação (horas) para o caso de ausência, conforme mostra Figura 4 (FAO, 2000). Para esses dados faltosos o CROPWAT 8.0 possibilita a opção de estimativa, utilizando-se o ícone 'Estimate F6' localizado no canto direito superior, que passa a ficar disponível para uso quando o programa identifica a ausência de dados.

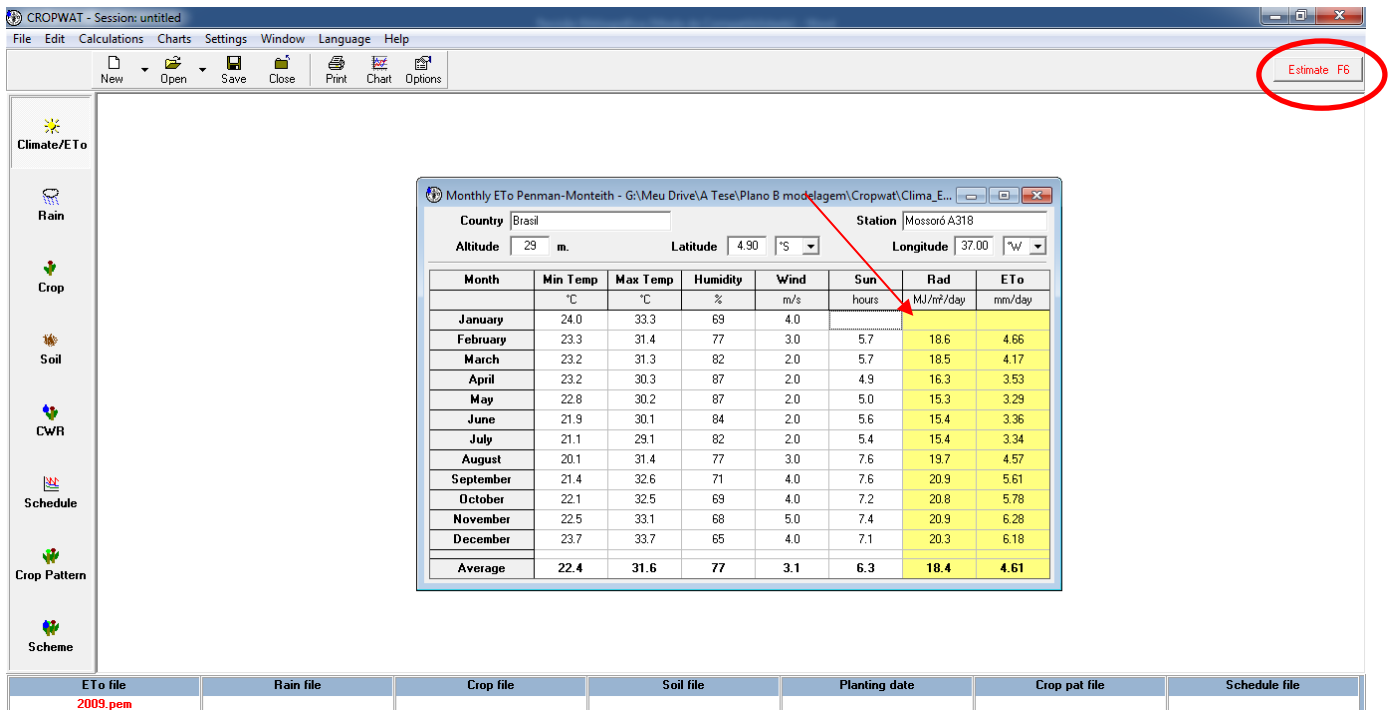


Figura 4. Módulo clima/ETo, representação da variável Insolação (horas) e a possibilidade de estimar valores faltosos

As configurações para esse módulo podem ser acionadas na barra de ferramenta na parte superior do programa, pelo ícone 'Settings', abrirá a janela de configuração cuja primeira aba corresponde à Clima/ETo, dividida em configuração dos dados e em unidades. Todas as opções de configurações aparecem no modo default (padrão) de uso internacional, porém é necessário realizar os ajustes para a realidade brasileira.

As alterações foram feitas na configuração das unidades, observando que para a unidade a porcentagem (%), a velocidade do vento na função default quilômetros/dia, foi alterada para metros/segundo, correspondendo à unidade utilizada pelas estações meteorológicas. Outra opção é a insolação que foi ajustada para horas e a unidade da ETo para mm dia^{-1} , conforme relata Allen et al., (2006).

Com base nos dados climáticos disponíveis, o CROPWAT 8.0 calculou a radiação solar (R_s), expressa em $\text{MJ m}^{-2} \text{dia}^{-1}$ que chega à superfície do solo. A radiação extraterrestre (R_a) representa a radiação recebida na parte externa da atmosfera terrestre sobre uma superfície horizontal, em função da latitude. A radiação calculada representa a quantidade de radiação extraterrestre que chega a um plano horizontal sobre a superfície do solo. Parte da radiação solar se reflete desde a superfície do solo (αR_s) e outra parte é absorvida (R_{ns}) (Allen et. al, 2006).

4.3.2 Módulo Precipitação/Rain

O módulo de precipitação é o segundo ícone da barra de módulos exigindo informações dos valores de precipitação em uma base mensal, diária ou em uma média de dez dias. Os dados provenientes da estação meteorológica foram lançados na coluna de cor branca e automaticamente, a precipitação efetiva é calcula e apresentada como dados de saída na coluna em amarelo. Também foi necessário inserir o nome da estação de onde os dados foram extraídos e o ano correspondente, conforme mostra a Figura 5 (Allen *et al.* 2006).

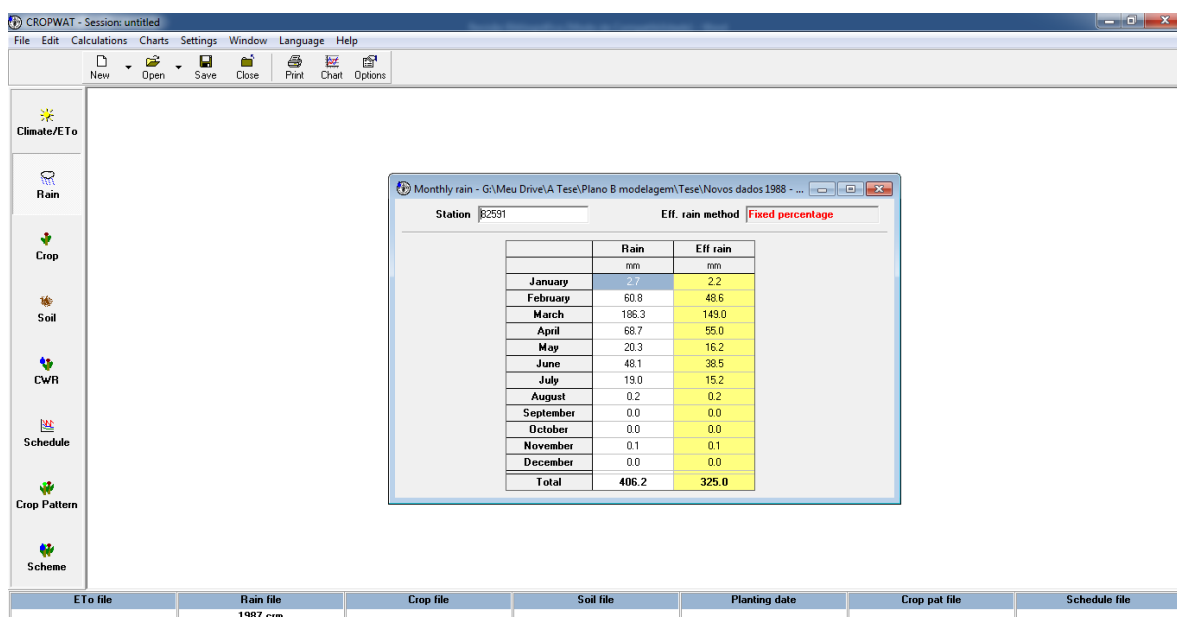


Figura 5. Representação da interface do módulo precipitação (Rain)

Nesse módulo, os dados de entrada foram lançados em médias mensais (mm período¹) na série histórica (31 anos), mês a mês de cada ano considerado no estudo, e foi definida a síntese do comportamento pluviométrico temporal do município ao se estabelecer cinco categorias descritas abaixo com base na caracterização definida pela EMPARN (2011), utilizando-se do acumulado anual de precipitação (janeiro a dezembro), formulando os cinco cenários estudados que após as simulações, cada ano foi identificado de acordo com os cenários e definido como tal cenário, sendo eles:

- Muito Seco (MS) até 365,06 mm
- Seco (S) de 365,07 a 551,70 mm
- Normal (N) de 551,71 a 885,00 mm
- Chuvoso (C) de 885,01 a 1.046,53 mm
- Muito Chuvoso (MC) acima de 1.046,53 mm

A precipitação efetiva se refere à porção da precipitação total que pode ser efetivamente utilizada pelas plantas. Isso significa que nem toda a precipitação está disponível para as culturas, uma vez que parte dela é perdida durante escoamento superficial (ES) e percolação profunda (PP) (Machio, 2015).

De acordo com Allen *et al.* (2006), a quantidade de água precipitada que se perde por escoamento superficial depende da intensidade da chuva, da declividade do terreno, do tipo de solo e suas condições hidráulicas, além da quantidade de umidade antecedente, o uso do solo e o tipo de cobertura. Portanto a necessidade de irrigação passa a ser basicamente calculada pela diferença entre a necessidade de água do cultivo e a precipitação efetiva.

As opções de configurações para a precipitação efetiva podem ser escolhidas no menu Settings na aba *Rainfall*, sendo eles:

1. Porcentagem fixa (80%)
2. Precipitação confiável
3. Fórmula empírica
4. Método de Serviço de Conservação de Solo do USDA

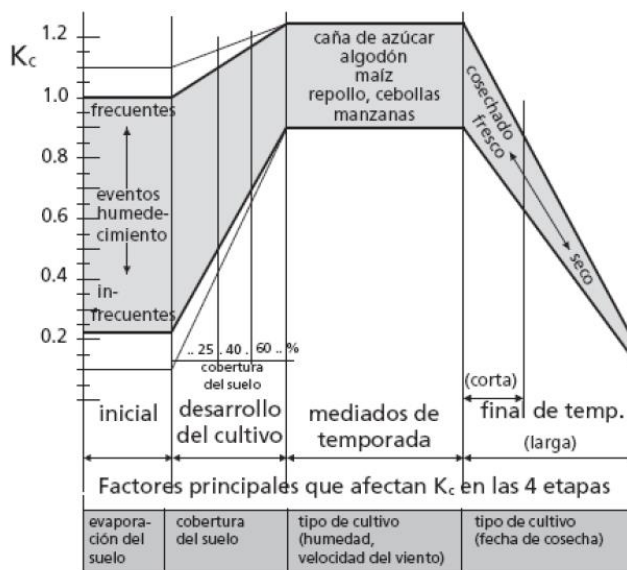
A configuração escolhida foi a porcentagem fixa (80%), conforme recomendação do Boletim FAO nº 56, devido melhor se assemelhar com a realidade, sendo, portanto, a mais utilizada no Brasil.

4.3.3 Módulo Cultivo/*Crop*

O módulo cultivo constitui a aba onde foram reunidas todas as informações referentes a cultura estudada. De acordo com as diretrizes da FAO, propostas por Allen *et al.* (2006), o programa ao utilizar o K_c está representando o resumo das diferenças físicas e fisiológicas entre os cultivos.

O mesmo autor explica que durante o período de crescimento, a variação do K_c expressa desenvolvimento vegetativo e o nível de cobertura do solo. Esta variação está representada por uma curva em que para descrição e construção, são necessários três valores de K_c que correspondem a: etapa inicial ($K_{c\ ini}$), a etapa intermediária ($K_{c\ med}$) e a etapa final ($K_{c\ fin}$) (Maschio, 2015). A Figura 6 ilustra a variação do K_c para diferentes culturas influenciadas por fatores climáticos e desenvolvimento da cultura, conforme descrito por Allen *et al.* (2006). De acordo com Maschio (2015) o K_c integra o efeito das características que distinguem uma determinada cultura daquelas definidas para a cultura de referência. De

acordo com a abordagem do coeficiente de cultivo, a evapotranspiração da cultura sob condições padrão (ETc) é calculada multiplicando ETo pelo Kc adequado para cada cultura.



Fonte: Allen et al. 2006.

Figura 6. Representação da variação do Kc para diferentes culturas sob influencias de fatores climáticos, de solo e de cultivo

Considerou-se para as simulações 02 (dois) coeficiente de cultivos - Kc sendo o primeiro correspondente aos valores obtidos por EMBRAPA (2017) para o melão amarelo do tipo Inodoros no Polo Agrícola Jaguaribe-Açu e para todas as simulações foi adotado o ciclo médio de 68 dias, divididos em quatro fases de crescimento e desenvolvimento da cultura, conforme descreve na Tabela 1.

Tabela 1. Valores de referência do melão inodoros para os coeficientes da cultura – Kc1, fator de disponibilidade de água no solo (p), profundidade efetiva do sistema radicular (Z), e coeficiente de sensibilidade ao déficit hídrico (Ky) nas fases inicial, de produção e final (Doorenbos e Kassam, 1979; Allen *et al.*, 2006)

Fases	Dias	Kc ¹	p	Z	Ky
Inicial	10	0,35	0,40	0,30	0,50
Desenvolvimento	25	-	-	-	0,60
Médio	23	1,00	0,40	-	1,10
Final	10	0,80	0,50	1,00	0,80
Total	68				1,05

O segundo Kc trabalhado refere-se ao melão do tipo aromático com ciclo de 70 dias em experimento conduzido também na mesma localidade por Melo (2019), conforme descrito na Tabela 2.

Além das informações dos valores de Kc e quantidade de dias por ciclo o CROPWAT exige a data de semeadura, profundidade do sistema radicular, fração de esgotamento crítico (p) e fator de resposta de rendimento (Ky). Os demais parâmetros da cultura foram mantidos idênticos para os dois Kc seguindo os critérios da própria FAO 56, descritos na Tabela 2.

Tabela 2. Valores de referência do melão aromático para os coeficientes da cultura – Kc2, fator de disponibilidade de água no solo (p), profundidade efetiva do sistema radicular (Z), e coeficiente de sensibilidade ao déficit hídrico (Ky) nas fases inicial, de produção e final (Doorenbos e Kassam, 1979; Allen *et al.*, 2006)

Fases	Dias	Kc ²	p	Z	Ky
Inicial	10	0,13	0,40	0,30	0,50
Desenvolvimento	25	-	-	-	0,60
Médio	25	1,08	0,40	-	1,10
Final	10	0,78	0,50	1,00	0,80
Total	70				1,05

A data de colheita é calculada automaticamente pelo programa com base na data de semeadura e a duração total do ciclo de cultivo, conforme foram lançadas nos dados de entrada. As simulações foram feitas individualmente por ciclo ano a ano, o CROPWAT 8.0 trabalha com culturas de ciclo anual e de ciclo curto, não sendo possível obter informações quando o ciclo inicia em um ano e termina no ano seguinte (FAO, 2000).

Devido ao meloeiro se adaptar bem a ambientes com baixa umidade, a definição das épocas de semeadura levaram em consideração o fim do período chuvoso que inicia do mês de junho e devido o CROPWAT só realizar simulações dentro do intervalo anual, ou seja, não ultrapassando de um ano ao outro, atribui-se as datas até outubro, período que possibilita a previsão de colheita em dezembro, conforme especificadas na Tabela 3 (Melo *et al.*, 2017; FAO, 2000).

Tabela 3. Datas de semeaduras e colheitas para cada ciclo de cultivos simulados das variáveis cultivares Inodoros e Aromático

Ciclo	Data de semeadura	Inodoros	Aromático
		Colheita	Colheita
01	10/jun.	16/ago.	18/ago.
02	10/set.	16/nov.	18/nov.
03	10/out.	16/dez.	18/dez.

4.3.4 Módulo Solo/*Soil*

Nesse módulo, também de entrada, o programa requer alguns parâmetros referentes ao tipo de solo trabalhado, de modo que a similaridade com cultivos reais se dá em função de cada detalhe de informação fornecida.

Na aba correspondente aos parâmetros foram detalhadas as informações necessárias para a capacidade relativa total de água no solo (TAW, em mm m^{-1}); taxa máxima de infiltração de água no solo (mm dia^{-1}); profundidade máxima de enraizamento (cm); depleção inicial relativa (%) e capacidade relativa inicial de água no solo (mm m^{-1}). A capacidade relativa total de água no solo (TAW, em mm m^{-1}) representa a quantidade total de água armazenada no solo e disponível para a cultura. É definida entre a diferença da umidade do solo na capacidade de campo (θ_{FC}) e no ponto de murcha permanente (θ_{WP}) por unidade de profundidade do solo. TAW depende, principalmente, da textura, estrutura e do teor de matéria orgânica do solo (Tsakmakis *et al.*, 2018).

A taxa máxima de infiltração de água no solo (mm dia^{-1}) representa a lâmina d'água que pode infiltrar-se no solo ao longo do período de 24 h dia^{-1} , variando em função do tipo de solo, de declividade e da intensidade de precipitação pluviométrica ou irrigação. A taxa máxima de infiltração tem como referência o valor da condutividade hidráulica do solo saturado.

A profundidade máxima de enraizamento (cm), na maioria dos casos, as características genéticas da cultura determinam a profundidade de enraizamento, em outros, o solo e/ou certas camadas do solo podem restringir a profundidade máxima de enraizamento. Isso ocorre quando existem impedimentos físicos naturais ou causados por práticas mecanizadas inadequadas. O valor definido indica quanto o solo não apresenta características que restrinjam o crescimento das raízes.

A depleção inicial relativa (%) indica o déficit de armazenamento relativo do solo no início do período de crescimento da cultura. É expresso como uma porcentagem da capacidade relativa total de água no solo (TAW). O valor padrão de 0,0% representa que o perfil do solo se encontra na capacidade de campo (Allen *et al.*, 2006).

A capacidade relativa inicial de água no solo (mm m^{-1}) é definida como o armazenamento de água no solo no início do período de crescimento, calculado pela diferença do produto da TAW (mm m^{-1}) e da depleção inicial relativa (%). A Água Disponível Total (TDA) pelo esgotamento inicial da umidade do solo é expresso em mm por metro de profundidade do solo e é definido como o teor de umidade do solo no início da estação de crescimento (Tsakmakis *et al.*, 2018).

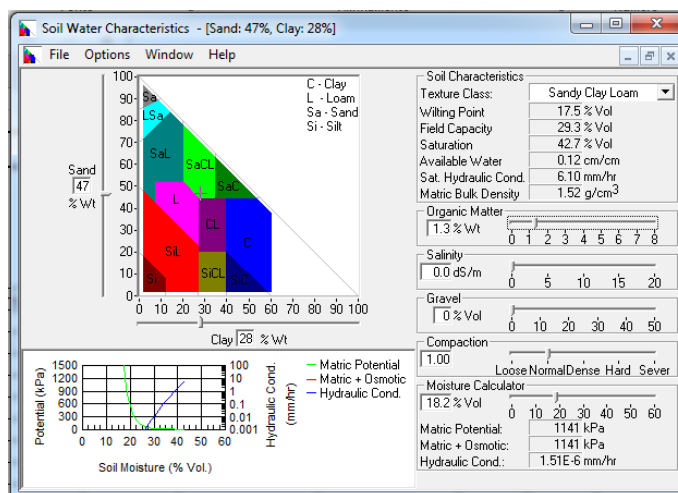
O sistema de irrigação localizado padrão adotado para a cultura do meloeiro na região do Polo é o gotejamento, com base nessa informação a pesquisa usou dados locais de solo através de estudos realizados por Mota *et al.*, (2008), onde foram determinadas as classes texturais de três tipos de solos mais cultivados pelo meloeiro na região, sendo franco-arenosa, franco-argiloarenosa e arenosa, no entanto, devido a maior predominância da segunda classificação, conforme relatado pelo autor, a presente pesquisa utilizou os critérios do solo com textura média (franco-argiloarenosa) para às simulações, conforme descrito na Tabela 4.

Tabela 4. Característica textural do solo utilizado no presente estudo

Variável	Classe textural*	Textura
Solo	Franco argiloarenoso	média-argilosa

*Classificação dos solos brasileiros pela SiBCS (2018)

Após a definição da classe textural os parâmetros que representaram a capacidade relativa total de água disponível no solo (TAW, mm m^{-1}), foram determinados através do programa *Soil Water Characteristics/USDA Soil Texture Triangle*. Utilizado para simular a tensão de água no solo, condutividade e capacidade de retenção de água com base na textura do solo, com ajustes para contabilizar o conteúdo de cascalho, compactação, salinidade e matéria orgânica. Devendo-se levar em consideração que são valores de estimativas, conforme ilustrado na Figura 6 (USDA, 2020).



Fonte: USDA, 2020

Figura 7. Interface Programa “Soil Water Characteristic” - Características da água no solo

Para a taxa máxima de infiltração de água no solo (mm dia^{-1}) foi adotado o valor de 30 mm dia^{-1} extraído da base de dados do Boletim nº 56 FAO disponível no próprio programa CROPWAT 8.0. Na profundidade máxima de enraizamento (cm) adotou-se como valor médio para a cultura trabalhada de 40 cm, o qual indica que o solo não apresenta restrição ao crescimento das raízes.

A depleção relativa inicial (%) a qual representa o déficit relativo de armazenamento de água no solo no início do período de crescimento da cultura foi expressa como porcentagem da capacidade relativa total da água disponível no solo – variou conforme o *Soil Water Characteristic* que estimou para o tipo de solo (Figura 7) estudado. A capacidade relativa inicial de água disponível no solo (mm m^{-1}) – gerada automaticamente pelo programa entre o produto da TAW e da depleção inicial relativa foi definida como o armazenamento de água no solo no início do período de crescimento da cultura do meloeiro.

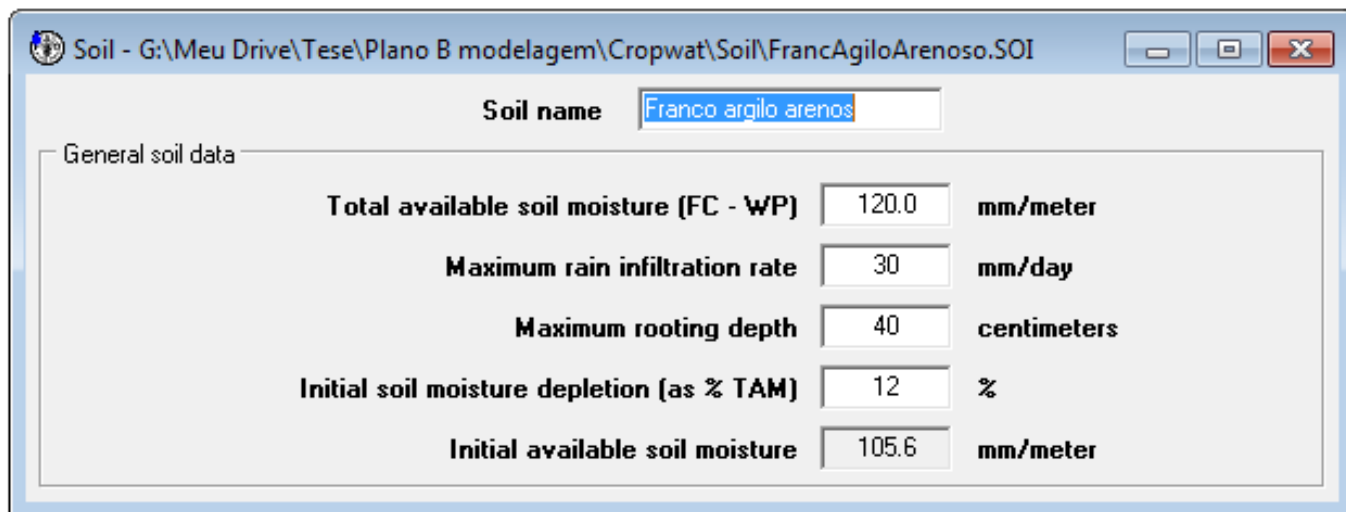


Figura 8. Representação dos dados de entrada para o tipo de solo trabalhado

4.3.5 Programação

As opções de programação foram definidas através do menu configurações, através do ícone ‘Setting’ (Figura 8), na janela de Programação onde foi possível configurar as opções na aba “Non-rice crop Scheduling” (planejamento e programação da irrigação da cultura) para o tipo de irrigação (relacionado à quando irrigar) e a definição de quanto irrigar (relacionada à quantidade de água que será entregue em cada irrigação).

As simulações foram realizadas em cada ano da série histórica para dois tipos, sendo a primeira opção a irrigação em intervalos fixos por estágio e a segunda a irrigação a uma depleção crítica (atendendo a demanda evapotranspiratória). Em ambas situações a opção de quanto irrigar foi a mesma: Responder à Capacidade de Campo, e atribuiu-se eficiência de irrigação de 90%.

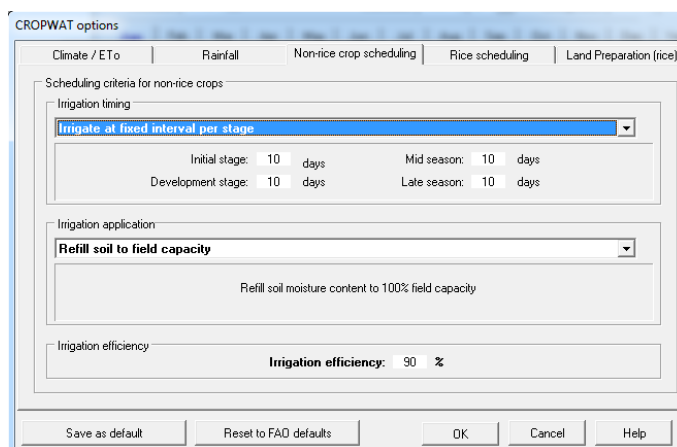


Figura 9. Representação da configuração para o tipo de irrigação, aplicação da irrigação e eficiência

Ainda no menu “Settings” no botão “Options” (opções) e aba “Rainfall” (precipitação pluvial) é possível selecionar a opção desejada para estimativa deste componente (Figura 9). Na aba precipitação como forma de simplificação, foi considerada como precipitação pluvial efetiva a fração da precipitação pluvial total, adotando-se como valor de referência 80%.

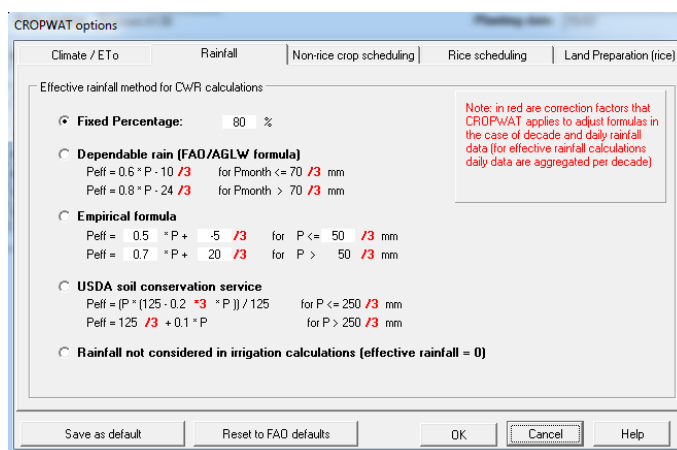


Figura 10. Aba de configuração precipitação pluviométrica

4.4 Roteiros das simulações

As simulações foram realizadas ano a ano da série histórica estudada, em cada ano foram aplicadas as simulações de três datas de semeadura (10/jun.; 10/set. e 10/out.) para os dois Kc pré-definidos (melão inodoros e aromático), e cada ciclo simulado para duas possibilidades de configurações de manejo da irrigação. De modo geral, foram obtidos o total de 217 simulações, cujos resultados foram analisados conforme as categorias climáticas, ou seja, agrupadas nos cinco cenários climáticos estabelecidos.

4.5 Módulo “CWR”, cálculo das necessidades hídricas da cultura

Através do módulo “CWR” foram estimadas as necessidades hídricas e de irrigação da cultura com base no balanço hídrico “genérico”, pois este não considera as interações e efeitos do solo e dos critérios/enfoques do manejo da irrigação, sendo assim função apenas da ETo e PPT efetiva estimada e, ainda, levando-se em consideração os valores do Kc ao longo das fases de crescimento e desenvolvimento da cultura. O cálculo da necessidade hídrica da

cultura em termos de evapotranspiração da cultura (ETc), representa assim o valor médio para cada decêndio (período de 10 dias), sendo efetuado de acordo com a Eq. 8.

$$ETc_i = ETo_i Kc_i \quad (8)$$

Em que: ETc_i – evapotranspiração da cultura média no decêndio i (mm dia⁻¹); ETo_i – evapotranspiração de referência média no decêndio i (mm dia⁻¹); Kc_i – coeficiente de cultura médio no decêndio i (adimensional).

Foram determinadas também as necessidades de irrigação da cultura, na mesma escala de tempo, decendial, sendo considerada apenas a diferença entre a ETc calculada e a PPT efetiva ou provável (Figura 10) e refinados no módulo seguinte (módulo “Schedule”), através do balanço hídrico da cultura (BHC).

Month	Decade	Stage	Kc	ETc	ETc	Eff rain	Irr. Req.
			coeff	mm/day	mm/dec	mm/dec	mm/dec
Jun	1	Init	0.35	1.40	1.4	0.5	1.4
Jun	2	Deve	0.35	1.53	15.3	0.3	15.0
Jun	3	Deve	0.52	2.35	23.5	0.4	23.1
Jul	1	Deve	0.77	3.87	38.7	0.6	38.1
Jul	2	Mid	0.98	5.11	51.1	0.0	51.1
Jul	3	Mid	0.99	5.29	58.2	1.6	56.6
Aug	1	Late	0.97	5.25	52.5	3.5	49.0
Aug	2	Late	0.84	4.38	26.3	2.9	23.9
					267.0	9.8	258.2

Figura 11. Módulo de determinação da necessidade de irrigação e ETc

4.6 Módulo “Schedule”, cálculo do balanço hídrico diário da cultura em função do critério

Nesse módulo o programa informa o balanço hídrico do solo na zona radicular ao final do dia através da Eq. 9 onde expressa o déficit hídrico, perdas e ganhos da umidade com

base nos dados climáticos, cultivo e solo, fornecidos em lâminas de água necessárias para manter boa produtividade.

$$D_{r,i} = D_{r,i-1} - (P - RO)_i - I_i - CR_i + ET_{c,i} + DP_i \quad (9)$$

Em que: $D_{r,i}$ – Déficit hídrico no dia i (mm); $D_{r,i-1}$ – Déficit hídrico (em relação à TAW) do dia anterior ($i-1$); P_i – Precipitação no dia i (mm); RO_i – Escoamento superficial no dia i (mm); I_i – Lâmina de irrigação líquida no dia i que infiltra no solo (mm); CR_i – Ascensão capilar proveniente da água subterrânea no dia i (mm); $ET_{c,i}$ – Evapotranspiração de cultivo no dia i (mm); DP_i – Perda de água na zona radicular por percolação profunda no dia i (mm).

Considera-se que a perda de água por percolação ocorre cada vez que o conteúdo de umidade disponível do solo na zona radicular for superior à Capacidade de Campo (CC). A capacidade de armazenamento de água no solo (CAD), considera a capacidade relativa total de água no solo (TAW) (mm m^{-1}) e a profundidade efetiva do sistema radicular (Z) (m), sendo o déficit de armazenamento hídrico (Dr) a diferença entre a CAD e o armazenamento em determinado instante (dia). Quando o perfil do solo, na profundidade efetiva do sistema radicular, é encontrado na capacidade de campo (CC), não há déficit de armazenamento. À medida que ocorre o processo de retirada de água do solo (evapotranspiração) o Dr vai aumentando e, caso não ocorra o evento de reposição hídrica (PPT ou irrigação), tende ao seu valor máximo e igual à TAW (Maschio, 2015).

Os dados de saída fornecidos pelo programa são a lâmina bruta, lâmina líquida de irrigação, o coeficiente de estresse hídrico (K_s), a depleção, ET_c ajustada. Fornecendo também o momento correto para aplicação da lâmina em dias para evitar o déficit hídrico na zona radicular ($Dr, i \leq AFA$). A lâmina líquida de irrigação deverá ser menor ou igual que déficit hídrico do perfil do solo ($I_i \leq Dr, i$).

O coeficiente de estresse hídrico (K_s) representada pela Eq. 10 permite descrever o efeito do déficit hídrico no solo na ET_c , assumindo-se que K_s reduz linearmente em proporção a redução da água disponível na zona radicular. A capacidade relativa real de água no solo (água facilmente disponível) ($RAW = p TAW$).

$$K_s = \frac{(ADT - D_r)}{(ADT - AFA)} \quad (10)$$

Em que: ADT – Água disponível total; D_r – Déficit de armazenamento hídrico no solo (mm m^{-1}) no dia i ; AFA – Água Facilmente Aproveitável.

A $ET_{c_{ajus}}$, equivalente a E_{Tr} , considerou-se a ET_c - derivada da E_{To} e do K_c , assim como, o coeficiente de estresse hídrico (K_s) (Eqs. 11 a 13).

$$ET_{c_i} = E_{To_i} K_{c_i} \quad (11)$$

$$ET_{c_{adj,i}} = ET_{c_i} K_{s_i} \quad (12)$$

ou

$$ET_{c_{ajus,i}} = E_{To_i} K_{c_i} K_{s_i} \quad (13)$$

Em que: ET_{c_i} – evapotranspiração da cultura no dia i ; E_{To_i} – evapotranspiração de referência no dia i (método FAO Penman-Monteith); K_{c_i} – coeficiente de cultivo no dia i ; $ET_{c_{adj,i}}$ – evapotranspiração real (E_{Tr}) no dia i ($ET_{c_{adj}} \leq ET_c$); K_{s_i} – coeficiente de estresse hídrico no dia i .

4.7 Análises dos dados

Todos os dados obtidos através das simulações foram analisados separadamente por ano (Muito Seco, Seco, Normal, Chuvoso e Muito Chuvoso) de acordo com os critérios estabelecidos em cada módulo do programa CROPWAT 8.0. Para as variáveis meteorológicas obtidas através das estações climáticas analisou-se as médias por ano/cenário a fim de observar as semelhanças além dos índices pluviométricos. Esses dados independem das informações da cultura, porém os seus resultados interferem no desempenho agrícola conforme descreveu Costa (2005).

A influência dos cenários climáticos foi verificada através dos valores obtidos para necessidades hídricas e desenvolvimento das cultivares conforme os ciclos. Também foi analisada qual configuração de irrigação fornece resultados mais semelhantes com dados reais, como propostas para programações futuras conforme semelhanças com os cenários propostos.

A análise estatística das variáveis foi realizada através das médias e desvios padrões, por Figuras de dispersão, pelo Software *Rstudio*.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Variáveis meteorológicas

Os valores absolutos da série histórica de 31 anos (1978 a 2008) para a variável precipitação pluviométrica (PP) foram avaliados ano a ano e conforme o total obtido, classificou-se a distribuição em cinco cenários climáticos (Muito Seco, Seco, Normal, Chuvoso e Muito Chuvoso) conforme a classificação da EMPARN (2011). De acordo com a descrição da Tabela 5, dos 31 anos analisados, seis se enquadraram como ano Muito Seco (19,5%), cinco como ano Seco (16,2%), doze como ano Normal (38,5%), enquanto os anos considerados Chuvoso e Muito Chuvoso foram três (9,6%) e cinco (16,2%), respectivamente.

Tabela 5. Agrupamento da série histórica (31 anos) nos cinco cenários em função das semelhanças entre si, quanto ao critério precipitação pluviométricas (mm ano⁻¹)

MS	S	N	C	MC
< 365,06 mm	> 365,06 a 551,70 mm	> 551,70 a 885,00 mm	> 885,00 a 1.046,53 mm	> 1.046,53 mm
1981 (365)	1979 (433,5)	1978 (577,1)	1986 (946,1)	1985 (1.933,6)
1983 (216)	1987 (406,2)	1980 (670,7)	2006 (925)	1989 (1.144,7)
1990 (279,8)	1988 (406,1)	1982 (726,1)	2007(933,6)	1994 (1.332,9)
1993 (286,3)	1999 (529,7)	1984 (874,1)	-	2002 (1.046,8)
1998 (285)	2005 (544,7)	1991 (626,5)	-	2004 (1.191)
2001 (323,2)	-	1992 (687,5)	-	-
-	-	1995 (767,1)	-	-
-	-	1996 (690,9)	-	-
-	-	1997 (714,9)	-	-
-	-	2000 (870,4)	-	-
-	-	2003 (875,6)	-	-
-	-	2008 (742,7)	-	-

Cenários: MS – muito seco; S – seco; N – normal; C – chuvoso e MC – muito chuvoso.

O comportamento das variáveis climáticas que influenciam nos resultados da ETo, são a precipitação total e efetiva, a temperatura mínima, temperatura máxima, umidade relativa, insolação e radiação, foram representados para as três épocas de semeaduras propostas (C-01: 10/jun. a 18/ago., C-02: 10/set. a 18/nov. e C-03: 10/out. a 18/dez.)

compreendendo 70 dias equivalente ao maior número de dias por ciclo do meloeiro (inodoros e aromáticos) trabalhados na pesquisa.

5.1.1 Precipitação pluviométrica total (PPT) e efetiva (PPef) ao longo da série histórica

Em avaliação a cada dez anos seguidos da PPT de cada mês representados na Figura 11, na primeira década (1979 a 1988), foi verificado um volume total de 6.977,4 mm, devido, em grande parte, à contribuição do comportamento atípico do ano de 1985, onde, neste ano registrou-se precipitação de 1.933,6 mm, cenário muito chuvoso. Observa-se também, que neste decênio ocorrem cinco anos com precipitação classificada como muito seco a seco (1979, 1981, 1983, 1987 e 1988) com precipitação mínima de 216,0 mm no ano de 1983 e máxima de 433,5 mm no ano de 1979. O ano de 1983 não choveu em sua totalidade o mínimo requerido pela cultura do meloeiro (300 mm). Nesse decênio o comportamento pluviométrico temporal, segundo a EMPARN (2011), para os anos classificados como muito seco e seco foi 26,1%, nos anos classificados como normal foi 32,5% e para os anos classificados como chuvoso e muito chuvoso foi 41,2%.

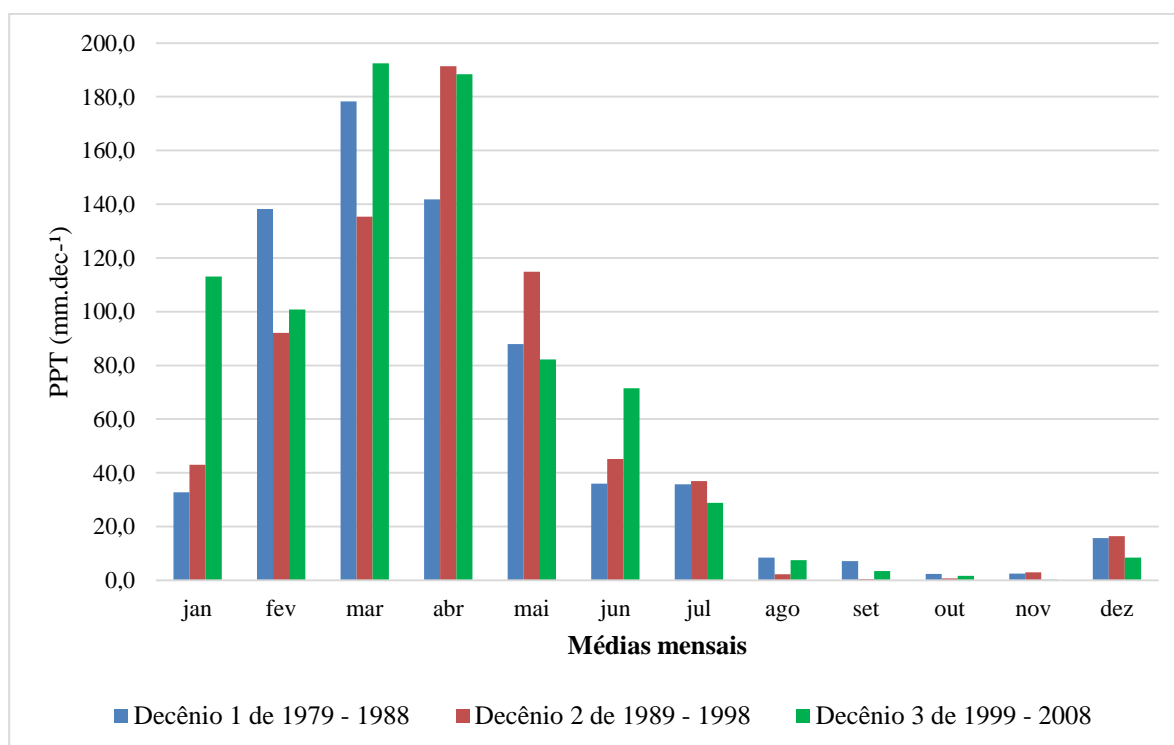


Figura 12. Valores médios amostrais da precipitação pluviométrica total - PPT (mm dec-1) em cada mês, durante cada decênio seguido dos dados obtidos

O segundo decênio, que compreende os anos de 1989 a 1998, registrou a menor lâmina, dentre as décadas analisadas, com 6.815,60 mm. Neste decênio, registrou-se o maior número de precipitação classificadas como anos normais (1991, 1992, 1995, 1996 e 1997), três anos considerados como muito seco (1990, 1993 e 1998) e dois muito chuvosos (1989 e 1994). A máxima precipitação no decênio ocorreu em 1994 (1.332,9 mm), enquanto a mínima ocorreu em 1990 (278,8 mm). O comportamento pluviométrico temporal, segundo a EMPARN (2011), foi de 12% classificado como muito seco, 51% como normal e 36% como muito chuvoso.

Ao analisar o terceiro decênio, compreendido entre os anos de 1999 a 2008, estes, registraram os maiores índices de precipitação total, 7.982,70 mm. Destes, quatro anos (2002, 2004, 2006 e 2007) apresentaram precipitações pluviométrica entre 925 a 1.332,9 mm. A menor e maior precipitação ocorrida foi em 1999 e 2004, 529,7 e 1.191 mm respectivamente. Neste decênio, o comportamento pluviométrico temporal, segundo a EMPARN (2011), para os anos classificados como muito seco e seco foi de 17,5%, enquanto nos anos classificados como normal foi de 31,2% e para os anos classificados como chuvoso e muito chuvoso foi de 51,3%.

Comparando os decênios, foi observado que as melhores distribuições de precipitações ocorreram no segundo decênio (Figura 11), com cinco anos classificados como ano normal e dois anos como muito chuvoso, enquanto o pior cenário ocorreu no primeiro decênio com cinco anos classificados como muito seco a seco, três anos classificados como normal e dois chuvoso a muito chuvoso, apesar de neste decênio ter ocorrido um ano com a maior precipitação da série histórica estudada. Fato este, que elevou o percentual total do decênio.

Com relação às precipitações mensais analisadas nos três decênios, observou-se que o mês de março e abril foram os que apresentaram as maiores precipitações, seguidos por fevereiro e maio formando o quadrimestre mais chuvoso na região do Polo Jaguaribe-Açu, fato confirmado por Diniz *et al.* (2015). Enquanto as menores precipitações ocorreram nos meses de janeiro, junho e julho, com exceção do mês de janeiro do terceiro decênio onde ocorreu precipitação de 113 mm.

Destes dados, reconhece-se que a desuniformidade de distribuição pluviométrica entre os anos analisados reforça a instabilidade das condições climáticas da região para o suprimento hídrico necessário para a agricultura local. Constatou-se também, que das precipitações pluviométricas ocorridas nos meses de junho e julho, 20% e 15%,

respectivamente, foram em anos muito secos a secos, já em anos considerados muito chuvosos e chuvosos somam 44% para junho e 49% para julho dos índices registrados, já nos anos normais os meses de junho e julho registraram a mesma precipitação de 35%, na série histórica.

As ocorrências de chuvas do mês de dezembro podem ter relação com o comportamento pluviométrico temporal, visto que 61% das precipitações ocorridas nesse mês foram em anos chuvosos a muito chuvosos, outros 17% em anos normais e 21% nos anos muito secos a secos.

A PPef medida pelo programa CROPWAT 8.0 na razão de 80% da PPT, considera somente o volume precipitado disponível às plantas, visto na Figura 12 em totais de decênios, em que as maiores médias mensais foram observadas nos meses de março e abril, valores superiores a 100 mm. Quanto à frequência de distribuição nos meses chuvosos, observou-se irregularidade de precipitação, no entanto, quando foi analisado o quadrimestre mais chuvoso, foi percebida grande variação de precipitação no mês de maio com 248,0 mm no ano de 1995 e 4,4 mm no ano de 1998, esta irregularidade pluviométrica acarreta prejuízos ao produtor que não dispõe de suplementação hídrica para sua cultivar.

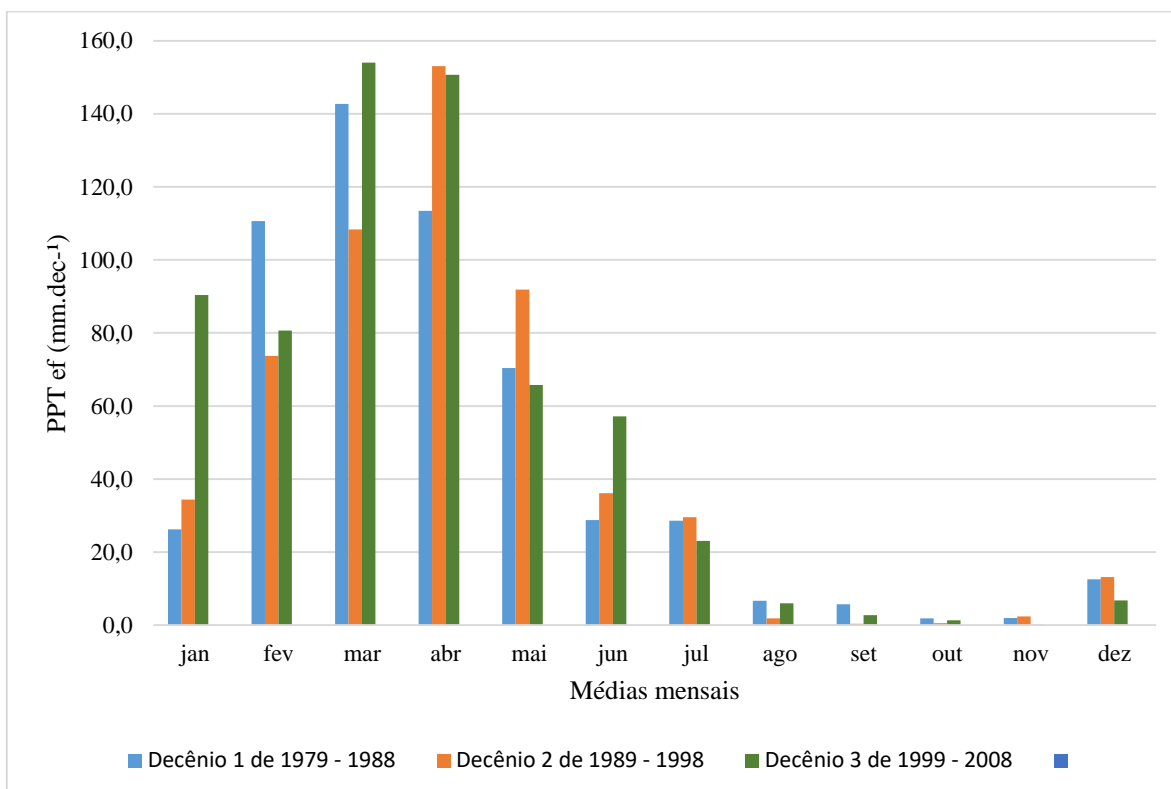
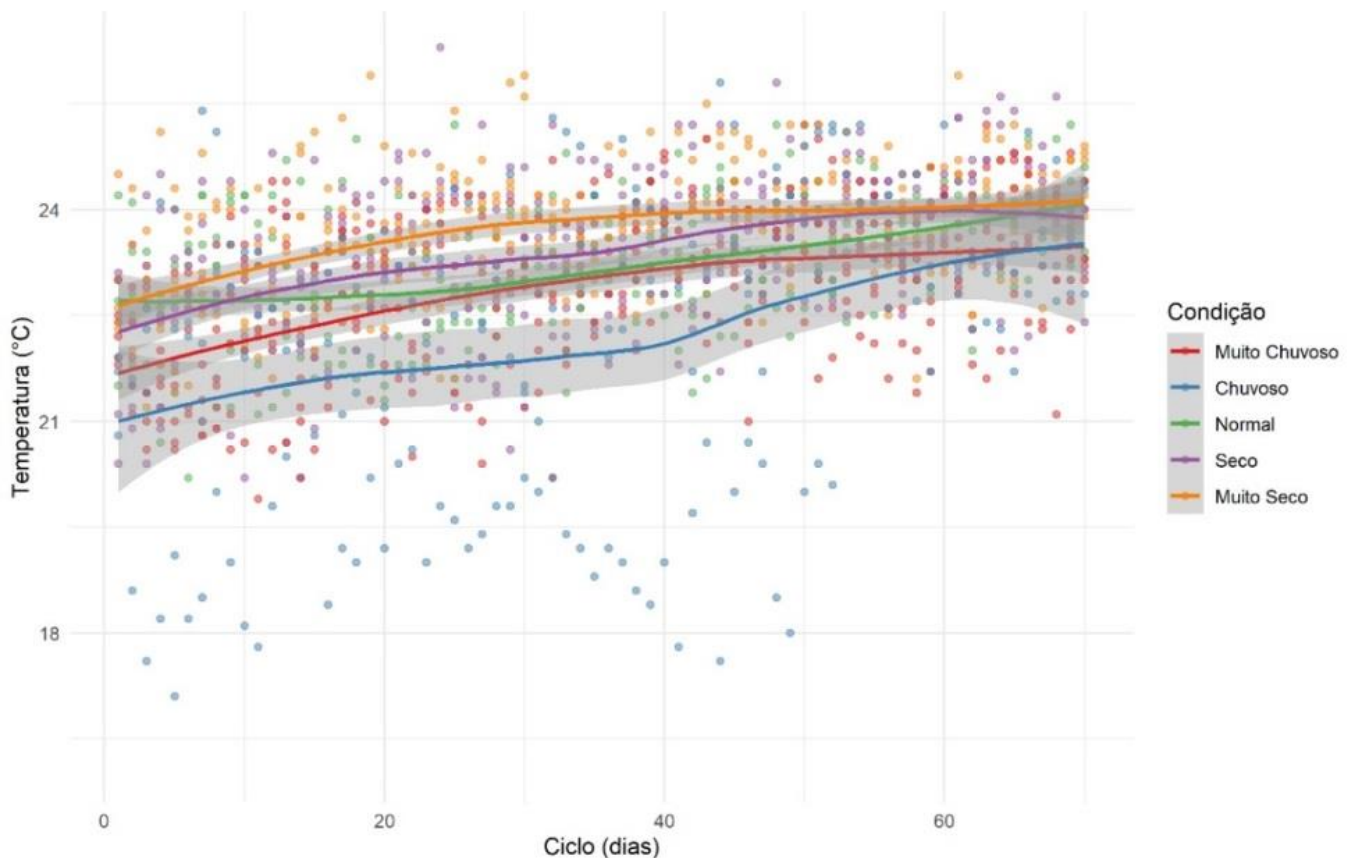


Figura 13. Valores médios amostrais da precipitação pluviométrica efetiva – PPef (mm dec⁻¹) em cada mês, durante cada decênio seguido dos dados obtidos

5.1.2 Registro da ocorrência da temperatura mínima (°C) para os três ciclos de semeaduras do meloeiro

Na Figura 13, quando analisado o comportamento da temperatura mínima ao longo do ciclo do meloeiro para a série histórica, verifica-se que para os três ciclos nos cenários de muito seco a seco a variável supera as temperaturas para as demais condições. Detectou-se que ao longo do C-01 (10/jun. a 18/ago.), conforme observado através da Figura 13A, os valores de temperatura mínima registrados nos cinco cenários de comportamento pluviométrico temporal foram de: 18,7 a 25,3 °C no cenário muito seco, de 19,3 a 25 °C no cenário seco, enquanto no cenário normal essa variação foi de 16,5 a 25 °C. Quando analisados os cenários chuvoso e muito chuvoso os valores registrados foram de 18,1 a 24,9 °C para o chuvoso e 17,4 a 25,4 °C para o cenário muito chuvoso.

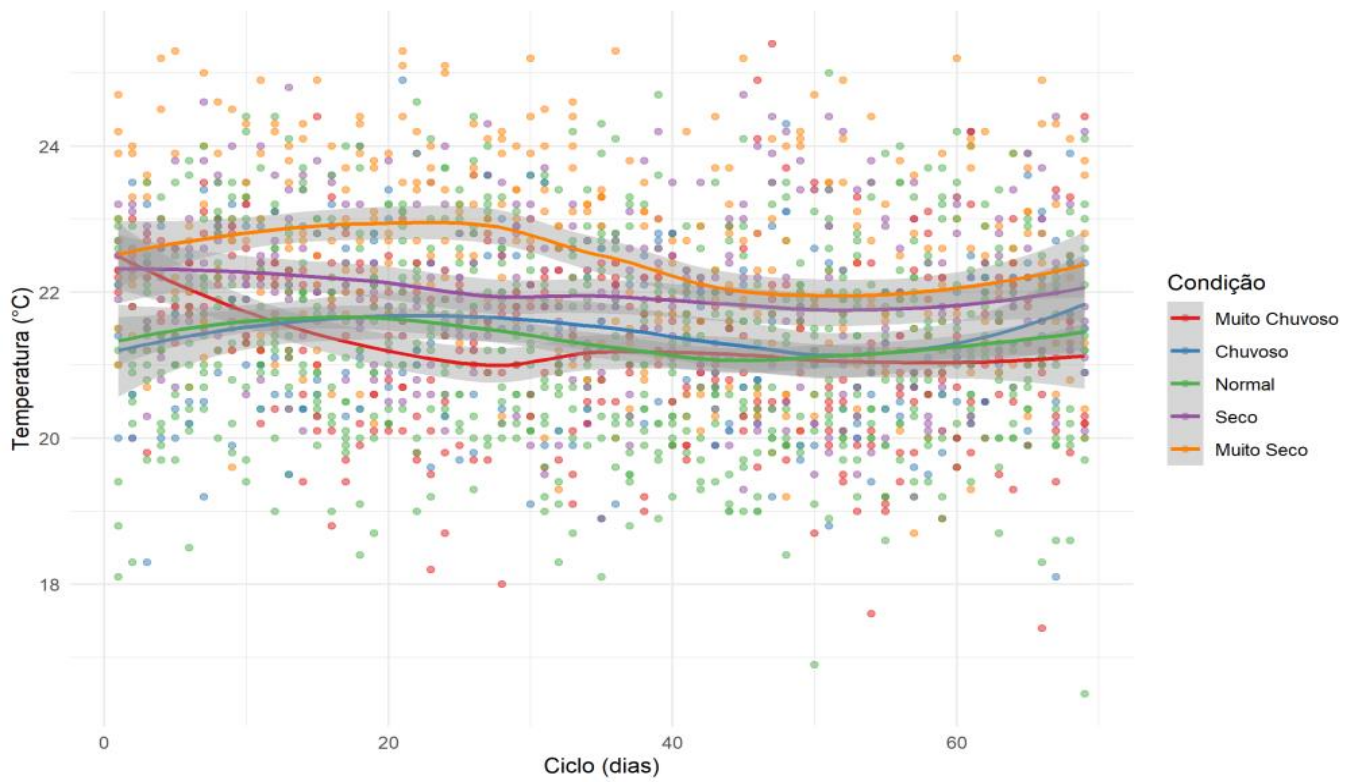
A.



Continua

Figura 14. Continuação

B.



C.

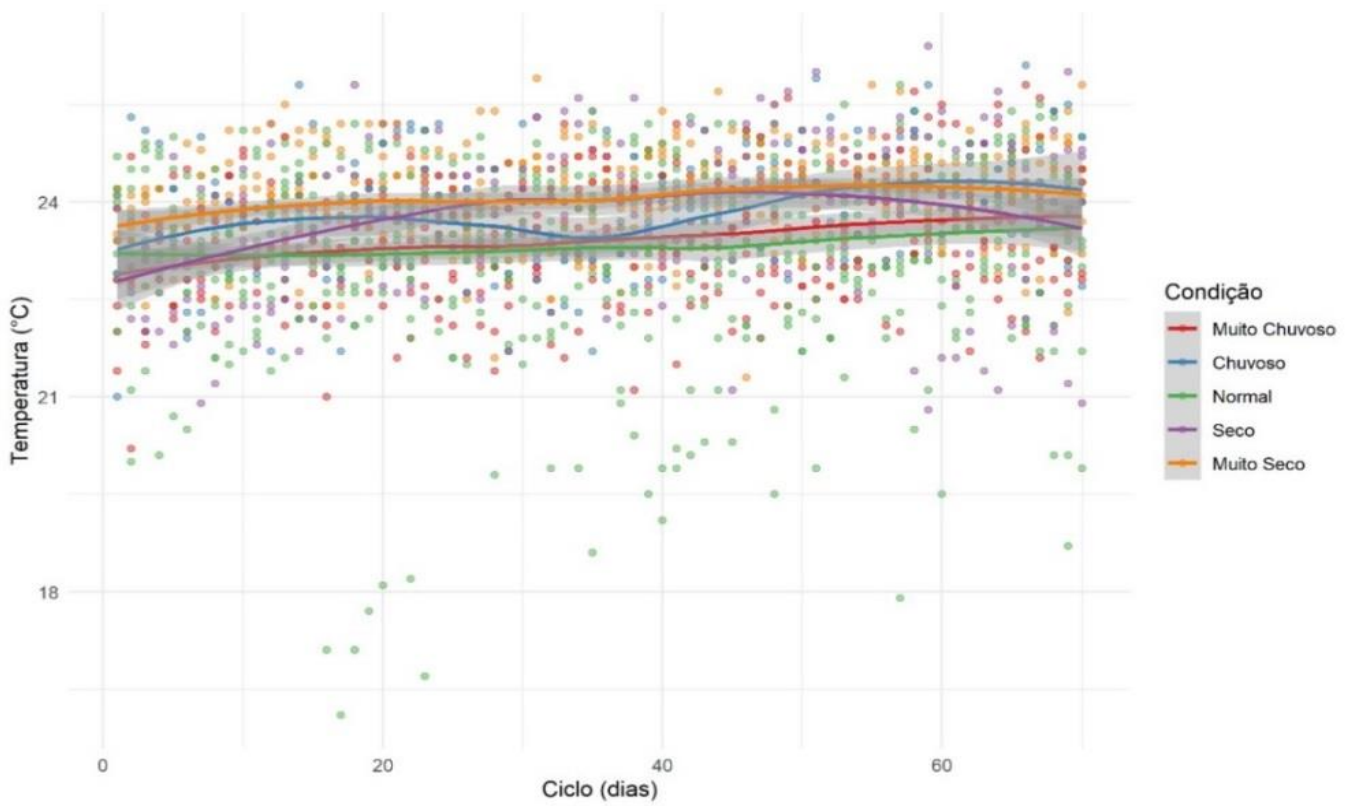


Figura 14. Ocorrência da variável temperatura mínima (°C) para os três ciclos da cultura do meloeiro nos cinco cenários climáticos. A. Ciclo 01, B. Ciclo 02 e C. Ciclo 03

Quanto ao C-02, Figura 13B, para o cenário MS a temperatura mínima variou de 21,2 a 25,9 °C, para o cenário S foi de 19,3 a 25 °C, no cenário N 20,2 a 26,3 °C, já para os cenários C e MC as variações foram de 17,1 a 25,8 °C e 19,9 a 25,2 °C, respectivamente. Nesse ciclo, as maiores variações de temperatura mínima ocorreram para as condições de chuvoso (8,7 °C) e para a condição normal (6,1 °C), enquanto a menor variação ocorreu para a condição muito seco (4,7 °C).

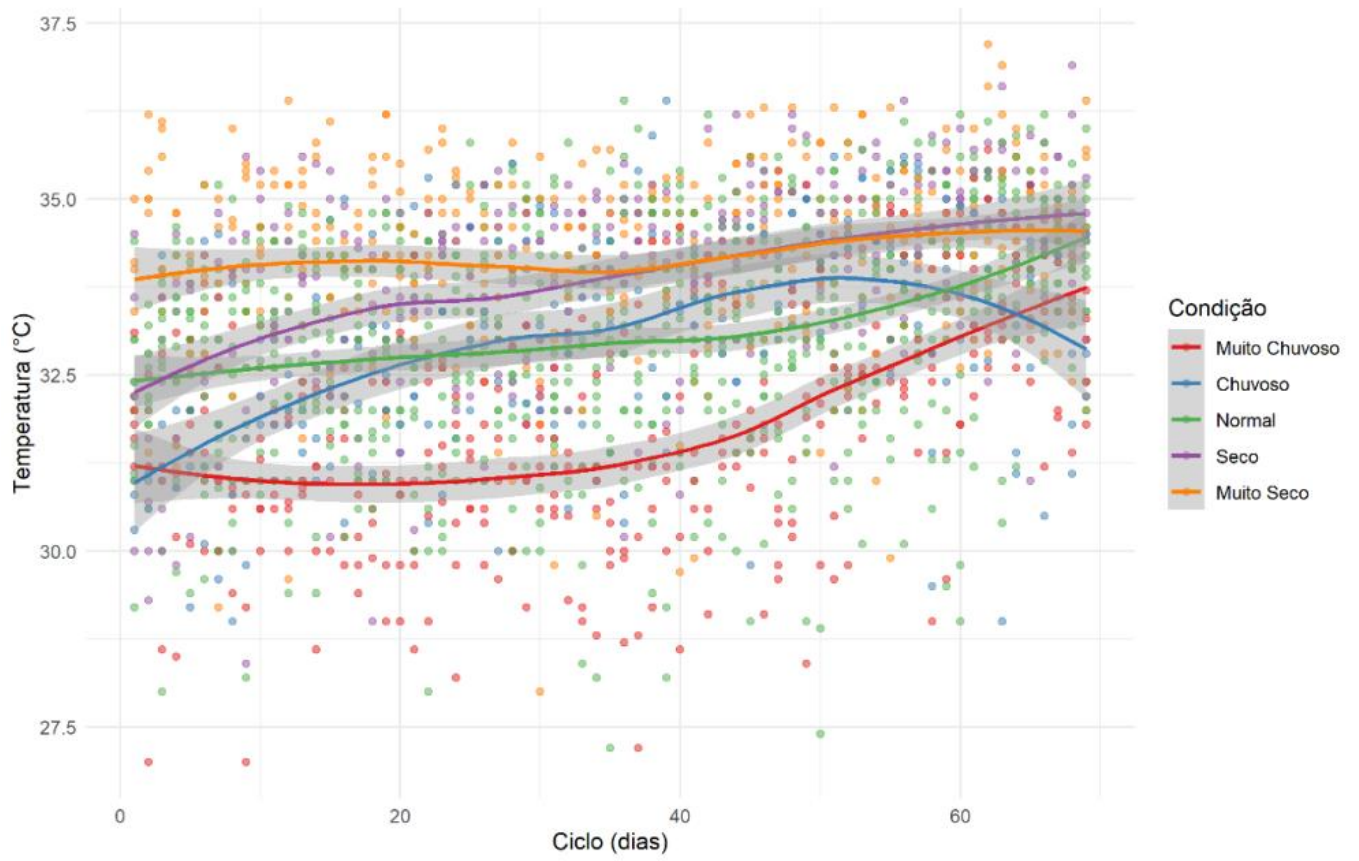
A Figura 13C representa a tendência da temperatura mínima no C-03, sendo identificados os valores de 21,3 e 25,9 °C para mínima e máxima respectivamente, no cenário MS, sendo de 20,8 a 26,4 °C para S, de 16,1 a 25,8 °C para o cenário N, de 21 a 26,1 °C no cenário C e para o MC variou de 20,2 a 25,8 °C. Nesse ciclo, as médias de temperaturas mínimas nos cenários mais extremos de déficit hídrico foram de 24,1 °C para MS e 23,9 °C para S e C, com 23,4 °C para N e MC.

Machado *et al.*, (2017) relacionaram a aptidão agroclimática do melão nos municípios da região sudoeste do Mato Grosso, para regiões com temperaturas entre $20 \leq a \leq 30$ °C e com precipitações de 0 – 393 mm com recomendações das melhores datas de sementeiras. O autor considera que o rendimento do meloeiro é melhor em áreas que ocorrem déficit hídrico, entretanto, deve ser observado que tanto o excesso quanto a escassez afetam fisiologicamente a planta e o desenvolvimento do fruto. Dentre os cinco cenários os maiores valores para temperatura mínima são do cenário MS para as três épocas de sementeiras, com média de 24 °C.

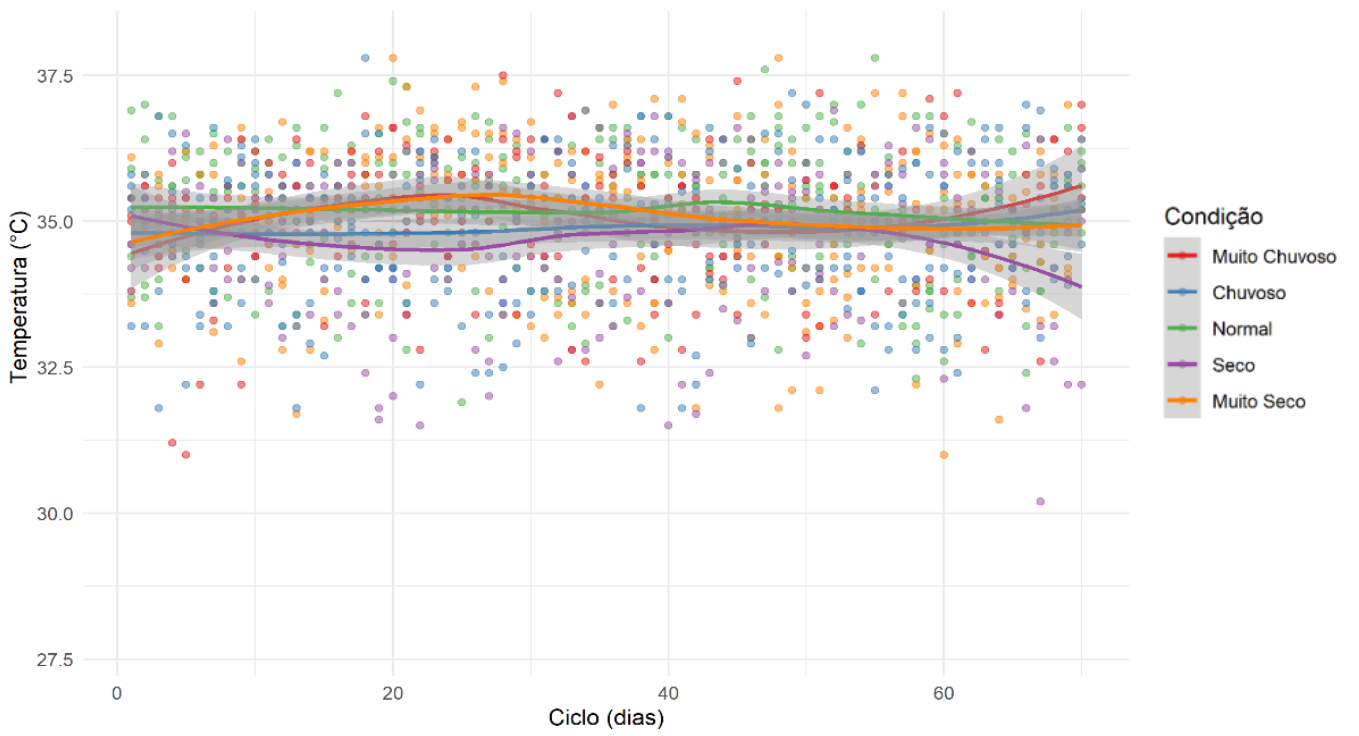
5.1.3 Registro da ocorrência da temperatura máxima (°C) para as três épocas de sementeiras do meloeiro

Na Figura 14, foi verificado o comportamento da temperatura máxima ao longo dos três ciclos do meloeiro, destacando que para C-01 e C-02 nos cenários de muito seco a seco a variável supera as demais condições. Verificou-se que, ao longo do C-01 (10/jun. a 18/ago.), conforme pode ser observado através da Figura 16A, os valores de temperatura máxima registrados nos cinco cenários foram de: 28 a 37,2 °C no cenário muito seco, de 28,4 a 36,9 °C no cenário seco, enquanto no cenário normal essa variação foi de 27,2 a 36,4 °C. Já ao serem analisados os cenários chuvoso e muito chuvoso, os valores registrados foram de 29 a 36,4 °C para o chuvoso e 27 a 35,7 °C para o cenário muito chuvoso.

A.



B.



Continua...
Continua...

Figura 15. Continuação

C.

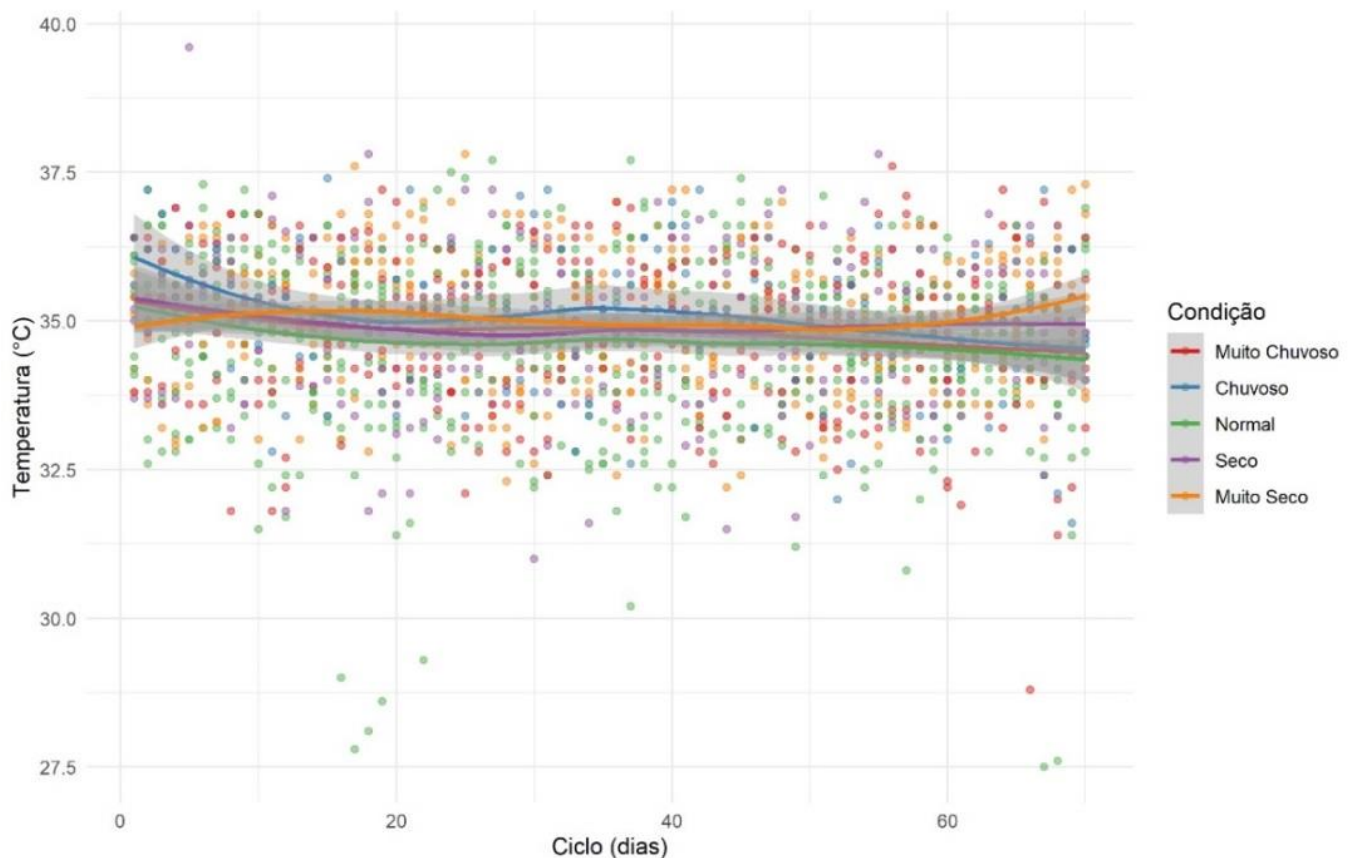


Figura 15. Ocorrência da variável temperatura máxima (°C) para os três ciclos nos cinco cenários climáticos. A. Ciclo 01, B. Ciclo 02 e C. Ciclo 03

Para a mesma variável no C-02, observada através da Figura 14B, o cenário MS a temperatura máxima variou de 31,9 a 37,8 °C, para o cenário S foi de 31 a 39,6 °C, no cenário N 27,8 a 38,1 °C, já para os cenários C e MC as variações foram de 31 a 37,5 °C e 31,8 a 37,8 °C, respectivamente. Observou-se que neste ciclo, as maiores variações de temperatura máxima ocorrem para as condições de anos normais (10,3 °C), seguido da condição anos secos (8,6 °C), enquanto as menores variações ocorreram para a condição muito seco (5,9 °C), seguidos por 6 e 6,5 °C, para anos muito chuvosos e chuvosos, respectivamente.

As variações diárias para o C-02 de temperatura máxima registraram valor de até 39 °C, estando muito próximo ao limite de 40 °C obtido por Machado *et al.* (2017) e Crisóstomo *et al.* (2002) para a cultura do meloeiro.

A Figura 14C representa a ocorrência da temperatura máxima no C-03, sendo identificados os valores de 32,2 a 37,8 °C para mínima e máxima respectivamente, no cenário MS, sendo de 31 a 39,6 °C para S, de 27,5 a 37,7 °C para o cenário N, de 31,6 a 37,4 °C no

cenário C e para o MC variou de 28,8 a 37,6 °C. Nesse ciclo, as médias de temperaturas máximas foram de 35 °C para MS, S e C, já para N e MC a média foi de 34,7 °C.

As médias da temperatura máxima obtidas para os três ciclos foram semelhantes aos valores recomendados por Machado *et al.* (2017), que consideraram as temperaturas acima de 30 °C e abaixo de 40 °C favoráveis ao cultivo do meloeiro. No cenário MS cultivado em C-01, foi verificada uma temperatura máxima mais favorável ao cultivo do meloeiro do que para igual período em cenário muito chuvoso com média de 31,8 °C com diversos registros que não ultrapassam 27,5 °C, pois conforme relatado por Crisostomo *et al.* (2002) temperaturas abaixo 30 °C, são consideradas como não favoráveis ao meloeiro.

A EMBRAPA (2010) afirmou que a germinação é uma das fases menos exigentes dessa variável, podendo variar de 18 °C a 45 °C, situando-se como faixa ideal entre 25 a 35 °C, nenhum dos ciclos registrou valores acima de 45 °C e os C-02 e C-03 registraram média de 35 °C nessa fase. Já para o desenvolvimento da cultura, a faixa ótima é de 25 °C a 30 °C, segundo o mesmo autor, o C-01 na condição climática muito chuvosa foram registrados valores semelhantes durante essa fase, já em C-02 e C-03 a faixa de temperatura máxima obtida foi de 32,5 a 37,5 °C nos cinco cenários, ultrapassando os valores de referências.

A variação registrada para a temperatura máxima ao longo de um ciclo chegou a mais de 10 °C no presente estudo, e de acordo com Guedes (2009), essas mudanças nos valores de temperaturas podem influenciar na incidência de doenças em plantas, principalmente nas épocas de plantio e colheita.

5.1.4 Ocorrências da ocorrência da umidade relativa (%) para as três épocas de semeaduras

Conforme representado pela Figura 15, o comportamento da umidade relativa ao longo do ciclo do meloeiro apresenta para os três ciclos nos cenários de muito chuvoso a chuvoso, a variável mencionada supera o percentual das demais condições. No C-01 a umidade relativa do ar diária variou 45 a 95% e de 50 a 95% nos cenários C e MC, respectivamente (Figura 17A), e médias de 69,3 e 76,8%. No cenário MS, para o mesmo ciclo, o valor mínimo atingido foi de 38%, com média de 59%, já a variação para as duas condições S e N, foram de 41 a 93%, com médias de 64,7 e 67,4%, respectivamente.

Para os cultivos realizados no C-02, as variações entre as médias foram pequenas, 59,6% para a condição MS, 61% para S e 62% para as demais condições climáticas, como pode ser visto na Figura 15B. No entanto, a maior variação entre valor mínimo e máximo ao

longo do ciclo ocorreu no cenário N, cujos valores foram 43 e 90%, respectivamente. Já para as condições C e MC, as variações foram de 50 a 85% e de 48 a 75%.

Na Figura 15C, pode ser observado que no C-03, a umidade relativa variou de 45 a 84% no cenário MS. Já para o cenário S, o valor mínimo registrado foi de 49% e máximo de 79%, na condição de anos normais a variação foi de 45 a 90%. Ainda para as condições C e MC foram de 51 a 75%, e 40 a 90%, respectivamente.

Com base nos três ciclos de cultivo estudados, os meses com valores percentuais mais baixos de UR são setembro, outubro e novembro, o que corresponde ao C-02 com mínima chegando à 38% e média variando de 59,6 à 62,8%. Essa condição climática não interfere no desenvolvimento do meloeiro, confirmada por Sousa *et al.* (2018) que obtiveram resultados satisfatórios quanto à fisiologia das plantas de meloeiro em experimento conduzido com UR média de 60%.

No entanto, a condição climática MC no C-01 apresentou valores de umidade que podem desfavorecer o cultivo do meloeiro com registros de umidade relativa ultrapassando 80% em vários dias do ciclo. Esse dado corrobora com Melo *et al.* (2020) que afirmam sobre a melancia se desenvolver bem em UR de 60 a 80%, porém valores acima favorecem o surgimento de doenças.

A.

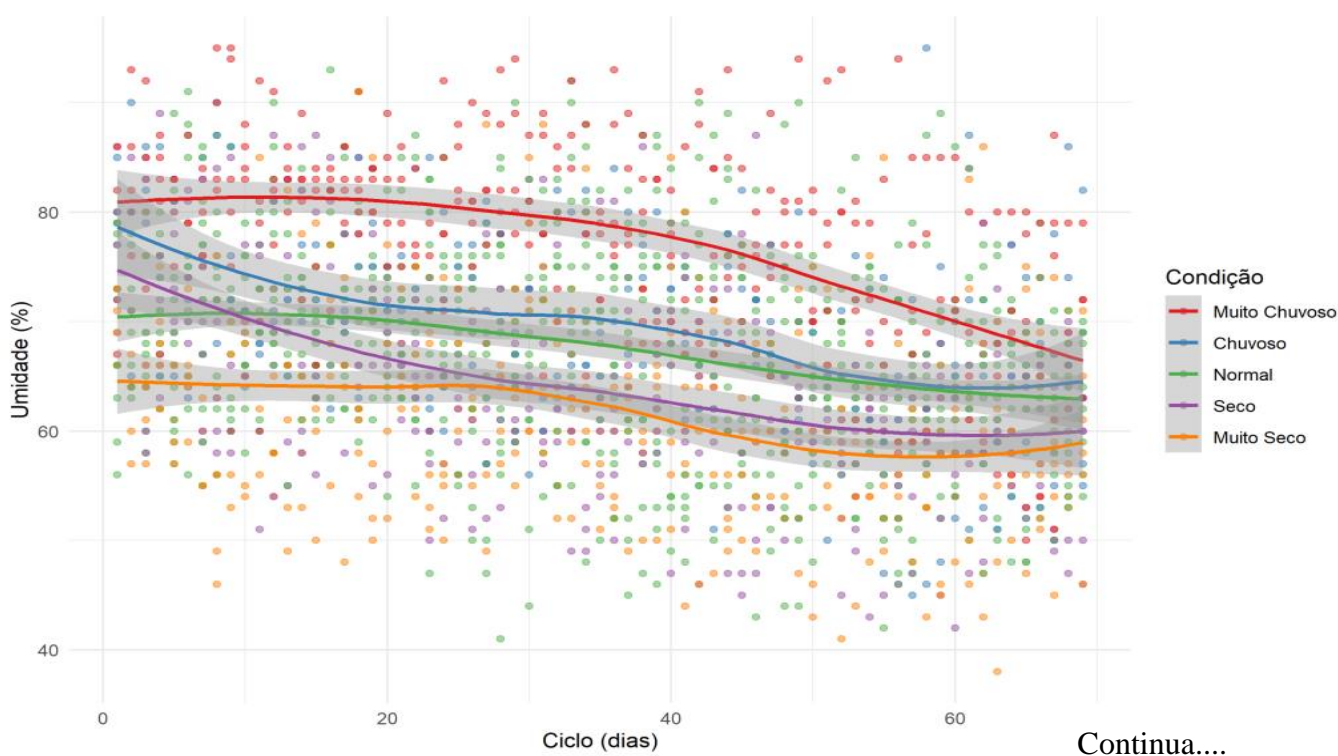
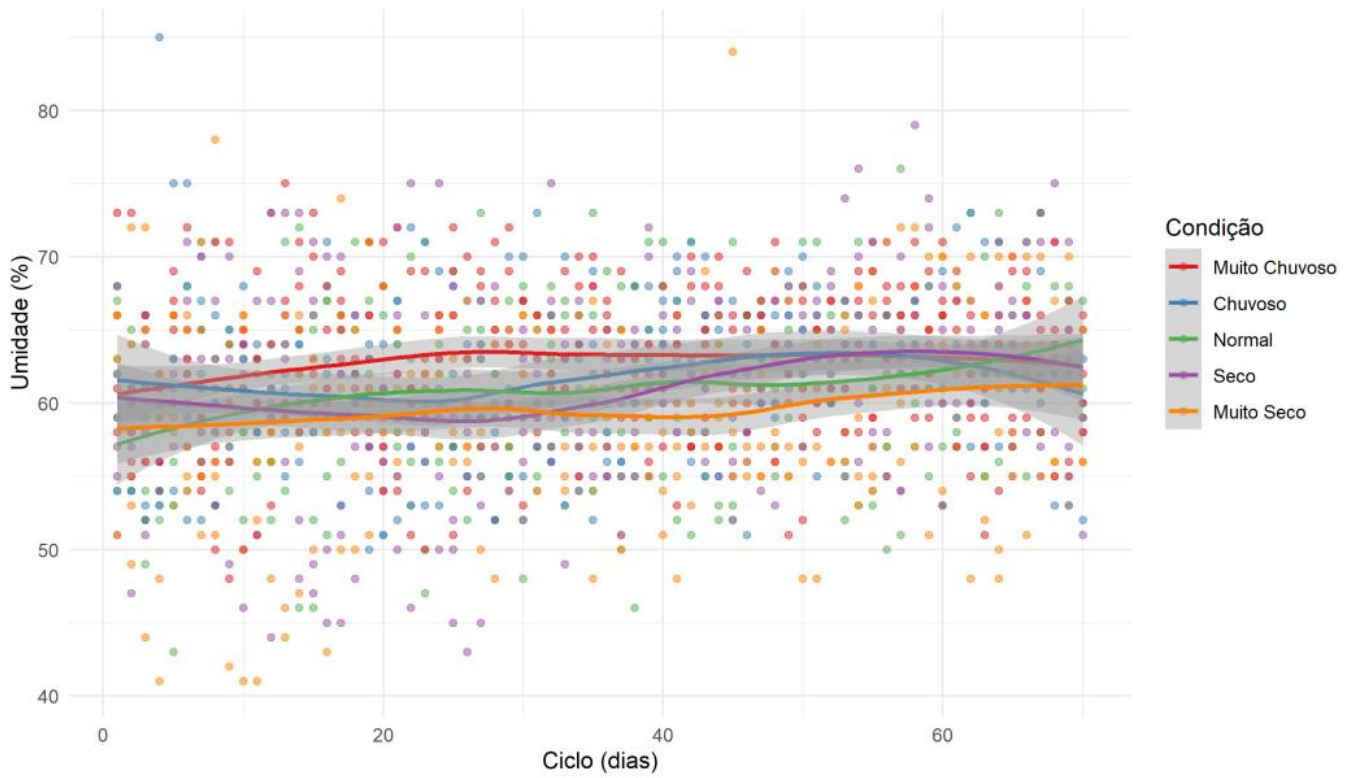


Figura 16. Continuação

B.



C.

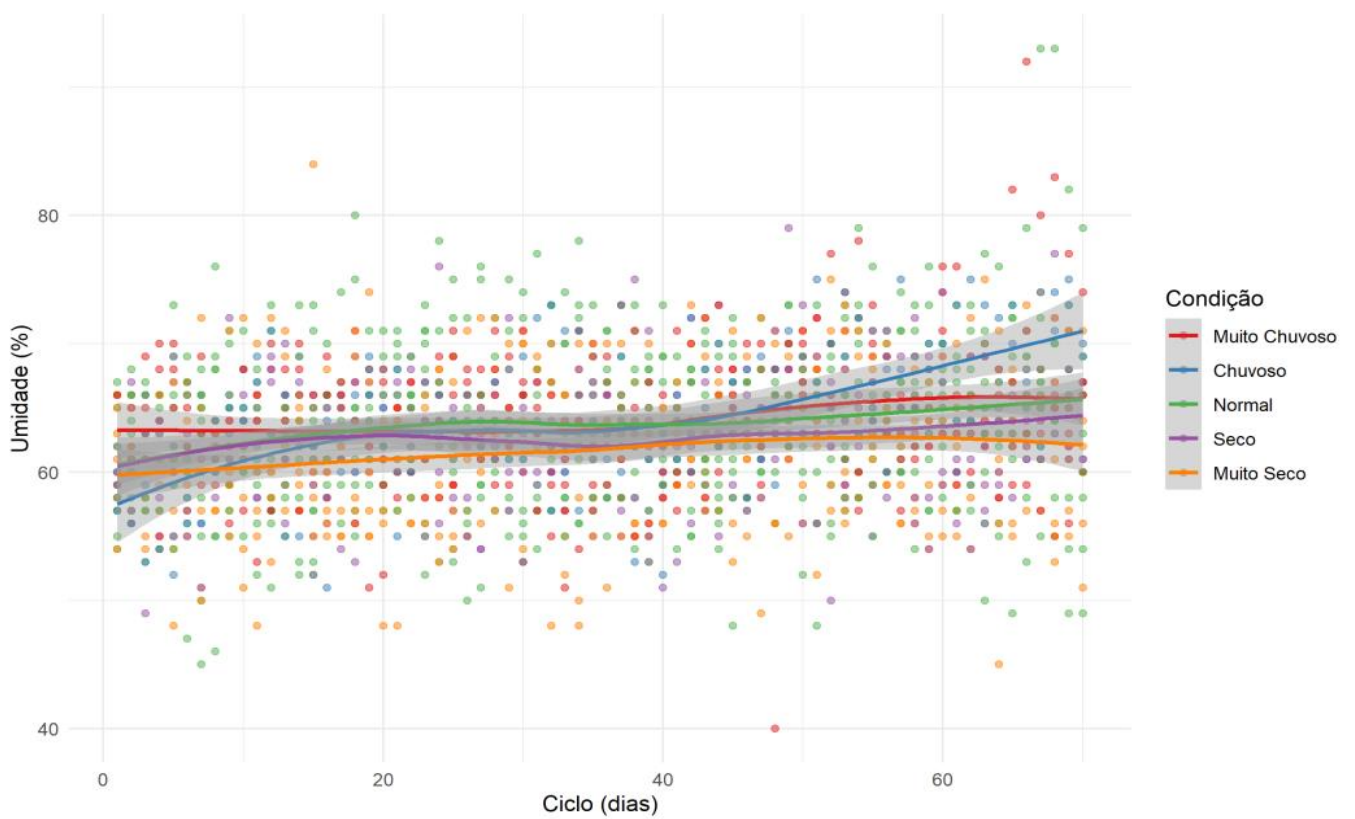


Figura 16. Ocorrências da variável umidade relativa (%) para os três ciclos nos cinco cenários climáticos. A. Ciclo 01, B. Ciclo 02 e C. Ciclo 03

5.1.4 Ocorrências da ocorrência da insolação (horas) para as três épocas de semeaduras

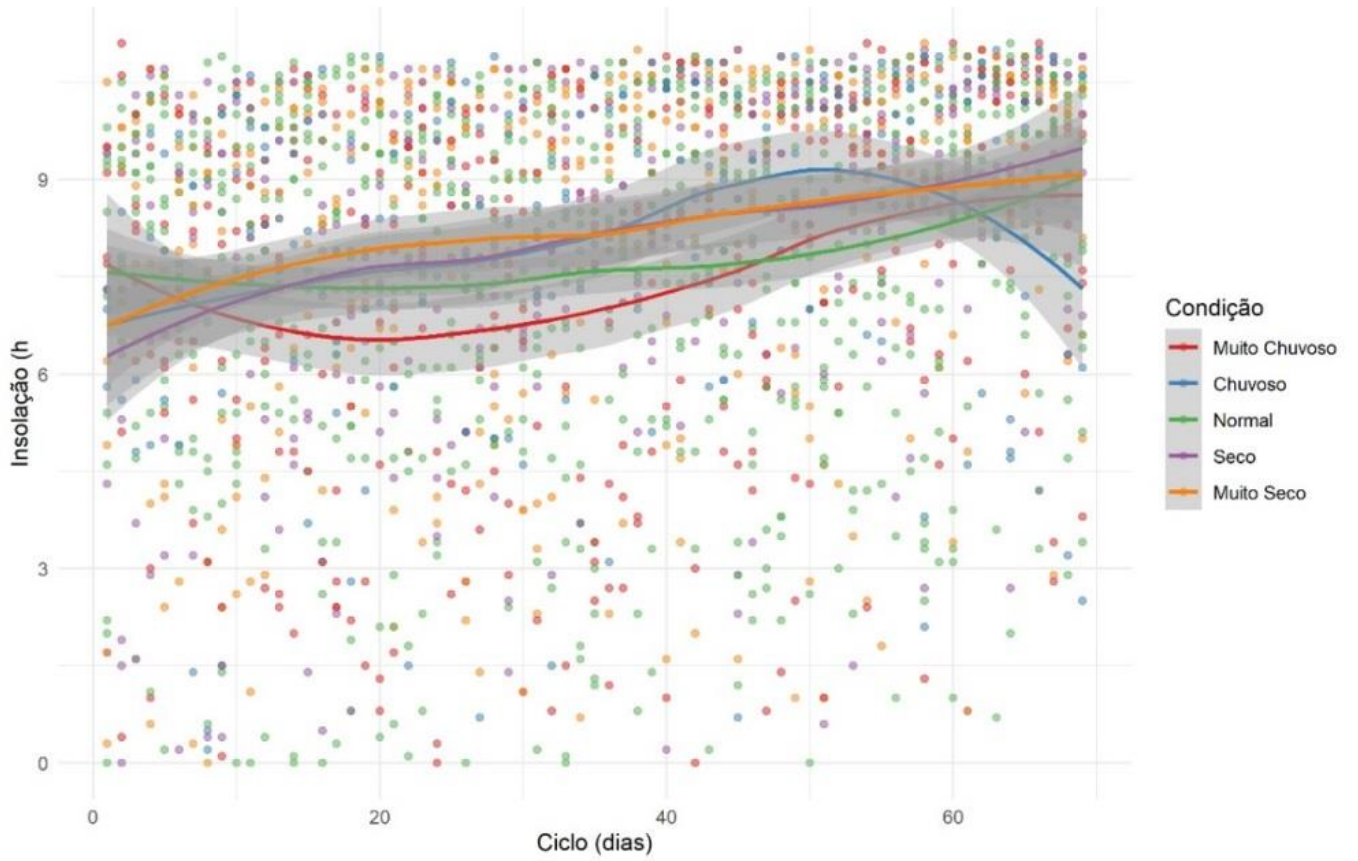
O comportamento da variável insolação pode ser observado através da Figura 16 para os três ciclos de cultivo do meloeiro. Na Figura 16A, em que é contemplado o C-01, as condições de anos muito seco e seco apresentaram médias que superaram as demais condições, 8,2 e 8,0 h, respectivamente, as máximas de 11 h foram iguais para todos os cenários observados e tendo como a menor média observada para o cenário muito chuvoso, o dado de 7,5 h.

No entanto, nesse ciclo os valores foram mais dispersos, com horas diárias de sol registradas muito baixas, provavelmente refere-se a dias nublados, condição essa que diminui o desempenho do meloeiro, corroborando com Melo *et al.* (2020) que destacaram que a produção de cucurbitácea em baixa insolação, resulta em frutos de má qualidade, devendo-se optar por épocas de plantio que apresentem dias mais longos.

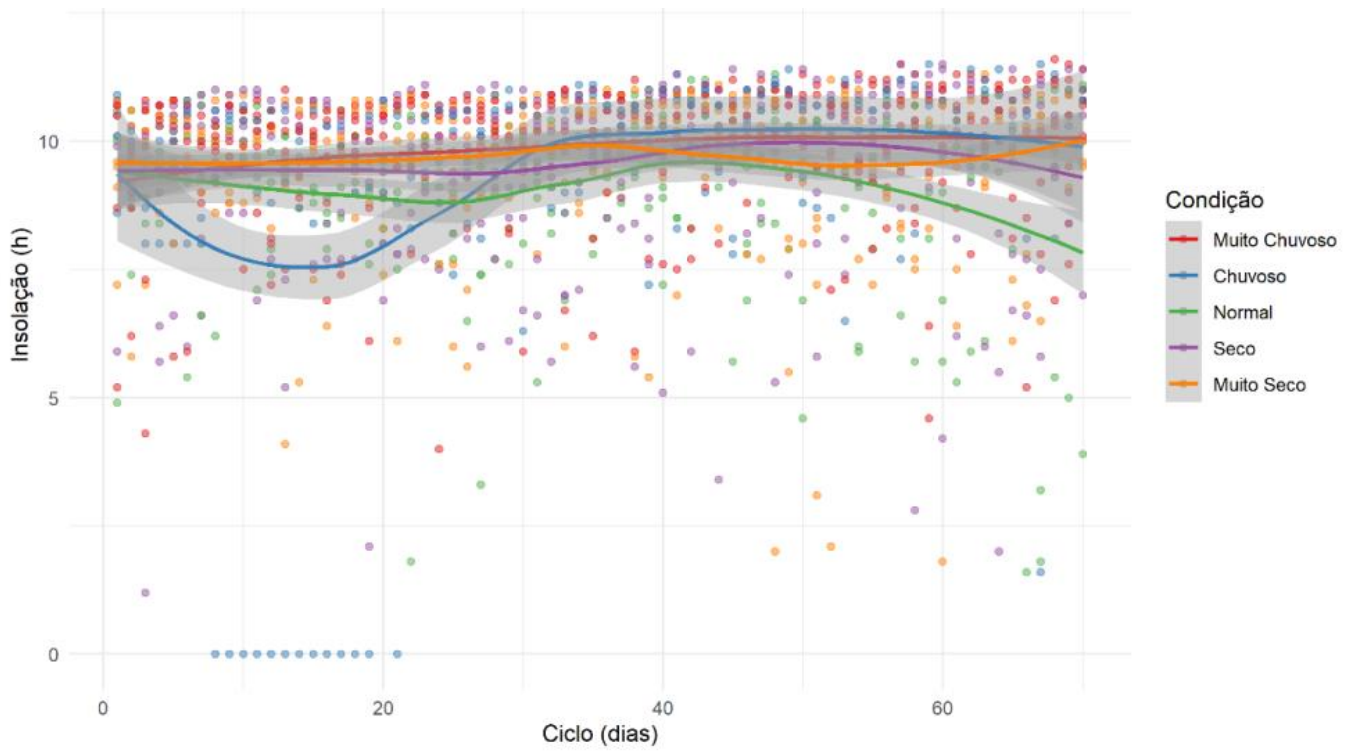
Quando observado o C-02, na condição de anos normais, o número de horas de sol em um dia chegou à máxima de 14 h com média de 9,2 h, já para os demais cenários muito secos, seco, chuvoso e muito chuvoso registraram médias entre 9,6 e 9,9 h, com máximas de 11,5 h para todas as condições (Figura 16B). Essa variável está inversamente relacionada com a umidade relativa, confirmando que o C-02 foi o ciclo mais quente, com menores valores de umidade e maior quantidade de horas de sol diárias.

No C-03 representado pela Figura 16C, as variações dos valores da insolação foram semelhantes aos obtidos pelo C-02 para os cinco cenários climáticos. Sendo assim, os dias mais longos puderam ser visto para os C-02 e C-03. Para essa condição, o desenvolvimento do meloeiro apresenta resultados satisfatórios por ser exigente em luminosidade, porém, conforme relatado por Crisóstomo *et al.* (2002), dias longos podem influenciar no desenvolvimento da folhagem e emissão de flores masculinas no meloeiro.

A.



B.



Continua....

Figura 17. Continuação

C.

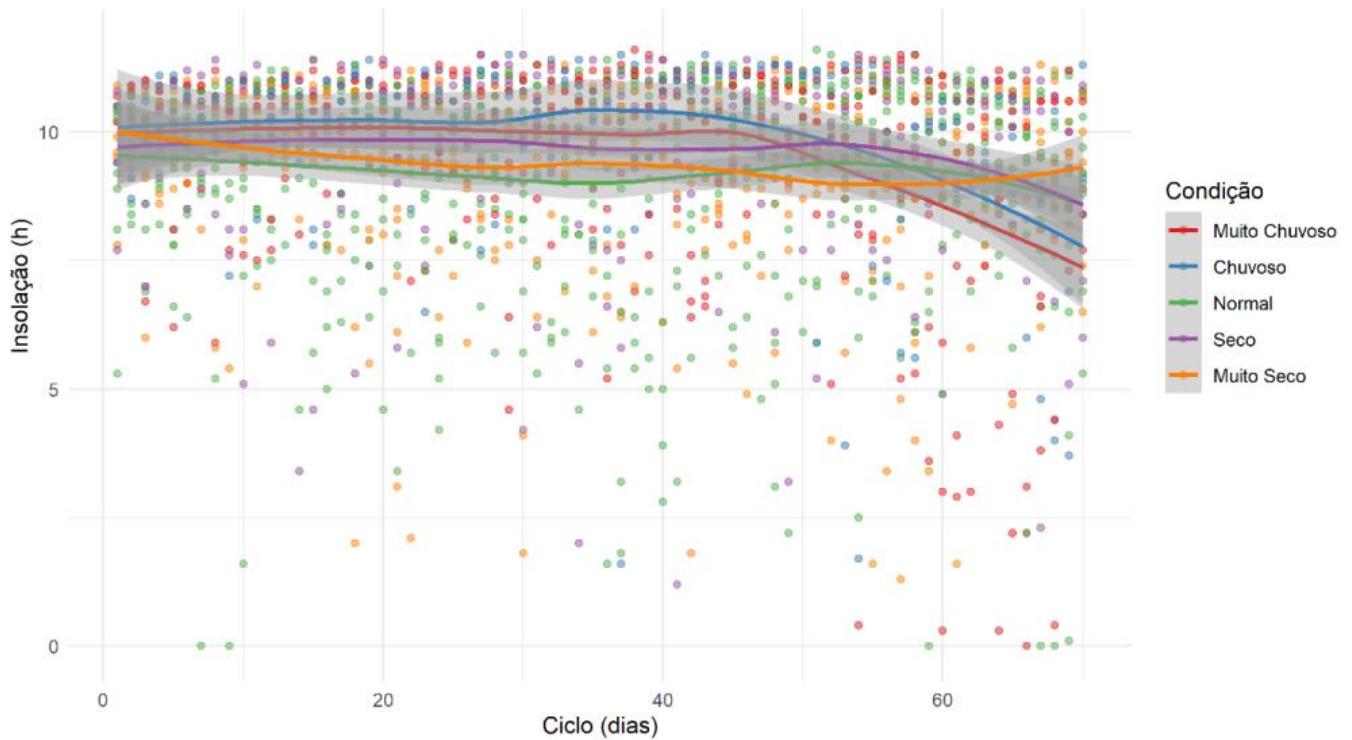


Figura 17. Ocorrências da variável Insolação (horas) para os três ciclos nos cinco cenários climáticos. A. Ciclo 01, B. Ciclo 02 e C. Ciclo 03

5.1.5 Ocorrências da ocorrência da radiação solar ($\text{MJ m}^2 \text{ dia}^{-1}$) para as três épocas de semeaduras

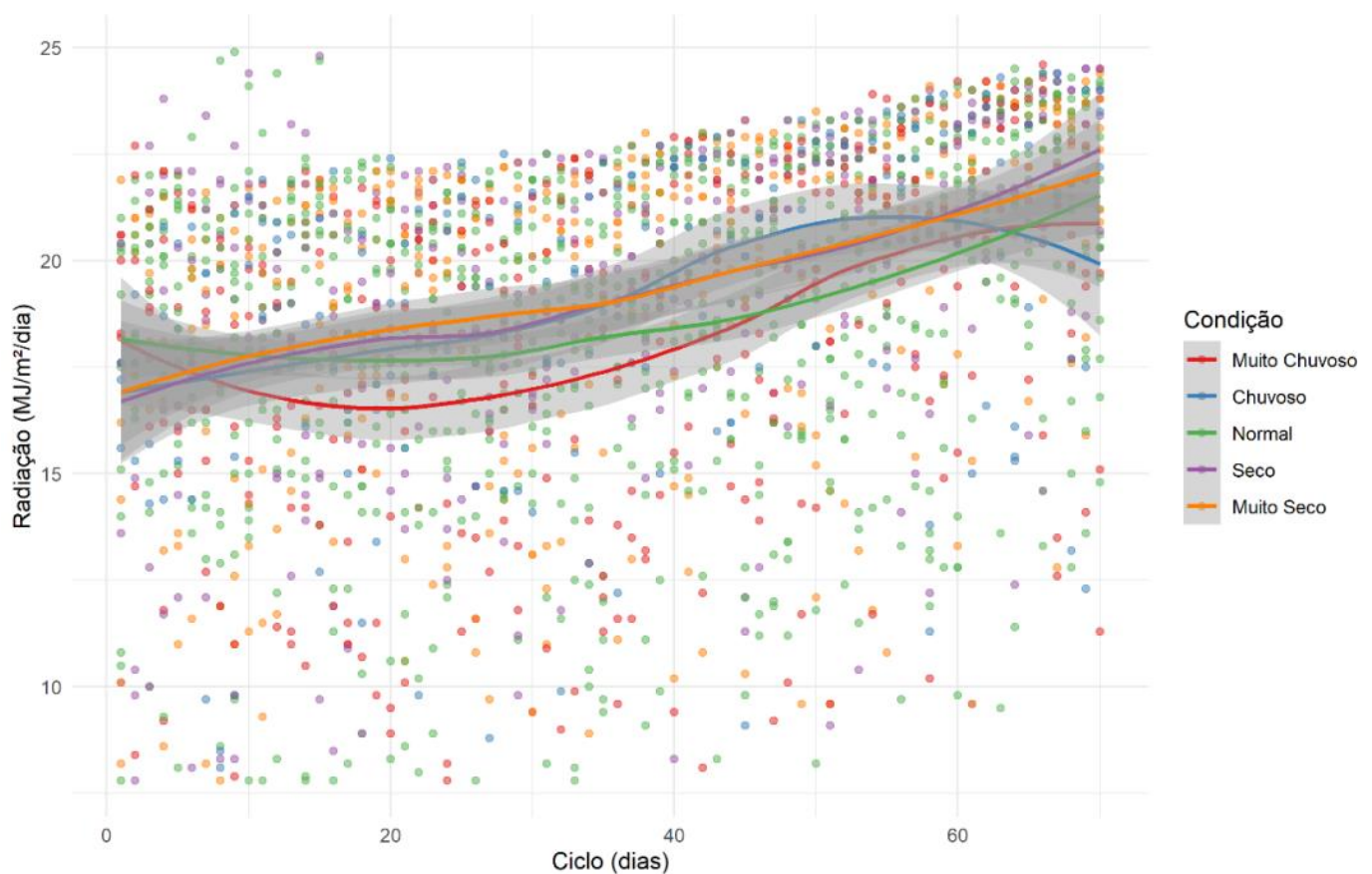
A Figura 17 retrata o comportamento da radiação solar para as três épocas de semeaduras, demonstrando que as condições muito secas a seco apresentaram valores superiores que as demais condições nos ciclos analisados. Para o C-01 os valores de mínima e máxima variaram de 7,8 a 24,5 $\text{MJ m}^2 \text{ dia}^{-1}$ para todas as condições (Figura 17A), com a maior média o cenário MS de 19,3 $\text{MJ m}^2 \text{ dia}^{-1}$, e a menor média no cenário MC de 18,3 $\text{MJ m}^2 \text{ dia}^{-1}$. Nessa figura, as dispersões diárias foram maiores que os demais ciclos, apresentando também, um comportamento crescente a partir dos 40 dias de ciclo.

A ocorrência da radiação solar no C-02 pode ser observada na Figura 17B representada pelos valores médios de 24,5 $\text{MJ m}^2 \text{ dia}^{-1}$ para os anos classificados como muito secos e secos, de 12,3 a 27,1 $\text{MJ m}^2 \text{ dia}^{-1}$ respectivamente, para o cenário normal variaram de 9,5 a 31,5 $\text{MJ m}^2 \text{ dia}^{-1}$ com média de 23,8 $\text{MJ m}^2 \text{ dia}^{-1}$. Já para as condições dos anos chuvosos e muito chuvosos a variação foi de 9,3 a 27,5 $\text{MJ m}^2 \text{ dia}^{-1}$ para a primeira e 15,7 a

27,5 MJ m⁻² dia⁻¹ para a segunda, ainda para as mesmas condições as médias foram de 23,8 e 24,8 MJ m⁻² dia⁻¹.

Quando analisado o C-03, é possível observar que nas condições muito seco e seco as variações foram iguais, atingindo a mínima de 11,4 MJ m⁻² dia⁻¹ e máxima de 27,1 MJ m⁻² dia⁻¹. No cenário normal, as variações foram de 9,4 a 31,5 MJ m⁻² dia⁻¹ e média de 23,8 MJ m⁻² dia⁻¹. Já para C e MC as variações foram de 12 e 9,4 MJ m⁻² dia⁻¹ para mínima de ambos respectivamente, e máxima igual de 27,5 MJ m⁻² dia⁻¹. Sendo assim, os períodos de maiores disponibilidades da radiação solar global estão relacionados com o aumento das temperaturas, essa relação também foi observada por (Maschio, 2015), reforçando as épocas que mais favorecem o cultivo do melão devido as altas temperaturas e radiação, estão registradas nos ciclos C-02 e C-03, corroborando com as recomendações de Crisostomo *et al.* (2002).

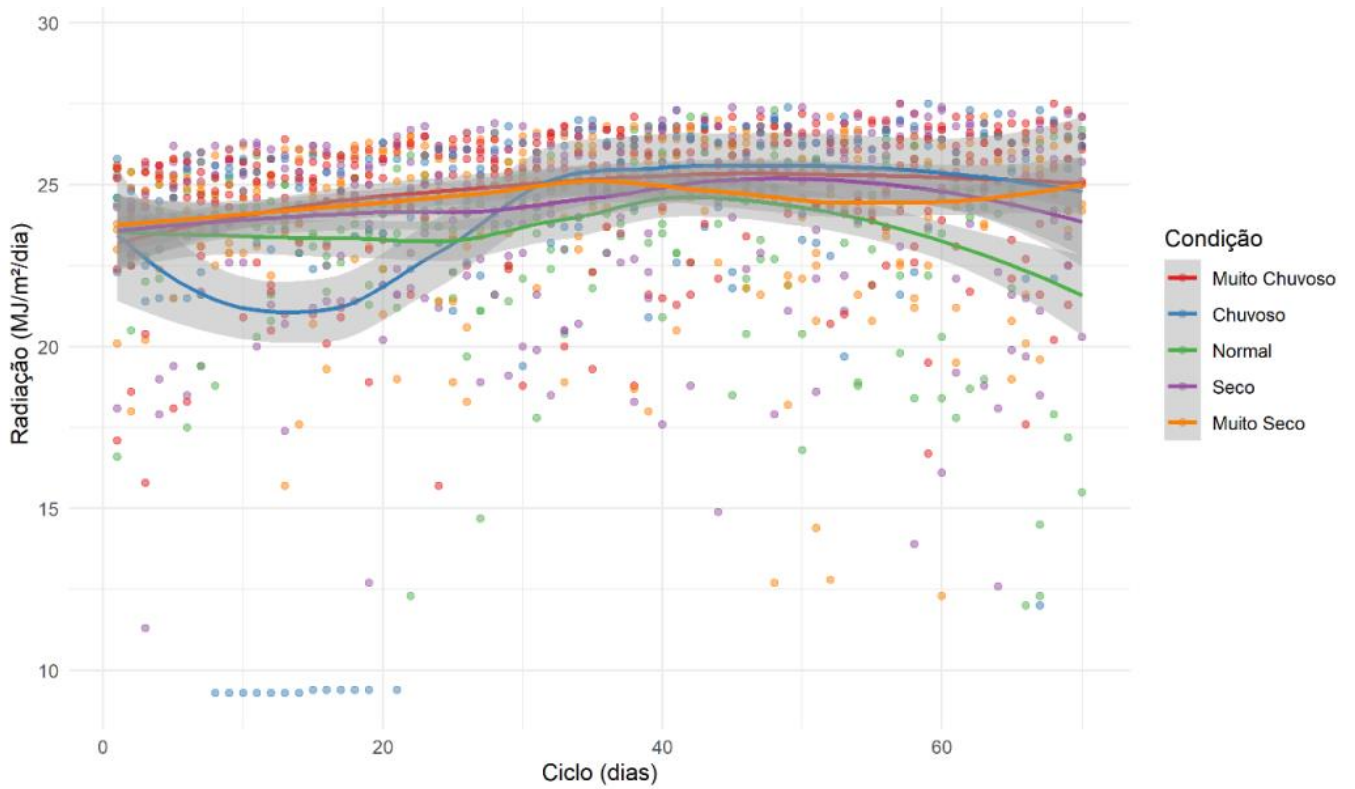
A.



Continua...

Figura 18. Continuação

B.



C.

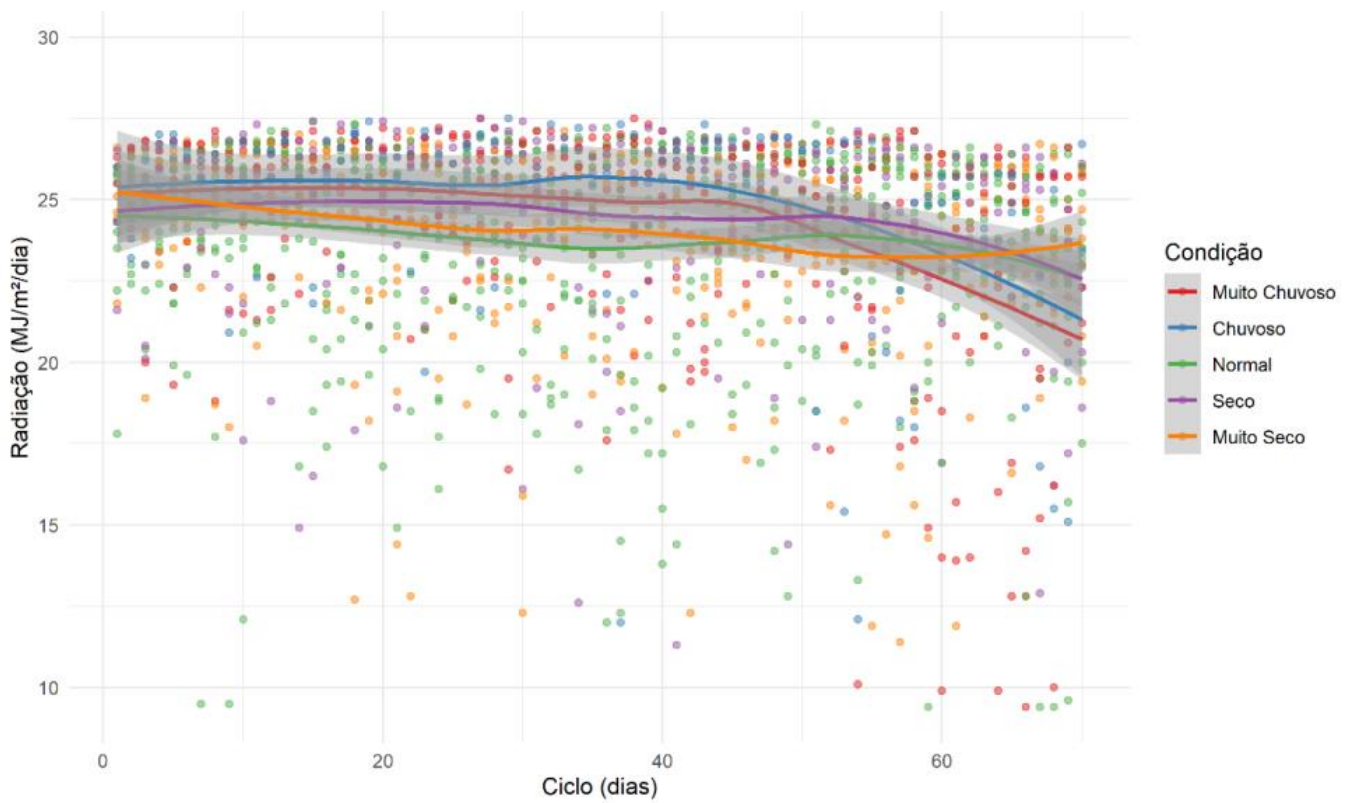


Figura 18. Ocorrências da variável Radiação Solar ($\text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$) para os três ciclos nos cinco cenários climáticos. A. Ciclo 01, B. Ciclo 02 e C. Ciclo 03

5.1.6 Ocorrências da ocorrência da evapotranspiração de referência – ETo (mm dia⁻¹) para as três épocas de semeaduras

As ocorrências do comportamento da evapotranspiração de referência – ETo (mm dia⁻¹) para as três épocas de semeaduras são observadas na Figura 18, da qual interpreta-se que as condições climáticas MS e S apresentaram maiores valores do que as demais condições para as três épocas de cultivo do meloeiro. No entanto, no C-01 (Figura 20A) para as condições climáticas C e MC os valores mínimos diários obtidos foram 2,92 e 2,88 mm dia⁻¹ respectivamente, enquanto que nas condições inversa MS e S os valores foram de 4,04 e 3,04 mm dia⁻¹. Já no cenário de anos normais, o menor valor calculado pelo software foi de 3,90 mm dia⁻¹.

As médias da ETo referentes ao C-01 para as condições MS e S foram respectivamente de 5,03 e 4,84 mm dia⁻¹, para N e C foi de 4,61 mm dia⁻¹ e a condição muito chuvoso registrou o menor valor médio de 4,14 mm dia⁻¹. Conforme já mencionado o cenário MC nesse ciclo apresentou maior possibilidade de ocorrerem precipitações pluviométricas, estando diretamente relacionado com os menores valores calculados para ETo, relacionando-se também com a elevação dos valores da umidade relativa nesse período, semelhante ao que (Castiblanco & Peña-Q, 2021) afirmaram sobre o fato da ETo estar inversamente relacionada com a umidade relativa, ou seja, dias nublados e com umidade elevada apresenta baixos valores de ETo.

Quando observado o C-02, as médias obtidas variaram de 5,97 mm d⁻¹ para o cenário normal à 6,21 mm dia⁻¹ para o cenário MS (Figura 18B) onde também se registrou o maior valor total para o ciclo de 434,70 mm período⁻¹ quando comparado ao menor valor obtido no cenário normal 417,56 mm período⁻¹.

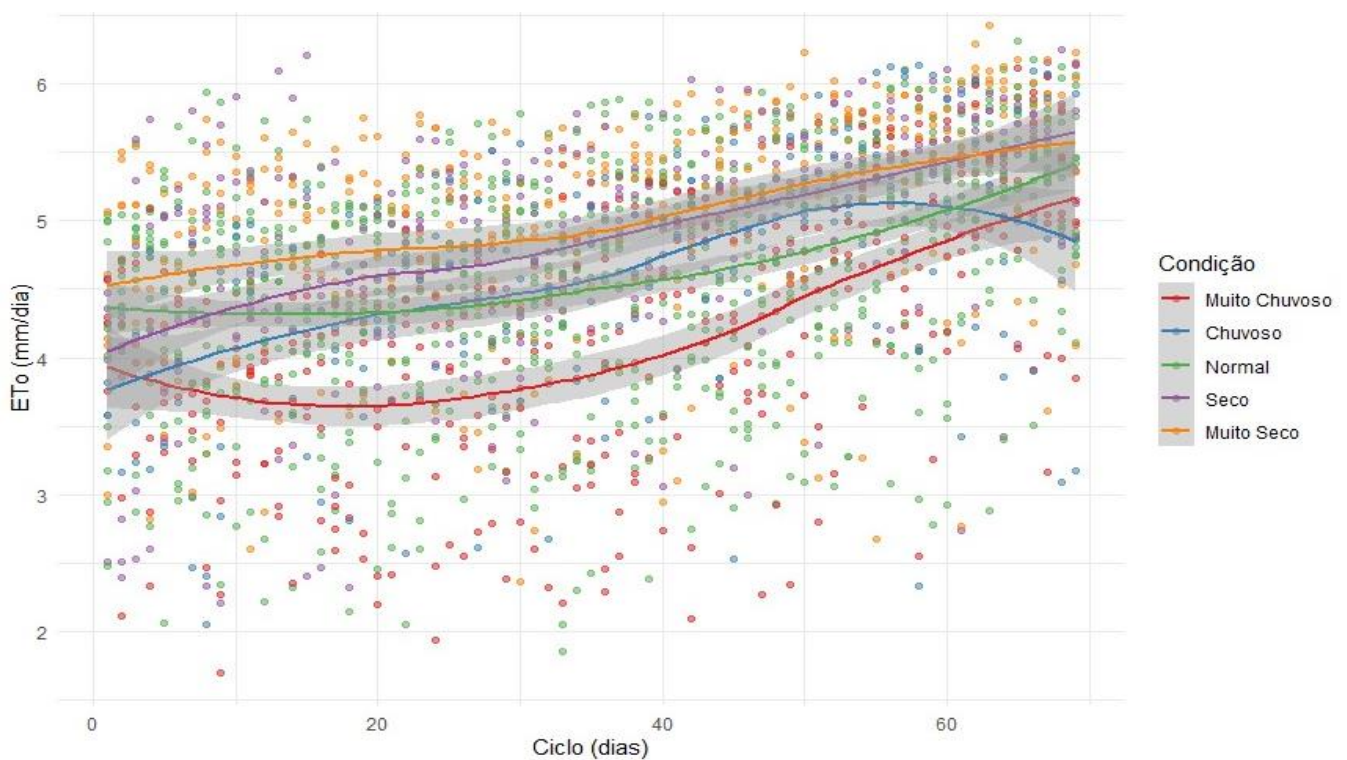
Ao verificar o C-03, as médias diárias para as cinco condições demonstraram pouca variação com 5,93 mm dia⁻¹ para o cenário N e 6,13 para MS (Figura 18C), comportamento semelhante ao obtido no C-02. Nessa categoria (C-03), o maior valor obtido para a ETo foi de 8,77 mm d⁻¹ no cenário MS, sendo este também o maior valor registrado para toda a série histórica.

A avaliação do comportamento da ETo ao longo de uma série histórica é fundamental para auxiliar no cultivo do meloeiro em regiões semiáridas sendo possível identificar a variabilidade da evapotranspiração de um ano para outro, semelhante ao que

Salviano *et al.* (2017) consideraram que essas mudanças, quando em pequena proporção, permitem manejar a irrigação de forma mais eficiente.

O uso do programa CROPWAT 8.0 foi considerado eficiente como ferramenta de apoio na análise das condições climáticas na região semiárida, corroborando com o que Saha *et al.* (2019) avaliaram sobre a eficiência do programa para obtenção da ETo na região do Punjab na Índia, comparado a outros modelos matemáticos de determinação da variável. A partir do observado, o uso o programa foi considerado uma boa opção na tomada de decisões do manejo da irrigação para culturas de ciclo curto.

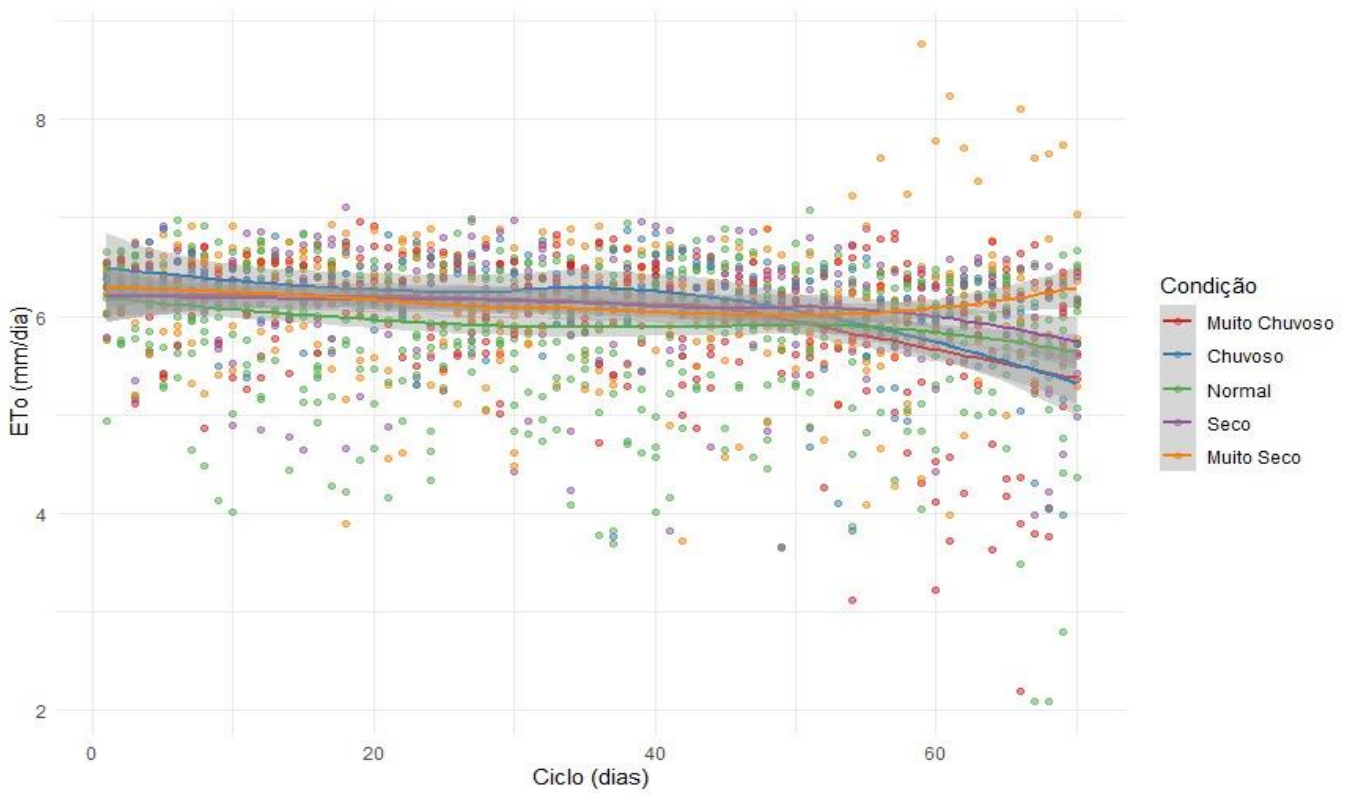
A.



Continua...

Figura 19. Continuação

B.



C.

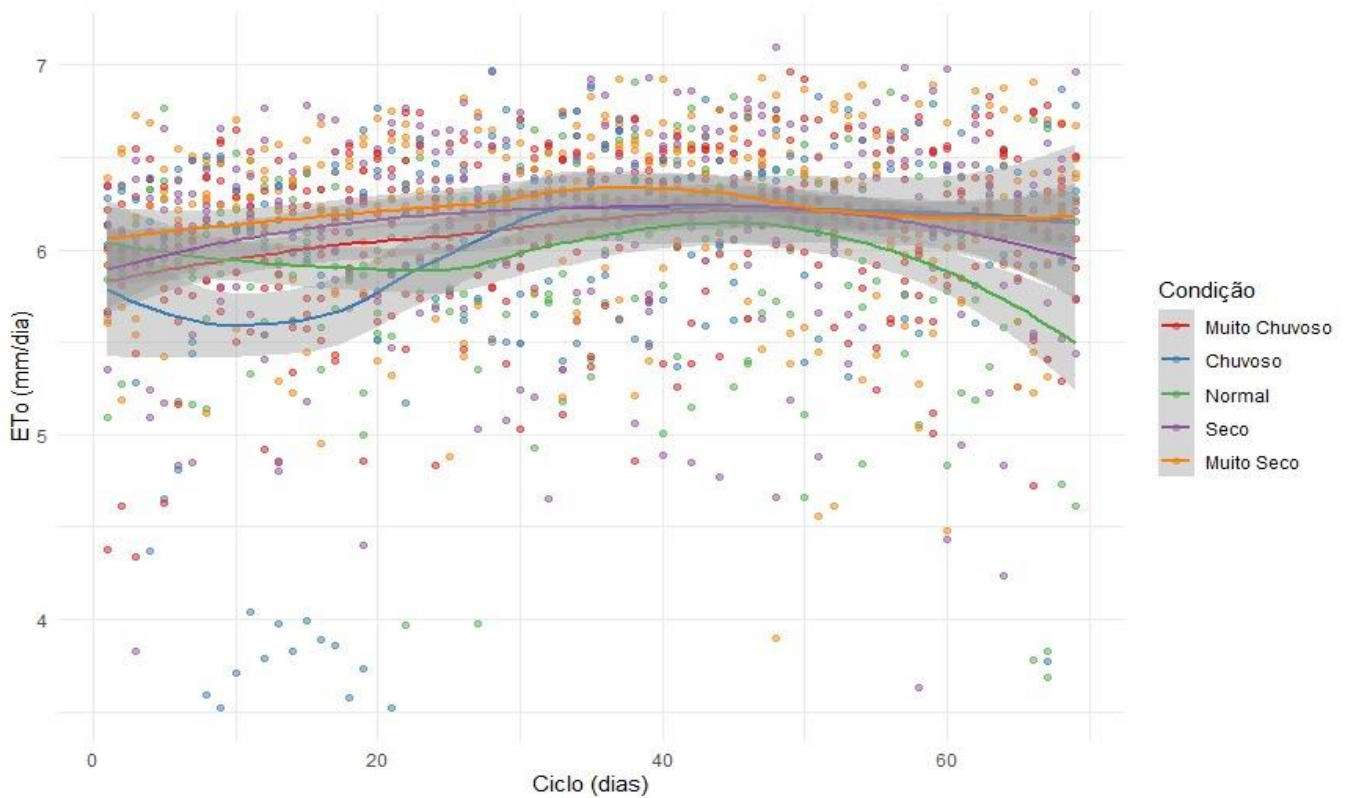


Figura 19. Ocorrências da variável Radiação Solar ($\text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$) para os três ciclos nos cinco cenários climáticos. A. Ciclo 01, B. Ciclo 02 e C. Ciclo 03

5.2 Módulo “CWR” para o melão *inodoros*. Necessidades hídricas da cultura e necessidades de irrigação

5.2.1 Variabilidade da evapotranspiração da cultura – ETC (mm dia⁻¹) para o melão inodoros

O programa ofereceu através do módulo “CRW” os resultados da evapotranspiração da cultura – ETC por ciclo de desenvolvimento a cada dez dias, para as três épocas de plantio consideradas ilustradas na Figura 19. Observou-se pequena variação entre as três épocas de plantio, em função das cinco condições de precipitação. Verificou-se, também, uma tendência de crescimento nos valores da variável ETC até o decádio seis para as três épocas, correspondente à fase de desenvolvimento do meloeiro. A partir desse decádio, ocorreu redução de valores, fase esta, equivalente à da maturação seguida da fase de colheita. Na Figura 19, em C-01, foi registrada uma maior variação entre os cenários MS e MC em relação aos demais cenários.

No C-02, a linha de tendência da variável ETC demonstrou comportamento similar para os cinco cenários, a representação do C-03 indica que o cenário MC apresentou pequena diminuição da curva na fase final do ciclo.

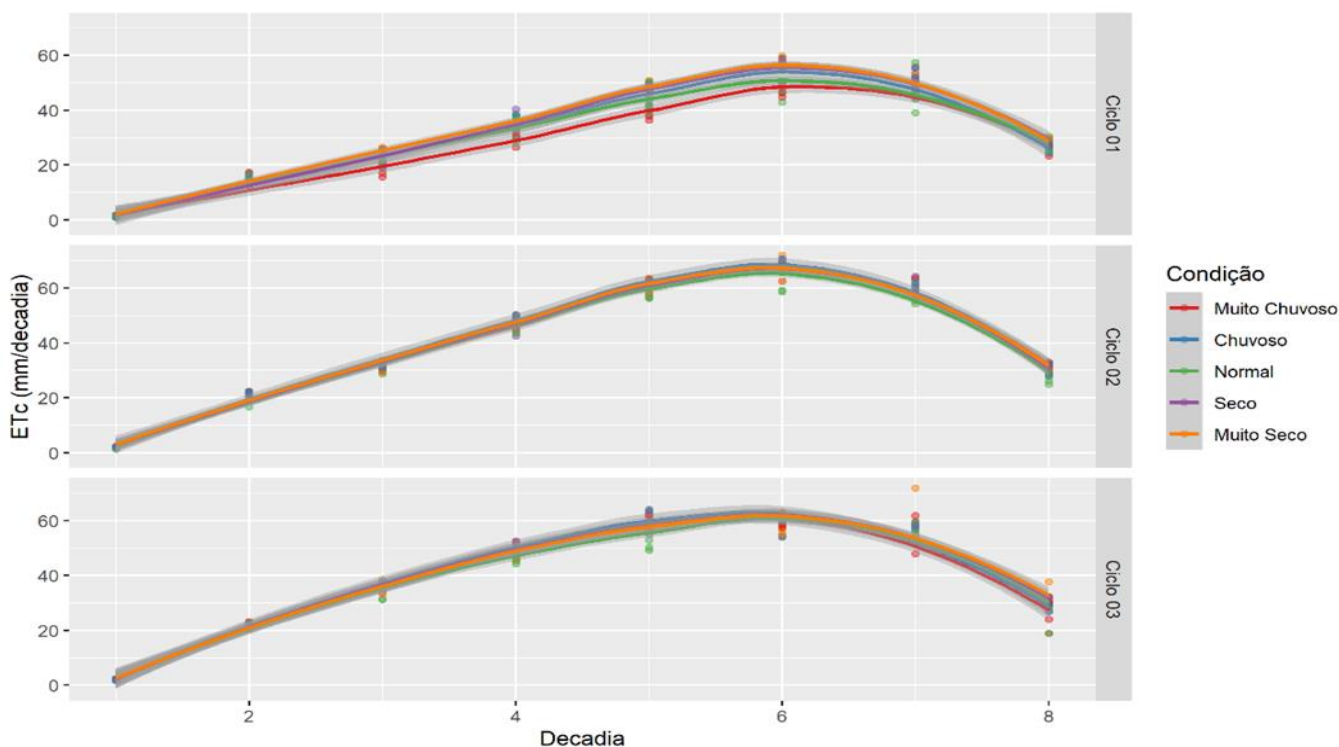


Figura 20. Representação da dispersão da variável ETC (mm dia⁻¹) no cultivo do melão inodoros em três ciclos conforme os cinco cenários climáticos apresentados

O CROPWAT utiliza a base de dados dos valores obtidos na ETc para determinar a necessidade de irrigação, assim o conhecimento da ETc por período pode favorecer a programação do manejo da irrigação para o meloeiro, bem como a definição da melhor época de sementeira.

Na Tabela 6, são observados os valores médios (M) e os desvios padrões amostrais (DPA), em função dos registros da série histórica (31 anos) da evapotranspiração da cultura (ETc, em mm dia⁻¹ e em mm dec⁻¹), para o cenário MS, configurados para uma precipitação efetiva de 80%. Verificou-se no C-01 média geral para o cenário de 264,1 mm período⁻¹, seguido de 322,38 mm período⁻¹ para o C-02 e de 315,72 mm período⁻¹ para C-03. Os valores médios da ETc sobem à medida que o período de sementeira avança para a estação mais quente do ano independente do comportamento pluviométrico anual.

Quando analisados separadamente os decádios no cenário MS, em C-02 a ETc atingiu os maiores valores, com máxima de 6,14 mm dia⁻¹, no estágio III na fase considerada intermediária da cultura, enquanto o menor valor obtido foi para o C-01, de 5,24 mm dia⁻¹, correspondendo ao início do estágio IV, fase em que a cultura atinge a máxima demanda hídrica. Para a mesma condição no C-03 o valor máximo foi de 5,97 mm dia⁻¹, ocorrendo no início do estágio III.

Tabela 6. Valores médios (M) e desvios padrões amostrais (DPA) da evapotranspiração da cultura (ETc), em função das simulações ano a ano (31 anos) para as épocas C-01, C-02 e C-03, cenário Muito Seco (MS) – Módulo “CWR” do CROPWAT 8.0

C - 01							
Meses	Decádios	Estádio	Kc (01)	ETc (mm dia ⁻¹)	DPA	ETc (mm dec ⁻¹)	DPA
jun.	1	Inicial	0,35	1,42	0,27	1,42	0,26
jun.	2	Desen.	0,35	1,60	0,20	15,97	1,98
jun.	3	Desen.	0,52	2,49	0,17	24,92	1,75
jul.	1	Desen.	0,77	3,65	0,27	36,47	2,65
jul.	2	Intermed.	0,97	4,88	0,20	48,78	2,02
jul.	3	Intermed.	0,99	5,07	0,27	55,80	2,95
ago.	1	Final	0,97	5,24	0,33	52,38	3,33
ago.	2	Final	0,84	4,72	0,26	28,30	1,53
ME			0,72	3,63	0,25	33,00	2,06
MA			0,99	5,24	0,33	55,80	3,33
MI			0,35	1,42	0,17	1,42	0,26
SO	-	-	-	-	-	264,03	-

Tabela 6. Continuação

C - 02							
set.	1	Inicial	0,35	2,07	0,11	2,08	0,08
set.	2	Desen.	0,35	2,16	0,07	21,64	0,69
set.	3	Desen.	0,52	3,17	0,17	31,72	1,68
out.	1	Desen.	0,77	4,81	0,13	48,06	1,26
out.	2	Intermed.	0,97	6,14	0,21	61,40	2,14
out.	3	Intermed.	0,99	6,14	0,31	67,54	3,41
nov.	1	Final	0,97	5,90	0,31	58,98	3,08
nov.	2	Final	0,84	5,17	0,17	30,96	1,01
ME			0,72	4,44	0,19	40,30	1,67
MA			0,99	6,14	0,31	67,54	3,41
MI			0,35	2,07	0,07	2,08	0,08
SO	-	-	-	-	-	322,38	-
C - 03							
out.	1	Inicial	0,35	2,17	0,10	2,18	0,12
out.	2	Desen.	0,35	2,21	0,08	22,13	0,83
out.	3	Desen.	0,52	3,26	0,16	35,78	1,73
nov.	1	Desen.	0,77	4,80	0,25	47,98	2,49
nov.	2	Intermed.	0,97	5,97	0,25	59,72	2,52
nov.	3	Intermed.	0,99	5,86	0,26	58,62	2,57
dez.	1	Final	0,97	5,81	0,73	58,08	7,30
dez.	2	Final	0,84	5,20	0,55	31,22	3,30
ME			0,72	4,41	0,30	39,46	2,61
MA			0,99	5,97	0,73	59,72	7,30
MI			0,35	2,17	0,08	2,18	0,12
SO	-	-	-	-	-	315,72	-

ME = média, MA = máxima, MI = mínima e SO = soma

Para o cenário S, foi observado que em C-01 média geral para o cenário S foi de 256,35 mm período⁻¹, seguido de 318,94 mm período⁻¹ para o C-02 e de 316,20 mm período⁻¹ para C-03, registrando maior valor de ETc para C-02, correspondente a época de plantio no período de maior insolação e temperatura (Tabela 7).

O comportamento referente à máxima demanda hídrica das três épocas de plantio para o mesmo cenário foi observado na Tabela 7, cujo valor máximo no C-01 foi de 5,19 mm dia⁻¹ registrado na fase final do ciclo da cultura, enquanto no C-02 o valor foi de 6,12 mm dia⁻¹ e no C-03 de 5,96 mm dia⁻¹, ambos registrados no estágio III, fato este, relacionado com a época de maior insolação e temperaturas. Mais uma vez, verificou-se maior demanda evapotranspiratória para o C-02.

Tabela 7. Valores médios (M) e desvios padrões amostrais (DPA) da evapotranspiração da cultura (ETc), em função das simulações ano a ano (31 anos) para as épocas C-01, C-02 e C-03, cenário Seco (S) – Módulo “CWR” do CROPWAT 8.0

C - 01							
Meses	Decádios	Estádio	Kc (01)	ETc (mm dia ⁻¹)	DPA	ETc (mm dec ⁻¹)	DPA
jun.	1	Inicial	0,35	1,33	0,32	1,33	0,31
jun.	2	Desen.	0,35	1,42	0,20	14,23	2,00
jun.	3	Desen.	0,52	2,21	0,32	22,05	3,18
jul.	1	Desen.	0,77	3,56	0,34	35,58	3,36
jul.	2	Intermed.	0,97	4,68	0,35	46,80	3,50
jul.	3	Intermed.	0,99	5,09	0,40	55,98	4,42
ago.	1	Final	0,97	5,19	0,35	51,90	3,50
ago.	2	Final	0,84	4,76	0,11	28,50	0,64
ME			0,72	3,53	0,30	32,04	2,61
MA			0,99	5,19	0,40	55,98	4,42
MI			0,35	1,33	0,11	1,33	0,31
SO	-	-	-	-	-	256,35	-
C - 02							
set.	1	Inicial	0,35	2,09	0,14	2,08	0,11
set.	2	Desen.	0,35	2,10	0,08	20,98	0,85
set.	3	Desen.	0,52	3,12	0,10	31,20	0,99
out.	1	Desen.	0,77	4,78	0,31	47,84	3,08
out.	2	Intermed.	0,97	6,02	0,15	60,24	1,49
out.	3	Intermed.	0,99	6,12	0,28	67,28	3,00
nov.	1	Final	0,97	5,98	0,32	59,84	3,22
nov.	2	Final	0,84	4,92	0,21	29,48	1,24
ME			0,72	4,39	0,20	39,87	1,75
MA			0,99	6,12	0,32	67,28	3,22
MI			0,35	2,09	0,08	2,08	0,11
SO	-	-	-	-	-	318,94	-
C - 03							
out.	1	Inicial	0,35	2,06	0,18	2,05	0,19
out.	2	Desen.	0,35	2,22	0,03	22,15	0,34
out.	3	Desen.	0,52	3,27	0,15	35,93	1,59
nov.	1	Desen.	0,77	4,97	0,27	49,68	2,72
nov.	2	Intermed.	0,97	5,85	0,34	58,50	3,42
nov.	3	Intermed.	0,99	5,96	0,39	59,63	3,89
dez.	1	Final	0,97	5,85	0,12	58,50	1,23
dez.	2	Final	0,84	4,97	0,34	29,78	2,09
ME			0,72	4,39	0,23	39,53	1,93
MA			0,99	5,96	0,39	59,63	3,89
MI			0,35	2,06	0,03	2,05	0,19
SO	-	-	-	-	-	316,20	-

ME = média, MA = máxima, MI = mínima e SO = soma

Na condição N, os valores obtidos para as três épocas de semeadura foram de 241,98 mm período⁻¹ em C-01, 311,20 mm período⁻¹ em C-02 e para o C-03 foi de 306,96 mm período⁻¹, observados através da Tabela 8. Quando observado o comportamento da ETc em mm dia⁻¹, o valor máximo obtido no C-01 foi de 4,83 mm dia⁻¹, ocorrendo no início do estágio IV, o C-02 foi de 5,97 mm dia⁻¹, no início do estágio III e C-03 (5,90 mm dia⁻¹) ao final do estágio III. Verifica-se que os valores máximos tanto para os acumulados totais como os diários foram obtidos em C-02 e os menores em C-01, épocas de maior e menor insolação, respectivamente.

Tabela 8. Valores médios (M) e desvios padrões amostrais (DPA) da evapotranspiração da cultura (ETc), em função das simulações ano a ano (31 anos) para épocas C-01, C-02 e C-03, cenário Normal (N) – Módulo “CWR” do CROPWAT 8.0

C - 01							
Meses	Decádios	Estádio	Kc (01)	ETc (mm dia ⁻¹)	DPA	ETc (mm dec ⁻¹)	DPA
jun.	1	Inicial	0,35	1,38	0,31	1,38	0,32
jun.	2	Desen.	0,35	1,50	0,15	15,00	1,52
jun.	3	Desen.	0,52	2,20	0,21	21,96	2,14
jul.	1	Desen.	0,77	3,42	0,39	34,22	3,89
jul.	2	Intermed.	0,97	4,35	0,47	43,45	4,67
jul.	3	Intermed.	0,99	4,61	0,50	50,73	5,49
ago.	1	Final	0,97	4,83	0,50	48,28	5,04
ago.	2	Final	0,84	4,49	0,27	26,96	1,63
ME			0,72	3,35	0,35	30,25	3,09
MA			0,99	4,83	0,50	50,73	5,49
MI			0,35	1,38	0,15	1,38	0,32
SO	-	-	-	-	-	241,98	-
C - 02							
set.	1	Inicial	0,35	1,86	0,30	1,84	0,30
set.	2	Desen.	0,35	2,05	0,18	20,49	1,78
set.	3	Desen.	0,52	3,13	0,16	31,28	1,59
out.	1	Desen.	0,77	4,68	0,22	46,80	2,20
out.	2	Intermed.	0,97	5,97	0,26	59,70	2,57
out.	3	Intermed.	0,99	5,90	0,36	64,88	3,91
nov.	1	Final	0,97	5,78	0,29	57,75	2,86
nov.	2	Final	0,84	4,75	0,38	28,48	2,27
ME			0,72	4,26	0,27	38,90	2,18
MA			0,99	5,97	0,38	64,88	3,91
MI			0,35	1,86	0,16	1,84	0,30
SO	-	-	-	-	-	311,20	-
C - 03							

Continua

Tabela 8. Continuação

out.	1	Inicial	0,35	2,17	0,19	2,18	0,21
out.	2	Desen.	0,35	2,17	0,09	21,70	0,91
out.	3	Desen.	0,52	3,15	0,19	34,63	2,15
nov.	1	Desen.	0,77	4,75	0,25	47,46	2,46
nov.	2	Intermed.	0,97	5,58	0,48	55,75	4,76
nov.	3	Intermed.	0,99	5,90	0,32	59,04	3,22
dez.	1	Final	0,97	5,79	0,16	57,90	1,57
dez.	2	Final	0,84	4,72	0,66	28,31	3,94
ME			0,72	4,28	0,29	38,37	2,40
MA			0,99	5,90	0,66	59,04	4,76
MI			0,35	2,17	0,09	2,18	0,21
SO	-	-	-	-	-	306,96	-

ME = média, MA = máxima, MI = mínima e SO = soma

A Tabela 9 refere-se à condição climática C, cujos valores da ETc obtidos para as três épocas de sementeiras, demonstraram que em C-01 a média geral foi de 246,73 mm período⁻¹, já em C-02 foi de 325,90 mm período⁻¹ e de 315,5 mm período⁻¹ para o C-03. Borges et al. (2015), obtiveram para o meloeiro em dois anos consecutivos, em datas diferentes de sementeiras, valor total foi de 256 mm para o ano de 2008 e 273,3 mm em 2009.

O registro dos valores máximo diários e o estágio correspondentes foram de 5,06 mm dia⁻¹ para o C-01 no início do estágio IV. O C-02 obteve máxima de 6,25 mm dia⁻¹ ao final do estágio III e o C-03 (6,11 mm dia⁻¹) no início do mesmo estágio (Tabela 9).

Tabela 9. Valores médios (M) e desvios padrões amostrais (DPA) da evapotranspiração da cultura (ETc), em função das simulações ano a ano (31 anos) para as épocas C-01, C-02 e C-03, cenário Chuvoso (C) – Módulo “CWR” do CROPWAT 8.0

C - 01							
Meses	Decádios	Estádio	Kc (01)	ETc (mm dia ⁻¹)	DPA	ETc (mm dec ⁻¹)	DPA
jun.	1	Inicial	0,35	1,28	0,05	1,30	0,00
jun.	2	Desen.	0,35	1,40	0,09	14,00	0,89
jun.	3	Desen.	0,52	2,20	0,17	21,97	1,70
jul.	1	Desen.	0,77	3,48	0,34	34,80	3,36
jul.	2	Intermed.	0,97	4,48	0,39	44,83	3,90
jul.	3	Intermed.	0,99	4,93	0,29	54,23	3,23
ago.	1	Final	0,97	5,06	0,55	50,63	5,48
ago.	2	Final	0,84	4,16	0,14	24,97	0,83
ME			0,72	3,37	0,25	30,84	2,43
MA			0,99	5,06	0,55	54,23	5,48
MI			0,35	1,28	0,05	1,30	0,00
SO	-	-	-	-	-	246,73	-
C - 02							

Continua 76

Tabela 9. Continuação

set.	2	Inicial	0,35	2,18	0,04	21,80	0,42	
set.	3	Desen.	0,52	3,21	0,06	32,05	0,64	
out.	1	Desen.	0,77	4,87	0,18	48,70	1,84	
out.	2	Intermed.	0,97	6,19	0,05	61,85	0,49	
out.	3	Intermed.	0,99	6,25	0,24	68,75	2,62	
nov.	1	Final	0,97	6,01	0,21	60,10	2,12	
nov.	2	Final	0,84	5,08	0,45	30,50	2,69	
			ME	0,72	4,49	0,16	40,74	1,36
			MA	0,99	6,25	0,45	68,75	2,69
			MI	0,35	2,16	0,04	2,15	0,07
			SO	-	-	-	325,90	-
C - 03								
out.	1	Inicial	0,35	2,24	0,01	2,20	0,00	
out.	2	Desen.	0,35	2,25	0,00	22,50	0,00	
out.	3	Desen.	0,52	3,35	0,11	36,85	1,20	
nov.	1	Desen.	0,77	4,94	0,20	49,40	1,98	
nov.	2	Intermed.	0,97	6,11	0,42	61,05	4,17	
nov.	3	Intermed.	0,99	6,10	0,14	61,00	1,41	
dez.	1	Final	0,97	5,46	0,45	54,55	4,45	
dez.	2	Final	0,84	4,66	0,28	27,95	1,63	
			ME	0,72	4,39	0,20	39,44	1,86
			MA	0,99	6,11	0,45	61,05	4,45
			MI	0,35	2,24	0,00	2,20	0,00
			SO	-	-	-	315,50	-

ME = média, MA = máxima, MI = mínima e SO = soma

A representação do cenário MC apresentou uma média de 224,1 mm período⁻¹ para o C-01, para C-02 foi de 318,60 mm período⁻¹ e em C-03 de 307,7 mm período⁻¹. Em C-03 ocorre redução na fase final do ciclo devido ao fato de que, conforme observado na série histórica, em anos com precipitação pluviométrica acima de 1.046,53 mm, ou seja, cenário muito chuvoso, ocorreu o registro de precipitações pluviométricas no mês de dezembro (Tabela 10).

Quando analisadas as máximas diárias por ciclo, a pesquisa demonstrou o valor de 4,89 mm dia⁻¹ para o C-01, ao início do estágio IV, conforme apresentado na Tabela 10, enquanto que para o C-02 o valor máximo obtido foi de 6,18 mm dia⁻¹, registrando a ocorrência ao final do estágio III, valores estes, semelhantes aos obtidos no cenário oposto (MS) para a mesma época de cultivo. Para o C-03, a máxima registrada foi de 6,05 mm dia⁻¹.

A depender da época de semeadura, o melão inodoros pode ter sua demanda máxima da ETc registrada no estágio III ou IV. Os menores desvios padrões dos cenários observados ocorrem principalmente no estágio I e II de desenvolvimento em que a demanda hídrica é

menor e conseqüentemente são menores as chances de erros. Isso também foi visto por Maschio (2015) em simulações com cana-de-açúcar utilizando o CROPWAT 8.0.

A variação nos índices totais da ETc (mm período⁻¹) está relacionada a diferentes épocas de semeadura e à variação do comportamento da ETo ao longo do ano, períodos mais quentes e com maiores ofertas de radiação solar elevam a ETc.

Tabela 10. Valores médios (M) e desvios padrões amostrais (DPA) da evapotranspiração da cultura (ETc), em função das simulações ano a ano (31 anos) para as épocas para os ciclos C-01, C-02 e C-03 para o melão inodoros, cenário muito chuvoso (MC) – Módulo “CWR” do CROPWAT 8.0

C - 01							
Meses	Decádios	Estádio	Kc (01)	ETc (mm dia ⁻¹)	DPA	ETc (mm dec ⁻¹)	DPA
jun.	1	Inicial	0,35	1,50	0,13	1,50	0,14
jun.	2	Desen.	0,35	1,30	0,05	13,03	0,48
jun.	3	Desen.	0,52	1,81	0,22	18,08	2,16
jul.	1	Desen.	0,77	2,93	0,20	29,30	1,98
jul.	2	Intermed.	0,97	3,99	0,50	39,88	4,95
jul.	3	Intermed.	0,99	4,29	0,20	47,23	2,21
ago.	1	Final	0,97	4,89	0,25	48,93	2,50
ago.	2	Final	0,84	4,37	0,36	26,20	2,15
ME			0,72	3,14	0,24	28,02	2,07
MA			0,99	4,89	0,50	48,93	4,95
MI			0,35	1,30	0,05	1,50	0,14
SO	-	-	-	-	-	224,13	-
C - 02							
set.	1	Inicial	0,35	1,98	0,32	1,98	0,33
set.	2	Desen.	0,35	2,13	0,10	21,28	0,99
set.	3	Desen.	0,52	3,08	0,14	30,83	1,44
out.	1	Desen.	0,77	4,67	0,15	46,65	1,47
out.	2	Intermed.	0,97	6,00	0,33	60,03	3,32
out.	3	Intermed.	0,99	6,18	0,15	68,00	1,64
nov.	1	Final	0,97	5,84	0,35	58,38	3,53
nov.	2	Final	0,84	5,25	0,28	31,48	1,64
ME			0,72	4,39	0,23	39,83	1,79
MA			0,99	6,18	0,35	68,00	3,53
MI			0,35	1,98	0,10	1,98	0,33
SO	-	-	-	-	-	318,60	-
C - 03							
out.	1	Inicial	0,35	2,22	0,08	2,23	0,10
out.	2	Desen.	0,35	2,18	0,12	21,80	1,18
out.	3	Desen.	0,52	3,31	0,07	36,43	0,83

Continua

Tabela 10. Continuação

nov.	1	Desen.	0,77	4,80	0,28	47,98	2,75
nov.	2	Intermed.	0,97	6,05	0,28	60,53	2,75
nov.	3	Intermed.	0,99	5,89	0,17	58,88	1,68
dez.	1	Final	0,97	5,37	0,59	53,65	5,88
dez.	2	Final	0,84	4,37	1,00	26,23	6,02
ME			0,72	4,27	0,32	38,46	2,65
MA			0,99	6,05	1,00	60,53	6,02
MI			0,35	2,18	0,07	2,23	0,10
SO	-	-	-	-	-	307,70	-

ME = média, MA = máxima, MI = mínima e SO = soma

As variações obtidas de um ciclo para outro no mesmo cenário demonstraram que em condição MS, o percentual de variação de C-01 para C-02 foi de 18%, em condições normais a diferença foi de 22%, já para os cenários C e MC foram de 32 e 30%, respectivamente. Isso demonstra a importância da decisão de escolha da época de plantio conforme os cenários pluviométricos, nos quais se observa uma grande diferença nos anos C e MC de C-02 em relação a C-01, isto mostra que no segundo período mesmo em cenários diferentes, geralmente não há registro de precipitação, apresentado diferença de valores mais elevados de ETo (evapotranspiração de referência) para os cenários com maiores precipitações.

Oliveira *et al.* (2012), utilizando o CROPWAT para as simulações da cultura do feijão, obtiveram valores acima dos valores experimentais, atribuindo-se as diferenças às perdas por percolação que não são medidas e, as dificuldades dos sensores em determinar com precisão a variação do conteúdo de água no solo ocorrida na superfície, especialmente as perdas por evaporação que ocorrem de forma mais acentuada após as irrigações.

Köpp *et al.* (2015) utilizaram o modelo de simulação WinIsareg para a determinação do balanço hídrico com os mesmos critérios do CROPWAT 8.0 para a cultura do milho em uma série de 21 anos no Rio Grande do Sul, na qual se obteve uma média de 654 mm para a ETC nas simulações, valor muito próximo aos atingidos em experimentos na mesma região variando entre 650 a 668 mm. A pesquisa também identificou intervalos de consumo hídrico de 531 a 735 mm, indicando variabilidade de 204 mm, o que possibilitou a atribuição da diferença, pelo autor, à variabilidade climática entre os municípios e as datas de semeadura estudadas.

5.3 Módulo “CWR” - Necessidades hídricas da cultura e necessidades de irrigação para o melão aromático

De acordo com a série histórica de 1978 a 2008 para três épocas de semeaduras do meloeiro do tipo aromático, o programa CROPWAT recomenda a necessidade hídrica conforme as variáveis meteorológicas.

5.3.1 Variabilidade da evapotranspiração da cultura – ETc (mm dia⁻¹) para o melão aromático

Quando analisada a variabilidade da evapotranspiração da cultura – ETc (mm dia⁻¹) a variedade aromático, observou-se na Figura 20, tendência de comportamento semelhante para as três épocas de plantio. No entanto, para a época C-01 foi verificada uma variação mais acentuada entre os cenários MC e MS, ao contrário da época C-02 que praticamente não existe diferença entre condições de precipitação.

Observa-se também na Figura 20, crescimento mais acentuado a partir do 4º decádio com valor máximo no 6º decádio, a partir do qual ocorre decréscimo da ETc atingindo valores aproximados ao do 4º decádio.

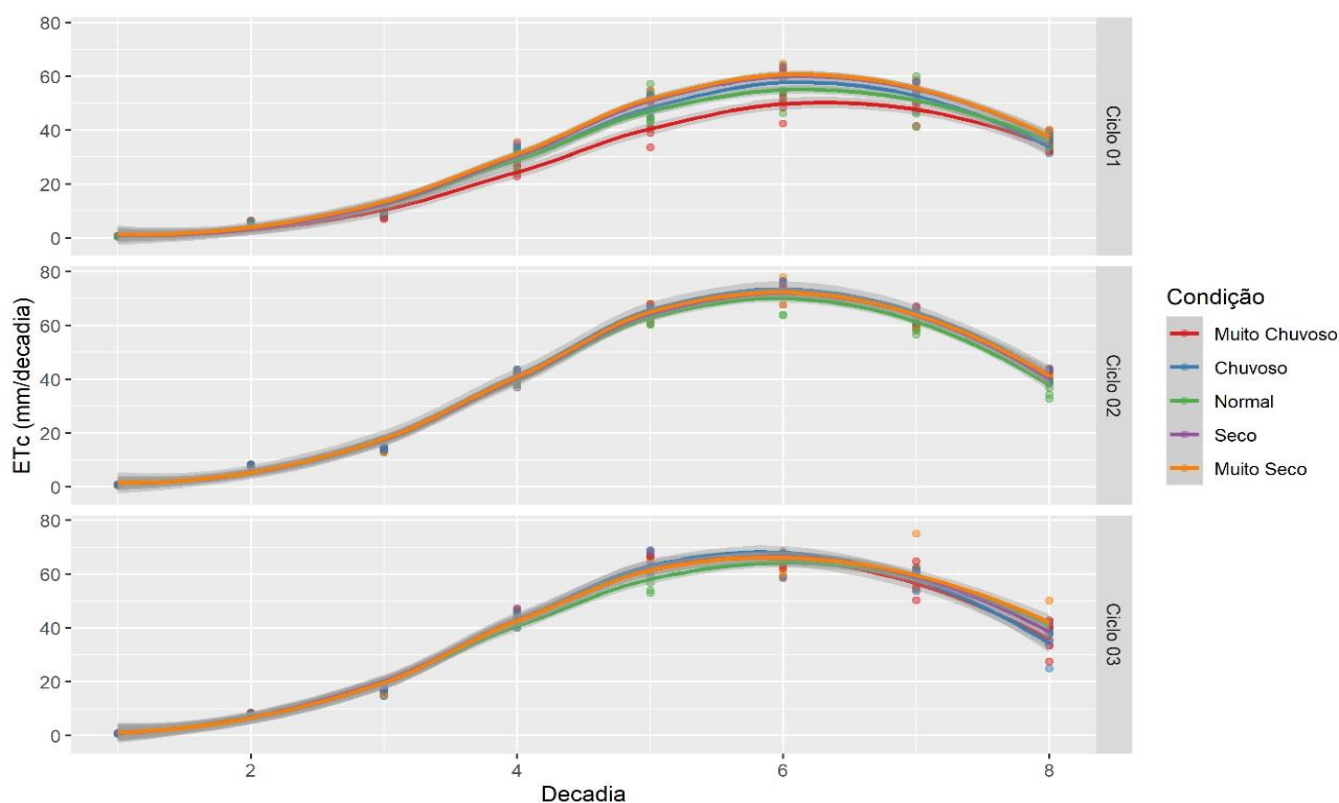


Figura 21. Representação da variável ETc (mm dia⁻¹) no cultivo do melão aromático em três ciclos distintos conforme os cinco cenários climáticos apresentados

Os detalhes das simulações ano a ano, para um período de 31 anos para os valores médios e desvios padrões amostrais da evapotranspiração da cultura (ETc) do melão aromático nas cinco condições de precipitação estão apresentadas através das Tabelas de 11 a 15.

Na Tabela 11, quando se analisou a ETc para o C-01, foi observada pequena variação em função das cinco condições de precipitação, a média do melão aromático cenário MS foi de 255,82 mm período⁻¹, já para o C-02 foi de 307,24 mm período⁻¹ e 299,27 mm período⁻¹ para C-03. Enquanto Melo *et al.* (2011) analisando a ETc para o melão Gália obteve valor de 204,44 mm período⁻¹, valor inferior aos registrados nesta pesquisa para as três épocas de semeaduras do melão aromático.

Os valores médios da ETc para as duas cultivares (inodoros e aromático) são elevados à medida que o período de semeadura avança nos meses mais quentes do ano, independente do comportamento pluviométrico anual. Quando se analisou o C-02 a ETc fornecida no cenário MS foi de 307,24 mm período⁻¹ para o melão aromático, já para o melão inodoros foi de 322,38 mm período⁻¹, diferença máxima foi 6%, Medeiros *et al.* (2005) obtiveram valor de 175,0 mm em experimento com meloeiro, com redução na demanda hídrica em 18% do meloeiro inodoros para o aromático.

O valor máximo da ETc diária foi de 6,65 mm dia⁻¹ para C-01 e C-02 com melão do tipo aromático, enquanto para o C-03 foi de 6,43 mm dia⁻¹ inferior aos resultados obtidos para o melão inodoros, para o mesmo ciclo. Melo *et al.* (2011), analisando a evapotranspiração da cultura (ETc) obtiveram médias por fase fenológica de cultivares de meloeiro (Tipo Honey Dew híbrido County e Tipo Gália híbrido —Néctar) em cenários de mudanças climáticas, no município de Mossoró de 4,08 e 3,35 mm dia⁻¹, respectivamente.

Brandão Filho *et al.* (2018), afirmaram que a exigência hídrica da cultura do melão é atendida com uma lâmina de 300 a 500 mm de água ou atendendo 80% a 95% da ETc, os valores obtidos nas simulações apresentam variações que podem estar relacionadas com as condições climáticas, nas épocas de semeadura dos experimentos.

Tabela 11. Valores médios (M) e desvios padrões amostrais (DPA) da evapotranspiração da cultura (ETc), em função das simulações ano a ano (31 anos) para o melão aromático, para as épocas C-01, C-02 e C-03, cenário Muito Seco (MS) – Módulo “CWR” do CROPWAT 8.0

C - 01							
Meses	Decádios	Estádio	Kc (02)	ETc (mm dia ⁻¹)	DPA	ETc (mm dec ⁻¹)	DPA
jun.	1	Inicial	0,35	0,77	0,04	0,52	0,12
jun.	2	Desen.	0,35	0,80	0,02	6,03	0,44
jun.	3	Desen.	0,52	1,41	0,08	10,98	0,77
jul.	1	Desen.	0,77	4,18	0,11	31,50	2,45
jul.	2	Intermed.	0,97	6,58	0,22	52,22	2,21
jul.	3	Intermed.	0,99	6,65	0,33	61,38	2,22
ago.	1	Final	0,97	6,18	0,32	54,82	3,52
ago.	2	Final	0,84	5,22	0,17	37,78	1,93
ME			0,72	3,97	0,16	31,90	1,71
MA			0,99	6,65	0,33	61,38	3,52
MI			0,35	0,77	0,02	0,52	0,12
SO	-	-	-	-	-	255,23	-
C - 02							
set.	1	Inicial	0,35	0,77	0,04	0,76	0,05
set.	2	Desen.	0,35	0,80	0,02	8,00	0,23
set.	3	Desen.	0,52	1,41	0,08	14,10	0,81
out.	1	Desen.	0,77	4,18	0,11	41,78	1,11
out.	2	Intermed.	0,97	6,58	0,22	65,80	2,22
out.	3	Intermed.	0,99	6,65	0,33	73,18	3,70
nov.	1	Final	0,97	6,18	0,32	61,84	3,20
nov.	2	Final	0,84	5,22	0,17	41,78	1,34
ME			0,72	3,97	0,16	38,41	1,58
MA			0,99	6,65	0,33	73,18	3,70
MI			0,35	0,77	0,02	0,76	0,05
SO	-	-	-	-	-	307,24	-
C - 03							
out.	1	Inicial	0,35	0,81	0,04	0,78	0,04
out.	2	Desen.	0,35	0,82	0,03	8,17	0,31
out.	3	Desen.	0,52	1,53	0,08	16,78	0,88
nov.	1	Desen.	0,77	4,32	0,21	43,15	2,15
nov.	2	Intermed.	0,97	6,43	0,27	64,33	2,70
nov.	3	Intermed.	0,99	6,35	0,28	63,48	2,82
dez.	1	Final	0,97	6,09	0,75	60,87	7,53
dez.	2	Final	0,84	5,21	0,55	41,70	4,38
ME			0,72	3,94	0,28	37,41	2,60
MA			0,99	6,43	0,75	64,33	7,53
MI			0,35	0,81	0,03	0,78	0,04
SO	-	-	-	-	-	299,27	-

ME = média, MA = máxima, MI = mínima e SO = soma

Na Tabela 12, observa-se que em C-01 a média geral para o cenário S foi de 251,20 mm período⁻¹, seguido de 304,08 mm período⁻¹ para o C-02 e de 296,06 mm período⁻¹ para C-03. Quando comparado aos valores obtidos para o melão inodoros, admite-se que a demanda da ETc foi inferior em 5% para o melão aromático nos cinco cenários estudados, mesmo com o ciclo mais longo.

Quando analisados os valores diários para o mesmo cenário S, o comportamento referente a máxima demanda hídrica das três épocas de plantio, verifica-se que o valor máximo no C-01 foi de 5,54 mm dia⁻¹, ocorreu no final do estágio III, enquanto no C-02 o valor foi de 6,62 mm dia⁻¹ e no C-03 de 6,51 mm dia⁻¹, ambos registrados no estágio III. Valores esses superiores aos obtidos para o melão inodoros.

Tabela 12. Valores médios (M) e desvios padrões amostrais (DPA) da evapotranspiração da cultura (ETc), em função das simulações ano a ano (31 anos) para o melão aromático, para as épocas C-01, C-02 e C-03, cenário Seco (S) – Módulo “CWR” do CROPWAT 8.0

C - 01							
Meses	Decádios	Estadio	Kc (02)	ETc (mm dia ⁻¹)	DPA	ETc (mm dec ⁻¹)	DPA
jun.	1	Inicial	0,35	0,50	0,10	0,50	0,12
jun.	2	Desen.	0,35	0,53	0,07	5,32	0,65
jun.	3	Desen.	0,52	1,00	0,11	9,96	1,13
jul.	1	Desen.	0,77	3,13	0,29	31,32	2,93
jul.	2	Intermed.	0,97	5,10	0,38	50,96	3,85
jul.	3	Intermed.	0,99	5,54	0,39	61,00	4,23
ago.	1	Final	0,97	5,44	0,31	54,40	3,11
ago.	2	Final	0,84	4,72	0,18	37,74	1,51
ME			0,72	3,24	0,23	31,40	2,19
MA			0,99	5,54	0,39	61,00	4,23
MI			0,35	0,50	0,07	0,50	0,12
SO	-	-	-	-	-	251,20	-
C - 02							
set.	1	Inicial	0,35	0,78	0,05	0,78	0,04
set.	2	Desen.	0,35	0,78	0,03	7,76	0,30
set.	3	Desen.	0,52	1,39	0,04	13,86	0,38
out.	1	Desen.	0,77	4,15	0,27	41,54	2,75
out.	2	Intermed.	0,97	6,46	0,16	64,56	1,61
out.	3	Intermed.	0,99	6,62	0,30	72,88	3,25
nov.	1	Final	0,97	6,27	0,33	62,70	3,30
nov.	2	Final	0,84	5,00	0,22	40,00	1,83
ME			0,72	3,93	0,18	38,01	1,68
MA			0,99	6,62	0,33	72,88	3,30
MI			0,35	0,78	0,03	0,78	0,04
SO	-	-	-	-	-	304,08	-

Tabela 12. Continuação

C - 03							
out.	1	Inicial	0,35	0,78	0,07	0,78	0,04
out.	2	Desen.	0,35	0,80	0,03	8,04	0,27
out.	3	Desen.	0,52	1,54	0,05	16,96	0,59
nov.	1	Desen.	0,77	4,42	0,26	44,16	2,65
nov.	2	Intermed.	0,97	6,27	0,34	62,68	3,43
nov.	3	Intermed.	0,99	6,51	0,38	65,06	3,78
dez.	1	Final	0,97	6,02	0,28	60,24	2,82
dez.	2	Final	0,84	4,76	0,46	38,14	3,67
ME			0,72	3,89	0,23	37,01	2,16
MA			0,99	6,51	0,46	65,06	3,78
MI			0,35	0,78	0,03	0,78	0,04
SO	-	-	-	-	-	296,06	-

ME = média, MA = máxima, MI = mínima e SO = soma

Na Tabela 13 para a condição N, os valores obtidos para as três épocas de semeadura foram de 235,15 mm período⁻¹ em C-01, 295,39 mm período⁻¹ em C-02 e em C-03 foi de 290,29 mm período⁻¹. Quando analisado o comportamento da ETc em mm dia⁻¹, o valor máximo obtido no C-01 foi de 5,09 mm dia⁻¹, ocorrendo no início do estágio IV, o C-02 foi de 6,39 mm dia⁻¹, para todo o estágio III e C-03 com 6,40 mm dia⁻¹ ao final do estágio III.

Tabela 13. Valores médios (M) e desvios padrões amostrais (DPA) da evapotranspiração da cultura (ETc), em função das simulações ano-a-ano (31 anos) para o melão aromático, para os ciclos C-01, C-02 e C-03, cenário Normal (N) – Módulo “CWR” do CROPWAT 8.0

C - 01							
Meses	Decádios	Estadio	Kc (02)	ETc (mm dia ⁻¹)	DPA	ETc (mm dec ⁻¹)	DPA
Jun	1	Inicial	0,35	0,50	0,12	0,50	0,12
Jun	2	Desen.	0,35	0,55	0,05	5,53	0,53
Jun	3	Desen.	0,52	0,97	0,10	9,68	0,99
Jul	1	Desen.	0,77	2,99	0,32	29,85	3,22
Jul	2	Intermed.	0,97	4,75	0,57	47,48	5,70
Jul	3	Intermed.	0,99	5,02	0,52	55,25	5,70
Ago	1	Final	0,97	5,09	0,51	50,93	5,11
Ago	2	Final	0,84	4,49	0,26	35,93	2,08
ME			0,72	3,05	0,31	29,39	2,93
MA			0,99	5,09	0,57	55,25	5,70
MI			0,35	0,50	0,05	0,50	0,12
SO	-	-	-	-	-	235,15	-

C - 02							
Set	1	Inicial	0,35	0,69	0,11	0,69	0,12
Set	2	Desen.	0,35	0,76	0,06	7,56	0,64

Tabela 13. Continuação

Set	3	Desen.	0,52	1,39	0,07	13,90	0,72
Out	1	Desen.	0,77	4,07	0,19	40,73	1,90
Out	2	Intermed.	0,97	6,39	0,28	63,90	2,80
Out	3	Intermed.	0,99	6,39	0,39	70,26	4,24
Nov	1	Final	0,97	6,05	0,30	60,45	3,01
Nov	2	Final	0,84	4,74	0,42	37,90	3,32
ME			0,72	3,81	0,23	36,92	2,09
MA			0,99	6,39	0,42	70,26	4,24
MI			0,35	0,69	0,06	0,69	0,12
SO	-	-	-	-	-	295,39	-
C - 03							
Out	1	Inicial	0,35	0,81	0,07	0,79	0,08
Out	2	Desen.	0,35	0,80	0,03	7,99	0,34
Out	3	Desen.	0,52	1,48	0,09	16,28	1,02
Nov	1	Desen.	0,77	4,28	0,23	42,79	2,29
Nov	2	Intermed.	0,97	6,00	0,51	60,04	5,13
Nov	3	Intermed.	0,99	6,40	0,35	63,96	3,54
Dez	1	Final	0,97	6,07	0,17	60,65	1,65
Dez	2	Final	0,84	4,73	0,67	37,80	5,41
ME			0,72	3,82	0,27	36,29	2,43
MA			0,99	6,40	0,67	63,96	5,41
MI			0,35	0,80	0,03	0,79	0,08
SO	-	-	-	-	-	290,29	-

ME = média, MA = máxima, MI = mínima e SO = soma

Os valores totais apresentados na Tabela 14 para a ETc em cenário chuvoso, obtidos para as três épocas de semeaduras para o cenário C, demonstraram que em C-01 a média geral foi de 238,90 mm período⁻¹, enquanto para a época de plantio C-02 foi de 310,90 mm período⁻¹ e 296,95 mm período⁻¹ para a época C-03.

Na mesma tabela, observa-se que a variação da ETc em volumes diários e a cada dez dias do ciclo, para as três épocas de semeadura do meloeiro aromático, nas simulações o programa obteve máximas de 5,33, 6,78 e 6,62 mm dia⁻¹, para os ciclos C-01, C-02 e C-03 respectivamente, em que o valor de 6,78 mm dia⁻¹ no C-02, foi compatível ao encontrado por Miranda *et al.* (2001) para melão aromático, que obteve máxima de 6,8 mm dia⁻¹.

Tabela 14. Valores médios (M) e desvios padrões amostrais (DPA) da evapotranspiração da cultura (ETc), em função das simulações ano-a-ano (31 anos) para o melão aromático, para os ciclos C-01, C-02 e C-03, cenário Chuvoso (C) – Módulo “CWR” do CROPWAT 8.0

C - 01							
Meses	Decádios	Estadio	Kc (02)	ETc (mm dia ⁻¹)	DPA	ETc (mm dec ⁻¹)	DPA
Jun	1	Inicial	0,35	0,48	0,02	0,50	0,00
Jun	2	Desen.	0,35	0,52	0,03	5,17	0,31
Jun	3	Desen.	0,52	0,97	0,07	9,73	0,67
Jul	1	Desen.	0,77	3,03	0,29	30,33	2,86
Jul	2	Intermed.	0,97	4,80	0,41	47,97	4,12
Jul	3	Intermed.	0,99	5,33	0,31	58,63	3,41
Ago	1	Final	0,97	5,30	0,56	52,97	5,62
Ago	2	Final	0,84	4,20	0,28	33,60	2,30
ME			0,72	3,08	0,25	29,86	2,41
MA			0,99	5,33	0,56	58,63	5,62
MI			0,35	0,48	0,02	0,50	0,00
SO	-	-	-	-	-	238,90	-
C - 02							
Set	1	Inicial	0,35	0,80	0,03	0,80	0,00
Set	2	Desen.	0,35	0,80	0,01	8,00	0,14
Set	3	Desen.	0,52	1,44	0,04	14,35	0,35
Out	1	Desen.	0,77	4,24	0,17	42,40	1,70
Out	2	Intermed.	0,97	6,62	0,04	66,20	0,42
Out	3	Intermed.	0,99	6,78	0,25	74,50	2,69
Nov	1	Final	0,97	6,30	0,21	62,95	2,05
Nov	2	Final	0,84	5,21	0,40	41,65	3,18
ME			0,72	4,02	0,14	38,86	1,32
MA			0,99	6,78	0,40	74,50	3,18
MI			0,35	0,80	0,01	0,80	0,00
SO	-	-	-	-	-	310,85	-
C - 03							
Out	1	Inicial	0,35	0,83	0,00	0,80	0,00
Out	2	Desen.	0,35	0,83	0,00	8,30	0,00
Out	3	Desen.	0,52	1,59	0,05	17,40	0,57
Nov	1	Desen.	0,77	4,46	0,21	44,55	2,05
Nov	2	Intermed.	0,97	6,59	0,45	65,85	4,45
Nov	3	Intermed.	0,99	6,62	0,16	66,15	1,63
Dez	1	Final	0,97	5,72	0,49	57,15	4,88
Dez	2	Final	0,84	4,60	0,26	36,75	2,05
ME			0,72	3,90	0,20	37,12	1,95
MA			0,99	6,62	0,49	66,15	4,88
MI			0,35	0,83	0,00	0,80	0,00
SO	-	-	-	-	-	296,95	-

ME = média, MA = máxima, MI = mínima e SO = soma

Quando em cenário climático MC, a média para C-01 foi de 211,84 mm período⁻¹, enquanto para C-02 foi de 304,15 mm período⁻¹ e C-03 de 290,70 mm período⁻¹. Já para os valores diários, a máxima obtida foi de 4,93 mm dia⁻¹ no início do estádio IV, para C-02 o valor foi de 6,69 mm período⁻¹ ao final do estádio III e 6,53 mm período⁻¹ no C-03 registrado no início do estádio III (Tabela 15).

Tabela 15. Valores médios (M) e desvios padrões amostrais (DPA) da evapotranspiração da cultura (ETc), em função das simulações ano a ano (31 anos) para o melão aromático, para as épocas C-01, C-02 e C-03, cenário Muito Chuvoso (MC) – Módulo “CWR” do CROPWAT 8.0

C - 01							
Meses	Decádios	Estadio	Kc (02)	ETc (mm dia ⁻¹)	DPA	ETc (mm dec ⁻¹)	DPA
Jun	1	Inicial	0,35	0,56	0,04	0,58	0,04
Jun	2	Desen.	0,35	0,49	0,02	4,86	0,21
Jun	3	Desen.	0,52	0,81	0,09	8,12	0,90
Jul	1	Desen.	0,77	2,51	0,17	25,10	1,75
Jul	2	Intermed.	0,97	4,09	0,61	40,86	6,12
Jul	3	Intermed.	0,99	4,49	0,40	49,38	4,42
Ago	1	Final	0,97	4,93	0,49	49,28	4,87
Ago	2	Final	0,84	4,21	0,22	33,66	1,74
ME			0,72	2,76	0,26	26,48	2,51
MA			0,99	4,93	0,61	49,38	6,12
MI			0,35	0,49	0,02	0,58	0,04
SO	-	-	-	-	-	211,84	-
C - 02							
Set	1	Inicial	0,35	0,74	0,12	0,73	0,10
Set	2	Desen.	0,35	0,78	0,04	7,83	0,39
Set	3	Desen.	0,52	1,38	0,07	13,78	0,67
Out	1	Desen.	0,77	4,06	0,12	40,55	1,21
Out	2	Intermed.	0,97	6,43	0,36	64,28	3,56
Out	3	Intermed.	0,99	6,69	0,16	73,65	1,71
Nov	1	Final	0,97	6,12	0,37	61,18	3,67
Nov	2	Final	0,84	5,27	0,23	42,18	1,85
ME			0,72	3,93	0,18	38,02	1,64
MA			0,99	6,69	0,37	73,65	3,67
MI			0,35	0,74	0,04	0,73	0,10
SO	-	-	-	-	-	304,15	-
C - 03							
Out	1	Inicial	0,35	0,82	0,03	0,83	0,05
Out	2	Desen.	0,35	0,81	0,04	8,05	0,41
Out	3	Desen.	0,52	1,57	0,04	17,23	0,43

Continua

Tabela 15. Continuação

Nov	1	Desen.	0,77	4,33	0,24	43,25	2,42
Nov	2	Intermed.	0,97	6,53	0,29	65,25	2,90
Nov	3	Intermed.	0,99	6,39	0,19	63,85	1,91
Dez	1	Final	0,97	5,63	0,61	56,30	6,11
Dez	2	Final	0,84	4,49	0,86	35,95	6,89
ME			0,72	3,82	0,29	36,34	2,64
MA			0,99	6,53	0,86	65,25	6,89
MI			0,35	0,81	0,03	0,83	0,05
SO	-	-	-	-	-	290,70	-

ME = média, MA = máxima, MI = mínima e SO = soma

O maior volume sugerido pelo programa corresponde ao C-02, com até 32% a mais do C-01 para o cenário MC, simulado nos meses mais quentes do ano (setembro, outubro e novembro), Melo (2019) avaliou o cultivo do melão aromático em duas épocas do ano onde a cultura semeada no mês de outubro necessitou de uma demanda hídrica maior (327,4 mm) do que a do ciclo que iniciou em dezembro (205 mm). Considerando os cenários climáticos estudados, as simulações demonstram compatibilidade com dados de experimentos realizados na região.

5.4 Variabilidade da necessidade hídrica (mm) dos meloeiros (inodoros e aromático), pelo programa CROPWAT 8.0

Quanto à demanda hídrica representada pela necessidade de irrigação – NI, demonstrada através da Figura 21AB para os dois tipos de meloeiros, não há variação durante o ciclo em função das cinco condições de precipitação. No entanto, com pequena variação observada em C-01 para o melão inodoros e aromático, em que para as condições MS a S os valores recomendados são maiores do que para as demais condições, fato este que está relacionado ao registro de índices de precipitação pluviométrica efetiva considerada pelo programa quando em cenários MC, que se estenderam para os meses de junho e julho.

No que se refere ao C-01 o maior volume estabelecido pelo programa para o cultivo do melão inodoros foi de 245,78 mm para o cenário MS e o menor de 126,2 mm na condição MC, já para o melão aromático nas mesmas condições os valores foram de 241,94 e 128,64 mm. Em condições de anos normais os valores foram de 194,94 e 196,75 mm para as cultivares inodoros e aromático, respectivamente.

No C-02, para melões inodoros (Figura 21A), a mais semelhança de valores entre os cenários foi maior do que para o C-01, onde se calculou o volume de 320,08 mm para o

cenário MS, 313,34 mm para S, 305,16 para N e para as condições C e MC foram de 326 e 317 mm, respectivamente. Fato este, devido à ausência de PPef nesse ciclo. Já a demanda para o melão cantaloupe (Figura 21B) para igual período foi de 304,32 e 298,82 mm para as condições mais extremas (muito seco e seco), 289,36 mm para anos normais, 311 mm para C e 303 para a condição MC.

Quando se analisou o C-03, também observado através da Figura 21AB, para as duas cultivares no cenário MS foi registrada uma média de 308 mm, 314 mm para a condição S, 302 mm para N, 308 mm para C e 288 mm para MC para o melão inodoros. Já para o melão aromático, os valores foram de 292 mm para MS, 282 mm para S, 287,7 mm na condição N e para os cenários acima da média os valores foram de 287 e 263 mm para C e MC, respectivamente. Interpretou-se que a redução do volume do C-02 para o C-03 está diretamente relacionada à diminuição da ETo e da radiação solar nesse ciclo.

A cultivar aromática mesmo com o ciclo de 70 dias demonstrou demanda hídrica inferior a cultivar inodoros com ciclo menor, 68 dias. Contrariando o que Salviano *et al.* (2017) afirmaram sobre cultivares com ciclos maiores apresentarem tendência a consumir mais água em função do tempo do ciclo.

A.

B.

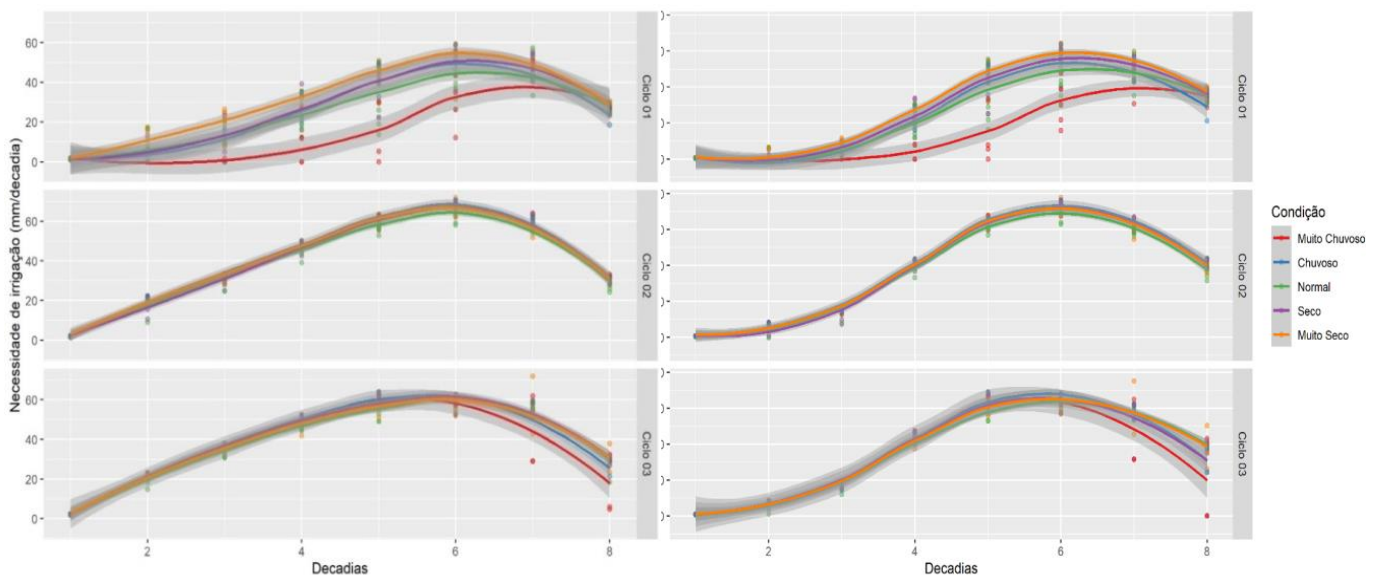


Figura 22. Representação da Necessidade de Irrigação (mm dec^{-1}) no cultivo dos meloeiros (inodoros e aromático) em três ciclos conforme os cinco cenários climáticos apresentados. A. melão inodoros, B. melão aromático

5.4.1 Variabilidade da precipitação pluvial efetiva – PPef (mm) dos meloeiros (inodoros e aromático), pelo programa CROPWAT 8.0

A PPef medida pelo programa CROPWAT 8.0 a razão de 80% da PPT, para os três ciclos observados na série histórica em função dos cenários, demonstra que o C-01 apresentou maiores índices principalmente para o cenário MC, cuja média obtida foi de 131,3 mm período⁻¹, já para o mesmo ciclo em cenário MS a média foi de 21,1 mm período⁻¹. Destaca-se que, principalmente para os meses de junho e julho, em condições climáticas com maiores volumes totais, a sementeira do meloeiro no mês de junho enfrentará maiores chances de PPef do que em anos de cenários mais extremos como os MS e S, podendo ser observado no Figura 22.

Para toda a série histórica o C-02 praticamente não ocorreu PPef para os cinco cenários (Figura 22), já no C-03 ao seu final em cenário MC o mês de dezembro registrou volumes de PPef, o que corresponde ao período de maturação fisiológica dos frutos. No entanto a variável temperatura máxima não sofreu alterações mesmo no cenário MC.

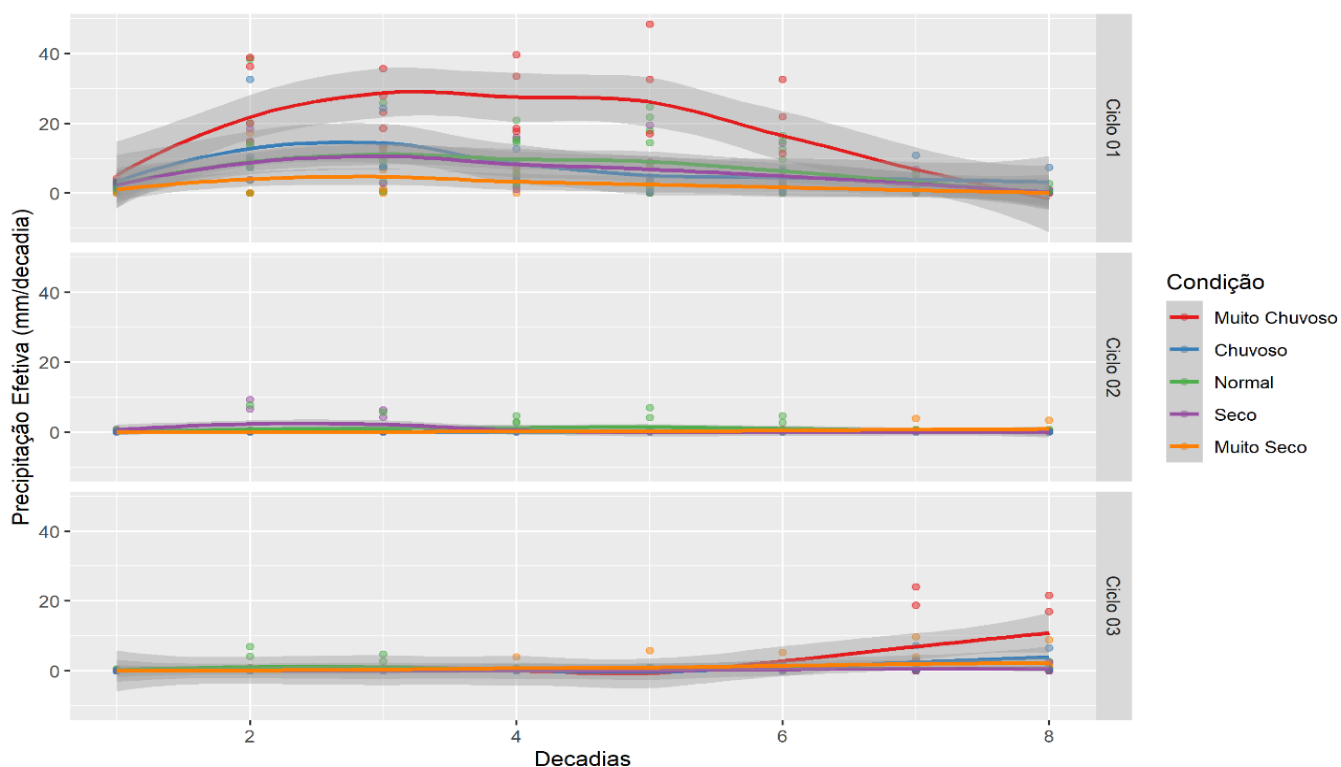


Figura 23. Representação da Precipitação Efetiva (mm dec⁻¹) no cultivo dos meloeiros (inodoros e aromático) em três ciclos conforme os cinco cenários climáticos apresentados

5.5 Módulo “Shedule”–Representação do balanço hídrico diário para os meloeiros (inodoros e aromático)

Nesse módulo o balanço hídrico (BH) é representado para as duas cultivares dos meloeiros (inodoros e aromático) as configurações de manejo da irrigação sendo a primeira opção de irrigação em intervalos fixos por estágio e a segunda irrigação a uma depleção crítica, que atende a demanda das fases da evapotranspiração da cultura.

5.5.1 Fator de estresse hídrico no balanço hídrico para irrigação em intervalos fixos por estágio

A tendência ao estresse hídrico foi observada para os três ciclos em função de cada cenário, indicando que a partir do vigésimo dia do ciclo, as chances do meloeiro (inodoros e aromático) sofrerem com estresse hídrico são maiores, como pode ser observado através da Figura 23AB. O fator de estresse hídrico publicado na Série de Irrigação e Drenagem da FAO Nº 33 apresenta a função linear que descreve a relação entre o consumo hídrico pela cultura e a produtividade, visando predefinir a redução da produtividade quando o estresse hídrico é induzido pela falta de água no solo. Quanto mais próximo do valor 1 menor o nível de estresse hídrico.

Na Figura 23A em C-01, para as condições MS a S, ocorreram os maiores níveis de estresse hídrico (0,21) do que as demais condições de precipitação analisadas para as duas cultivares, já para o cenário MC apresentou melhores resultados, 0,41 e 0,37, inodoros e cantaloupe, respectivamente. Observa-se que para a fase inicial, referente aos 20 primeiros dias, não ocorreu interferência do Ks, já para os outros dois ciclos (02 e 03), principalmente para o cenário MS, o fator de estresse começa nos primeiros decádios.

No entanto, para os cultivos realizados em C-02 e em C-03, foi detectada pequena variação do estresse (Figura 23AB) iniciando à 0,8 e atingindo valor mínimo de 0,18 ao longo dos decádios para as cinco condições, com elevação do fator a partir do quarto decadia. De acordo com Allen *et al.* (2006) os efeitos de Ks na redução da produtividade são relativamente pequenos durante os períodos de desenvolvimento vegetativo e de maturação, sendo maior durante a floração e a formação dos frutos.

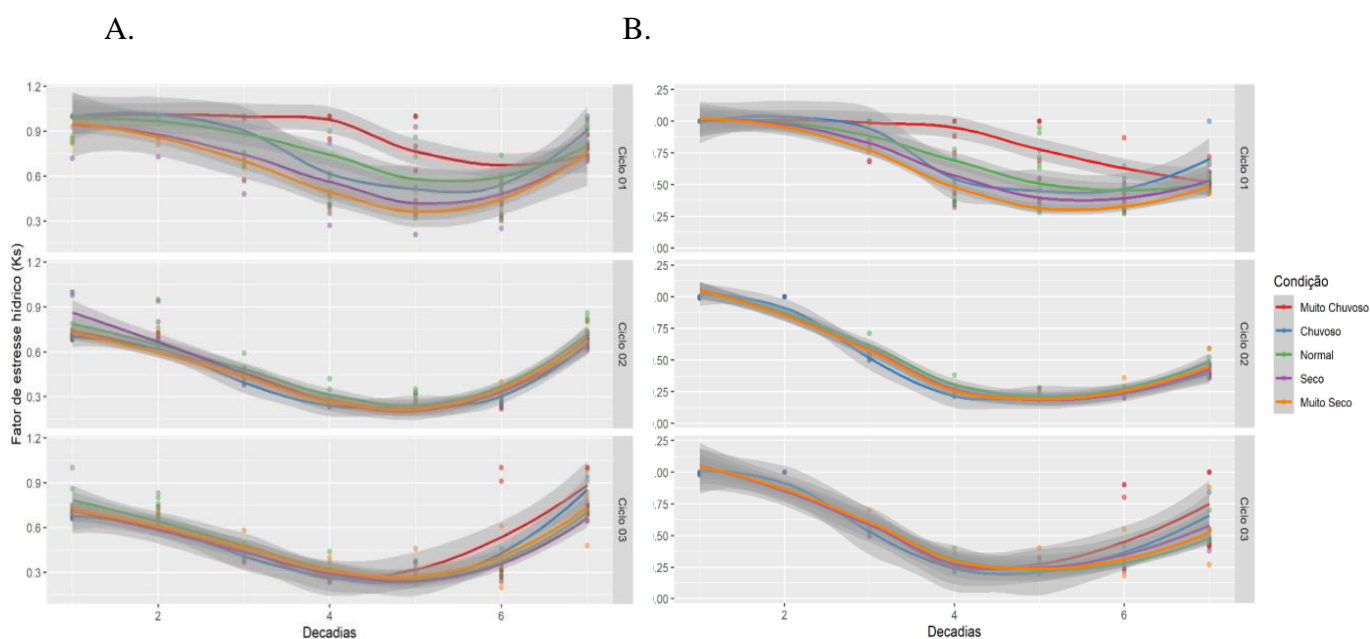


Figura 24. Tendência do fator de estresse hídrico (Ks) nos três ciclos em decádias de cultivo dos meloeiros inodoros e aromático em função dos cinco cenários climáticos apresentados. A. melão inodoros, B. melão aromático

Através da observação da Figura 23AB, com os resultados obtidos pelo CROPTWAT 8.0, foi possível identificar que a variedade do melão cantaloupe apresentou maior sensibilidade ao estresse hídrico, chegando a 0,25 entre o quarto e o sexto decádios, em relação ao melão inodoros.

5.5.2 Percentual de esgotamento hídrico do solo (Depleção) no balanço hídrico para irrigação em intervalos fixos por estágio

O percentual de esgotamento hídrico do solo aumenta à medida que as plantas se desenvolvem, aumentando a necessidade hídrica da cultura. No Figura 24, é observada uma curva levemente acentuada durante a fase de desenvolvimento e maturação, tendendo a decrescer na fase final do ciclo, representados nos ciclos 1, 2 e 3, e as suas relações com os cenários climáticos de precipitação.

Com relação ao C-01 as variações entre os cenários foram mais perceptíveis devido as intensidades de PPef registrados nesse período, ou seja, a depleção é menor quando ocorrem precipitações pluviométricas durante o ciclo. Porém, tal fato não contribui de forma favorável para o meloeiro, visto que a presença de chuvas no decorrer do ciclo nem sempre é vista de forma positiva, pois depende da intensidade e da fase em que se encontra a planta.

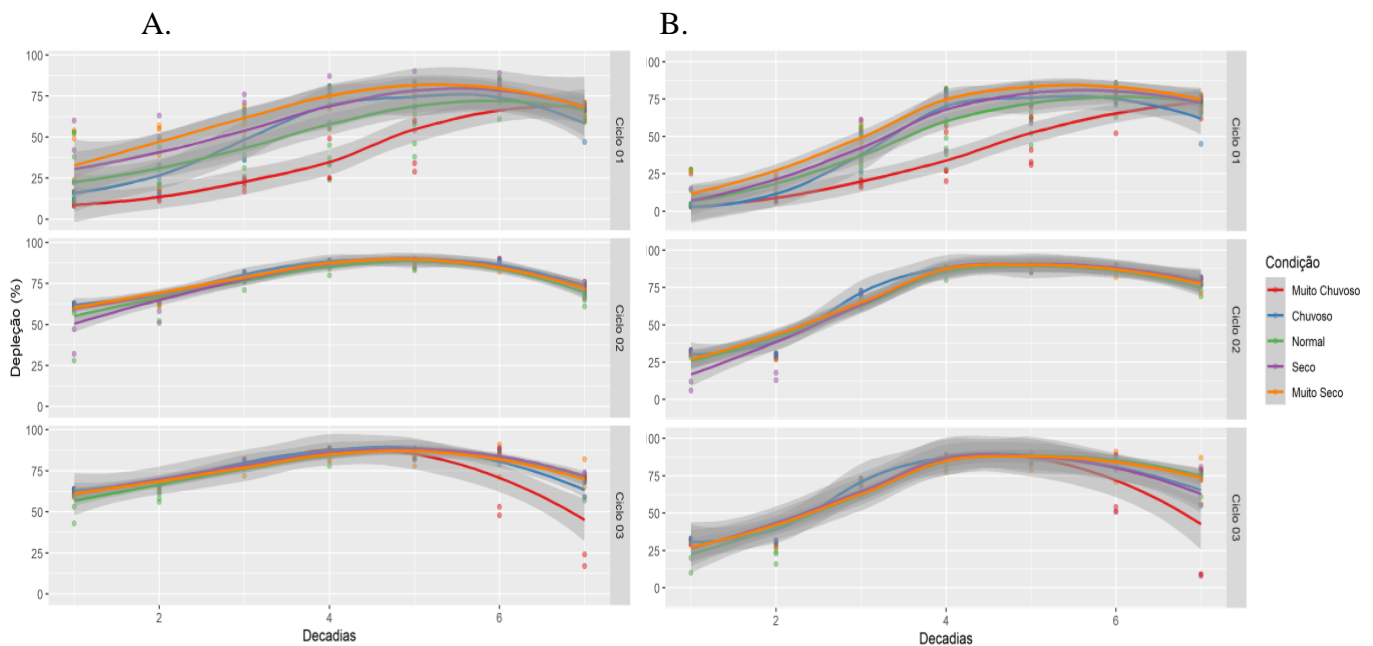


Figura 25. Representação da Depleção ou Esgotamento hídrico (%) nos cultivos dos meloeiros em três ciclos conforme os cinco cenários climáticos apresentados. A. melão inodoros e B. melão aromático

Ao se avaliar o C-02, foi verificado que as linhas de tendências foram semelhantes para os cinco cenários, já para o C-03 no estágio IV o cenário MC apresentou redução do fator de depleção, devido ao fato desse cenário apresentar no decorrer da série histórica o registro de precipitação pluviométrica nos meses de dezembro, mês que corresponde ao final do ciclo da cultura.

5.5.3 Dispersão da evapotranspiração real (ETa) no balanço hídrico para irrigação em intervalos fixos por estágio

O programa CROPWAT 8.0 considera o efeito simples das condições subestimada da umidade do solo. A média da evapotranspiração real (ETa) é calculada ao longo dos intervalos de irrigação e expressa como porcentagem da evapotranspiração potencial da cultura.

A Figura 25 representa a linha de tendência da ETa fornecida pelo programa. Quando a irrigação é baseada no valor da ETc para condições ótimas de irrigação, a ETa permanece a 100% durante o ciclo, mas quando o manejo da irrigação adotado levar em consideração o estresse hídrico, o software calculará o percentual de influência ao longo do ciclo analisado.

Para a série histórica trabalhada o C-01 oferece melhores condições de cultivo com maiores percentuais de ETa apresentando declínio acentuado após 40 dias de plantio. Fato este, proporcionado provavelmente pelo cenário muito chuvoso (MC) nessa época. Porém, para a cultura do meloeiro a ocorrência de chuvas não é visto como favorável em função da elevação da umidade que resulta no aumento da incidência de doenças e baixa qualidade do produto.

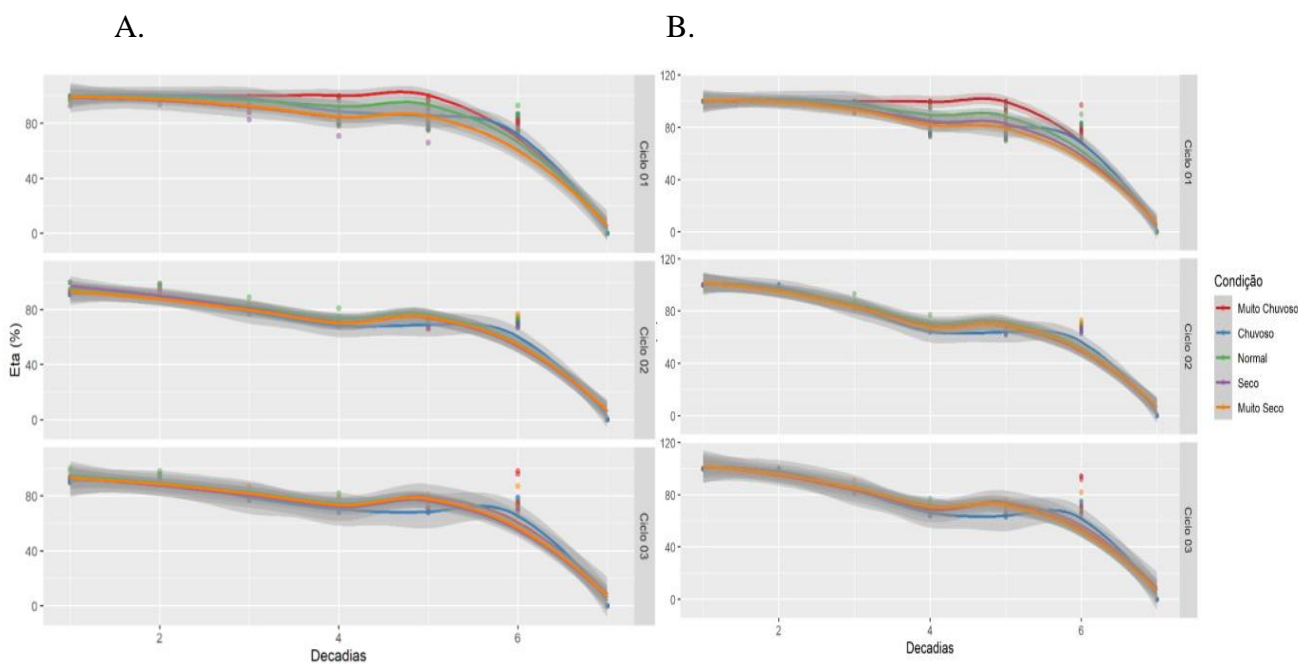


Figura 26. Tendência da ETa (%) nos cultivos dos meloeiros em três ciclos conforme os cinco cenários climáticos apresentados. A. melão inodoros e B. melão aromático

5.5.4 Variabilidade da lâmina bruta e lâmina líquida de irrigação no balanço hídrico para irrigação em intervalos fixos por estágio e na irrigação ao nível de esgotamento crítico (atendendo a demanda evapotranspiratória).

Quando analisado o melão inodoros, foi observado que a lâmina bruta no manejo da irrigação, em intervalos fixos por estágio da série histórica com base na necessidade hídrica para cada condição climática de precipitação, ilustrada na Figura 26, verifica-se que a lâmina máxima para os três ciclos apresentaram valores aproximadamente iguais, ou seja, 237 mm, 243,5 mm e 243 mm, para os ciclos C-01, C-02 e C-03 respectivamente. No C-01, percebeu-se maior tendência à distinção conforme os cenários, em que a mínima foi de 87,7 mm para o cenário muito chuvoso – MC, levando em consideração que nessa época de cultivo a precipitação efetiva foi superior aos demais ciclos.

Para a condição de precipitação normal no C-01, o valor médio da lâmina bruta foi de 155,7 mm para uma ETc de 243,8 mm, indicando que ocorreu registro de precipitação efetiva. Já para o C-02 e C-03, as médias foram de 232,4 mm e 231,4 mm, respectivamente. Observa-se que nos C-02 e C-03 ocorre pequena variação da lâmina bruta com relação às condições de precipitação, fato este ocorrido provavelmente por esses ciclos dar se em período de maiores temperaturas na região.

Outro fato observado para as condições do C-02 e C-03, para a variedade do melão inodoros, foi o crescimento de forma linear da lâmina bruta ao longo da evolução da cultura, com menor lâmina no início do ciclo e a máxima obtida no quarto decádio com suave redução até o último decádio. Com relação à variedade cantaupe, para esses mesmos ciclos, observa-se um crescimento potencial da lâmina bruta com o desenvolvimento da cultura com lâmina inferior a 20 mm no início de plantio e superior a 40 mm no quinto decádio, na fase de produção, para todas as condições de precipitação estudadas. Já o C-01 apresentou comportamento semelhante à variedade do inodoros.

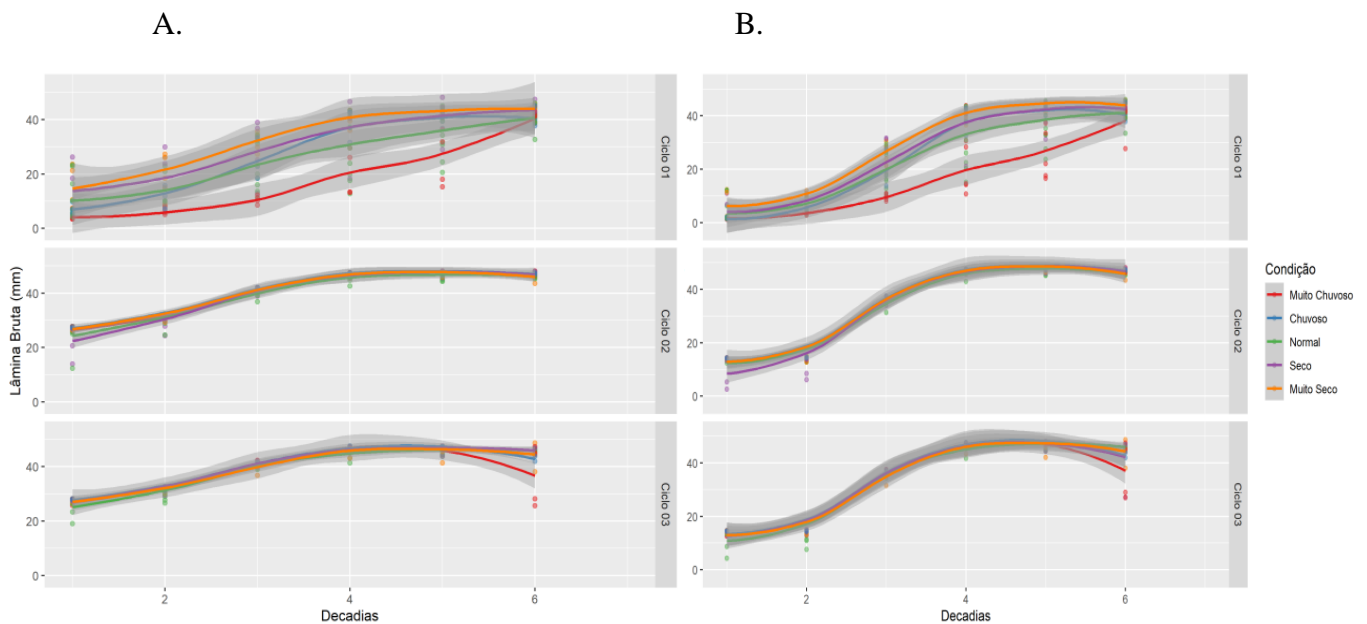


Figura 27. Lâmina Bruta (mm) nos cultivos dos meloeiros em três ciclos conforme os cinco cenários climáticos apresentados. A. melão inodoros e B. melão aromático

Quando analisado o comportamento da lâmina líquida (LL) para a variedade inodoros, no manejo da irrigação em intervalos fixos por estágio, observou-se, na Figura 27, que as lâminas máximas apresentadas para o C-01 foram de 213 mm no cenário muito seco e a mínima de 78,9 mm no cenário muito chuvoso. Azevedo *et al.* (2016) utilizou tratamentos

com lâminas de irrigação abaixo da ETc para analisar os níveis de tolerância do melão ao estresse hídrico e constatou que lâminas de 72,9 mm, correspondente a 45,2% da ETc, não são benéficas para a cultura, pois reduziu o rendimento comercial máximo de 34,6%. No entanto, vale ressaltar que a época de plantio interfere diretamente nos resultados.

É importante mencionar que o C-02 corresponde ao período mais seco do ano, de acordo com Pereira, V. *et al.* (2011) os meses de setembro, outubro e novembro registram as médias mensais de precipitação pluvial entre 1,9 e 4,9 mm. Essa informação explica o fato de os valores mais extremos serem identificados nas simulações desse ciclo, ou seja, nele são observados os maiores valores de ETo e conseqüentemente, as maiores lâminas (Figura 29AB) para as duas cultivares, que após 40 dias do ciclo mantêm uma demanda na média de 40 mm dec⁻¹.

De acordo com Brandão Filho *et al.* (2018) na fase inicial, o excesso de água nesse período pode favorecer o surgimento de doenças e a déficit hídrico pode prejudicar a germinação. Dessa forma, o CROPWAT 8.0 faz a recomendação de maneira adequada para cada fase. Nesse estudo o melão aromático apresentou necessidade de LL inferior ao do melão inodoros.

Em estudos realizados por Farias *et al.* (2003), a lâmina líquida ideal para o meloeiro nessa região foi de 266 mm, enquanto as lâminas obtidas nas simulações para os três ciclos variaram entre 278,63 a 329,83 mm, apresentando variação pouco expressiva do Kc 01 (melão inodoros) para o Kc 02 (melão aromático), registrando os maiores valores nos anos muito seco e secos.

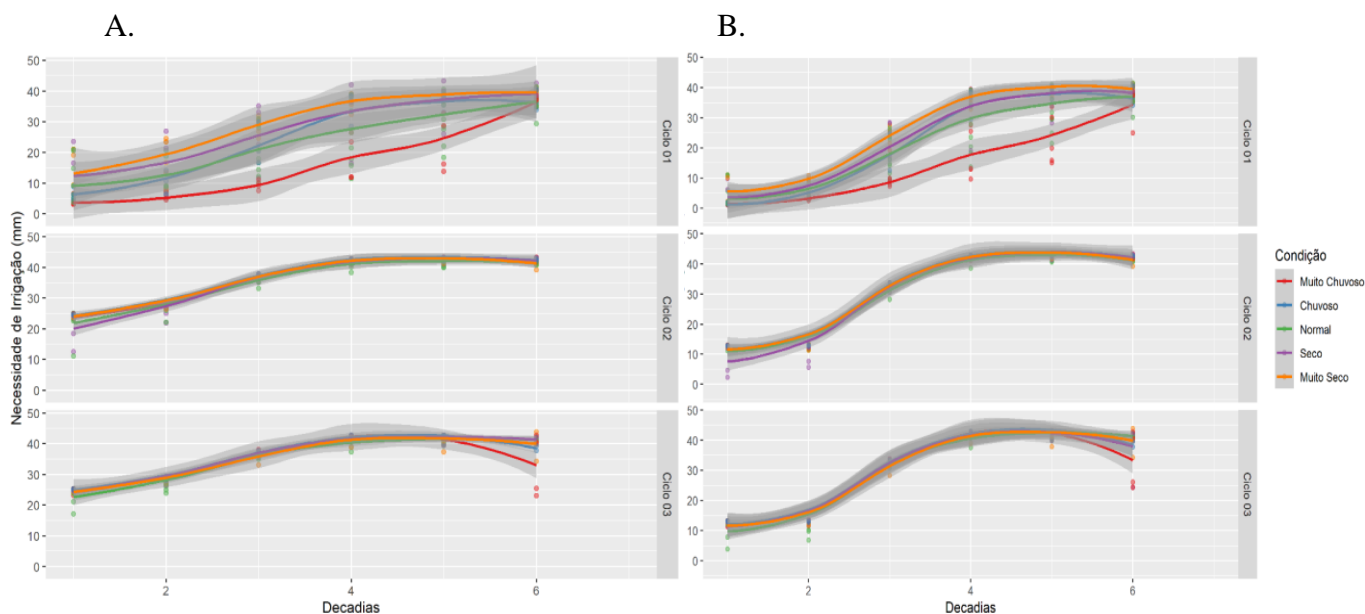


Figura 28. A lâmina líquida (mm) nos três ciclos em decádias de cultivo do melão Inodoros em função dos cinco cenários climáticos apresentados

5.5.5 Lâmina líquida no balanço hídrico para irrigação em intervalos fixos por estágio, para os melões inodoros e aromático

As variações da lâmina líquida ao longo da série histórica com relação aos dois manejos de irrigação (irrigação fixa por intervalo de estágio e irrigação ao nível de esgotamento/depleção crítica) utilizados estão sendo consideradas na Figura 28. Observou-se comportamento ano a ano com relação às lâminas sugeridas pelo programa para atender as demandas hídricas para os três ciclos analisados.

Quando analisada a Figura 28AB para os três ciclos de plantio, considerando a série histórica de 1978 a 2008, observa-se no ciclo C-01 comportamentos alternados entre as irrigações em intervalos fixos por estágio e a irrigação com depleção crítica durante o ciclo, isso ocorreu devido aos anos irregulares de precipitação. Enquanto nos ciclos C-02 e C-03, foi percebido um comportamento padrão da lâmina para os dois tipos de configuração de irrigação, fato este devido nesses ciclos o período de irrigação iniciar-se nos meses que não se registra precipitação.

Na configuração do programa referente ao esgotamento crítico, a lâmina líquida máxima obtida para o melão inodoros foi de 249,6 mm, enquanto a lâmina bruta máxima foi de 277,5 mm (Figura 28A). Vale salientar que essa configuração busca atender à demanda evapotranspirométrica, sendo esse valor correspondente ao mesmo cenário, porém em anos

diferentes. É possível afirmar que os cenários de precipitações influenciam na demanda hídrica independente do ciclo, período de plantio.

Para o manejo da irrigação com esgotamento (depleção) crítico, os valores da lâmina bruta se assemelham aos valores da evapotranspiração da cultura – ET_c, considerando-se o valor diário da precipitação efetiva, para uma produção em condições ótimas de cultivo quanto às condições edafoclimáticas, portanto, a recomendação requer um maior valor de lâmina líquida em milímetros.

Acredita-se que as diferenças de recomendações de um ano para o outro ocorrem devido à variabilidade dos fatores climáticos identificados em cada ano. As épocas de semeaduras, mesmo sendo analisadas na estação seca, sofrem interferência direta dos cenários anuais, principalmente para o cultivo do meloeiro iniciando em junho.

De acordo com Vanomark *et al.* (2018) relacionar os resultados inerentes à demanda hídrica com base na ET_c com outros estudos é difícil porque os valores da ET_c são influenciados por muitos fatores locais, como clima, além de responder fortemente à magnitude da radiação solar recebida.

Nesse contexto, ao se analisar no CROPWAT 8.0 as duas formas de configuração da programação de irrigação, observou-se que ambas são válidas conforme a intensão do usuário, ou seja, a irrigação por estádios fixos demonstra o período crítico quanto aos fatores que conduzem a planta ao estresse hídrico, porém é possível verificar que valores totais por ciclo semelhantes ao valor encontrado por Santos, A. *et al.* (2019) de 294 mm. Quando se avalia a irrigação com esgotamento crítico, o software recomenda a lâmina bruta acima da ET_c, de modo que se atribua ao cultivo condições ótimas, de acordo com Santos, A. *et al.* (2019) o acúmulo de ET_c entre irrigações como critério para aplicação de água, obteve resultados positivos na cultura do melão, maximizando a produção e qualidade do fruto.

A.

B.

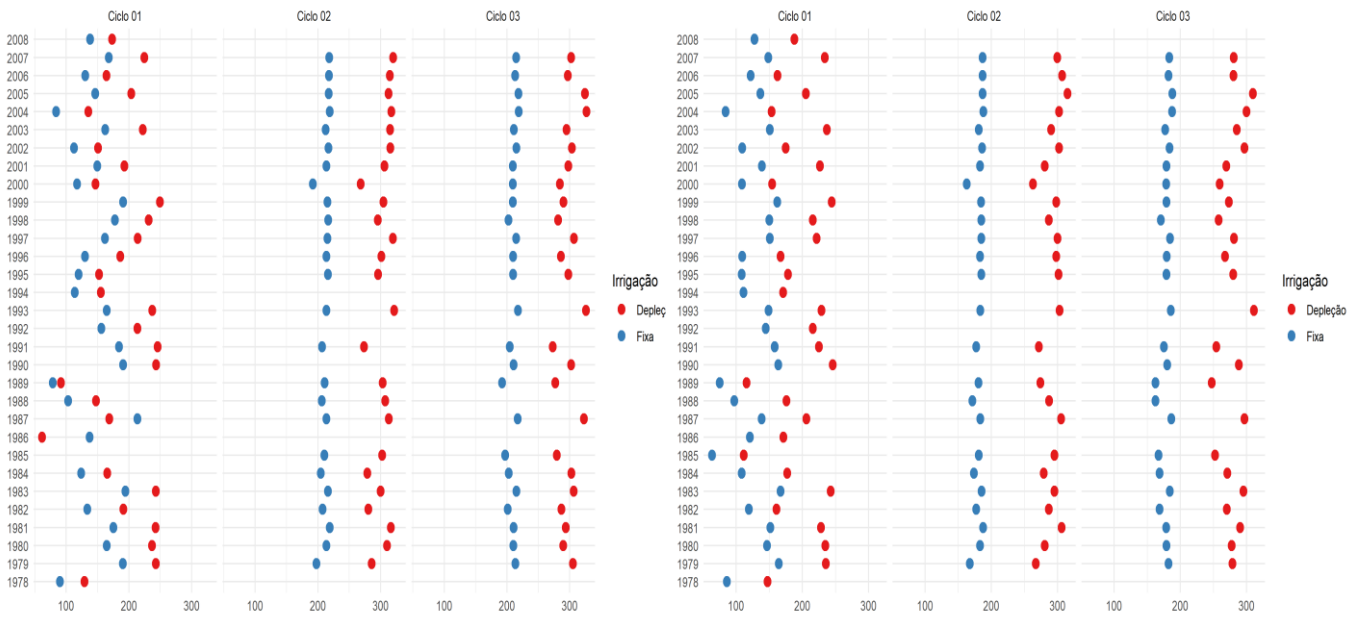


Figura 29. Distribuição do total da lâmina líquida (mm) sugeridas para os três ciclos de simulações ano a ano para o cultivo, de acordo com os dois tipos de manejo de irrigação trabalhados. A. melão inodoros e B. melão aromático

6 CONCLUSÕES

1. A maior variação de temperatura máxima ocorreu para o C-02, com valor de 10 °C.
2. Para o índice umidade relativa – UR, o cultivo na primeira quinzena de junho na região do Polo Jaguaribe-Açu apresenta condições que desfavorecem o cultivo do meloeiro quando produzidos em cenários MC onde a UR ultrapassa 80%.
3. A maior demanda hídrica dentre os três ciclos ocorreu no C-02, com elevação máxima de 32% em relação à C-01, seguida do C-03 com valores semelhantes.
4. O cultivo do meloeiro no C-01 apresentou condições climáticas de intensidade luminosa desfavoráveis nos cenários C e MC, dentre os três ciclos considerados. No C-02 ocorreram as menores dispersões das variáveis climáticas para os cinco cenários, seguido do C-03 como mais favoráveis para o plantio.
5. O melão aromático apresentou maior economia ao uso de água quando comparado ao inodoros. Sendo o primeiro mais sensível ao estresse hídrico.
6. No CROPWAT 8.0, as duas formas de configurações da programação de irrigação são válidas e podem ser utilizadas conforme a intensão do usuário.
7. O uso do software CROPWAT 8.0 foi considerado eficiente como ferramenta de apoio na análise das condições climáticas e do manejo da irrigação na cultura do meloeiro para a região semiárida.

REFERÊNCIAS

- Aguiar, M. I. de et al. Perda de nutrientes por lixiviação em um Argissolo Acinzentado cultivado com meloeiro 1 Nutrient losses by leaching in an Ultisol with melon. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, n. 85, p. 811–819, 2006.
- Allen, R. G.; Pereira, L. S.; Raes, D.; Smith, M. Evapotranspiration del cultivo: Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Roma: Organización de Comida y Agricultura, 2006. 322p. Papel de riego y drenaje, 56.
- Alves, É. S. et al. Water stress coefficient determined by orbital remote sensing techniques. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, p. 847–853, 2020.
- Alvares, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2014. ALVES, É. S. et al. Water stress coefficient determined by orbital remote sensing techniques. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, p. 847–853, 2020.
- Andrade, C. de L. T. de et al. Modelagem do Crescimento de Culturas : Aplicações à Cultura do Milho. Documentos 91 Embrapa, 2009.
- Anjos, F. A. dos. Cultivo do milho irrigado no semiárido alagoano e modelagem com o aquacrop/FAO. UFCG, 2016, Tese de doutorado.
- Araujo, E.B. G; Sá, F V da S; Paiva, E P de ; Silva, M. K. do N.; Souto, L S; Oliveira, F. A. de;; Mesquita, E F de ; Brito, M. E. B. Crescimento inicial e tolerância de cultivares de meloeiro à salinidade da água. *Revista Ambiente e Agua*, v. 9, n. 3, p. 445–458, 2016.
- Azevedo, B M de; Bomfim, G. V. do; Nascimento Neto, J R do; Viana, T. V. de A.; Vasconcelos, D. V. Irrigation depths and yield response factor in the productive phase of yellow melon. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 38, n. 3, 2016.
- Batte, M. et al. Crossbreeding east African highland bananas: Lessons learnt relevant to the botany of the crop after 21 years of genetic enhancement. *Frontiers in Plant Science*, v. 10, n. February, p. 1–9, 2019.
- Borges, V. P. et al. Energy balance and evapotranspiration of melon grown with plastic mulch in the Brazilian semiarid region. *Scientia Agrícola*, v. 72, n. 5, p. 385–392, 2015.
- Brandão Filho, J. U. T. et al. Hortaliças-fruto. Maringá: SciELO Books, 2018.
- Carvalho, D. F. DE et al. Evolution and current scenario of irrigated area in Brazil: Systematic data analysis TT - Evolução e cenário atual da área irrigada no Brasil: Análise sistemática dos dados. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 24, n. 8, p. 505–511, 2020.
- Castiblanco, C J M & Peña-Q, A. J. Reference evapotranspiration estimation by different methods for the sucroenergy sector of Colombia. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, p. 583–590, 2021.
- Cavalcante Junior, E. G.; Medeiros, J. F. de; Freitas, I. A. de S. et al. Necessidade hídrica da cultura do milho influenciada pelas mudanças climáticas no semiárido Nordeste. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, 2018.

- Centeno, L. N. et al. Textura Do Solo: Conceitos E Aplicações Em Solos Arenosos. Revista Brasileira de Engenharia e Sustentabilidade, v. 4, n. 1, p. 31, 2017.
- Costa, F. R. DA; Souza, R. F. DE; Silva, S. M. P. DA. Caracterização Pluviométrica Da Bacia Hidrográfica Do Rio Doce – Rn/Brasil. Revista Brasileira de Climatologia, v. 26, n. June, 2020.
- Costa, N. D. Manejo e conservação do solo e da água: potencial agrícola do solo para. Embrapa semiárido, 2005.
- Crisóstomo, L. A. et al. Adubação, Irrigação, Híbridos e Práticas Culturais para o Meloeiro no Nordeste. Embrapa Agroindustria Tropical circular técnica 14, p. 21, 2002.
- Demartelaere, A. C. F.; Alves, H.; Preston, F.; Preston, W. Métodos biológico e alternativo no controle da mancha aquosa no meloeiro Biological and alternative methods to control watery spot in melon. Brazilian Journal of Development, p. 4979–5002, 2021.
- Diniz, T M; Pereira, M.; V; Campelo, H. Climatologia Do Estado Do Rio Grande Do Norte, Brasil: Sistemas Atmosféricos Atuantes E Mapeamento De Tipos De Clima. Boletim Goiano de Geografia, v. 35, n. 3, 2015.
- Doorenbos, J.; Kassam, A.H. Yield response to water. Rome: FAO, 1979. 193p.
- Dubreuil, V. et al. Os tipos de climas anuais no Brasil: uma aplicação da classificação de Köppen de 1961 a 2015. Confins-revue Franco-bresilienne De Geographie-revista Franco-brasileira De Geografia, p. 23, 2018.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Sistema de produção de melão. 2010. Disponível em: < <https://www.spo.cnptia.embrapa.br/>>. Acessado em: 20 de maio de 2021.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. A cultura do melão. 3.ed. Brasília: Coleção Plantar, 76, 2017. 202p.
- EMPARN - Empresa de Pesquisa Agropecuária do RN. Análise Pluviométrica do Rio Grande do Norte – Período: 1963-2009. Natal, RN: EMPARN, 2011. 71p. Documentos, 39.
- FAO - Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura. Software CROPWAT 8.0. Disponível em: <http://www.fao.org/nr/water/infores_databases_cropwat.html>. Acessado em: Nov. 2020.
- FAO, C. Manual CROPWAT, 2000. Disponível em: <www.elregante.com> Acessado em: Nov. 2020
- Farias, C. H. de A. et al. Crescimento e desenvolvimento da cultura do melão sob diferentes lâminas de irrigação e salinidade da água. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 7, n. 3, p. 445–450, 2003.
- Figueiredo, M. C. B. De; Gondim, R. S.; Aragao, F. A. S. DE. Produção de melão e mudanças climáticas: sistemas conservacionistas de cultivo para redução das pegadas de carbono e hídrica. Embrapa, p. 302, 2017.
- Guedes, I. M. R. Mudanças climáticas globais e a produção de hortaliças. Embrapa Hortaliças, v. 1. ed., n. Brasília, p. 130 p, 2009.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em:<<http://www.sidra>.

- ibge.gov.br> Acessado em: Fev. 2021.
- INMET- Instituto Nacional de Meteorologia. Dados meteorológicos da série histórica de Mossoró-RN de 1978 a 2008. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br>>. Acesso em: Set. 2020.
- Köpp, L. M. et al. Simulation of water requirement and estimation of productivity for maize in cities of rio grande do sul. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, 2015.
- Kresovic, B; Tapanarova, A; Tomic, Z; Zivotic, L; Vujovic, D; Sredojevic, Z; Gajic, B. Grain yield and water use efficiency of maize as influenced by dferent irrigation regimes through sprinkler irrigation under temperate climate _ Enhanced Reader.pdf. *Agricultural Water Management*, v. 169, p. 34–43, 2016.
- Lima, E. D. P.; Minuzzi, R. B. Requerimento de irrigação para a laranja em cenários climáticos futuros no Norte e Noroeste Fluminense. *Agrometeoros*, v. 27, n. 1, p. 165–172, 2020.
- Lima, L. D.; Oliveira, H. R. De; Costa, A. K. M. Informações Sócio Econômicas Municipais: Mossoró. Banco do Nordeste, 2019.
- Lucena, R. L.; Cabral Júnior, J. B.; Steinke, E. T. Comportamento Hidroclimatológico do Estado do Rio Grande do Norte e do Município de Caicó. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 33, n. 3, p. 485–496, 2018.
- Machado, T. DA S. et al. Zoneamento Agroclimático Do Melão Na Região Sudoeste De Mato Grosso. *Revista Brasileira de Climatologia*, v. 20, p. 169–181, 2017.
- MAPA. Projeções do Agronegócio: Brasil 2018/19 a 2028/29 projeções de longo prazo. 2019.
- Maschio, R. Cálculo das vazões de outorga na irrigação de cana-de-açúcar: Influência do critério de irrigação e dos níveis de probabilidade de evapotranspiração e precipitação. 2015. 263 p. Engenharia de Sistemas Agrícolas - ESALQ, Piracicaba: Tese, 2015.
- Medeiros, F. A. S. B. DE et al. Necessidade hídrica do meloeiro irrigado com água de diferentes salinidades e cultivado com ou sem cobertura do solo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 9, n. 2, p. 234–238, 2005.
- Medeiros, J. F. de et al. Crescimento do meloeiro cultivado sob diferentes níveis de salinidade, com e sem cobertura do solo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 11, n. 3, p. 248–255, 2007.
- Melo, T. K. de. Comportamento de cultivares de meloeiro e melancia em cenários de mudanças climáticas no semiárido brasileiro. Manejo do solo e da água no ambiente agrícola. 2019. 60 p. UFERSA, Mossoró:Tese Doutorado, 2019.
- Melo, J. M. M. et al. Crescimento de meloeiro submetido ao estresse hídrico com e sem micorrização no vale do submédio São Francisco. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, v. 7679, p. 1261–1270, 2017.
- Melo, T. K. de et al. Impacts of climate change scenarios in the brazilian semiarid region on watermelon cultivars. *Revista Caatinga*, v. 33, n. 3, p. 794–802, 2020.
- Melo, T. K. D. et al. Evapotranspiração e produção do melão Gália irrigado com água de diferentes salinidades e adubação nitrogenada Evapotranspiration and yield of melon Galia

- irrigated with water of different salinity and nitrogen fertilization. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental - Agriambi*, v. 15, n. 12, p. 1235–1242, 2011.
- Militão, I M; Silvério, J M De O; Castro, V L L De & Martins, G. Avaliação da gestão compartilhada do Aquífero Jandaíra, região limítrofe dos Estados Ceará e Rio Grande do Norte. XIX Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, p. 1–12, 2017.
- Minuzzi, R. B.; Ribeiro, A. J. Requerimento de água para irrigação do milho em Santa Catarina durante eventos La Niña Irrigation water requeriment of maize in Santa Catarina during La Niña events. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental - Agriambi*, v. 16, n. 12, p. 1330–1337, 2012.
- Miranda, A. C.; Veríssimo, A. M.; Ceolin, A. C. Agricultura De Precisão : Um Mapeamento Da Base Da Scielo Precision Agriculture : A Scielo Base Mapping. *Revista Gestão.Org*, v. 15, n. 1679–1827, p. 129–137, 2017.
- Miranda, F. R. de.; BLEICHER, E. Evapotranspiração e coeficientes de cultivo e de irrigação para a cultura do melão (*Cucumis melo* L.) na Região Litorânea do Ceará. *Boletim de pesquisa e desenvolvimento, Embrapa Agroindústria Tropical*, v. 17, 2001.
- Mota, J. C. A. . et. al. Algumas propriedades físicas e hídricas de três solos na Chapada Do Apodi, RN, cultivados com melão. *R. Bras. Ci. Solo*, n. 1, p. 49–58, 2008.
- Nascimento, J. T. do. Produção e qualidade de melão rendilhado submetido a diferentes tensões de água no solo e adubação potássica no nordeste paraense. UFRA, 2020. Tese Doutorado.
- Ndayitegeye, O. et al. Evaluation of CROPWAT 8.0 model in predicting the yield of east Africa highland banana under different sets of irrigation scheduling. *Fundamental and Applied Agriculture*, v. 5, n. 0, p. 1, 2020.
- Oliveira, Z. B. DE et al. Para a Cultura Do Feijão Utilizando O Modelo Cropwat-Fao Simulation of the Need for Irrigation for the Culture of Bean Using the Cropwat-Fao Model. *Inovagri: International Meeting. Anais...Fortaleza: 2012*
- Orth, C. F. Perfil Exportador de Melões Brasileiros. *Apex-Brasil*, p. 49, 2014.
- Paula, J. A. DE A. et al. Análise agrônômica e econômica do cultivo de melão (*Cucumis melo*, L.) conduzido na região semiárida do nordeste brasileiro. *Enciclopédia biosfera*, p. 44–52, 2017.
- Pereira, W. de B. et al. Produção e Qualidade de Melões Sob Diferentes Arranjos do Sistema de Irrigação e Coberturas do Solo. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 36, n. 2, p. 285–294, 2021.
- Pinho, T.; Boaventura-Cunha, J.; Morais, R. Tecnologias da eletrônica e da computação na recolha e integração de dados em agricultura de precisão. *Revista de Ciências Agrárias*, v. 38, n. 3, p. 291–304, 2015.
- Pinto, L. A. et al. Desempenho inicial de variedades de melão (*cucumis melo* L.) submetidas a esterco bovino. III Congresso Internacional das Ciências Agrárias, 2018.
- Saha, S K; Singh, S P; Biswas, B; Kingra, P. K. Comparative Assessment of Empirically Estimated Reference Evapotranspiration with CROPWAT 8.0 Outcome in Indian Punjab. *Journal of Agricultural Physics*, v. 19, n. 2, p. 194–200, 2019.

- Salazar, D. U. et al. Emissividade via laboratório e satélite como abordagem na análise. Anais do XIX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2019.
- Sales, R A DE ; J M, L. E. C. DE O.; PINHEIRO;, M. A. B. R. A. DE S. Estimativa das necessidades hídricas do milho cultivado nas condições edafoclimáticas de São Mateus – ES. *Journal of Chemical Information and Modeling*, v. 53, n. 9, p. 1689–1699, 2016.
- Sales Júnior, R. et al. Reaction of melon genotypes to the root's rot caused by *Monosporascus*. *Revista Caatinga*, v. 2125, p. 288–294, 2019.
- Salviano, A. M., et al. A cultura do melão. 3^a ed. Brasília: Embrapa. 2017.
- Sampaio, P. R. F. et al. Áreas agrícolas sujeitas à desertificação no Rn e medidas mitigadoras: O Caso dos assentamentos Milagres e Terra da Esperança. *Holos*, v. 7, p. 1–19, 2020.
- Santos, F. J. de S.; Lima, R. N. de; Crisóstomo, L. A.; Souza, F. DE. Irrigação do Melão: Manejo através do Tanque Classe “A”. *Circular Técnica 11 Embrapa*, p. 8, 2001.
- Santos, R A dos; Martins, D L; Santos, R. L. Balanço hídrico e classificação climática de köppen e thornthwaite no município de Feira de Santana (BA). *Geo UERJ*, p. 1–17, 2018.
- Santos, A. F. et al. Irrigation management based on evapotranspiration accumulation of the melon crop: a Bayesian approach Manejo de irrigação baseado no acúmulo da evapotranspiração da cultura do melão : uma abordagem bayesiana. *Revista brasileira de ciências agrárias*, p. 1–6, 2019.
- Santos, H. G. dos et al. Sistema brasileiro de classificação de solos. [s.l.: s.n.].
- Saraiva, K. R. et al. O Efeito Das Mudanças Climáticas Nas Necessidades Hídricas Da Melanciaira, No Piauí Utilizando O “Cropwat”. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, v. 10, n. 4, p. 858–865, 2016.
- Silva, W. T. de M. et al. Levantamento da textura do solo e da relação silte/argila em regiões semiáridas do Nordeste. *Agropecuária Científica no Semiárido*, 2019.
- Sousa, E. P. DE. Competitividade dos produtores de melão na Área Livre de *Anastrepha grandis* no Nordeste brasileiro. *Revista de Ciências Agrárias*, v. 41, n. 1, p. 199–208, 2018.
- Sousa, V. F. DE O. et al. Physiological behavior of melon cultivars submitted to soil salinity. *Pesquisa Agropecuaria Tropical*, v. 48, n. 3, p. 271–279, 2018.
- Steduto, P. et al. Crop yield response to water. *Food and agriculture organization of the united nations*, v. 66, 2012.
- Tsakmakis, I D; Zoidou, M. Impact of Irrigation Technologies and strategies on cotton water footprint using AquaCrop and Cropwat models. *Springer Link*, 2018.
- Vanomark, G. M. M. DE S. et al. Energy balance partitioning and evapotranspiration from irrigated muskmelon under semi-arid conditions. *Bragantia*, v. 77, n. 1, p. 168–180, 2018.