

JOÃO PEDRO PINTO

**PRODUÇÃO DE MORANGO, CONSUMO HÍDRICO E COEFICIENTES TÉCNICOS
EM CONDIÇÕES DE COBERTURA DO SOLO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

Orientador: Fernando França da Cunha

Coorientador: Marcos Caldeira Ribeiro

**VIÇOSA - MINAS GERAIS
2022**

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da
Universidade Federal de Viçosa - Campus Viçosa

T

P659p
2022
Pinto, João Pedro, 1962-
Produção de morango, consumo hídrico e coeficientes técnicos em condições de cobertura do solo / João Pedro Pinto. - Viçosa, MG, 2022.

1 tese eletrônica (113 f.): il. (algumas color.).

Orientador: Fernando França da Cunha.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Engenharia Agrícola, 2022.

Inclui bibliografia.

DOI: <https://doi.org/10.47328/ufvbbt.2022.470>

Modo de acesso: World Wide Web.

1. Morango - Cultivo. 2. *Fragaria x ananassa*. 3. Irrigação por gotejamento. 4. Agricultura familiar. I. Cunha, Fernando França da, 1980-. II. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Engenharia Agrícola. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola. III. Título.

CDD 22. ed. 634.75

Bibliotecário(a) responsável: Bruna Silva CRB-6/2552

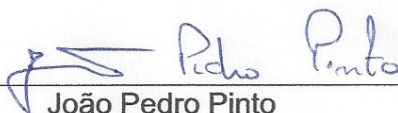
JOÃO PEDRO PINTO

**PRODUÇÃO DE MORANGO, CONSUMO HÍDRICO E COEFICIENTES TÉCNICOS
EM CONDIÇÕES DE COBERTURA DO SOLO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

APROVADA: 31 de março de 2022.

Assentimento:



João Pedro Pinto
Autor



Fernando França da Cunha
Orientador

*Aos meus pais, Sétimo Pinto Monteiro (in memoriam) e
Maria Silva Monteiro.*

Aos meus irmãos, irmãs e demais familiares.

*À minha esposa Aparecida de Lourdes e aos meus
filhos João Pedro e Gabriel José.*

AGRADECIMENTOS

A Deus, porque D'Ele, por Ele e para Ele são todas as coisas. A Ele o louvor, a honra e glória por toda eternidade.

Aos meus pais, pelo amor incondicional e exemplo de vida na fé.

Aos meus irmãos, irmãs, demais familiares e amigos, agradeço o incentivo e as orações, que com certeza me sustentaram nos momentos difíceis.

Ao padrinho Antônio Galvão do Nascimento, sempre presente com preciosos conselhos, orações e acolhimento.

Aos nossos afilhados Carlos Magnos e Patrícia pela preciosa colaboração.

À Universidade Federal de Viçosa, pela oportunidade de realizar a pós-graduação e ao Departamento de Engenharia Agrícola.

Ao meu orientador Fernando França da Cunha, faço um agradecimento especial, pelo encorajamento, por compartilhar seu vasto conhecimento, sempre com prontidão e dedicação, não medindo esforços para execução deste trabalho.

Ao Gustavo Henrique da Silva, gratidão, pela ajuda contínua e imprescindível.

Ao José Antônio e demais colaboradores da Estação Experimental pelo apoio, bem como aos doutorandos, bolsistas e estagiários, Gabriel, Joel, Lucas, Saulo, Talita e a todos aqueles que contribuíram para a realização do experimento.

Ao Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais, por viabilizar esta formação.

Aos colaboradores do Núcleo de Agricultura, estagiários e bolsistas, José Ricardo "Neto" e Paulo Ricardo, e a todos aqueles que colaboraram para a execução prática do experimento em Barbacena.

Agradeço aos prof. Alexandre Adão, José Alcir, Laércio Boratto e Marcos Caldeira, pela colaboração efetiva e demais colegas de trabalho pelo apoio.

Aos produtores de morango da microrregião de Barbacena, a Emater, Ceasa e aos parceiros da cadeia produtiva, na pessoa do Ricardo José Pacheco Montes, pelo apoio durante a realização do diagnóstico em Barbacena.

À Flávia Elaine de Andrade Pereira e a todos amigos do Dinter que empreenderam comigo este desafio da pós.

Agradeço a cada pessoa que contribuiu para a realização deste trabalho e não teve seu nome aqui explicitado. A TODOS, Deus os abençoe abundantemente.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo apoio financeiro.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

*“Visitastes a terra e a regastes, cumulando-a de fertilidade.
De água encheu-se a divina fonte e fizestes germinar o trigo.
Assim, pois, fertilizaste a terra: irrigastes os seus sucos, nivelastes as suas
glebas; amolecendo-as com as chuvas, abençoastes a sua sementeira.
Coroaste o ano com os vossos benefícios; onde passastes ficou a fartura.
Umedecidas as pastagens do deserto, revestem-se de alegria as colinas.
Os prados são cobertos de rebanho e os vales se enchem de trigais.
Só há júbilo e cantos de alegria.”*

(Salmo 64,10-14)

RESUMO

PINTO, João Pedro, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, março de 2022. **Produção de morango, consumo hídrico e coeficientes técnicos em condições de cobertura do solo.** Orientador: Fernando França da Cunha. Coorientador: Marcos Caldeira Ribeiro.

A microrregião de Barbacena, no sudeste de Minas Gerais, vem se destacando na produção de morango por apresentar condição climática favorável ao cultivo. Entretanto, existem poucas informações sobre a produção, consumo hídrico e uso de cobertura de solo. Diante do exposto, o objetivo deste estudo foi conhecer a produção de morango e avaliar as características agronômicas, consumo hídrico e coeficientes técnicos em cultivos utilizando cobertura de solo. No primeiro capítulo foi realizado um diagnóstico junto aos produtores da microrregião de Barbacena-MG, buscando as seguintes informações: vínculo do produtor com a terra, mão de obra, diversificação com outras atividades, forma de cultivo com ou sem solo, qual a cultivar, quantidade de plantas, sistema de irrigação, fonte de água, principais dificuldades, produção e comercialização e destinação dos plásticos pós consumo. No segundo capítulo foi conduzido um experimento em Viçosa-MG. Para este estudo foram utilizados lisímetros de drenagem sob ambiente protegido para avaliar as características agronômicas, consumo hídrico e coeficientes técnicos do morangueiro cultivado com papel reciclado como cobertura de solo. Os tratamentos consistiram em (i) lisímetros com morangueiro cultivados sem cobertura de papel, (ii) morangueiro cultivado com cobertura de papel reciclado, (iii) lisímetros não cultivados e cobertos com papel reciclado e (iv) cultivados com grama batatais. No terceiro capítulo, realizou-se um experimento em Barbacena-MG para avaliar diferentes coberturas de solo e perfis de molhamento no consumo hídrico e desempenho agrônômico do morangueiro. Os perfis de molhamento foram de 40 e 70% e os tipos de cobertura foram polietileno preto, polietileno branco, papel reciclado e sem cobertura de solo. Diante do diagnóstico, foi possível conhecer a produção de morango da microrregião de Barbacena e, com os experimentos, verificou-se que o papel reciclado como cobertura de solo reduz o consumo hídrico pela cultura do morango e não altera as suas características agronômicas.

Palavras-chave: Agricultura familiar. Coeficiente de cultura. Cultivo protegido. *Fragaria x ananassa* Duch. Manejo de irrigação.

ABSTRACT

PINTO, João Pedro, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, March, 2022. **Strawberry production, water consumption and technical coefficients under soil cover conditions**. Advisor: Fernando França da Cunha. Co-advisor: Marco Caldeira Ribeiro.

The Barbacena micro-region, in southeastern Minas Gerais, has been standing out in strawberry production due to its favorable climatic conditions for cultivation. However, there is little information on production, water consumption and land cover use. Given the above, the objective of this study was to know the production of strawberries and evaluate the agronomic characteristics, water consumption and technical coefficients in crops using ground cover. In the first chapter, a diagnosis was made with the producers of the micro-region of Barbacena-MG, seeking the following information: producer's link with the land, labor, diversification with other activities, form of cultivation with or without soil, which to cultivate, number of plants, irrigation system, water source, main difficulties, production and commercialization and destination of post-consumer plastics. In the second chapter, an experiment was conducted in Viçosa-MG. For this study, drainage lysimeters were used under a protected environment to evaluate the agronomic characteristics, water consumption and technical coefficients of the strawberry cultivated with recycled paper as ground cover. The treatments consisted of (i) strawberry lysimeters grown without paper covering, (ii) strawberry grown with recycled paper covering, (iii) uncultivated lysimeters and covered with recycled paper, and (iv) cultivated with potato grass. In the third chapter, an experiment was carried out in Barbacena-MG to evaluate different soil cover and wetness profiles on water consumption and agronomic performance of the strawberry. The wetness profiles were 40 and 70% and the types of cover were black polyethylene, white polyethylene, recycled paper and without ground cover. In view of the diagnosis, it was possible to know the strawberry production in the Barbacena microregion and with the experiments it was found that recycled paper as a ground cover reduces water consumption by the strawberry crop and does not change its agronomic characteristics.

Keywords: Family farming. Culture coefficient. Protected cultivation. *Fragaria x ananassa* Duch. Irrigation management.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 – Vínculo com a propriedade da terra para os produtores de morango da microrregião de Barbacena, Minas Gerais.	33
Figura 1.2 – Mão de obra atuante na produção de morango da microrregião de Barbacena, Minas Gerais.	34
Figura 1.3 – Dedicção do produtor quanto a atividade do morango na microrregião de Barbacena, Minas Gerais.	35
Figura 1.4 – Principais sistemas para o cultivo do morangueiro utilizando solo e substrato na microrregião de Barbacena, Minas Gerais.	36
Figura 1.5 – Distribuição das cultivares de morango utilizadas pelos produtores da microrregião de Barbacena, Minas Gerais.	37
Figura 1.6 – Distribuição dos produtores em grupo, em relação a cada 15 mil plantas cultivadas de morango na microrregião de Barbacena, Minas Gerais.	38
Figura 1.7 – Distribuição das fontes de água utilizadas pelos produtores de morango na microrregião de Barbacena, Minas Gerais.	39
Figura 1.8 – Dificuldades relatadas pelos produtores na condução de lavouras com morango na microrregião de Barbacena MG.	40
Figura 1.9 – Preços médios do quilograma de morango nas principais centrais de abastecimento da região sudeste do Brasil, no período de janeiro a dezembro de 2020. Fonte: Ceasa (2020).	42
Figura 1.10 – Produção de morango dividida por grupos de 15 mil plantas, associado à quantidade média produzida semanalmente, para enchimento de uma cumbuca.	43
Figura 1.11 – Destinação da comercialização da produção de morango separada por grupos de 15 mil plantas, para diferentes consumidores.	44
Figura 1.12 – Destinação final do polietileno utilizado na produção de morango após encerramento do ciclo de cultivo das plantas.	45
Figura 2.1 – (A) Ambiente protegido construído para abrigar os lisímetros e (B) Diagrama com o posicionamento dos lisímetros ocupados com morangueiro cultivado com cobertura de papel reciclado (MCP), morangueiro sem cobertura de papel reciclado (MSP), somente cobertura de papel (SCP) e com grama batatais (CGB) Viçosa-MG, DEA-UFV, 2019.	62

Figura 2.2 – (A) Morangueiro com cobertura de papel reciclado (MCP), (B) morangueiro sem cobertura de papel (MSP), (C) somente cobertura de papel reciclado (SCP) e (D) lisímetro cultivado com grama batatais (CGB).	64
Figura 2.3 – Coleta de dados do índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) com o (A) sensor portátil GreenSeeker em lisímetro sobre gramas batatais e (B) posição de leitura.	68
Figura 2.4 – Obtenção do coeficiente de evaporação de água do solo (K_e) utilizando somente cobertura de papel reciclado (SCP) em função de graus-dia acumulados (GDA), para o (A) método do Lisímetro (L) e (B) método Penman-Monteith (PM).	71
Figura 2.5 – Obtenção do coeficiente basal de cultura do morangueiro (K_{cb}) em função de graus-dia acumulados de crescimento (GDA), após o transplântio usando o (A) lisímetro (L) e (B) o método de Penman-Monteith (PM), com cobertura de papel reciclado.	72
Figura 2.6 – Coeficientes de cultura (K_c) do morangueiro cultivado com cobertura de papel reciclado, em função de graus-dia acumulados (GDA) e obtidos utilizando os métodos (A) lisímetro (L) e (B) Penman-Monteith (PM).	74
Figura 2.7 – Índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) em lisímetros ocupados com morangueiro cultivado sem cobertura (MSP) e com cobertura de papel reciclado (MCP), somente cobertura do solo com papel reciclado (SCP) e lisímetro com grama batatais (CGB) em função de graus-dia acumulados (GD).	75
Figura 2.8 – Relação entre o índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) e K_c obtido para morangueiro cultivado com cobertura de papel reciclado (MCP), utilizando os métodos (A) lisímetro (L) e (B) Penman-Monteith (PM).	76
Figura 2.9 – Distribuição percentual do sistema radicular ao longo do perfil do solo para o morangueiro cultivado sem cobertura de papel (MSP) e com cobertura de papel reciclado (MCP), para massa de raiz fresca (MF) e seca (MS).	78
Figura 3.1 – Preparo dos canteiros (A) e o ambiente protegido utilizado na condução do experimento (B). Barbacena-MG, IF Sudeste MG, 2019.	90
Figura 3.2 – Dimensões do bulbo molhado pelo gotejador, DS: dimensão superficial, DM: dimensão máxima e ZM: profundidade máxima.	93
Figura 3.3 – Diagrama do ambiente protegido com disposição dos perfis de molhamento, coberturas de solo, repetições (bloco) e posicionamento dos sensores nas unidades experimentais.	94
Figura 3.4 – Motobomba, injetor venturi, filtro e cavalete para o sistema de irrigação por gotejamento (A); cavaletes individualizados para cada tratamento (B) e posição do emissor por planta (C). Barbacena-MG, IF Sudeste MG, 2019.	95

Figura 3.5 – Relação entre a umidade volumétrica do solo em base seca determinada pelo método gravimétrico e leitura obtida em um sensor Falker Hidrofarm.96

Figura 3.6 – Utilização do aparelho eletrônico Hidrofarm acoplado ao sensor para leitura (A) e esquema de instalação do gotejamento e funcionamento do sensor de umidade no solo (B). Barbacena-MG, IF Sudeste MG, 2019.97

Figura 3.7 – Estágios de desenvolvimento e amadurecimento do morango: 1 - Flor (Inflorescência); 2 - Fruto verde; 3 - Fruto com menos de 3/4 (três quartos) da superfície avermelhada; 4 - Fruto com mais de 3/4 (três quartos) 75%, da superfície avermelhada; 5 - Fruto completamente maduro. Fonte: Incaper (2016).99

Figura 3.8 – Dimensões do bulbo molhado em função de tempo de aplicação de água em solo argilo-arenoso irrigado com gotejador de vazão de 2 L h⁻¹. 101

LISTA DE TABELAS

- Tabela 2.1 – Resultados das análises físico-hídrica e química do solo contido nos lisímetros antes da realização do experimento. Viçosa-MG, DEA-UFV, 2019.61
- Tabela 2.2 – Resumo da análise de variância e dados médios das características agronômicas do morangueiro cultivado em lisímetro e utilizando cobertura de solo com papel reciclado (MCP) e sem cobertura de solo (MSP).77
- Tabela 3.1 – Resultados das análises físico-hídrica e química do solo antes da realização do experimento. Barbacena-MG, IF Sudeste MG, 2019.91
- Tabela 3.2 – Valores acumulados de lâmina líquida de irrigação (mm) em função do perfil de molhamento e da cobertura de solo. 101
- Tabela 3.3 – Valores de biomassa seca de plantas daninhas (g m^{-2}) em quatro épocas diferentes e em função do perfil de molhamento e da cobertura de solo. 103
- Tabela 3.4 – Características agronômicas do morangueiro em função dos perfis de molhamento e das coberturas de solo. 105

LISTA DE SIGLAS, ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

A	Área
Al	Alumínio
B	Boro
C	Comprimento
Ca	Calcio
Cam	Camada
CEASA	Centrais de Abastecimento
CGB	Com grama batatais
Cu	Cobre
CUD	Coeficiente de uniformidade de distribuição
CV	Coeficiente de variação
D	Lâmina de drenagem profunda
De	Diâmetro equatorial do fruto
Des	Descarte
DAT	Dias após o transplante
DEA	Departamento de Engenharia Agrícola
DM	Dimensão máxima
DS	Dimensão superficial
Ds	Densidade do solo
ET _c	Evapotranspiração da cultura
ET _o	Evapotranspiração de referência
E _o	erro amostral tolerável
EMATER	Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
e _a	Pressão parcial de vapor
e _s	Pressão de saturação de vapor
FAO	Organização para a Alimentação e Agricultura
Fe	Ferro
G	Densidade do fluxo de calor no solo
GDA	Graus-dias acumulados
H+Al	Extrator de acetato de cálcio

la	Intensidade aplicação
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IF	Instituto Federal
INCAPER	Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência técnica e Extensão Rural
ISAF	Impedância do solo em alta frequência
K	Potássio
Kc	Coeficiente de cultura
Kcb	Coeficiente basal da cultura
KCl	Cloreto de potássio
Ke	Coeficiente de evaporação de água do solo
Ks	Coeficiente de estresse
K ₂ O	Óxido de potássio
L	Lisímetro
LB	Lâmina bruta de irrigação
LL	Lâmina líquida de irrigação
m	Índice de saturação por alumínio
MARS	Splines de regressão adaptativa multivariada
MCP	Morango com cobertura de papel
MF	Massa fresca
Mg	Magnésio
Mn	Manganês
MO	Matéria orgânica
MS	Massa seca
MSP	Morango sem cobertura de papel
n _o	primeira aproximação do tamanho da amostra
n	Tamanho da amostra
N	Nitrogênio
Np	tamanho da população
NDVI	Índice de vegetação por diferença normalizada
NPK	Nitrogênio, fósforo e potássio
O	Valor observado de Kc
Pr	Precipitação pluvial
P	Fósforo

Pd	Valor predito de Kc
PA	Produtividade do uso da água
Pam	Porcentagem de área molhada
PB	Polietileno branco
PBMH	Programa Brasileiro para a Modernização da Horticultura
PEBD	Polietileno de baixa densidade
pH	Potencial hidrogeniônico
PIMo	Produção Integrada de Morango
pl	Planta
Pm	Perfil de molhamento
PM	Penman-Monteith
PP	Polietileno preto
PR	Papel reciclado
P-Rem	Fósforo remanescente
PRNT	Poder relativo de neutralização total
Prod	Produtividade comercial de frutos do morango
Q	Quantidade de fruto
QM	Quadrado médio
RMSE	Raíz quadrada média do erro
Rn	Saldo de radiação na superfície
R	Correlação linear
R ²	Coefficiente de determinação
S	Enxofre
SB	Soma de base trocáveis
SC	Sem cobertura
SCP	Somente cobertura de papel
t	Capacidade de troca catiônica efetiva
T	Capacidade de troca catiônica
Ta	Temperatura média do ar
TC	Tipo de cobertura
Ti	Tempo de irrigação
Ua	Umidade atual
U ₂	Velocidade do vento à 2 m de altura

Ucc	Umidade na capacidade de campo
UFV	Universidade Federal de Viçosa
Upm	Umidade no ponto de murcha
Us	Umidade de segurança
USA	Estados Unidos da América
Vt	Volume total de água aplicado
V	Índice de saturação por bases
Z	Profundidade efetiva do sistema radicular
ZM	Profundidade máxima
Zn	Zinco
γ	Coefficiente psicrométrico
Δ	Declividade da curva de pressão de saturação de vapor
Δh	Varição da armazenagem da água no solo
W	Oeste
μm	Micrômetro

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL	19
REFERÊNCIAS	22
CAPÍTULO I	24
Diagnóstico da produção de morango na microrregião de Barbacena.....	24
1.1 INTRODUÇÃO	26
1.2 MATERIAL E MÉTODOS	30
1.2.1 Caracterização do local de estudo	30
1.2.2 Elaboração do questionário	30
1.2.3 Parâmetros avaliados	31
1.2.4 Termo de ética.....	31
1.2.5 Análise dos dados	32
1.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
1.3.1 Vínculo do produtor com a terra	32
1.3.2 Mão de obra para a produção de morango	33
1.3.3 Quanto à dedicação na atividade	34
1.3.4 Forma de cultivo	35
1.3.5 Cultivar e origem das mudas	36
1.3.6 Quantidade de plantas por produtor	37
1.3.7 Sistema de irrigação e manejo utilizado	38
1.3.8 Fonte de água utilizada	39
1.3.9 Principais dificuldades enfrentadas	39
1.3.10 Produção e comercialização	42
1.3.11 Destinação do plástico pós consumo	44
1.4 CONCLUSÕES	45
REFERÊNCIAS	47
APÊNDICE	51
CAPÍTULO II	55
Produção de morango, obtenção do consumo hídrico e de coeficientes técnicos em cultivos com cobertura do solo com papel reciclado	55
2.1 INTRODUÇÃO	57
2.2 MATERIAL E MÉTODOS	60
2.2.1 Área experimental	60

2.2.2	Delineamento experimental.....	63
2.2.3	Manejo dos lisímetros.....	63
2.2.4	Evapotranspiração e coeficientes técnicos.....	65
2.2.5	Características avaliadas	67
2.2.6	Análise dos dados	69
2.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	70
2.3.1	Coeficiente de evaporação (Ke)	70
2.3.2	Coeficiente basal da cultura (Kcb).....	71
2.3.3	Coeficiente de cultura único (Kc).....	73
2.3.4	Estimativa do Kc pelo NDVI	74
2.3.5	Características agronômicas	76
2.4	CONCLUSÕES.....	79
	REFERÊNCIAS.....	80
	CAPÍTULO III	85
	Produção de morangueiro com diferentes coberturas de solo e perfis de molhamento	85
3.1	INTRODUÇÃO.....	87
3.2	MATERIAL E MÉTODOS	90
3.2.1	Caracterização da área	90
3.2.2	Material vegetal e tratos culturais.....	91
3.2.3	Caracterização do ensaio experimental	92
3.2.4	Manejo hídrico.....	94
3.2.5	Características avaliadas	98
3.2.6	Análise estatística.....	100
3.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	100
3.3.1	Perfil de molhamento.....	100
3.3.2	Consumo hídrico	101
3.3.3	Plantas daninhas	102
3.3.4	Características agronômicas	104
3.4	CONCLUSÕES.....	107
	REFERÊNCIAS.....	108
	CONCLUSÃO GERAL	113

INTRODUÇÃO GERAL

O morango (*Fragaria x ananassa* Duch.) é produzido comercialmente em 76 países e vem se tornando a fruta vermelha mais consumida no mundo por conta de suas características nutricionais e fitoterapêuticas (SIMPSON, 2018). Segundo dados da FAO, o Brasil alcançou o sétimo lugar na produção mundial de morango em 2020, com 218.881 t. Os primeiros colocados são China 3.326.816 t, Estados Unidos 1.055.963 t, Egito 597.029 t, México 557.514 t, Turquia 546.525 t e Espanha 292.550 t (FAO, 2020). No Brasil, a produção comercial do morango é realizada em diversos estados, com cultivares variadas, a depender da adaptabilidade ao clima. Dentre os estados, Minas Gerais se destaca, assumindo a liderança na produção, distribuída por várias propriedades rurais familiares.

O crescimento da produção de morango apresenta grande importância social e econômica, uma vez que emprega grande quantidade de mão de obra em seu cultivo, fornecendo renda em curto período (SAMTANI et al., 2019; WURZ et al., 2019). Esta atividade se mostra importante para o país, uma vez que apresentou taxa de desemprego de 11,1%, no quarto trimestre de 2021 (IBGE, 2021). Entretanto, Fortiz et al. (2020) afirmam que, mesmo com rápido retorno, o investimento para iniciar a atividade é alto, limitando a entrada de novos produtores. Portanto, o produtor precisa adotar tecnologias como irrigação, construção de ambientes protegidos e mudas de qualidade. No Brasil, a produção comercial do morango é realizada, majoritariamente, em propriedades rurais familiares. Para Tlatelpa et al. (2019), a cadeia produtiva do morango beneficia a sociedade, pois movimenta vários setores, gerando trabalho e renda a partir da venda do fruto, mudas, fertilizantes, plásticos, embalagens e transportes.

Ramírez et al. (2020) relataram que empresas multinacionais atuantes com fruta fresca vêm se aproximando de países produtores em busca de matéria prima, novos mercados, clima e custos trabalhistas mais favoráveis. O mercado interno brasileiro consome mais de 90% da produção nacional in natura, enquanto as empresas alimentícias necessitam importar a maior parte de seu consumo (FAGHERAZZI et al., 2021).

Segundo Antunes et al. (2020), o Brasil possui potencial para crescimento da produção de morango sem precisar abrir novas áreas, aumentando sua produtividade. Uma técnica importante para aumentar a qualidade e produtividade de morango é a

irrigação. A oferta de água via irrigação se faz necessária devido à demanda hídrica do morangueiro, que pode ser cultivado em ambiente protegido ou a céu aberto, onde a irrigação é justificada devido à irregularidade das precipitações pluviais, podendo assegurar a evapotranspiração da cultura. Assim, a oferta adequada de água via irrigação tem sido a garantia para se produzir como planejado, evitando que a falta de chuvas altere a qualidade, produtividade e rentabilidade previamente estabelecidas (CORREIA et al., 2020).

A produção agrícola irrigada, de modo geral, demanda movimentação de determinado volume de água. Segundo Xue et al. (2017), para se ter economia de água é preciso aumentar a eficiência de uso desta na produção agrícola e evitar os desperdícios. Alternativa para aumentar a eficiência de uso da água na agricultura tem sido a utilização de cobertura sobre o solo associada à irrigação por gotejamento. Para aplicar a quantidade de água correta, o manejo da irrigação deve ser realizado, mas coeficientes técnicos para cultivos com cobertura de solo devem ser obtidos. Uma opção atual para estimativa de coeficientes de cultura (K_c) é por meio de índices de vegetação (ALFACE et al., 2019; SAHER et al., 2020). Como a variação dos valores de K_c está diretamente relacionada ao ciclo fenológico das culturas, alguns estudos sugerem que os perfis temporais dos índices de vegetação podem ser utilizados (OLIVEIRA et al., 2020; RODRIGUES et al., 2021; SILVA et al., 2020).

Para o morangueiro e diversas outras culturas, o uso de cobertura de solo tem sido prática comum, uma vez que permite controle mais eficiente das plantas daninhas. Além disso, a cobertura de solo incrementa a produtividade, melhora qualidade dos frutos, diminui o consumo de água por meio da redução da evaporação e ainda proporciona menor lixiviação dos nutrientes pela água da chuva (KAUR; KAUR, 2017).

A cobertura de polietileno tem sido a mais utilizada nos cultivos agrícolas (SANTIN et al., 2020; SILVA et al., 2020). O grande transtorno desta crescente utilização de polietileno na agricultura, consiste na geração de resíduos pós consumo. Nesse sentido, Jabran e Chauhan (2018) sugerem que as coberturas biodegradáveis ou renováveis substituam as de plástico devido aos danos ambientais que essas possam causar. Uma alternativa que parece viável para a substituição ao polietileno é o uso de papel como cobertura para o solo. O papel é constituído basicamente de celulose, sendo um polímero natural e facilmente biodegradável.

Diante do exposto e dos diferentes objetivos a serem alcançados em relação à produção de morango, optou-se por dividir a tese em três capítulos.

O Capítulo I, utilizando-se de um diagnóstico, foi fundamental para conhecer a realidade da produção de morangos entre os produtores do município de Barbacena e entorno.

O Capítulo II, utilizando-se de um experimento, objetivou avaliar as características agronômicas, consumo hídrico e coeficientes técnicos para o manejo da irrigação do morangueiro cultivado com papel reciclado como cobertura de solo.

O Capítulo III, utilizando-se de um segundo experimento, objetivou avaliar a produção do morangueiro, utilizando diferentes coberturas de solo e perfis de molhamento.

REFERÊNCIAS

- ALFACE, A. B.; PEREIRA, S. B.; FILGUEIRAS, R.; CUNHA, F. F. Sugarcane spatial-temporal monitoring and crop coefficient estimation through NDVI. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 23, n. 5, p. 330-335, 2019. <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v23n5p330-335>
- ANTUNES, L. E. C.; BONOW, S.; REISSER JÚNIOR, C. Morango: crescimento constante em área e produção. **Anuário Campo & Negócio HF**, v. 37, p. 88-92, 2020. <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1122535>
- CORREIA, C. C. S. A.; CUNHA, F. F.; MANTOVANI, E. C.; SILVA, D. J. H.; DIAS, S. H. B. Irrigation of radish cultivars in the region of Viçosa, Minas Gerais, Brazil. **Revista Ciência Agronômica**, v. 51, n. 1, p. e20175643, 2020. <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20200011>
- FAGHERAZZI, A. F.; ZANIN, D. S.; SANTOS, M. F. S.; LIMA, J. M.; WELTER, P. D.; RICHTER, A. F.; NERBASS, F. R.; KRETZSCHMAR, A. A.; RUFATO, L.; BARUZZI, G. Initial crown diameter influences on the fruit yield and quality of strawberry pircinque. **Agronomy**, v. 11, n. 1, p. 184, 2021. <https://doi.org/10.3390/agronomy11010184>
- FAOStat - Food and agriculture data. 2020. <<http://faostat.fao.org/beta/en>> Acesso Março 2022.
- FORTIZ, E. R. L.; FORTIZ, E. L.; GÓMEZ, A. A. G.; RODRÍGUEZ, J. A. L.; SILVESTRE, J. M. O. Competitividad y rentabilidad de la producción de frutillas en Jalisco. **Revista Mexicana de Ciências Agrícolas**, v. 11, n. 8, p. 1815-1826, 2020. <https://doi.org/10.29312/remexca.v11i8.2595>
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2021. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/explica/desemprego.php>> Acesso em: Março 2022.
- JABRAN, K.; CHAUHAN, B. S. Weed Control Using Ground Cover Systems. In: **Non-Chemical Weet Control**. Duzce: Academic Press, 2018. p. 61-71. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809881-3.00004-8>
- KAUR, P.; KAUR, A. Effect of various mulches on the growth and yield of strawberry cv. Chandler under tropical conditions on Punjab. **International Journal of Recent Trends in Science and Technology**, v. 25, p. 21-25, 2017. <https://doi.org/10.26611/202515>
- OLIVEIRA, R. M.; CUNHA, F. F.; SILVA, G. H.; ANDRADE, L. M.; MORAIS, C. V.; FERREIRA, P. M. O.; OLIVEIRA, R. A. Evapotranspiration and crop coefficients of Italian zucchini cultivated with recycled paper as mulch. **Plos One**, v. 15, n. 5, p. e0232554, 2020. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0232554>
- RAMÍREZ, M. G. G.; CORTÉS, V. H. S.; CORONADO, J. J. A.; RODRÍGUEZ, M. M. The insertion of Mexico into the global value chain of berries. **World Development Perspectives**, v. 20, p. 100240, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.wdp.2020.100240>

RODRIGUES, T. F.; CUNHA, F. F.; SILVA, G. H.; CONDÉ, S. B.; SILVA, F. C. S. Water use of different weed species using lysimeter and NDVI. **Advances in Weed Science**, v. 39, e021233767, 2021.

<https://doi.org/10.51694/AdvWeedSci/2021;39:00004>

SAHER, R.; STEPHEN, H.; AHMAD, S. Urban evapotranspiration of green spaces in arid regions through two established approaches: A review of key drivers, advancements, limitations, and potential opportunities. **Urban Water Journal**, v. 18, n. 2, p. 115-127, 2020. <https://doi.org/10.1080/1573062X.2020.1857796>

SAMTANI, J. B.; ROM, C. R.; FRIEDRICH, H.; FENNIMORE, S. A.; FINN, C. E.; PETRAN, A.; BERGEFURD, B. The status and future of the strawberry industry in the United States. **HortTechnology**, v. 29, n. 1, p. 11-24, 2019.

<https://doi.org/10.21273/HORTTECH04135-18>

SANTIN, A.; VILLA, F.; PAULUS, D.; SANTIN, J.; PIVA, A. L.; MEZZALIRA, E. J.; RITTER, G. Plastic soil covers in vegetative development, production and quality of strawberries. **Revista Ceres**, v. 67, n. 4, p. 272-280, 2020.

<https://doi.org/10.1590/0034-737x202067040004>

SILVA, G. H.; CUNHA, F. F.; ANDRADE, L. M.; RODRIGUES, T. F.; FERREIRA, T. S.; FREITAS, A. R. J.; SOUZA, C. M. Biodegradable mulch of recycled paper reduces water consumption and crop coefficient of pak choi. **Scientia Horticulturae**, v. 267, p. 109315, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109315>

SIMPSON, D. The economic importance of strawberry crops. In: **The genomes of rosaceous berries and their wild relatives**. Springer, Cham, 2018. p. 1-7.

https://doi.org/10.1007/978-3-319-76020-9_1

TLATELPA, M. A.; HALLER, V. H. V.; GARCÍA, P. S.; GRAJALES, M. P.; FRANCO, M. L. F. Concentration and extraction of macronutrients in four strawberry varieties. **Revista Mexicana de Ciências Agrícolas**, v. 10, n. 6, p. 1287-1299, 2019.

<https://doi.org/10.29312/remexca.v10i6.1552>

WURZ, D. A.; DUBIELA, R. C.; NUNES, H. F. Socioeconomic profile of strawberry producers in Canoinhas city-Santa Catarina state. **Revista Científica Rural**, v. 21, n. 3, p. 13-27, 2019. <https://doi.org/10.30945/rcr-v21i3.2721>

XUE, J.; GUAN, H.; HUO, Z.; WANG, F.; HUANG, G.; BOLL, J. Water saving practices enhance regional efficiency of water consumption and water productivity in an arid agricultural area with shallow groundwater. **Agricultural Water Management**, v. 194, p. 78-89, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2017.09.003>

CAPÍTULO 1

DIAGNÓSTICO DA PRODUÇÃO DE MORANGO NA MICRORREGIÃO DE BARBACENA

HIGHLIGHTS

- O diagnóstico é necessário para conhecer e compreender a produção de morango.
- No estudo, os produtores foram agrupados a cada 15 mil plantas produzidas.
- A maior produção de morango vem dos agricultores familiares.
- Apenas 7,3% dos entrevistados utilizam medidor de umidade para o manejo hídrico.
- Mão de obra, pragas e doenças são os maiores desafios na produção de morango.

RESUMO

O mercado interno brasileiro consome mais de 90% da produção nacional de morango in natura, enquanto as empresas alimentícias importam a maior parte de seu consumo, indicando a existência de mercado e falta de produto. A microrregião de Barbacena, no sudeste de Minas Gerais, vem se destacando com sua produção por apresentar condições climáticas favoráveis ao cultivo do morango, porém existem poucas informações sobre a produção. Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi conhecer a produção de morangos entre os produtores do município de Barbacena e entorno. Foi realizado um diagnóstico junto aos produtores, quando buscou levantar as seguintes informações: vínculo com a terra, mão de obra, atuação com morango, cultivo com ou sem solo, qual a cultivar, quantidade de plantas, sistema de irrigação, fonte de água, principais dificuldades, produção e comercialização e destinação dos resíduos plásticos. A maioria dos entrevistados são agricultores familiares, sendo que 69,1% possuem pequenas propriedades, 16,3% arrendam para plantar, 7,3% trabalham em parceria e 7,3% utilizam comodato e acordos familiares. Para execução das tarefas, 85,5% dos produtores contam com a mão de obra da família. Quanto à dedicação ao morangueiro, os produtores preferem diversificar com outras atividades. Em relação à forma de plantio, ainda predomina o sistema convencional em túnel baixo, com 52,7% dos casos. Entretanto, verifica-se migração para o sistema sem solo com uso de substrato, atualmente com 40%. Em relação a cultivar, predomina o material de dia neutro, sendo que San Andreas é cultivada por 78,2% dos entrevistados e Albion por 18,2%. A Camarosa de dia curto é cultivada por 7,3% dos

produtores e 3,6% deles trabalham com outras cultivares. O sistema de irrigação predominante é o gotejamento, porém, apenas 7,3% utilizam sensor de umidade e tensiômetro para manejar a irrigação. A fonte de água utilizada por 32,7% dos produtores vem de rio, 30,9% de represas e o restante de poços. Entre as principais dificuldades dos produtores de morango, a mão de obra ficou em primeiro lugar, relatada por 54,5% dos entrevistados. A segunda mais apontada com 49,1% foi doenças e pragas que impulsionou a terceira, que foi a necessidade de mais assistência técnica especializada. A quarta dificuldade indicada foi embalagens e a quinta foi o transporte, combustíveis e condições de acesso. A energia elétrica foi relatada como sexta dificuldade em função do preço da tarifa. A comercialização dos morangos aparece como sétima dificuldade. Fatores como alteração climática e a pandemia foram relatados por 5,5% dos produtores. Sobre produção e comercialização, os agricultores familiares que possuem até 15 mil plantas foram responsáveis por 61,8% da produção de morango e vendem sua produção de forma diversificada. Os maiores produtores preferem vender diretamente ao Ceasa. Em relação à destinação do plástico pós consumo, quando renovam os canteiros ou cobertura dos ambientes, 38,2% dos produtores relatam queimar o material, enquanto 29,1% recolhem e encaminham para a reciclagem, 7,3% são recolhidos pela prefeitura, 1,8% acabam ficando no campo. Entretanto, 20,0% reutilizam este material por mais tempo para outras culturas. Com este diagnóstico, foi possível conhecer de modo geral a realidade dos produtores de morango da microrregião de Barbacena.

Palavras-chave: Agricultura familiar. Extensão rural. *Fragaria x ananassa* Duch. Perfil dos produtores de morango.

1.1 INTRODUÇÃO

Barbacena é um município com vocação para fruticultura de clima temperado, promovido pelas condições edafoclimáticas da região. Sendo assim, o morango (*Fragaria x ananassa* Duch) se destaca por ser uma pequena fruta muito conhecida e apreciada (ANTUNES et al., 2020; OLIVEIRA et al., 2020). O fruto tem a preferência do consumidor pela cor vermelha, sabor e propriedades fitoterapêuticas como: fonte de vitamina C, vitamina A, betacaroteno e ação antioxidante, atuando no combate aos radicais livres (TAZZO et al., 2015; VIMERCATI et al., 2019). O mercado interno brasileiro consome, *in natura*, mais de 90% da produção nacional, enquanto as empresas alimentícias necessitam importar a maior parte de seu consumo (FAGHERAZZI et al., 2021).

O cultivo do morangueiro é uma atividade de relevância econômica e social, uma vez que proporciona alta rentabilidade em pequenas áreas e demanda mão de obra intensiva desde a fase de implantação e principalmente na colheita (WURZ et al., 2019). Por isso, é importante que esta atividade seja desempenhada em conformidade com a sustentabilidade ambiental (GENDRON et al., 2018), pois apresenta futuro promissor para se expandir e desenvolver em regiões com aptidão ao cultivo. Em relação ao desenvolvimento da cadeia produtora de morango, Samtani et al. (2019) afirmam que é preciso compreender os desafios, as necessidades e oportunidades em cada região, para orientar produção, pesquisas, políticas e estratégias de marketing.

Para alcançar resultados positivos na produção de morangos, é necessário planejar bem, uma vez que o investimento inicial nesta atividade é elevado. Além disso, a lavoura precisa ser conduzida com técnica, visando alcançar os benefícios econômicos esperados pelo produtor (TLATELPA et al., 2019). O conhecimento das técnicas de produção de morango tem contribuído para a formação de agrupamentos de produtores em determinadas localidades com condições climáticas amenas (FAGHERAZZI et al., 2021; SCOTT; RYE, 2021). Além disso, a proximidade com grandes centros consumidores facilita a comercialização.

No Brasil, a maior parte da produção vem de pequenas propriedades que operam com o grupo familiar, que ao mesmo tempo são responsáveis pela administração e pela execução diária das tarefas, além de se preocupar com as decisões de longo prazo (ANDREATTA et al., 2020). Muitos agricultores familiares

iniciaram como trabalhadores rurais, economizaram e adquiriram terras, outros arrendaram ou firmaram parcerias, e procuram trabalhar de forma autônoma. O volume produzido depende da força trabalhadora de cada família.

A maioria dos agricultores familiares realiza a diversificação de suas atividades com o morango, como meio de assegurar uma fonte de renda semanal, contribuindo para a fixação e permanência das novas gerações no campo, garantindo a sucessão familiar (ANDREATTA et al., 2020; SENGER et al., 2017). Entretanto, em outros países com destaque na produção, predomina o monocultivo de morango (SOPER, 2020). Nos Estados Unidos, por exemplo, a produção vem aumentando na Flórida e Califórnia, no entanto, em outros condados, vem ocorrendo declínio devido a diversos fatores como condições de seca, aumento da urbanização, arrendamento caro de terras e falta de disponibilidade de mão de obra para a colheita (SAMTANI et al., 2019). A mão de obra em alguns países chega a ser grande preocupação para os produtores de morango, pois pode compor até 50% dos custos de produção (SCOTT; RYE, 2021). No Japão, a produção diminuiu em função do envelhecimento dos produtores e da falta de sucessores para dar continuidade à atividade, associado com a redução no consumo *per capita* (SIMPSON, 2018). Para os trabalhadores temporários que atuam nas colheitas em lavouras orgânicas, comparadas às convencionais, Soper (2020) observou impacto financeiro negativo, pois a remuneração ocorre por produtividade, ou seja, pelo número de caixas colhidas.

A maior parte da produção de morango no Brasil ocorre no sistema de cultivo convencional, no solo, em túnel baixo com produtividade média de 35,7 t ha⁻¹, enquanto outros países chegam a 67,9 t ha⁻¹ (CHIOMENTO et al., 2021). Outra alternativa que vem ganhando a preferência dos produtores, é o sistema sem solo, utilizando substrato e semi hidropônico, que pode ser aberto ou fechado. O sistema fechado permite reciclagem dos fertilizantes, enquanto no aberto isso não é possível. Segundo Fagherazzi et al. (2021), o plantio com substrato exige alto investimento inicial para instalações, porém, apresenta como vantagens conforto ergonômico para o trabalhador, menor incidência de pragas e doenças e maior produtividade.

O fornecimento de mudas tem sido um gargalo na produção de morango no Brasil, pois faltam cultivares desenvolvidas para condições tropicais e subtropicais (CERUTTI et al., 2018; ZEIST; RESENDE, 2019). As principais cultivares utilizadas são importadas dos Estados Unidos, Espanha e outros países (GALVÃO et al., 2017), elevando os custos da produção, pois os agricultores pagam indiretamente royalties

pelo uso dessas cultivares. Dessa forma, instituições de pesquisa vêm conduzindo programas de melhoramento genético, buscando encontrar genótipos melhor adaptados às condições de clima tropical e subtropical (ZEIST; RESENDE, 2019).

Doenças e pragas afetam os rendimentos da produção de morango (FLANAGAN et al., 2020; YAN et al., 2021). As doenças são causadas por fungos, bactérias, vírus e nematoides. Já as pragas são constituídas por ácaros, pulgões, tripses, lagartas, besouros, formigas cortadeiras e moluscos. No cultivo em túneis, em comparação com campo aberto, observa-se redução da incidência de doenças e favorecimento das pragas (WILLDEN et al., 2021). O controle de doenças e pragas é realizado com produtos químicos e/ou biológicos autorizados para aplicação no morangueiro.

A produção agrícola irrigada, de um modo geral, demanda grande volume de água (QIN; HORVATH, 2020). Segundo Morris et al. (2017) e Xue et al. (2017), para reduzir o consumo de água, é preciso aumentar a eficiência de uso desta na produção agrícola e evitar os desperdícios. Ariza et al. (2021) relatam que existem e devem ser preferidas as cultivares de morango que apresentam menor consumo hídrico e alta produtividade. Além da quantidade, a cultura do morango também é sensível à qualidade da água. Por isso é importante que haja preocupação com a fonte de abastecimento, que pode ser de origem fluvial, pluvial e subterrânea. Essa última pode ser de poço comum, abastecido pelo lençol freático, ou artesiano, abastecido pelo aquífero.

Os produtores de morango lidam com um produto muito perecível e, quando em grandes volumes, requerem gerenciamento com coordenação eficiente e rapidez (RAMÍREZ et al., 2020). A comercialização do morango é ponto fundamental e estratégico para os produtores auferirem renda, negociando diretamente com o consumidor em feiras livres, comércios locais, centrais de abastecimentos e redes de mercados. A colheita pode ser realizada até três vezes por semana, quando são selecionados, embalados em bandejas, resfriados ou congelados, dependendo da destinação in natura ou processamento, respectivamente, e encaminhados para a comercialização (ANDREATTA et al., 2020).

Determinados grupos de produtores se reúnem em associação e ou cooperativas (SIMPSON, 2018) para melhorar a logística da comercialização dos morangos. Esse procedimento auxilia na cadeia produtiva, como em compra de mudas, adubos e fertilizantes, substratos, polietilenos, embalagens, produtos

químicos e biológicos, formações técnicas e destinação de resíduos para reciclagens. Além disso, a internet pode ser mais um aliado nas vendas por meio do e-commerce (HUANG et al., 2021). A utilização de mídia social é uma ferramenta viável e econômica para os produtores de morango chegarem com agilidade aos consumidores (BORRERO; ZABALO, 2021). Uma vez despertados e motivados os consumidores, o desafio da produção será atender à eminente demanda de maneira contínua, sustentável e econômica (SIMPSON, 2018). Situação contrária é o que acontece em vários países produtores de morango, onde o mercado é dominado por grandes varejistas (SCOTT; RYE, 2021) em busca da lucratividade. Portanto, os produtores e trabalhadores são afetados por esta dinâmica de mercado, ficando prejudicado o grupo menos organizado, principalmente quando são imigrantes.

Ao encerrar o ciclo do morangueiro, os produtores se deparam com grandes volumes de material de polietileno, que cumpriram a função de cobertura de solo. No final de sua vida útil, esse material precisa ser removido do campo, preferencialmente para reciclagem (GALATI et al., 2020). Parte deste material inorgânico é abandonado na área agrícola e muitas vezes acaba revolvido com o solo ou dispersado no campo pela ação do vento, indo parar em rios e pastagens. O plástico aceito para reciclagem precisa estar limpo e aquele advindo da cobertura de solo, encontra-se impregnado de partículas, necessitando de lavagem (HORODYTSKA et al., 2018). Por isso, em muitas situações, o destino do material sujo acaba sendo a queima ou lixões, liberando substâncias tóxicas para o solo e atmosfera.

Diante de tantas particularidades no sistema de produção do morango, e considerando que o conhecimento desse sistema em uma região pode identificar gargalos e soluções para o desenvolvimento da agricultura, o objetivo deste estudo é conhecer a realidade da produção de morangos entre os produtores do município de Barbacena e entorno.

1.2 MATERIAL E MÉTODOS

1.2.1 Caracterização do local de estudo

Esta pesquisa ocorreu na microrregião de Barbacena-MG, junto aos produtores rurais de morango situados próximos ao seguinte ponto geográfico: longitude 43° 46' 04" W, latitude 21° 13' 42" S e altitude média de 1.160 m. O clima da região é classificado como Cwb úmido com inverno seco e verão temperado de acordo com Alvares et al. (2013).

A microrregião de Barbacena está inserida na mesorregião do Campo das Vertentes, composta por 12 municípios, a saber: Alfredo Vasconcelos, Antônio Carlos, Barbacena, Barroso, Capela Nova, Caranaíba, Carandaí, Desterro do Melo, Ibertioga, Ressaquinha, Santa Bárbara do Tugúrio e Senhora dos Remédios. Destes, cinco possuem histórico relacionado ao cultivo de morangos, sendo eles: Alfredo Vasconcelos, Antônio Carlos, Barbacena, Carandaí e Ressaquinha.

1.2.2 Elaboração do questionário

Para a elaboração do questionário, utilizou-se informações oficiais atualizadas disponíveis em fontes secundárias do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural (EMATER), Centrais de Abastecimento (CEASA) e Associação de produtores da microrregião de Barbacena-MG. Segundo informações do último censo agropecuário realizado em 2017, Barbacena possuía 120 produtores de morango (IBGE, 2017). Sendo o ciclo da produção do morangueiro de aproximadamente dois a três anos, provavelmente este quantitativo se mantém com pequena alteração em função dos produtores sazonais.

O processo de amostragem foi definido segundo o método probabilístico, assegurando a aleatoriedade, de forma que todos os produtores de morango pudessem vir a pertencer à amostra. A inferência foi realizada por amostra aleatória simples para garantir erro amostral não superior a 10%, utilizando-se das Equações 1.1 e 1.2 (TRIOLA, 2017).

$$n = \frac{Np n_0}{Np+n_0}, \quad (1.1)$$

$$n_0 = \frac{1}{E_0^2} \quad (1.2)$$

em que: n - tamanho da amostra; Np - tamanho da população; n_0 - primeira aproximação do tamanho da amostra; E_0 - erro amostral tolerável.

Portanto, na definição da amostra aleatória simples, foram considerados $Np = 120$ produtores de morango e $E_0 = 10\%$, resultando em 55 produtores para serem entrevistados.

1.2.3 Parâmetros avaliados

A partir das informações obtidas, elaborou-se um questionário semi-aberto, contendo questões de múltipla escolha acrescido de opção resposta livre, sendo todas, com linguagem simples e acessível. As abordagens para coleta de dados foram realizadas por diversas formas, nas propriedades rurais, na CEASA, nas feiras livres, no comércio de produtos agropecuários e internet. Foram levantadas as seguintes informações: vínculo com a terra, se é proprietário ou arrendatário, mão de obra própria ou contratada, atua somente com o monocultivo do morango ou diversifica, trabalha com plantio convencional ou em substrato, origem das mudas, qual a cultivar, quantidade de plantas, qual sistema de irrigação utiliza e como maneja, fonte de água utilizada, principais dificuldades enfrentadas, quantidade produzida, destinação da produção, quantos ciclos, recebe assistência técnica e destinação dos resíduos plásticos.

1.2.4 Termo de ética

O diagnóstico foi realizado, utilizando roteiro com formato de questionário previamente definido e aprovado pelo conselho de ética. Para participar desta pesquisa, o produtor rural não arcou com nenhum custo nem recebeu qualquer vantagem financeira. Foi esclarecido que estaria livre para participar ou recusar, podendo retirar seu consentimento ou interromper sua participação a qualquer momento. Sua identidade foi tratada com padrões profissionais de sigilo e não foi identificado em nenhuma publicação. Os dados obtidos foram utilizados somente para

fins acadêmicos. Os meios e a forma de publicação serão por meio de revista e seminários, onde obedecerá ao procedimento de preservação da privacidade, acima descrita.

1.2.5 Análise dos dados

Foi realizado agrupamento dos produtores entrevistados em função da quantidade cultivada, formando grupos a cada 15 mil plantas produzidas. O primeiro grupo foi constituído por produtores com até 15 mil plantas, o segundo por aqueles que cultivam entre 15 e 30 mil plantas e o terceiro grupo pelos que cultivam acima de 30 mil plantas.

No que tange à análise dos dados, para os atributos cujas respostas foram quantitativas, os dados foram analisados por meio de medidas de posição (média e mediana) e medidas de dispersão (mínimo, máximo e variância). Para os atributos cujas respostas foram dicotômicas, os dados foram resumidos na forma de proporções. Em ambos os casos, a apresentação dos dados ocorreu por meio de tabelas e/ou figuras.

1.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

1.3.1 Vínculo do produtor com a terra

Após recebimento de todos os questionários previstos, procedeu a divisão dos produtores em três grupos para análises dos dados. O grupo I foi formado com 85,4% dos produtores que trabalham com até 15 mil plantas de morango. Grupo II foi formado com 7,3% dos produtores que cultivam entre 15 e 30 mil plantas. Por último, o grupo III foi formado com 7,3% dos produtores que trabalham com mais de 30 mil plantas. Após a divisão, procedeu às análises dos dados, iniciando pela verificação do vínculo dos produtores com a terra. Verificou-se que a maioria dos produtores de morango produzem nas suas próprias terras, sendo que 60,5% possuem menos de 3 ha. No grupo I, 72,3% são proprietários da área onde cultivam e nos grupos II e III, esta porcentagem cai para 50%. Esses resultados são semelhantes aos observados no sudeste dos Estados Unidos, onde a maioria dos produtores de morango cultivam menos de 5 acres, aproximadamente 2 ha (YEARGIN et al., 2021). Daqueles que não

possuem terra, 16,4% arrendam área para plantio de forma autônoma e 7,3% buscam fazer parcerias com os proprietários. Além disso, outros 7,3% responderam que trabalham com contrato de comodato, ou são filhos de produtor com produção independente (Figura 1.1).

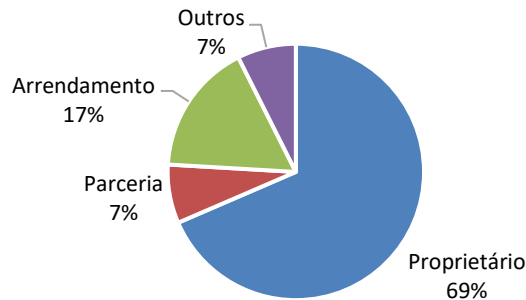


Figura 1.1. Vínculo com a propriedade da terra para os produtores de morango da microrregião de Barbacena, Minas Gerais.

1.3.2 Mão de obra para a produção de morango

A força de trabalho que alavanca a produção de morango apontada pelo diagnóstico vem dos familiares atuando em conjunto, perfazendo 85,4%. O meio rural do estado de Minas Gerais é caracterizado pela agricultura familiar. Os contratos de trabalhadores externos somaram 9,1% e são aqueles contratados periodicamente, principalmente por ocasião da colheita. A troca de dia de serviço, prática utilizada por alguns produtores, perfaz 1,8%. Além disso, 3,6% das propriedades mantêm trabalhadores fixos e outra modalidade de trabalho relatada foi o meeiro, com 3,6% (Figura 1.2).

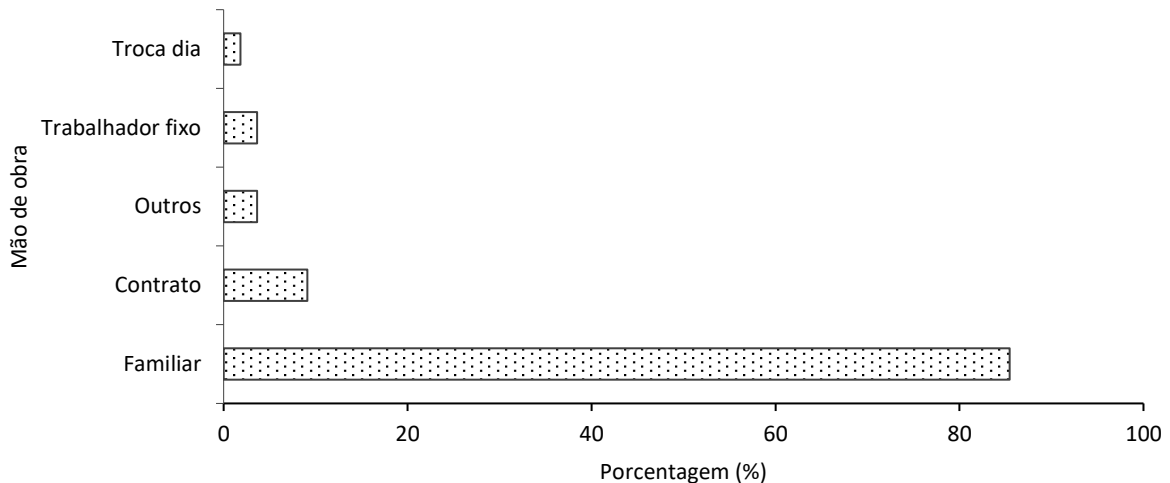


Figura 1.2. Mão de obra atuante na produção de morango da microrregião de Barbacena, Minas Gerais.

O grupo I formado por produtores que trabalham com até 15 mil plantas, utiliza 89,4% da mão de obra familiar. O grupo II utiliza 100%, enquanto o grupo III utiliza 25% de mão de obra familiar complementada com 75% contratada.

No Censo Agropecuário de 2017, foram visitados 607.577 estabelecimentos rurais em Minas Gerais, destes, 441.829 foram classificados como sendo de agricultura familiar, correspondendo a 72,7% (IBGE, 2017).

1.3.3 Quanto à dedicação na atividade

Foi perguntado quanto à dedicação dos produtores à cultura do morangueiro, se é exclusiva ou diversificada com outras atividades. Entre os produtores, 23,6% se dedicam exclusivamente à produção de morango, 67,3% trabalham com morango e possuem outras culturas, 10,95% trabalham com morango e atividade pecuária, 3,6% trabalham com morango e possuem comércio (Figura 1.3). Aos produtores que se dedicam a outra atividade, sempre o fazem associado à produção de morango, seja para aproveitar a infraestrutura, insumo como matéria orgânica, comércio e mão de obra. Não foi realizada nenhuma pergunta sobre a renda dos produtores para manter a privacidade, mas podemos inferir que 23,6% dependem do morango e, para os demais, a diversificação promove a segurança econômica. Andreatta et al. (2020), avaliando uma propriedade com morango e soja, observaram que 75% da renda aferida foi via produção de morango.

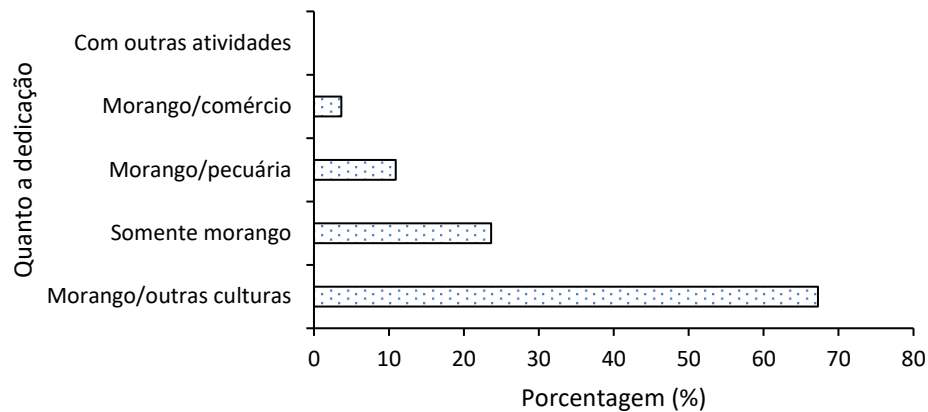


Figura 1.3. Dedicção do produtor quanto a atividade do morango na microrregião de Barbacena, Minas Gerais.

1.3.4 Forma de cultivo

O que define a forma de cultivo são as condições econômica e técnicas do produtor rural. O morango pode ser cultivado por diversas maneiras, o primeiro e mais conhecido sistema é o de campo aberto, onde o cultivo acontece somente com cobertura de solo. Foi constatado 1,8% deste sistema (Figura 1.4), no qual o produtor relata fazer o plantio mais cedo e realiza a colheita até o início das chuvas, quando passa a se dedicar a outra atividade. O sistema mais utilizado pelos produtores foi o cultivo no solo com túnel baixo, totalizando 52,7%. Segundo Lewers et al. (2020) é o sistema mais utilizado, porém demanda muita mão de obra para abrir e fechar estes túneis. Túnel alto, utilizado por 9,1% dos produtores, é o mais prático para ser utilizado. A opção com *slab*, que são sacolas preenchidas com substrato, foi utilizada por 32,7% dos produtores e uso de calhas com substrato foi utilizado por 7,3% dos produtores. Os sistemas com substrato estão em franca expansão por serem instalados sobre bancada, onde é facilitado os tratos culturais e manejo, porém, o custo pode triplicar em relação ao convencional (ANTUNES et al., 2020). Foi relatado por Orde et al. (2021) e Willden et al. (2021) que o cultivo em túneis comparado ao campo aberto, reduziu a incidência de doenças, porém, favoreceu as pragas.

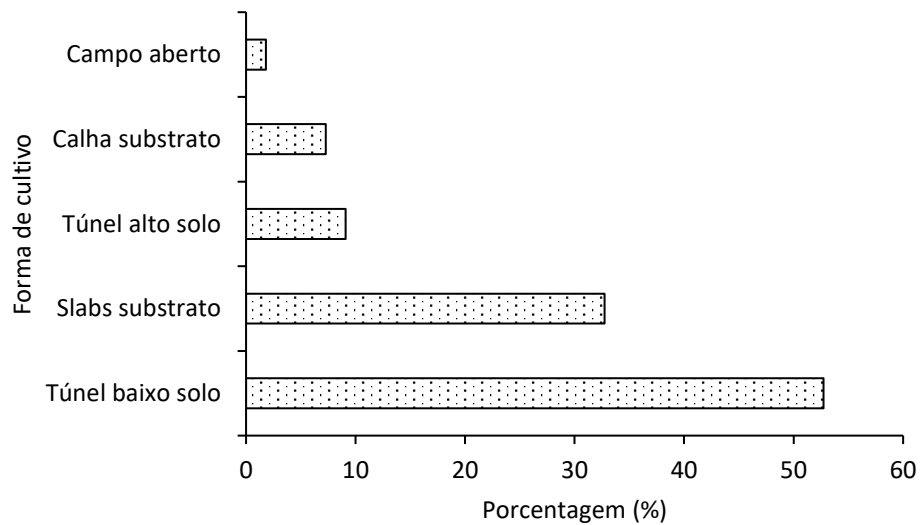


Figura 1.4. Principais sistemas para o cultivo do morango utilizando solo e substrato na microrregião de Barbacena, Minas Gerais.

1.3.5 Cultivar e origem das mudas

A qualidade das mudas é um dos elementos mais importantes no sucesso do cultivo e condução do morango. A preferência dos produtores da microrregião de Barbacena foi pelas cultivares de dia neutro, San Andreas e Albion, com 78,2% e 18,2%, respectivamente (Figura 1.5). Ambas são destinadas ao mercado in natura e, de acordo com Flanagan et al. (2020), esta preferência se deve à precocidade, capacidade e qualidade da frutificação. Camarosa foi cultivada por 7,3% dos produtores, sendo cultivar de dia curto com excelente rendimento comercial. Outras cultivares foram utilizadas por 3,6% dos produtores. As mudas de morango foram adquiridas na maior parte via empresas que atuam no setor, representando 90,9% das vendas de mudas de raízes nuas, importadas do Chile. As cultivares importadas são vulneráveis a fatores bióticos e abióticos, portanto, não são adaptadas ao ambiente (GALVÃO et al., 2017). Alguns produtores fizeram opção por produzir sua própria muda, conhecidas como muda de torrão, representando 18,2%. Cocco et al. (2015) recomendam que, ao preparar a muda de torrão, deve-se utilizar pelo menos 312 mL de volume de substrato, para garantir maior diâmetro da coroa, o que expressa a qualidade da muda. A maioria dos produtores afirmaram que a aquisição de mudas é um fator limitante na produção de morango, pelos altos custos, corroborando com Cerutti et al. (2018).

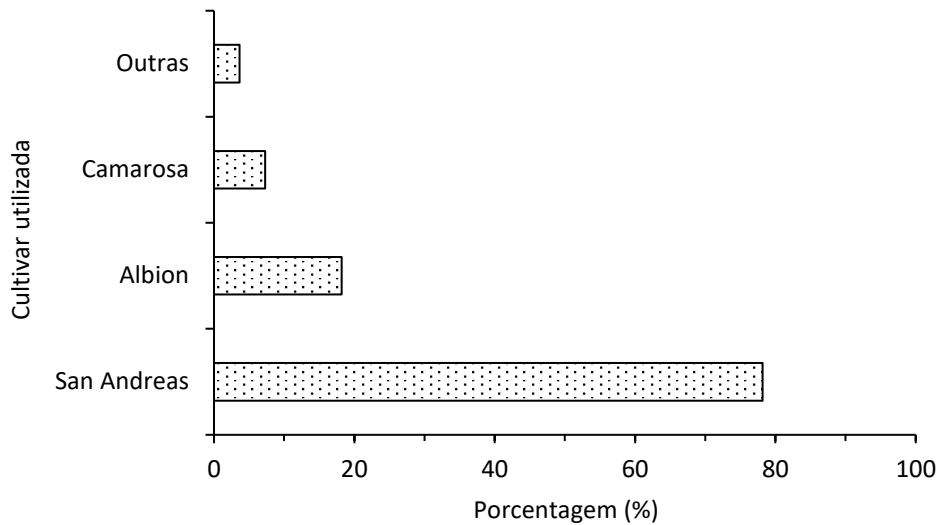


Figura 1.5. Distribuição das cultivares de morango utilizadas pelos produtores da microrregião de Barbacena, Minas Gerais.

1.3.6 Quantidade de plantas por produtor

Observou-se grande amplitude neste dado, iniciando com produtores cultivando de duas mil plantas até sessenta e cinco mil plantas. Para facilitar a análise, foi realizado agrupamento dos produtores entrevistados em função da quantidade cultivada, formando grupos a cada 15 mil plantas. O primeiro grupo, trabalhando com até 15 mil plantas, composto por 85,5% dos produtores, é responsável pelos 61,7% do morangueiro total cultivado (Figura 1.6). Estas informações corroboram os dados coletados no último censo agropecuário (IBGE 2017). O segundo grupo, com 7,3% dos produtores, que cultivam entre 15 e 30 mil plantas, respondem por 10,7% do total de plantas cultivadas. O terceiro grupo, com 7,3% dos produtores, que cultivam acima de 30 mil plantas, respondem por 27,5% do total cultivado.

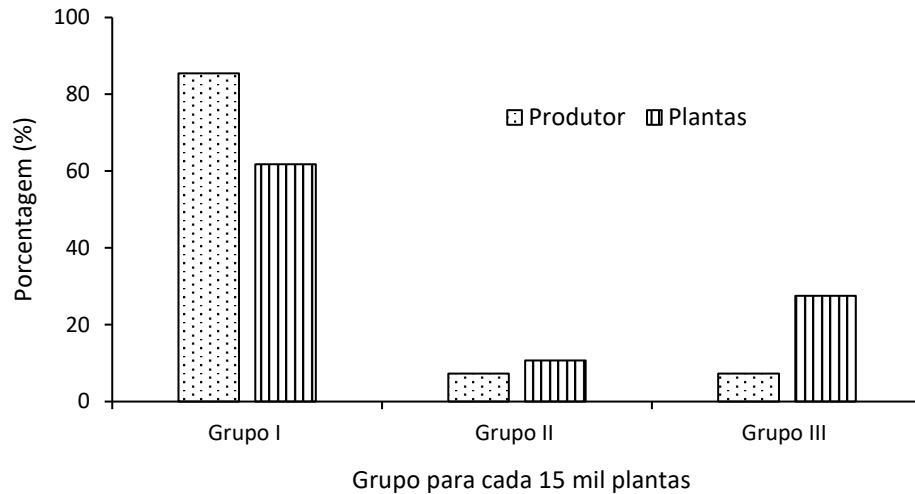


Figura 1.6. Distribuição dos produtores em grupo, em relação a cada 15 mil plantas cultivadas de morango na microrregião de Barbacena, Minas Gerais.

Em relação à quantidade de ciclos que os produtores realizam com a mesma muda de morangueiro, 50,9% trabalham dois ciclos, 27,3% trabalham um ciclo e 21,8% aproveitam até a terceiro ciclo. O último ciclo fornece produção menor, porém, compensa por conta do alto custo das mudas, segundo os produtores.

1.3.7 Sistema de irrigação e manejo utilizado

No sistema de produção convencional, em que o morango é cultivado no solo e com cobertura de polietileno, o sistema de irrigação predominante é o gotejamento, do qual os 100% dos produtores entrevistados fazem uso. No início do transplante, os produtores que trabalham com o sistema convencional, costumam utilizar irrigação por aspersão para facilitar o pegamento das mudas, procedimento constatado por Gendron et al. (2018), até a instalação do gotejamento e da cobertura do solo. Para o manejo da irrigação, 56,1% dos produtores responderam que fazem de forma prática, visualmente, enquanto 40,0% procedem de acordo com a orientação técnica, incluindo neste grupo aqueles que trabalham com sistema sem solo, *slab* e calha. Em relação a essa orientação técnica, entende-se que é aquela irrigação que acontece em volumes e intervalos de tempo pré-determinados, sem quantificar a necessidade hídrica dos cultivos. Entre os entrevistados que, de fato, realizam manejo da irrigação quantificando a necessidade hídrica do morangueiro, 1,8% utilizam tensiômetro e 5,5% fazem uso de sensor de umidade.

1.3.8 Fonte de água utilizada

Para realização das irrigações, é necessário água em boa quantidade e qualidade, sendo que 32,7% dos produtores fazem uso de água captada em rios que passam pelas propriedades (Figura 1.7), 30,9% fazem a captação em pequenas represas existentes nas propriedades, 10,9% possuem poço comum alimentado pelo lençol freático e 25,5% possuem poços alimentados pelo aquífero. Este último número está elevado para a região de estudo e, provavelmente, alguns desses poços se enquadram como poço comum. Outra informação obtida é que 1,8% dos produtores fazem uso da água de chuva para irrigação.

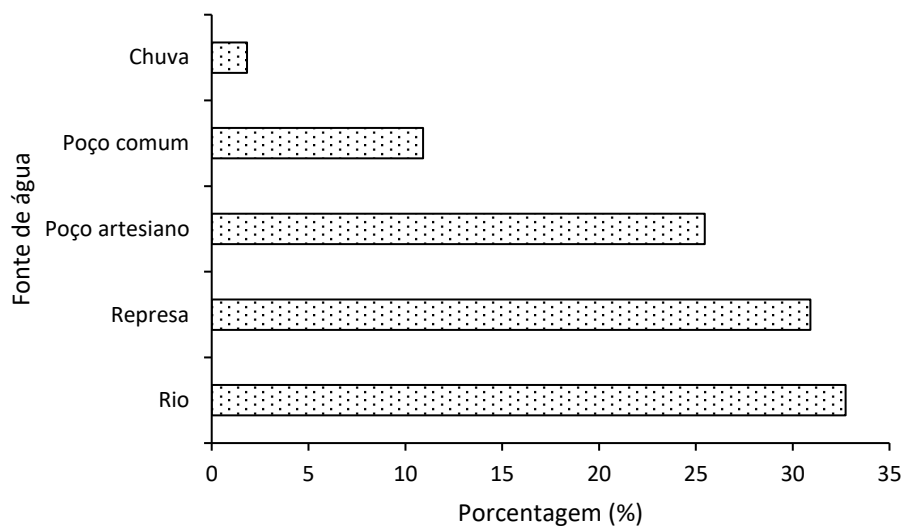


Figura 1.7. Distribuição das fontes de água utilizadas pelos produtores de morango na microrregião de Barbacena, Minas Gerais.

1.3.9 Principais dificuldades enfrentadas

Foi perguntado ao produtor de morango sobre as principais dificuldades e desafios encontrados na atividade. A primeira dificuldade relatada foi a mão de obra por 54,5% dos produtores (Figura 1.8), uma vez que a colheita de morangos para consumo in natura é realizada de forma manual (SIMPSON, 2018). Segundo os produtores, mesmo existindo pessoas sem trabalho, poucos estão dispostos a trabalhar na produção do morangueiro. É por isso que a maioria das pequenas

propriedades vão ajustando a produção de acordo com a mão de obra da família. Esta dificuldade por mão de obra está levando a uma busca por colheita automatizada. Segundo Xiong et al. (2019), já existem testes de robôs autônomos capazes de colher morango.

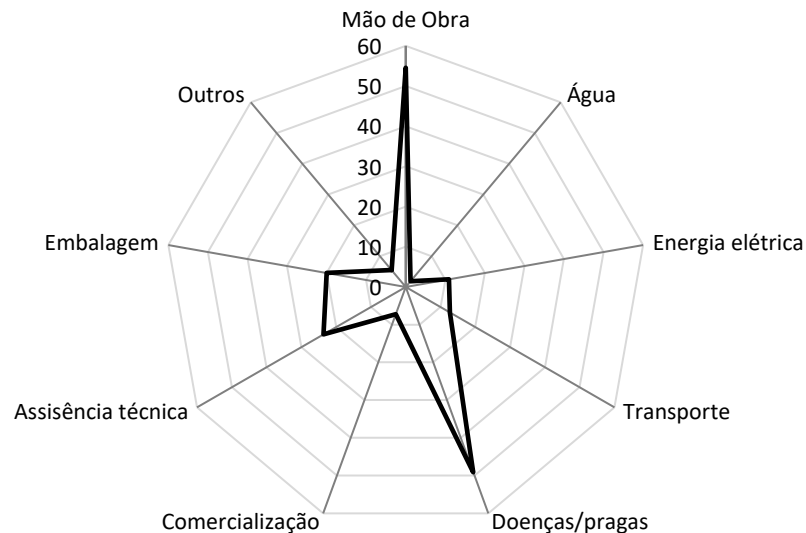


Figura 1.8. Dificuldades relatadas pelos produtores na condução de lavouras com morango na microrregião de Barbacena MG.

A segunda dificuldade mais relatada pelos produtores foi a recorrência de pragas e doenças, por 49,1% deles. O morango é muito suscetível a pragas e doenças devido às cultivares utilizadas serem importadas e não adaptadas às nossas condições climáticas, como temperatura e umidade relativa (GALVÃO et al., 2017). É importante conhecer mais sobre pragas e doenças, e assim identificar a pressão exercida no campo para poder optar com segurança sobre o melhor tipo de controle (WILLDEN et al., 2021). Muitos produtores relataram intenção em utilizar mais o controle biológico para pragas e doenças, mas falta conhecimento.

Na sequência, 23,6% dos produtores apontaram a falta de assistência técnica especializada para o cultivo do morango, no entanto, 67,3% afirmam ser cadastrados na Emater, que possui apenas um técnico para atender a toda demanda da comunidade local. Provavelmente, os produtores atribuem à falta de assistência técnica as deficiências no combate a pragas e doenças, que é o segundo desafio mais apontado. Certamente, os produtores já perceberam que o perfil dos consumidores a cada dia está mais consciente, cobrando pela diminuição no uso de insumos químicos

(CHEN et al., 2018). É certo que os produtores anseiam atender aos clientes, mas receiam a perda na qualidade do produto e, conseqüentemente, as perdas econômicas. A presença de técnico ofereceria mais segurança na tomada de decisão quanto ao controle de doenças e pragas. Entre as sugestões apresentadas pelos produtores, estão a necessidade em conhecer mais e utilizar controle biológico de pragas e doenças.

As embalagens aparecem como quarta dificuldade mais apontada, enfrentada por 20% dos produtores. Geralmente, as embalagens são caixas de papelão, cumbucas de polietileno e bandejas de poliestireno expandido com filme polimérico. Uma embalagem adequada tem como função evitar danos mecânicos, facilitar o resfriamento, o transporte e a comercialização. A dificuldade relatada é que o valor do morango não acompanha os reajustes destes materiais.

A quinta dificuldade, relatada por 12,7% dos produtores entrevistados, é o transporte. Os fatores que contribuem para isso são o alto valor dos combustíveis e a falta de manutenção das estradas para escoamento da produção com rapidez, uma vez que trabalham com produto perecível (ANDREATA et al., 2020; SIMPSON, 2018).

Energia elétrica apareceu como sexta dificuldade relatada pelos produtores, com valor de 10,9%. Os entrevistados não se beneficiam da tarifa verde, pois, não realizam irrigação noturna. O maior uso da energia elétrica é para a irrigação do morangueiro.

A sétima dificuldade, apontada por 7,3% produtores, foi a comercialização dos morangos. O valor da venda dos morangos não acompanha os custos dos insumos utilizados na produção, que variam de acordo com o câmbio. De acordo com os preços da Ceasa, Minas Gerais foi o estado que pagou o menor valor por quilo de morango no ano de 2020 (Figura 1.9).

A oitava dificuldade, apontada por 1,8% dos produtores, refere-se à água com qualidade, insumo fundamental para a produção do morango. Quando na propriedade a fonte superficial de água não apresenta boa qualidade, são necessários poços comuns com menor custo, porém, suscetível à seca, sendo mais garantido o poço artesiano com custo mais elevado. Outra solução seria a água de chuva, porém, fica condicionada à construção de reservatório, implicando em maiores custos.

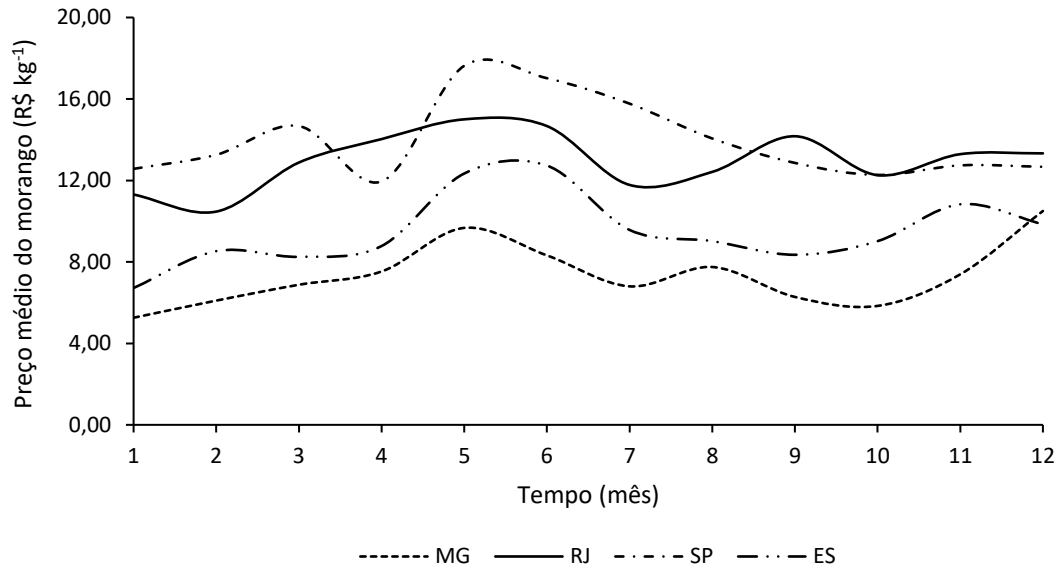


Figura 1.9. Preços médios do quilograma de morango nas principais centrais de abastecimento da região sudeste do Brasil, no período de janeiro a dezembro de 2020. Fonte: Ceasa (2020).

As demais dificuldades relatadas pelos produtores somaram 5,5%. Em destaque, foi mencionado a variação climática com altas temperaturas e a pandemia. A temperatura sendo um fator abiótico, pode ser minimizada utilizando técnicas como utilização de túneis, ambientes protegidos e sombrites. Os entrevistados também relataram a pandemia, que afetou a produção e venda do morango, sendo fator externo difícil de prever e que, porém, requer administração.

1.3.10 Produção e comercialização

O volume de morango produzido semanalmente foi computado em quantidade de cumbucas, que são bandejas para acondicionamento dos frutos colhidos e comercializados. O primeiro grupo de produtores, que cultivam até 15 mil plantas, foram responsáveis por 61,8% da produção, necessitando, em média, 15,7 plantas para completar uma cumbuca por semana (Figura 1.10). O segundo grupo, formado por aqueles que cultivam de 15 a 30 mil plantas, produziram 8,9% das cumbucas, com média de 12,2 plantas para completar cada bandeja. Para o terceiro e último grupo, que cultiva mais de 30 mil plantas, foram registradas produção de 29,3%, dependendo em média de 13 plantas por cumbucas semanais. O maior número de plantas para encher uma cumbuca foi de 31,25 plantas e o menor valor foi de 7,5 plantas por

cumbucas semanais. Este valor se deve por causa do fator tempo de realização da pesquisa, na primeira safra a produção do morango é abundante e, com as safras seguintes, ocorre um declínio na produção.

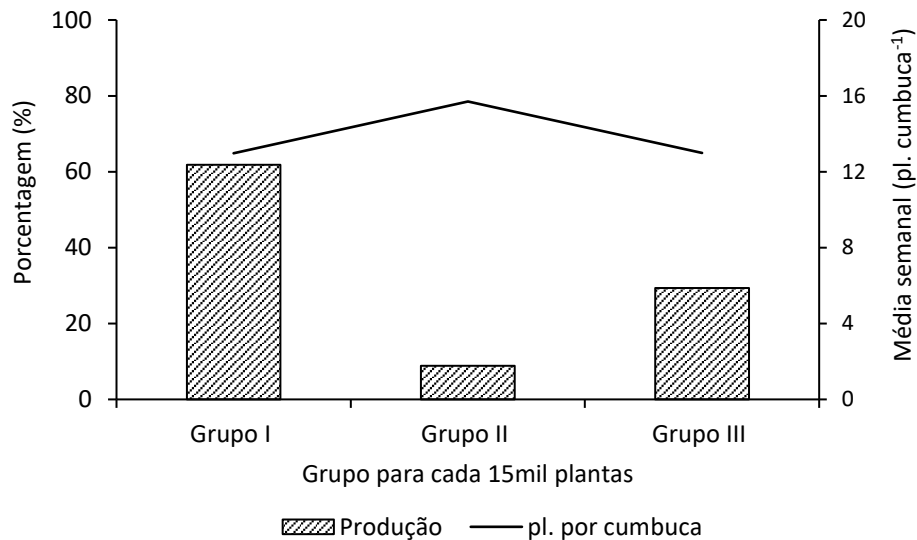


Figura 1.10. Produção de morango dividida por grupos de 15 mil plantas, associado à quantidade média produzida semanalmente, para enchimento de uma cumbuca.

A destinação que cada produtor deu para comercialização da produção foi bem diversificada para o primeiro grupo, sendo Ceasa 74,5%, consumidor final 10,6%, cooperativa ou associação 12,8%, mercado e feira 17,0% e outros 4,3% como intermediador (Figura 1.11). No segundo e terceiro grupo, 100% dos entrevistados enviam a produção de morangos para Ceasa, além disso, 25% dos produtores também negociam com mercados ou feiras de produtos agrícolas. Como a maioria dos agricultores familiares são responsáveis por todas as tarefas da propriedade, do plantio à comercialização, isso dificulta buscar novos mercados. Como sugestão, a maioria relatou a necessidade de expansão do mercado, que pode acontecer com campanhas de aumento de consumo *per capita* ou busca por novos mercados e auxílio na comercialização. Nos Estados Unidos, o consumo *per capita* praticamente dobrou nas últimas duas décadas, devido à conscientização dos consumidores sobre os aspectos de saúde da ingestão de frutas vermelhas (SIMPSON, 2018).

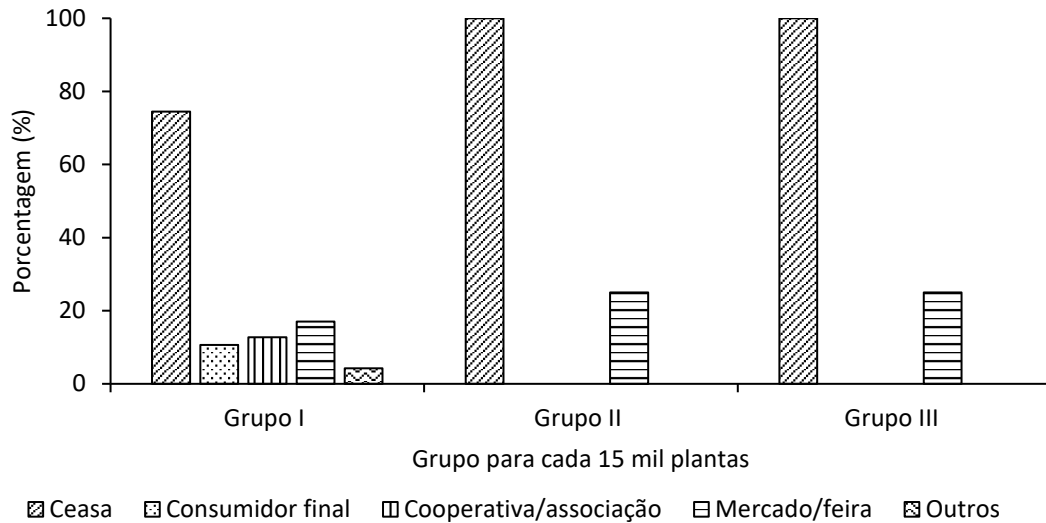


Figura 1.11. Destinação da comercialização da produção de morango separada por grupos de 15 mil plantas, para diferentes consumidores.

1.3.11 Destinação do plástico pós consumo

É inegável os benefícios que a indústria do plástico trouxe para o mundo moderno e, principalmente, para a agricultura. Agora o desafio é reduzir o resíduo gerado, que precisa ser assumido e gerenciado por todos os envolvidos no processo (GALATI et al., 2020). Ao finalizar o ciclo de cultivo do morangueiro, é importante que todo material plástico seja removido do campo, principalmente os filmes de polietilenos utilizados na cobertura de solo, nas coberturas aéreas, fitas gotejadoras, suporte de fixação e restos de sombrites, que devem ser encaminhados para destinação correta, onde possa ser reciclado. Perguntado aos produtores o que eles fazem com o plástico removido dos canteiros ao final da safra, 38,2% relataram que queima o material (Figura 1.12), 29,1% recolhem e encaminham para a reciclagem, 7,3% têm o material recolhido pela prefeitura, 1,8% não recolhe, deixa no campo não havendo nenhuma referência ao recolhimento por fabricante de polietileno. Outros encaminhamentos foram relatados por 20,0% dos produtores, afirmando que reutilizam e reaproveitam as coberturas para outras culturas. Galati et al. (2020) afirmam que, em outros países, o poder público e privado vem incentivando produtores à prática da reciclagem. A destinação dos plásticos depende de orientações e gerenciamento dos fabricantes para implementação de coleta do material pós consumo (SOLIS; SILVEIRA, 2020). A União Europeia propôs metas crescentes para incentivar a reciclagem de embalagens e materiais plásticos (VAN

EYGEN et al., 2018). No entanto, observa-se pouco interesse pelos resíduos de uso agrícola por causa da contaminação da fase de uso (HORODYTSKA et al., 2018). Isto afeta a qualidade dos plásticos reciclados, sendo necessário investimento na modernização das linhas de lavagem atuais. Galati et al. (2020), avaliando a geração de resíduos na produção de morango, constataram que cada cumbuca de 250 g de frutos gerou mais de 20 g de resíduos plásticos, constituídos por diferentes polímeros.

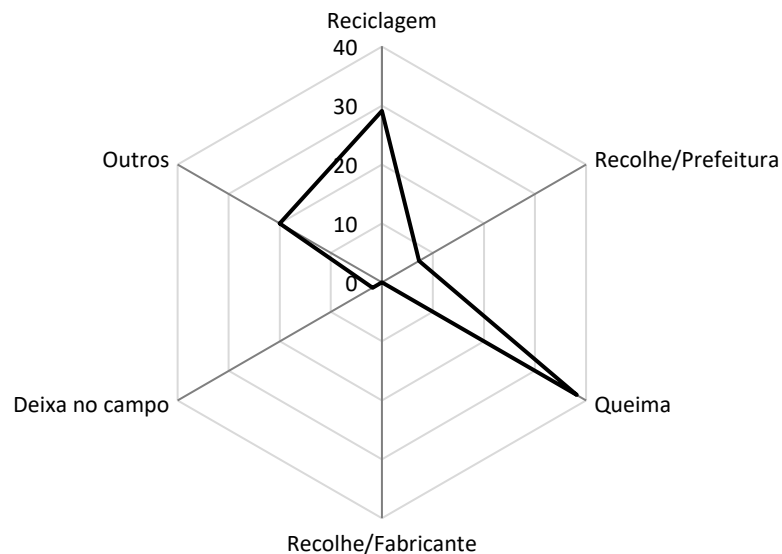


Figura 1.12. Destinação final do polietileno utilizado na produção de morango após encerramento do ciclo de cultivo das plantas.

1.4 CONCLUSÕES

A partir deste estudo, foi possível verificar que a maioria dos produtores de morango da microrregião de Barbacena são proprietários da terra que cultivam. Em relação à força de trabalho para a produção de morango, a maioria dos produtores utilizam a mão de obra familiar. Quanto à dedicação na atividade, os produtores preferem a diversificação, por causa da segurança econômica. Quando finalizam a safra do morango, possuem outra atividade para trabalhar e continuar garantindo renda.

Como forma de cultivo, predomina o sistema convencional com túnel baixo, porém, verifica-se interesse em migrar para o sistema sem solo. Em relação à cultivar, predomina as de dia neutro, sendo a San Andreas a mais cultivada. Para fazer a

irrigação, 32,7% dos produtores utilizam água do rio e 100% adotam sistema de irrigação por gotejamento.

Os produtores enfrentam dificuldades para contratar mão de obra externa, lidam com doenças e pragas e sentem falta de assistência técnica especializada.

Sobre comercialização, os agricultores familiares vendem sua produção de forma diversificada, buscando melhores preços. Os maiores produtores preferem vender diretamente ao Ceasa. Todos os produtores são unânimes em afirmar que o preço de venda do morango não tem acompanhado os reajustes dos insumos.

Para a maioria dos produtores, é mais fácil queimar o plástico pós consumo a recolher e enviar para a reciclagem. Com este diagnóstico foi possível conhecer de modo geral a realidade dos produtores de morango da microrregião de Barbacena, Minas Gerais.

REFERÊNCIAS

- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>
- ANDREATTA, T.; CÂMARA, S. B.; MATTE, A.; SPANEVELLO, R. M.; FAGUNDES, C. P. P.; TOLEDO, V. B. D. Produção de morangos como estratégia de viabilização econômica em pequenas propriedades rurais no Rio Grande do Sul. **Revista Fitos**, v. 14, p. 65-77, 2020. <https://doi.org/10.32712/2446-4775.2020.871>
- ANTUNES, L. E. C.; BONOW, S.; REISSER JÚNIOR, C. Morango: crescimento constante em área e produção. **Anuário Campo & Negócio**, v. 37, p. 88-92, 2020.
- ARIZA, M. T.; MIRANDA, L.; GÓMEZ-MORA, J. A.; MEDINA, J. J.; LOZANO, D.; GAVILÁN, P. MARTÍNEZ-FERRI, E. Yield and fruit quality of strawberry cultivars under different irrigation regimes. **Agronomy**, v. 11, n. 2, p. 261, 2021. <https://doi.org/10.3390/agronomy11020261>
- BORRERO, J. D.; ZABALO, A. Identification and analysis of strawberries consumer opinions on twitter for marketing purposes. **Agronomy**, v. 11, n. 4, p. 809, 2021. <https://doi.org/10.3390/agronomy11040809>
- CEASA - Centrais de Abastecimento. 2020. Disponível em: <http://www3.ceasa.gov.br/prohortweb/?page=reports.consulta_relatorio_preco_medio_mensal>. Acesso em 8 mar. 2022.
- CERUTTI, P. H.; SANTOS, M.; GEMELI, M. S.; ADAMS, C. R.; PEREIRA, T. C. V. Desafios do cultivo de morangueiro no Brasil. **Revista Científica Rural**, v. 20, n. 2, p. 236-252, 2018. <https://doi.org/10.30945/rcr-v20i2.305>
- CHEN, X.; GAO, Z.; SWISHER, M.; HOUSE, L.; ZHAO, X. Eco-labeling in the fresh produce market: Not all environmentally friendly labels are equally valued. **Ecological Economics**, v. 154, p. 201-210, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2018.07.014>
- CHIOMENTO, J. L. T.; NARDI, F. S.; FILIPPI, D.; TRENTIN, T. S.; DORNELLES, A. G., FORNARI, M., CALVETE, E. O. Morpho-horticultural performance of strawberry cultivated on substrate with arbuscular mycorrhizal fungi and biochar. **Scientia Horticulturae**, v. 282, p. 110053, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2021.110053>
- COCCO, C.; GONÇALVES, M. A.; PICOLOTTO, L.; FERREIRA, L. V.; ANTUNES, L. E. C. Crescimento, desenvolvimento e produção de morangueiro a partir de mudas com diferentes volumes de torrão. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 37, n. 4, p. 961-969, 2015. <https://doi.org/10.1590/0100-2945-250/14>

FAGHERAZZI, A. F.; ZANIN, D. S.; SANTOS, M. F. S.; LIMA, J. M.; WELTER, P. D.; RICHTER, A. F.; NERBASS, F. R.; KRETZSCHMAR, A. A.; RUFATO, L.; BARUZZI, G. Initial crown diameter influences on the fruit yield and quality of strawberry pircinque. **Agronomy**, v. 11, n. 1, p. 184, 2021.

<https://doi.org/10.3390/agronomy11010184>

FLANAGAN, R. D.; SAMTANI, J. B.; MANCHESTER, M. A.; ROMELCZYK, S.; JOHNSON, C. S.; LAWRENCE, W.; PATTISON, J. On-farm evaluation of strawberry cultivars in coastal Virginia. **HortTechnology**, v. 30, n. 6, p. 789-796, 2020.

<https://doi.org/10.21273/HORTTECH04616-20>

GALATI, A.; SABATINO, L.; PRINZIVALLI, C. S.; D'ANNA, F.; SCALENGHE, R. Strawberry fields forever: That is, how many grams of plastics are used to grow a strawberry? **Journal of Environmental Management**, v. 276, p. 111313, 2020.

<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111313>

GALVÃO, A. G.; RESENDE, L. V.; MALUF, W. R.; RESENDE, J. T. V.; FERRAZ, A. K. L.; MARODIN, J. C. Breeding new improved clones for strawberry production in Brazil. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 39, n. 2, p. 149-155, 2017.

<https://doi.org/10.4025/actasciagron.v39i2.30773>

GENDRON, L.; LETOURNEAU, G.; ANDERSON, L.; SAUVAGEAU, G.; DEPARDIEU, C.; PADDOCK, E.; CARON, J. Real-time irrigation: Cost-effectiveness and benefits for water use and productivity of strawberries. **Scientia Horticulturae**, v. 240, p. 468-477, 2018.

<https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.06.013>

HORODYTSKA, O.; VALDÉS, F. J.; FULLANA, A. Plastic flexible films waste management: A state of art review. **Waste Management**, v. 77, p. 413-425, 2018.

<https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.04.023>

HUANG, Y.; LI, X.; ZHANG, G. The impact of technology perception and government support on e-commerce sales behavior of farmer cooperatives: Evidence from Liaoning province, China. **SAGE Open**, v. 11, n. 2., p. 1-10, 2021.

<https://doi.org/10.1177/21582440211015672>

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2017. Disponível em:

<<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6954>>. Acesso em 14 jan. 2022.

LEWERS, K. S.; FLEISHER, D. H.; DAUGHTRY, C. S.; VINYARD, B. T. Low-tunnel strawberry production: Comparison of cultivars and films. **International Journal of Fruit Science**, v. 20, n. 2, p. 705-732, 2020.

<https://doi.org/10.1080/15538362.2020.1768616>

MORRIS, J.; ELSE, M. A.; EL CHAMI, D.; DACCACHE, A.; REY, D.; KNOX, J. W. Essential irrigation and the economics of strawberries in a temperate climate.

Agricultural Water Management, v. 194, p. 90-99, 2017.

<http://doi.org/10.1016/j.agwat.2017.09.004>

OLIVEIRA, J.; SILVA, J. V.; AMOURIM, M.; SANTOS, M.; BATISTA, A. Produção de pequenas frutas no Brasil: Um mercado em potencial. **Enciclopédia Biosfera**, v. 17, n. 33, p. 362-379, 2020. https://doi.org/10.18677/EnciBio_2020C32

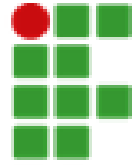
- ORDE, K. M.; MARINI, R.; DEMCHAK, K.; SIDEMAN, R. Albion strawberry responds to mulch treatments and low tunnels covered with photoselective films, **HortScience Horts**, v. 56, n. 9, p. 1005-1014, 2021. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI15886-21>
- QIN, Y.; HORVATH, A. Use of alternative water sources in irrigation: potential scales, costs, and environmental impacts in California. **Environmental Research Communications**, v. 2, n. 5, p. 055003, 2020. <https://doi:10.1088/2515-7620/ab915e>
- RAMÍREZ, M. G. G.; CORTÉS, V. H. S.; CORONADO, J. J. A.; RODRÍGUEZ, M. M. The insertion of Mexico into the global value chain of berries. **World Development Perspectives**, v. 20, p. 100240, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.wdp.2020.100240>
- SAMTANI, J. B.; ROM, C. R.; FRIEDRICH, H.; FENNIMORE, S. A.; FINN, C. E.; PETRAN, A.; BERGEFURD, B. The status and future of the strawberry industry in the United States. **HortTechnology**, v. 29, n. 1, p. 11-24, 2019. <https://doi.org/10.21273/HORTTECH04135-18>
- SCOTT, S.; RYE, J. F. Praised, prized, yet penalised: A critical examination of low-wage hiring queues in the global strawberry industry. **Journal of Rural Studies**, v. 88, p. 473-481, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2021.04.014>
- SENGER, I.; BORGES, J. A. R.; MACHADO, J. A. D. Using the theory of planned behavior to understand the intention of small farmers in diversifying their agricultural production. **Journal of Rural Studies**, v. 49, p. 32-40, 2017. <http://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2016.10.006>
- SIMPSON, D. The economic importance of strawberry crops. In: **The genomes of rosaceous berries and their wild relatives**. New York: Springer, 2018. p. 1-7. https://doi.org/10.1007/978-3-319-76020-9_1
- SOLIS, M.; SILVEIRA, S. Technologies for chemical recycling of household plastics: A technical review and TRL assessment. **Waste Management**, v. 105, p. 128-138, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.01.038>
- SOPER, R. How wage structure and crop size negatively impact farmworker livelihoods in monocrop organic production: interviews with strawberry harvesters in California. **Agriculture and Human Values**, v. 37, n. 2, p. 325-336, 2020. <https://doi.org/10.1007/s10460-019-09989-0>
- TAZZO, I. F.; FAGHERAZZI, A. F.; LERIN, S.; KRETZSCHMAR, A. A.; RUFATO, L. Exigência térmica de duas seleções e quatro cultivares de morangueiro cultivado no planalto catarinense. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 37, n. 3, p. 550-558, 2015. <http://doi.org/10.1590/0100-2945-097/14>
- TLATELPA, M. A.; HALLER, V. H. V.; GARCÍA, P. S.; GRAJALES, M. P.; FRANCO, M. L. F. Concentration and extraction of macronutrients in four strawberry varieties. **Revista Mexicana de Ciências Agrícolas**, v. 10, n. 6, p. 1287-1299, 2019. <https://doi.org/10.29312/remexca.v10i6.1552>
- TRIOLA, M. F. **Introdução à Estatística**. 12 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2017, 836p.

- VAN EYGEN, E.; LANER, D.; FELLNER, J. Circular economy of plastic packaging: Current practice and perspectives in Austria. **Waste Management**, v. 72, p. 55-64, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2017.11.040>
- VIMERCATI, W. C.; MACEDO, L. L.; ARAÚJO, C. S.; TEIXEIRA, L. J. Q.; SARAIVA, S. H. Effect of temperature on drying kinetic in foam mat and anthocyanin degradation in strawberry. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 22, e2018221, 2019. <https://doi.org/10.1590/1981-6723.22118>
- WILLDEN, S. A.; COX, K. D.; PRITTS, M. P.; LOEB, G. M. A comparison of weed, pathogen and insect pests between low tunnel and open-field grown strawberries in New York. **Crop Protection**, v. 139, p. 105388, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2020.105388>
- WURZ, D. A.; DUBIELA, R. C.; NUNES, H. F. Socioeconomic profile of strawberry producers in Canoinhas city-Santa Catarina state. **Revista Científica Rural**, v. 21, n. 3, p. 13-27, 2019. <https://doi.org/10.30945/rcr-v21i3.2721>
- XIONG, Y.; PENG, C.; GRIMSTAD, L.; FROM, P. J.; ISLER, V. Development and field evaluation of a strawberry harvesting robot with a cable-driven gripper. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 157, p. 392-402, 2019. <https://doi.org/10.30945/rcr-v21i3.2721>
- XUE, J.; GUAN, H.; HUO, Z.; WANG, F.; HUANG, G.; BOLL, J. Water saving practices enhance regional efficiency of water consumption and water productivity in an arid agricultural area with shallow groundwater. **Agricultural Water Management**, v. 194, p. 78-89, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2017.09.003>
- YAN, S.; HU, Q.; JIANG, Q.; CHEN, H.; WEI, J.; YIN, M.; DU, X.; SHEN, J. Simple osthole/nanocarrier pesticide efficiently controls both pests and diseases fulfilling the need of green production of strawberry. **ACS Applied Materials & Interfaces**, v. 13, n. 30, p. 36350-36360, 2021. <https://doi.org/10.1021/acsami.1c09887>
- YEARGIN, T. A.; FRASER, A. M.; GIBSON, K. E. Characterization of risk management practices among strawberry growers in the southeastern United States and the factors associated with implementation. **Food Control**, v. 122, p. 107758, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2020.107758>
- ZEIST, A. R.; RESENDE, J. T. V. Strawberry breeding in Brazil: Current momentum and perspectives. **Horticultura Brasileira**, v. 37, n. 1, p. 7-16, 2019. <https://doi.org/10.1590/S0102-053620190101>

APÊNDICE



UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola
Doutorado Interinstitucional (Dinter) UFV – IF SudesteMG



Diagnóstico da produção de morango na microrregião em Barbacena

Questionário

Nome do produtor(a): _____

Nome da propriedade e comunidade rural: _____

Município: _____

Telefone: _____

1 - Origem das mudas:

- () Produção própria
- () Adquirido com vizinho
- () Adquirido de empresa
- () Outros _____

2 - Variedade cultivada:

3 - Forma de plantio:

- () Utilizando canteiro – cobertura de solo com polietileno - túnel baixo
- () Utilizando canteiro – cobertura de solo com polietileno - cobertura alta
- () Utilizando bancada com calha, substrato e cobertura alta
- () Utilizando bancada com slabs, substrato e cobertura alta
- () Utilizando bancada com vaso, substrato e cobertura alta
- () Outros _____

4 - Forma de condução / manejo da lavoura:

- () Convencional (com adubos e defensivos)
- () Orgânico (apenas adubação orgânica e controle biológico)
- () Outros _____

5 – Número de plantas cultivadas na área (número de mudas):

6 - Espaçamento utilizado entre linhas e plantas no canteiro:

7 – Tipo de irrigação:

- Aspersão
- Microaspersão
- gotejamento
- Outros _____

8 – Como controla a quantidade de água para irrigação?

- Visualmente
- Segue orientação técnica
- Utiliza tensiômetros
- Utiliza sensores de umidade
- Outros _____

9 – Origem da fonte de água:

- Rio ou córregos
- Poço comum
- Poço artesiano
- Represa ou lagoa
- Água de chuva
- Aproveitamento da água de outra atividade (granja, suíno, etc)
- Outros _____

10 - Como faz a adubação?

- Adubação convencional (manual)
- Fertirrigação
- Mista convencional e fertirrigação
- Outros _____

11 – Mão de obra utilizada:

- Familiar
- Contrata trabalhador na época
- Troca dia de serviço com vizinho
- Outros _____

12 – Quanto à dedicação na produção:

- Produz somente morango
- Diversificação (morango e outras culturas).
- Diversificação (morango e pecuária)
- Diversificação (morango e atividade comercial)
- Outros _____

13 – Quais as principais dificuldades na produção de morango?

- Mão de obra
- Água
- Energia elétrica
- Transporte (frete)
- Controle de doenças e pragas
- Comercialização
- Falta de assistência técnica e extensão
- Falta informação técnica sobre o morango
- Embalagem
- Outros _____

14 - Quantidade média produzida por semana na área plantada: - Obs: Informar se é cumbucas ou caixas com 4 cumbuca.

15 - Vida útil do cultivo (plantas):

- Uma safra (ciclo)
 - Duas safras (ciclo)
 - Outros _____
-

16 – Destinação da produção:

- Ceasa
 - Venda direta para o consumidor
 - Cooperativa ou associação
 - Comercio local e feira
 - Venda em projetos de políticas públicas – PNAE e PAA.
PNAE (Programa Nacional de Alimentação Escolar) e
PAA (Programa de Aquisição de Alimentos)
 - Outros _____
-

17 – O que faz com o plástico ou slabs velho retirado dos canteiros ao término da safra?

- Envia para a reciclagem
 - Enterra
 - Queima
 - Recolhido pela loja (revendedor)
 - Recolhido pela prefeitura
 - Não recolhe, fica no solo
 - Outros _____
-

18 - Qual é a sua situação atual na propriedade:

- Proprietário ou dono da terra
 - Contrato de parceria agrícola
 - Contrato de arrendamento
 - Outros _____
-

19 - Se proprietário, qual é a área total que possui de terra no sítio ou fazenda?

- até 3 ha
- de 3 a 10 ha
- de 10 a 15 ha
- de 15 a 20 ha
- de 20 a 30 ha
- acima de 30 a 50 ha

20 - Possui cadastro na EMATER de Agricultor Familiar?

- sim
- não

21 - É beneficiário do PRONAF para financiamento de custeio da produção?

- sim
- não

22 - Se sim, financiou adubo, defensivo ou equipamento de irrigação?

- sim
- não
- Outros _____

23 – O que gostaria que melhorasse na sua atividade de produtor de morango para lhe dar mais segurança?

Projeto aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisas com Seres Humanos (CEP) do IFSUDESTEMG, Parecer nº 3.951.527

CAPÍTULO II

PRODUÇÃO DE MORANGO, OBTENÇÃO DO CONSUMO HÍDRICO E DE COEFICIENTES TÉCNICOS EM CULTIVOS COM COBERTURA DO SOLO COM PAPEL RECICLADO

HIGHLIGHTS

- Papel reciclado como cobertura de solo evita a poluição do meio ambiente.
- Lisímetros foram utilizados para obtenção do consumo hídrico e coeficientes técnicos do morangueiro.
- O coeficiente de cultura pode ser predito por meio de um índice de vegetação.
- A cobertura de solo com papel reciclado reduziu em 19,5% o consumo de água pelo morangueiro.
- Papel reciclado como cobertura de solo não altera as características agrônômicas do morangueiro.

RESUMO

A cobertura de solo com papel reciclado apresenta potencial para ser utilizada na produção agrícola, podendo ser adotada no cultivo do morango. Entretanto, informações a respeito de economia de água e sobre os valores de coeficientes de cultivo utilizados no manejo da irrigação são inexistentes, gerando demanda de pesquisas a respeito. Diante disto, objetivou-se avaliar as características agrônômicas, consumo hídrico e coeficientes técnicos do morangueiro cultivado com papel reciclado como cobertura de solo. O morangueiro foi cultivado em lisímetros de drenagem sob ambiente protegido, com duração de 179 dias. O experimento foi realizado em delineamento de blocos casualizados com quatro tratamentos e quatro repetições. O primeiro tratamento consistiu dos lisímetros cultivados com morangueiro sem utilização de cobertura de papel (MSP), no segundo, o morangueiro recebeu cobertura de papel reciclado (MCP), no terceiro, os lisímetros receberam somente cobertura de papel reciclado (SCP) e no quarto foi cultivado com grama batatais (CGB). O papel reciclado utilizado apresentou espessura de 187 μm e recebeu aberturas circulares de 0,10 m de diâmetro para o transplântio de cada muda. O sistema de irrigação foi instalado com gotejadores cuja vazão foi 2 L h⁻¹. As

necessidades de irrigação do morangueiro foram de 317 e 394 mm com e sem uso de cobertura, respectivamente. A cobertura de solo com papel reciclado não conferiu efeito significativo na quantidade média de frutos, massa fresca de fruto, descarte de fruto por planta, produtividade média de fruto e produtividade da água. Em relação aos coeficientes técnicos, obteve-se para SCP, valores máximos de coeficiente de evaporação (K_e) de 0,40 (calculado com a evapotranspiração da grama - L) e 0,28 (calculado com a ETo de Penman-Monteith - PM). Os valores de K_c para as fases inicial e pleno desenvolvimento foram de 0,31 e 0,84 (L) e 0,24 e 0,66 (PM), respectivamente. O NDVI pode ser utilizado na estimativa de valores de K_c do morangueiro. O papel reciclado como cobertura de solo reduz o consumo hídrico da cultura do morango e não altera as suas características agronômicas.

Palavras-chave: Coeficiente de cultura. *Fragaria x ananassa* Duch. Lisímetro de drenagem. Manejo de irrigação. NDVI.

2.1 INTRODUÇÃO

O morangueiro é uma cultura de importância social e econômica, uma vez que demanda muita mão de obra em seu cultivo e fornece renda em curto período (WURZ et al., 2019). No Brasil, a produção comercial do morango (*Fragaria x ananassa* Duch.) é realizada, em sua grande maioria, em propriedades rurais familiares.

Segundo Antunes et al. (2021) e FAO (2020), no Brasil é cultivado anualmente cerca de 5.200 ha de morangueiro, apresentando uma produção de cerca de 218.881 toneladas com produtividade média aproximada de 42 t ha⁻¹. Essa produtividade é inferior à média dos maiores produtores de morangos, que são os Estados Unidos e a Espanha, que atingem produtividades superiores a 50 t ha⁻¹. Esse valor sugere que o Brasil possui potencial para crescer na produção de morango sem precisar abrir novas áreas.

Uma técnica importante para aumentar a qualidade e produtividade de morango é a irrigação. A oferta de água via irrigação se faz necessária devido ao morangueiro, majoritariamente, ser cultivado em ambiente protegido. A céu aberto, a utilização de irrigação é justificada devido à irregularidade das precipitações pluviais, podendo ser superada pela evapotranspiração da cultura. Assim, a oferta adequada de água via irrigação tem sido a garantia para se produzir como planejado, sem que a falta de chuvas altere a qualidade, produtividade e rentabilidade previamente estabelecidas (CORREIA et al., 2020).

A agricultura irrigada demanda grande volume de água (GENDRON et al., 2018). Diante disso, muitos estudos são realizados em busca de economia de água para aumentar a eficiência na produtividade agrícola e evitando o desperdício (XUE et al., 2017). Uma das alternativas frente ao consumo de água tem sido a utilização de cobertura sobre o solo. Yang et al. (2015) afirmam que a cobertura protege diretamente a superfície contra a ação do vento e da radiação, principais responsáveis pela evaporação de água no solo. Com esta técnica, o consumo hídrico é reduzido devido à diminuição da evaporação da água do solo. Ao mesmo tempo, a cobertura modifica o valor do albedo na superfície e promove uma transferência de calor sensível e de irradiância da superfície da cobertura para o dossel da planta. Este fenômeno causa alteração da transpiração da cultura (ALLEN et al., 1998).

Além de manter a umidade do solo e reduzir o consumo hídrico pelas culturas agrícolas, as coberturas de solo possuem a função de controlar plantas invasoras

(YANG et al., 2015). Para a cultura do morangueiro, a cobertura do solo também tem a função de garantir a qualidade dos frutos, evitando que estes tenham contato direto com o solo e reduzindo os problemas com doenças e pragas.

Segundo Santin et al. (2020) e Yang et al. (2015), o filme plástico como cobertura de solo se tornou a preferência na agricultura devido à redução do consumo hídrico e facilidade de manejo. Kaur e Kaur (2017) também relatam que a cobertura do solo com polietileno tornou-se uma prática comum pelas vantagens que fornecem ao solo, como aumento da temperatura, redução da lixiviação de nutrientes, preservação da estrutura física, além da facilidade de manuseio. O incremento da temperatura do solo beneficia o sistema radicular do morangueiro, estimulando o desenvolvimento de radículas. Essas pequenas raízes são responsáveis pela absorção de água e nutrientes e contribuem para uma maior precocidade da produção (SWAPNIL et al., 2015). Király et al. (2020) também observaram o maior crescimento radicular do morangueiro com cobertura de solo em relação ao cultivo sem cobertura.

A questão negativa com a utilização crescente de polietileno na agricultura é a geração de resíduos que, por descuido, acarreta poluição ao meio ambiente (YANG et al., 2015). Terminado o ciclo da cultura, não é possível fazer reutilização do plástico como cobertura para novo ciclo de cultivo (GUERRINI et al., 2017). Parte deste material inorgânico é abandonado na área agrícola e misturado ao solo. Em outras situações, são amontoados nos campos à espera de remoção para reciclagem, o que nem sempre acontece. O plástico da cobertura de solo, pós consumo, destinado para a reciclagem, precisa passar pelo processo de lavagem, o que demanda elevado consumo de água (HORODYTSKA et al., 2018). O destino do material contaminado acaba sendo a queima, o que libera substâncias tóxicas, poluindo o solo e a atmosfera, ou vai parar nos lixões. Segundo Solis e Silveira (2020), é preciso reduzir a quantidade de plástico descartado em circulação no meio ambiente.

Jabran e Chauhan (2018) sugerem que as coberturas biodegradáveis ou renováveis substituam as de plástico devido aos danos ambientais que essas últimas possam causar. Uma alternativa que parece viável, seria a substituição do polietileno pelo papel como cobertura de solo. O papel é constituído basicamente de celulose, polímero natural e facilmente biodegradável. O papel reciclado tem se mostrado grande potencial devido à sua durabilidade e resistência mecânica. Dados de campo e simulações de modelos indicam que o papel e as coberturas de plástico biodegradáveis proporcionam uma dinâmica de umidade do solo comparável à da

cobertura de polietileno (SAGLAM et al., 2017). Para este fim, Moreno et al. (2017) afirmam que plásticos biodegradáveis e coberturas de papel estão sendo usados, mas aspectos relacionados à sua degradação devem ser estudados com mais detalhamento. No entanto, são escassas as pesquisas científicas sobre o uso deste material como cobertura no solo, principalmente, quanto à economia de água e informações para manejo da irrigação.

Uma das formas para avaliar o consumo de água pela planta é por meio da determinação do coeficiente da cultura (K_c). Para Doorenbos e Pruitt (1977) é necessário calibrar esses valores para condições climáticas específicas. Lozano et al. (2016) recomendam que os valores de K_c e as durações dos estádios de desenvolvimento sejam ajustados para cada região, de acordo com a cultura implantada, condições climáticas e as técnicas de cultivo utilizadas.

Segundo García-Tarejo et al. (2018), o excesso de água aplicado no morangueiro não se traduz em maior produtividade. Por isso, é importante conhecer as informações locais, como K_c , dados climáticos e as características do solo. Dessa forma será possível determinar a necessidade real de irrigação em cada estágio da cultura, resultando em economia de água sem prejuízo à produção e ao meio ambiente. Gavilán et al. (2021) afirmam que a melhor forma para estimar o consumo de água é pela evapotranspiração da cultura (ET_c). A ET_c é o produto entre a quantificação da demanda atmosférica dada pela evapotranspiração de referência (ET_o) e as características da superfície dada pelo K_c (ALLEN et al., 1998; BERNARDO et al., 2019).

Uma opção atual para estimativa de coeficiente de cultura (K_c) é aquela realizada por meio de índices de vegetação (ALFACE et al., 2019; SAHER et al., 2020). Como a variação dos valores de K_c está diretamente relacionada ao ciclo fenológico das culturas, existem estudos que sugerem que os perfis temporais dos índices de vegetação possam ser utilizados (OLIVEIRA et al., 2020; RODRIGUES et al., 2021; SILVA et al., 2020). O índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI), que indica o crescimento e desenvolvimento de plantas (FABBRI et al., 2020; POUDEL et al., 2021), é uma ferramenta promissora para gerenciar o manejo de irrigação (ALI et al., 2020; OLIVEIRA et al., 2016). Dingre et al. (2021) relatam que vários pesquisadores, trabalhando com diferentes culturas, encontraram correlações variando de 0,80 a 0,95 ao estudarem a relação NDVI e K_c .

Diante do exposto, objetivou-se no presente estudo avaliar as características agronômicas, consumo hídrico e coeficientes técnicos para o manejo da irrigação do morangueiro cultivado com papel reciclado como cobertura de solo.

2.2 MATERIAL E MÉTODOS

2.2.1 Área experimental

O experimento foi conduzido na Unidade de Ensino, Pesquisa e Extensão (UEPE) de Irrigação e Drenagem do Departamento de Engenharia Agrícola (DEA), da Universidade Federal de Viçosa (UFV), *Campus Viçosa*, localizada no município de Viçosa, MG - Brasil, situada na longitude 42° 51' 45" W, latitude 20° 46' 09" S e com altitude de 674 m. O clima da região é classificado como Cwa, temperado úmido com inverno seco e verão quente de acordo com Alvares et al. (2013).

Para realização do experimento, foram utilizados 16 lisímetros de drenagem do setor de Irrigação e Drenagem do DEA-UFV. Estes lisímetros são caixas com área superficial de 1,68 m², profundidade de 0,65 m, com borda livre acima do solo de 0,05 m, para evitar entrada e saída de água por escoamento superficial. Os lisímetros estavam preenchidos com solo de textura argilosa e classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, de acordo com a Embrapa (2018). Porém, Perea et al. (2017) afirmam que o morangueiro se desenvolve melhor em solos com boa drenagem e bom teor de matéria orgânica. Partindo dessa informação, o solo dos lisímetros foi removido, destorroado e adicionado areia, melhorando a drenagem. A parte inferior do lisímetro recebeu uma camada de 0,05 m de brita zero, cobrindo a tubulação de drenagem, seguido de camada intermediária de 0,20 m de areia e finalizando com uma camada de 0,35 m do Latossolo misturado com areia. Amostras desse novo solo foram coletadas e os parâmetros físico-hídricos e químicos determinados e apresentados na Tabela 2.1.

Tabela 2.1. Resultados das análises físico-hídrica e química do solo contido nos lisímetros antes da realização do experimento. Viçosa-MG, DEA-UFV, 2019.

Cam. ¹ cm	Ucc ² ----- g g ⁻¹ -----	Upm ³ -----	Ds ⁴ g cm ⁻³	Argila -----	Silte %	Areia -----	Classificação textural			
0 - 35	0,208	0,160	1,11	24,7	4,3	71,0	Franco-argilo-arenosa			
35 - 55	0,015	0,008	1,43	1,3	0,7	98,0	Areia			

Cam. cm	pH H ₂ O	P --- mg dm ⁻³ ---	K ---	Ca ²⁺ -----	Mg ²⁺ -----	Al ³⁺ -----	H+Al cmol _c dm ⁻³ -----	SB -----	t -----	T -----
0 - 35	5,66	2,5	23	0,64	0,18	0,0	1,4	0,88	0,88	2,28
35 - 55	6,62	2,9	3	0,17	0,06	0,0	0,2	0,24	0,24	0,44

Cam. cm	V ----- % -----	m -----	MO dag kg ⁻¹	P-Rem mg L ⁻¹	S -----	B -----	Cu mg dm ⁻³ -----	Mn -----	Fe -----	Zn -----
0 - 35	38,6	0,0	0,67	24,4	31,0	0,10	2,13	36,2	129,9	1,72
35 - 55	54,5	0,0	-	51,0	-	-	-	-	-	-

¹Camada; ²Umidade na capacidade de campo; ³Ponto de murcha permanente; ⁴Densidade do solo. P, K, Fe, Mn, Cu e Zn extraídos com Mehlich-1; Ca, Mg e Al trocáveis extraídos com KCl-1 mol L⁻¹; Acidez potencial em pH 7,0 extraída com acetato de cálcio 0,5 mol L⁻¹; pH em água, KCl e CaCl - relação 1:2,5.

A correção da acidez e adubação química e orgânica do morangueiro foi realizada com base nos resultados da análise do solo e de acordo com as recomendações de Nannetti e Souza (1999). Ao solo dos lisímetros foram adicionados calcário (calcítico, PRNT = 90%) na dose equivalente a 2,2 t ha⁻¹ para corrigir o pH. Foi acrescentado também 60 t ha⁻¹ de esterco de curral bem curtido para incrementar o teor de matéria orgânica, incorporado na camada 0 a 20 cm de profundidade. Segundo Pritts (2015), o pH interfere na disponibilidade de nutrientes, na atividade de microrganismos e doenças nos cultivos.

Para adubação, utilizou-se N na dose de 220 kg ha⁻¹, fonte sulfato de amônio (20% de N), parcelado em 7,7 g por semana para cada unidade experimental (Lisímetro). O fósforo (P) foi aplicado na dose de 400 kg ha⁻¹, fonte P₂O₅, aplicado no plantio, junto à parte do N e K, misturado nos 10 cm superiores do solo. A dose de potássio (K₂O) foi de 350 kg ha⁻¹, 70% aplicado no plantio e o restante parcelado distribuído semanalmente. Ácido bórico foi aplicado na dose de 1,5 g por litro de água durante a fase de florescimento.

Segundo Lee et al. (2019), o cultivo do morangueiro no interior de ambiente protegido pode ajudar a amenizar as condições climáticas adversas, mantendo as plantas em zona de conforto vegetal. Para Lozano et al. (2016), ambiente protegido é o principal mecanismo para prevenir doenças no morangueiro, além da utilização de mudas saudáveis, eliminando drasticamente o uso de agroquímicos e favorecendo o

equilíbrio do meio ambiente. Ainda segundo Lozano et al. (2016), morangos são cultivados em túneis de polietileno na maior parte do mundo. Assim, para auxiliar no manejo, foi construído um ambiente protegido sobre os lisímetros (Figura 2.1A) com área de 89,3 m² (8,5 m de largura por 10,5 m de comprimento). As laterais foram protegidas com tela de polietileno de 2 m de altura, deixando espaços abertos para ventilação. A estrutura apresentava dois vãos nas laterais opostas com cortinas removíveis para permitir fluxo de ar para ventilação natural e acesso de insetos polinizadores. A cobertura do ambiente protegido recebeu filme de polietileno de baixa densidade (PEBD) de 150 micras, aditivado contra radiação ultravioleta.

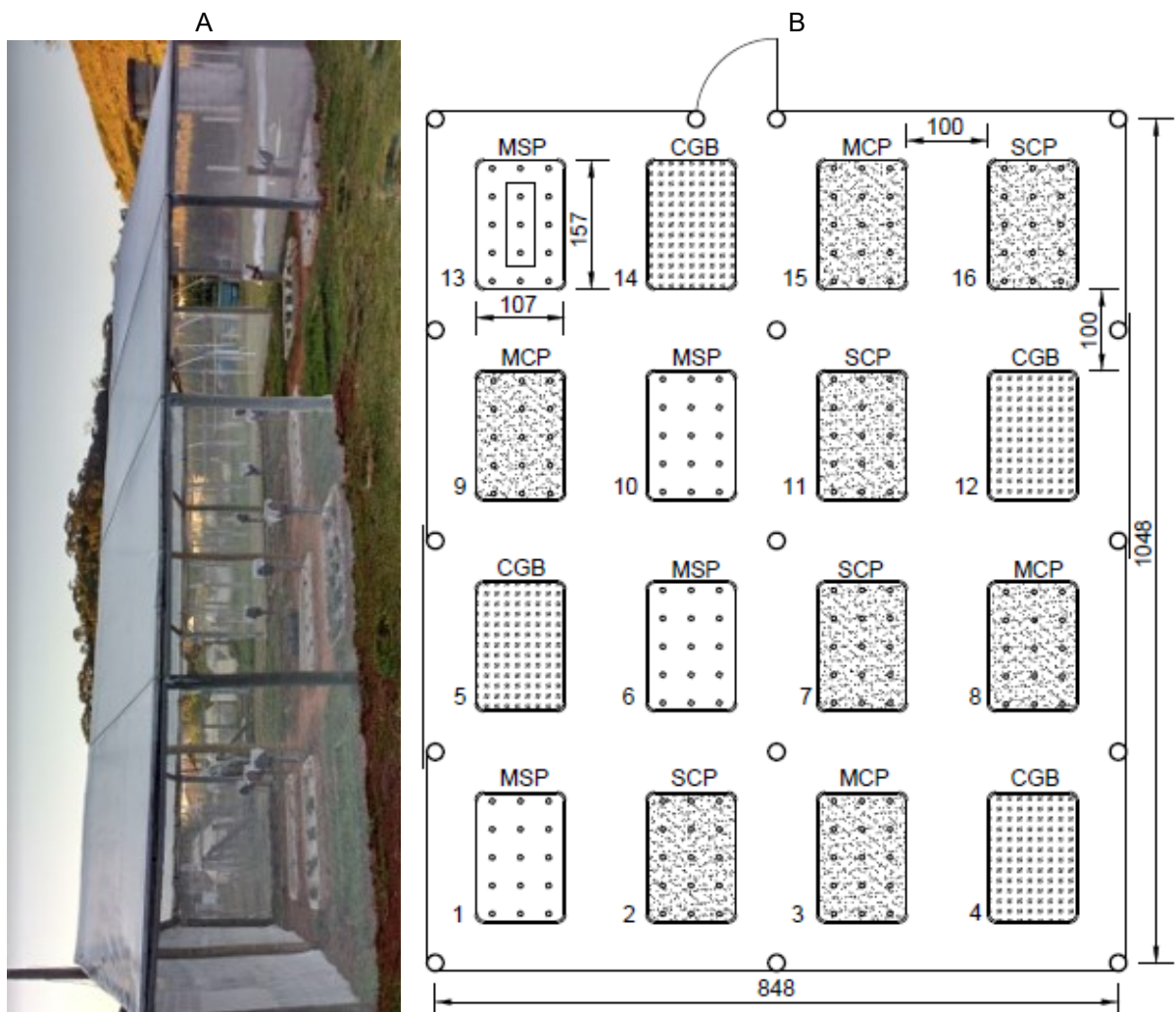


Figura 2.1. (A) Ambiente protegido construído para abrigar os lisímetros e (B) Diagrama com o posicionamento dos lisímetros ocupados com morangueiro cultivado com cobertura de papel reciclado (MCP), morangueiro sem cobertura de papel reciclado (MSP), somente cobertura de papel (SCP) e com grama batatais (CGB). Viçosa-MG, DEA-UFV, 2019. Fonte: autor.

2.2.2 Delineamento experimental

O experimento foi montado seguindo o delineamento de blocos casualizados com quatro repetições. Foram aplicados quatro tratamentos: cultivo do morangueiro sem utilização de cobertura de papel (MSP), cultivo do morangueiro com uso de cobertura de papel reciclado (MCP), o lisímetro recebeu somente cobertura de papel reciclado (SCP) e lisímetro foi cultivado com grama batatais (CGB) (Figura 2.1B). O papel reciclado utilizado apresentou espessura de 187 μm e gramatura de 131 g m^{-2} (SILVA et al., 2020), onde foram realizados furos circulares de 0,10 m de diâmetro para o transplântio de acordo com o espaçamento das mudas.

2.2.3 Manejo dos lisímetros

O experimento foi iniciado em 05/06/2019, quando foi realizado o transplântio com mudas da variedade San Andreas. Essas mudas foram importadoras do Chile por fornecedores que atendem os produtores de morango da região de Barbacena-MG. É oportuno ressaltar que essa empresa possui registro no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa) do governo brasileiro.

A cultura do morango (*Fragaria x ananassa* Duch.) foi cultivada com espaçamento de 0,33 x 0,33 m, sendo que cada lisímetro recebeu três fileiras contendo cinco plantas cada uma (Figura 2.1B). Dessas 15 plantas por lisímetro, três plantas da fileira central foram consideradas úteis, deixando um entorno de planta como bordadura. Antes de iniciar o experimento, os lisímetros foram saturados de modo a elevar a umidade do solo para a capacidade de campo.

Para a cultura do morangueiro com cobertura do solo, o sistema de irrigação por gotejamento foi instalado por ser o mais indicado (TUNC et al., 2019). Em seguida, foi colocada a cobertura do solo, que já havia sido perfurada, previamente, com diâmetro de 10 cm de acordo com o espaçamento de cultivo (Figura 2.2).

A irrigação foi realizada diariamente, durante todo o ciclo da cultura. A lâmina líquida de irrigação aplicada foi determinada utilizando a Equação 2.1.

$$LL = \frac{V}{A} \quad (2.1)$$

em que: LL - lâmina líquida de irrigação, mm; V - volume de água aplicado; A - área do lisímetro, m².

Antes de cada irrigação, foi realizada a medição da drenagem, para que tornasse possível o cálculo da evapotranspiração diária da cultura. A água de drenagem foi coletada em recipientes, dentro de um abrigo, com o auxílio de uma

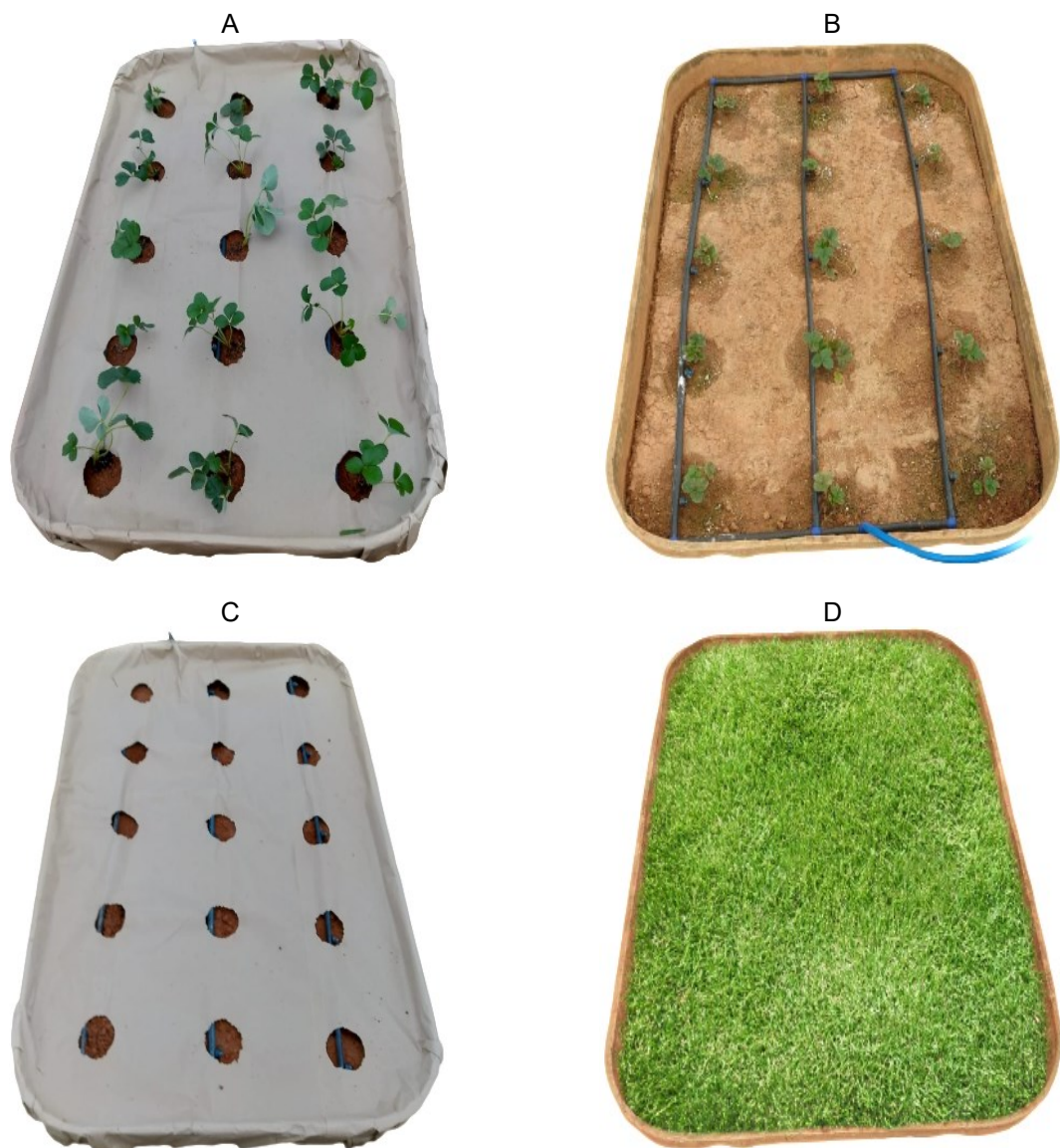


Figura 2.2. (A) Morangueiro com cobertura de papel reciclado (MCP), (B) morangueiro sem cobertura de papel (MSP), (C) somente cobertura de papel reciclado (SCP) e (D) lisímetro cultivado com grama batatais (CGB). Fonte: autor.

rede de drenagem instalada no fundo de cada lisímetro e, posteriormente, o volume foi mensurado com o uso de uma proveta. É oportuno ressaltar que todo o percolado coletado do dia em cada unidade experimental, foi reaplicado juntamente com a água de irrigação naquele mesmo lisímetro para garantir o equilíbrio de sais e nutrientes no solo.

2.2.4 Evapotranspiração e coeficientes técnicos

Foi utilizada no experimento uma estação meteorológica automática da marca *Davis*, modelo *Vantage Pro II*, para coleta dos dados horários de radiação solar, umidade relativa, velocidade do vento e temperatura do ar. Com esses dados, foi possível estimar a evapotranspiração de referência (ET_o) e, posteriormente, comparar com os valores medidos nos lisímetros cultivados com grama batatais.

Na determinação da ET_o, foi utilizado o método padrão de Penman-Monteith FAO 56 (ALLEN et al., 1998), utilizando a Equação 2.2. A ET_o diária foi determinada integralizando-se os valores de ET_o horária do período entre 9 h de um dia até as 8 h do dia seguinte.

$$ET_o = \frac{0,408 \Delta (R_n - G) + \gamma \frac{37}{T_a + 273} U_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0,34 U_2)} \quad (2.2)$$

em que: ET_o - evapotranspiração de referência, mm h⁻¹; R_n - saldo de radiação na superfície, MJ m⁻² h⁻¹; G - densidade do fluxo de calor no solo, MJ m⁻² h⁻¹; T_a - temperatura média do ar, °C; U₂ - velocidade do vento à 2 m de altura, m s⁻¹; e_s - pressão de saturação de vapor, kPa; e_a - pressão parcial de vapor, kPa; Δ - declividade da curva de pressão de saturação de vapor, kPa °C⁻¹; γ - coeficiente psicrométrico, kPa °C⁻¹.

A evapotranspiração da cultura (ET_c) foi determinada a partir do balanço hídrico, que possui seu fundamento na Lei da Conservação das Massas, como apresentado na Equação 2.3.

$$Pr + LL - D - ET_c = \pm \Delta h \quad (2.3)$$

em que: Pr - precipitação pluvial, mm; LL - lâmina líquida de irrigação, mm; D - lâmina de drenagem profunda, mm; ETc - evapotranspiração da cultura, mm; Δh - variação da armazenagem da água no solo, em mm.

Para evitar grandes variações no armazenamento de água no solo e mantê-lo com umidade próxima à capacidade de campo, as irrigações foram realizadas diariamente. Desse modo, esse termo da equação de conservação de massas se tornou pequeno, passando a ser desconsiderado no balanço hídrico. Além disso, a precipitação pluvial também foi anulada pelo ambiente protegido. Para que ocorresse drenagem de água nos lisímetros, foram realizadas irrigações em excesso (10% maior que a ETc do dia anterior). De acordo com essas considerações, a Equação 2.3 foi simplificada, resultando na Equação 2.4.

$$ETc = LL - D \quad (2.4)$$

em que: ETc - evapotranspiração da cultura, mm; LL - lâmina líquida de irrigação, mm; D - lâmina de drenagem profunda, mm.

Nos lisímetros cultivados com a grama batatais, a ETc obtida por meio da Equação 2.4, foi assumida como sendo a ETo.

O coeficiente de cultura (Kc) do morangueiro foi calculado diariamente, utilizando-se a Equação 2.5.

$$Kc = \frac{ETc}{ETo} \quad (2.5)$$

em que: Kc - coeficiente da cultura, adimensional.

O coeficiente de evaporação de água do solo (Ke) foi determinado diariamente a partir dos dados provenientes do tratamento, que possuía somente cobertura com papel reciclado (SCP), utilizando uma adaptação das Equações 2.6 e 2.7, propostas por Allen et al. (1998).

$$ETc = ETo Kc \quad (2.6)$$

$$Kc = (Kcb Ks) + Ke \quad (2.7)$$

em que: K_{cb} - coeficiente basal da cultura, adimensional; K_e - coeficiente da evaporação de água do solo, adimensional; K_s - coeficiente de estresse, adimensional.

Devido às irrigações diárias, ou seja, alta frequência de irrigação (turno de rega de um dia), assumiu-se que o valor de K_s era igual à unidade. Dessa forma, no primeiro termo da Equação 2.7, permaneceu somente o coeficiente basal da cultura (k_{cb}). Assim, o K_{cb} foi obtido a partir da diferença entre os valores de K_c , daqueles tratamentos com cultivos de morangueiro com e sem cobertura do solo, e K_e do tratamento em que havia apenas o papel reciclado.

O ciclo do morangueiro, foi dividido em fases fenológicas baseadas no período de crescimento em graus-dia acumulados ou período vegetativo, relacionado ao sombreamento do solo pela área foliar. A determinação dos graus-dia acumulados do morangueiro seguiu o método de Arnold (1959), cuja temperatura basal inferior utilizada foi de 7°C (DIEL et al., 2017; TAZZO et al., 2015). Abaixo desta temperatura, as plantas do morangueiro entram em latência.

Os tratos culturais e manejo das plantas seguiu a rotina da lavoura convencional. Semanalmente realizou-se limpeza das plantas para remover folhas senescentes, engajo e estolões, quando apareceram, favorecendo um melhor arejamento entre plantas e facilitando também a colheita. O cultivo no ambiente protegido, além de diminuir a presença de insetos, evitou água na folha, proveniente de precipitação, reduzindo a ocorrência de doenças relacionada ao molhamento foliar, o que contribuiu para diminuição dos tratos fitossanitários.

2.2.5 Características avaliadas

As colheitas dos frutos se iniciaram, aproximadamente, 79 dias após o transplântio das mudas, sendo que os frutos foram colhidos quando atingiram, no mínimo, 75% da coloração vermelha conforme descrito por Costa (2019). Durante a colheita, foram separadas as três plantas centrais de cada unidade experimental para avaliação. Os frutos colhidos foram classificados como comercializáveis ou não comercializáveis. Frutos com podridões e imperfeições foram considerados descarte, não comercializável. Após a classificação, os frutos de cada planta foram contados e pesados em balança de precisão, quando avaliou-se o número médio de frutos por

planta; massa fresca de frutos por planta; produtividade média comercial por área (kg m^{-2}) e descarte de frutos por planta. Além disso, foi avaliada a produtividade do uso da água, obtida pela relação entre a produtividade comercial e o volume de água consumido pelo morangueiro, expressa em kg m^{-3} utilizando a Equação 2.8 (TUNC et al., 2019).

$$PA = \frac{Prod}{Vt} \quad (2.8)$$

em que: PA - produtividade do uso da água, kg m^{-3} ; Prod - produtividade comercial de frutos do morango, kg m^{-2} ; Vt - volume total de água aplicado, $\text{m}^3 \text{m}^{-2}$.

Durante o ciclo do morango, utilizou-se o sensor portátil agrícola *GreenSeeker* da *Trimble* (Figura 2.3) para obtenção do índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI). Esta leitura foi realizada em dias alternados e acompanhou o desenvolvimento fenológico da planta, que, segundo Oliveira et al. (2016), pode ser utilizado como uma alternativa no acompanhamento do Kc.

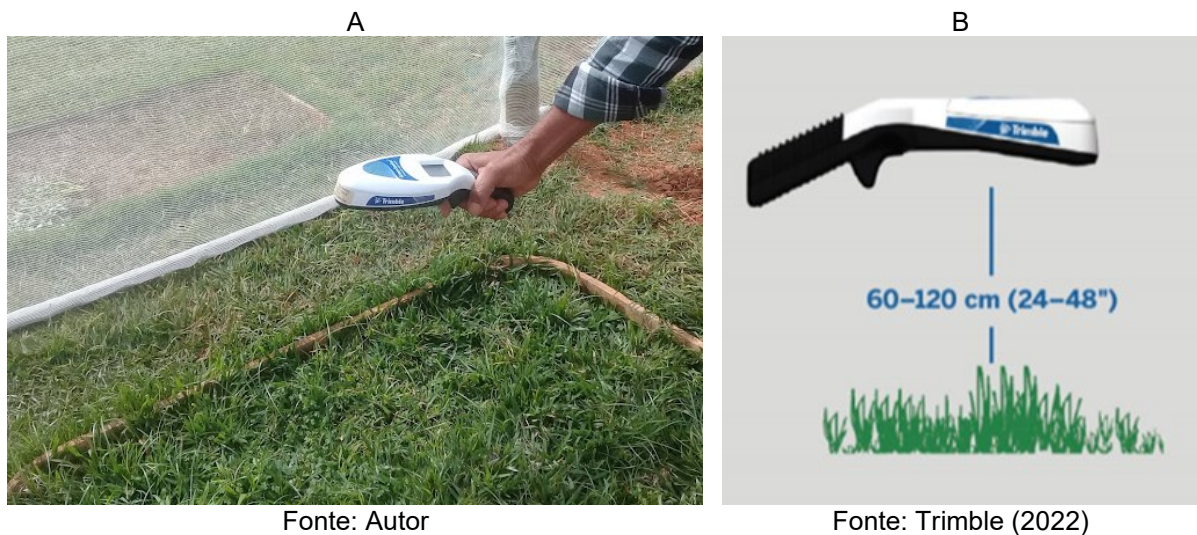


Figura 2.3. Coleta de dados do índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) com o (A) sensor portátil *GreenSeeker* em lisímetro sobre gramas batatais e (B) posição de leitura.

O NDVI dado pelo sensor é obtido por meio da emissão de luz vermelha e infravermelha e, em seguida, mede a quantidade de cada tipo de luz que é refletida de volta ao alvo. O sensor exibe o valor medido em termos de uma leitura NDVI

(variando de 0,00 a 0,99). Na prática, o valor expressa a presença e intensidade de vegetação no local (TRIMBLE, 2022).

Antes do encerramento do experimento, procedeu-se o levantamento da biomassa do sistema radicular. Para tal, foi removida a parte aérea do morangueiro, cravando-se uma sonda com diâmetro de 200 mm, com bordas biseladas, centralizada sobre a coroa do morangueiro até a profundidade de 50 cm. Em seguida, com uso de enxadão e cavadeira, retirou-se o solo em torno do cilindro para facilitar sua remoção do local. A retirada do solo com raízes do cilindro se deu em camadas de 10 em 10 cm. A separação das raízes e limpeza foi realizada pela adaptação do método Gottingen (BOHM, 1979), por meio de lavagens sucessivas do material sobre uma peneira. Na sequência, cada porção da amostra de massa fresca foi acondicionada em saco de papel, pesada em balança de precisão e colocada para secar em estufa a 60°C por 72 h. Por fim, o material foi pesado para a determinação da massa seca de raízes.

2.2.6 Análise dos dados

Para determinação dos coeficientes técnicos, os valores de Kc (média de cinco dias) foram plotados em função da soma térmica acumulada (graus-dias acumulados - GDA), para ajustar os modelos que podem ser utilizados pelos técnicos e agricultores. O comprimento dos intervalos do modelo e o ponto de união (nós) de dois intervalos consecutivos foram determinados por meio da técnica de regressão multivariada não paramétrica (multivariate adaptive regression splines - MARS), proposta inicialmente por Friedman (1991). Os modelos utilizados foram polinomiais ajustados por meio do coeficiente de determinação (R^2) e minimização do erro, estimado pela raiz quadrada média do erro (root mean square error - RMSE), Equação 2.9.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum(Pd-O)^2}{n}} \quad (2.9)$$

em que: RMSE - raiz quadrada média do erro; Pd - valor predito de Kc; O - valor observado de Kc, e n - tamanho da amostra.

Em relação às características agronômicas e morfofisiológicas do morango, os dados foram submetidos ao teste F da análise de variância. A normalidade e homocedasticidade dos resíduos foram avaliadas considerando os testes de Shapiro Wilks e Bartlett, respectivamente. Em seguida, realizou-se a comparação de médias pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade. Para a execução das análises estatísticas, foi utilizado o programa estatístico R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2019).

2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

2.3.1 Coeficiente de evaporação (Ke)

Foram coletados no experimento dados para a obtenção dos coeficientes técnicos e agronômicos do morangueiro em lisímetros preparados e cultivados com morangueiro sem cobertura de papel (MSP), morangueiro utilizando cobertura de papel reciclado (MCP), somente cobertura de papel reciclado (SCP) e cultivado com grama batatais (CGB). Com estes dados, foram obtidos coeficientes de evaporação do solo (Ke) por meio de duas metodologias. Na primeira, o Ke consistiu na relação entre a evaporação medida no lisímetro e a evapotranspiração da grama obtida pelo método do lisímetro (L). Na segunda metodologia, a evaporação foi dividida pela evapotranspiração de referência (ET_o), obtida pelo método de Penman-Monteith (PM) alimentada com dados da estação meteorológica automática (Figura 2.4).

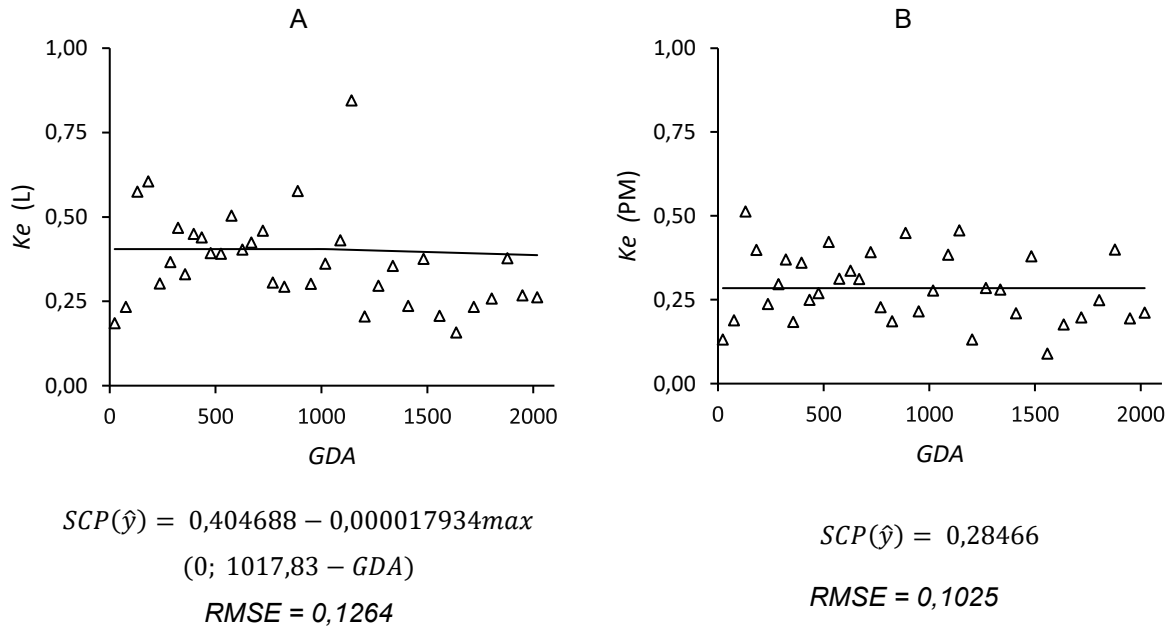


Figura 2.4. Obtenção do coeficiente de evaporação de água do solo (K_e) utilizando somente cobertura de papel reciclado (SCP) em função de graus-dia acumulados (GDA), para o (A) método do Lisímetro (L) e (B) método Penman-Monteith (PM).

A maior parte da evaporação da água do solo, no tratamento que possuía somente cobertura de papel reciclado sem plantio (SCP), ocorreu por meio da abertura livre coincidente com o bulbo molhado do gotejador e, em menor quantidade, através do papel, que é permeável e higroscópico (OLIVEIRA et al., 2020). Na abordagem L, o K_e foi de 0,40 até 1019 GDA, sendo que, depois, foi iniciada uma leve queda até chegar ao valor de 0,39, aos 2019 GDA. Na abordagem PM, o K_e foi constante ao longo de todo o ciclo de cultivo e assumiu o valor de 0,28. Quando comparados os métodos L e PM, foi verificado maior K_e no método do lisímetro, por causa da alta frequência de irrigações com excedentes, objetivando a drenagem. Isso também contribuiu para que o erro (RMSE) da abordagem L fosse maior em comparação à PM.

2.3.2 Coeficiente basal da cultura (K_{cb})

Na fase de pegamento e aclimatação das mudas, a transpiração do morangueiro foi pequena e apresentou grande oscilação, não sendo possível fazer estimativas corretas do coeficiente basal (K_{cb}). Segundo García-Tarejo et al. (2018),

as estimativas adequadas devem ser realizadas de 30 a 40 dias após o transplântio. Desse modo, foi possível iniciar o registro do Kcb, 286 GDA, transcorrido 30 DAT. Observa-se na Figura 2.5 que, no método do lisímetro, foi possível obter três intervalos de Kcb, enquanto no PM, foram dois. Para ambos os métodos, a primeira mudança de inclinação da reta ocorreu a 888 GDA, por ocasião de mudança de estágio no ciclo da cultura. No método L, o valor de Kcb aos 286 GDA foi de 0,08 e, a partir disso, teve um aumento linear até 888 GDA, apresentando um valor de 0,68. Esse valor foi constante até 1482 GDA e, a partir disso, aumentou até o valor de 0,84 aos 2019 GDA. Na abordagem PM, o valor de Kcb aos 286 GDA foi de 0,05 e, a partir disso, houve um aumento linear, apresentando o valor de 0,48 aos 888 GDA e 0,72 aos 2019 GDA. Verifica-se também, conforme a Figura 2.5, que a abordagem L apresentou melhor ajuste da equação de regressão, apresentando maiores valores de coeficiente de determinação e menor erro de acordo com o valor de RMSE (Figura 2.5).

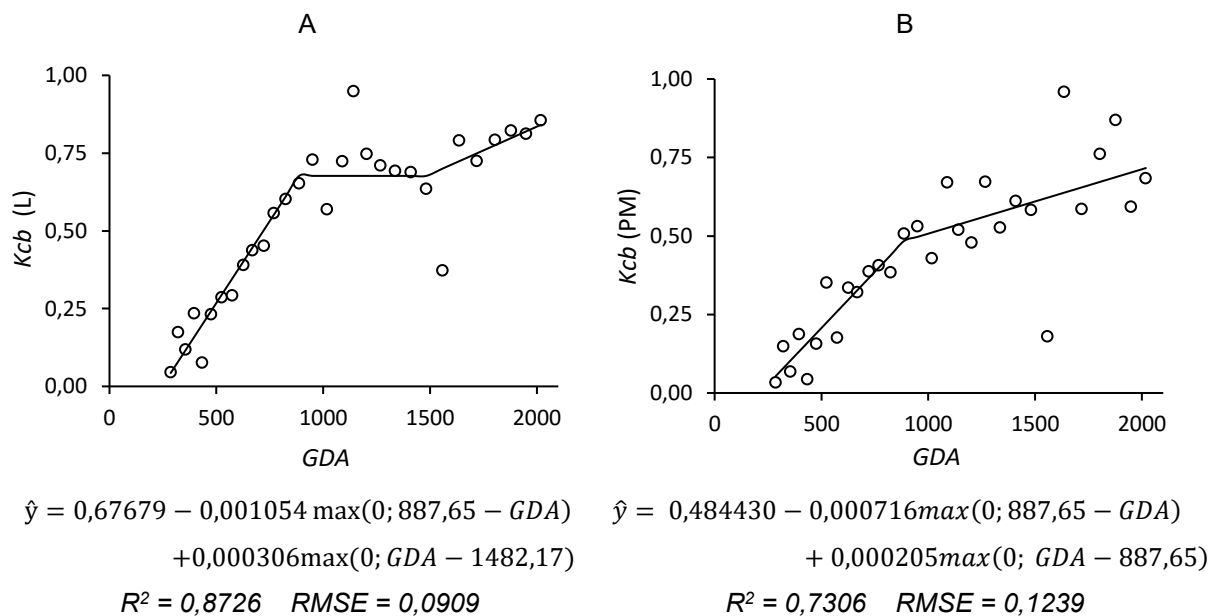


Figura 2.5. Obtenção do coeficiente basal de cultura do morangueiro (Kcb) em função de graus-dia acumulados de crescimento (GDA), após o transplântio usando o (A) lisímetro (L) e (B) o método de Penman-Monteith (PM), com cobertura de papel reciclado.

O primeiro intervalo se iniciou com o surgimento das novas folhas na formação do dossel da planta, refletindo na ascensão rápida do Kcb. No segundo intervalo, pleno crescimento e produção, ocorreu uma estabilização até 1482 GDA, quando

continuou com uma ascensão menos vigorosa do K_{cb} aproximando do K_c , como consequência da diminuição na evaporação de água no solo devido à cobertura. É importante destacar que, na condução e manejo do morangueiro, é necessária realização de limpezas e desbastes semanais de folhas senescentes, estolões e engaços. Esses procedimentos propiciam o surgimento de novas folhas e flores, sendo as folhas novas do morangueiro abundantes em estômatos, que permitem uma intensa transpiração (GONZALEZ-FUENTES et al., 2016).

2.3.3 Coeficiente de cultura único (K_c)

Segundo Allen et al. (1998), o K_c pode ser descrito por meio da utilização de um componente relativo à evaporação da água na superfície do solo (K_e) e outro componente relativo à transpiração das plantas (K_{cb}), formando o coeficiente de cultura composto, $K_c = K_e + K_{cb}$.

A partir dos registros do experimento, foi possível estimar K_c inicial aproximado em 0,31, pelo método do lisímetro, e 0,24, pelo método PM (Figura 2.6). No segundo estágio, o K_c apresentou ascensão até 1018 GDA, atingindo o valor de 0,84 na abordagem L. Na abordagem PM, o K_c aumentou até 825 GDA, atingindo o valor de 0,66. Após isso, os valores de K_c estabilizaram, sendo os mesmos até o final do ciclo de cultivo do morango. Verificou-se também um melhor ajuste da equação de regressão na abordagem L, com maiores valores de R^2 e menores erros (RMSE).

Allen et al. (1998) sugerem para a cultura do morango K_c inicial, médio e final de 0,40; 0,85 e 0,75 respectivamente. Essa recomendação serve para o morangueiro cultivado em condições ótimas, sem estresse hídrico, sem pragas e doenças, com ótima fertilidade e considerando ETo calculado pelo método de PM. A curva do K_c se apresenta como limite superior à curva K_{cb} , com diferenças durante os estágios inicial e de desenvolvimento, por causa da oscilação periódica no teor de umidade do solo.

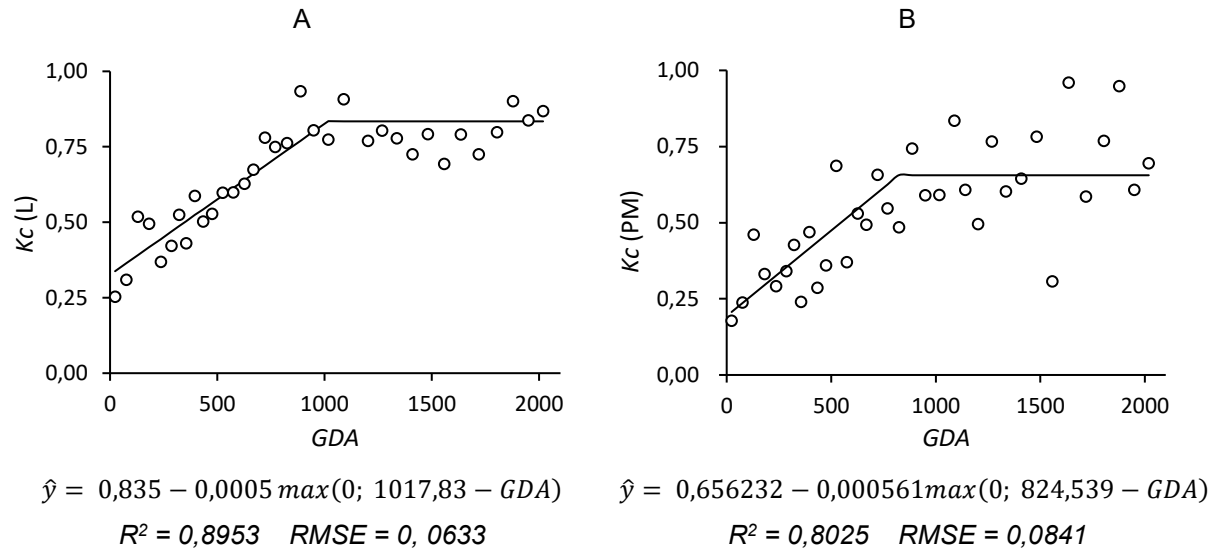
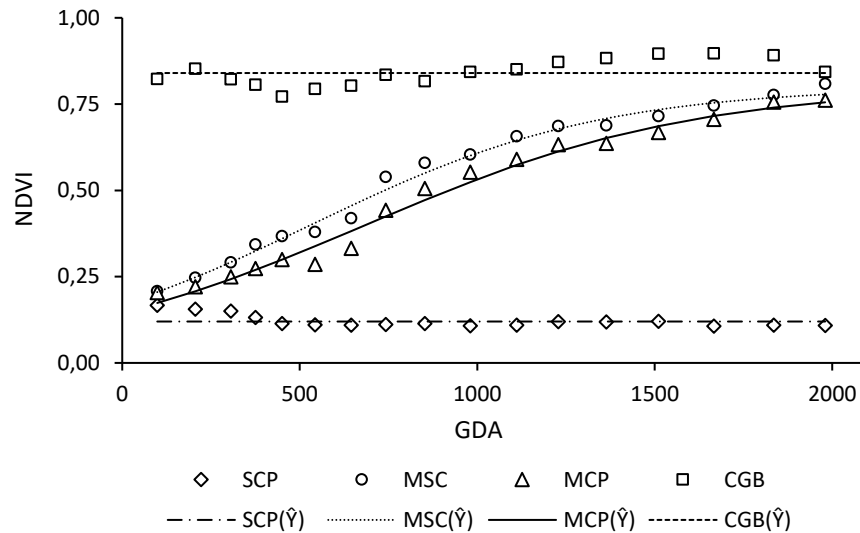


Figura 2.6. Coeficientes de cultura (K_c) do morangueiro cultivado com cobertura de papel reciclado, em função de graus-dia acumulados (GDA) e obtidos utilizando os métodos (A) lisímetro (L) e (B) Penman-Monteith (PM).

2.3.4 Estimativa do K_c pelo NDVI

Utilizando sensor portátil de uso agrícola *GreenSeeker*, foram realizadas leituras de índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) para as diversas condições disponíveis nos lisímetros (Figura 2.7). Uma das vantagens do sensor portátil é a obtenção de NDVI quando a cobertura de nuvens impede a aquisição de imagens aéreas ou de satélite (MARTIN et al., 2012), ou em cultivo protegido. Segundo Ali et al. (2020), sensores de NDVI proporcionam rápida aquisição de informações úteis na tomada de decisão para manejo das culturas. O NDVI, para o lisímetro com grama, se manteve com média de 0,84 e o lisímetro com cobertura de papel sem cultivo, manteve média de 0,12. Quanto ao NDVI para os lisímetros cultivados com morangueiro, com e sem cobertura, os valores aumentaram de acordo com os GDA.



$$CGB(\hat{Y})=0,84$$

$$MSC(\hat{Y})=0,80/(1+\exp(-(x-531,67)/406,89^*))$$

$$MCP(\hat{Y})=0,80/(1+\exp(-(x-686,07)/458,20^*))$$

$$SCP(\hat{Y})=0,12$$

*significativo a 5% de probabilidade

Figura 2.7. Índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) em lisímetros ocupados com morangueiro cultivado sem cobertura (MSP) e com cobertura de papel reciclado (MCP), somente cobertura do solo com papel reciclado (SCP) e lisímetro com grama batatais (CGB) em função de graus-dia acumulados (GD).

As curvas obtidas com as leituras de NDVI ao longo do ciclo do morangueiro, acompanharam o K_c . Segundo Martin et al. (2012), as condições e cobertura do solo podem interferir na leitura do sensor enquanto o dossel da cultura não sobrepor toda a superfície. A partir desta informação, verifica-se a dificuldade em definir as mudanças de intervalos para os estádios I e II, necessitando de maiores estudos para adequação do K_c .

Comparando o K_c e as leituras do sensor *GreenSeeker*, obteve-se correlação de 0,84 para o método do lisímetro e 0,88 para PM (Figura 2.8). Assim, o NDVI apresentou bom desempenho em relação ao K_c , dados semelhantes foram obtidos por Alface et al. (2019), Rodrigues et al. (2021) e Silva et al. (2020).

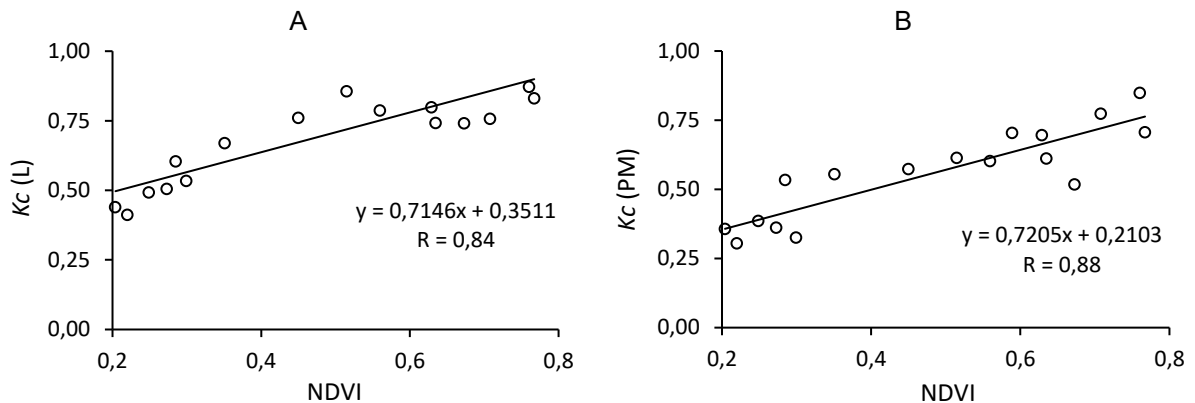


Figura 2.8. Relação entre o índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) e Kc obtido para morangueiro cultivado com cobertura de papel reciclado (MCP), utilizando os métodos (A) lisímetro (L) e (B) Penman-Monteith (PM).

2.3.5 Características agrônômicas

Os dados referentes aos tratamentos que indicaram o comportamento da cobertura de solo (MSP - morangueiro sem cobertura de papel reciclado e MCP - morangueiro com cobertura de papel reciclado) foram submetidos à análise de variância (Anova). Verificou-se na Anova (Tabela 2.2) que o fator cobertura de solo proporcionou efeito apenas no volume de água consumido pelo morangueiro, onde o tratamento MCP apresentou menor consumo hídrico. A evapotranspiração obtida ao longo do ciclo foi de 394 mm para o morangueiro cultivado sem cobertura de solo e de 317 mm para o morangueiro com cobertura de papel reciclado, apresentando redução de 19,5%. A redução no consumo de água ocorreu em função da eliminação de parte da evaporação direta da água na superfície do solo com a cobertura de papel reciclado.

Para as demais características agrônômicas, não foi verificado efeito da cobertura de solo (Tabela 2.2), mesmo verificando diferentes consumos hídricos entre os tratamentos. Entretanto, segundo García-Tarejo et al. (2018), maior volume

Tabela 2.2. Resumo da análise de variância e dados médios das características agronômicas do morangueiro cultivado em lisímetro e utilizando cobertura de solo com papel reciclado (MCP) e sem cobertura de solo (MSP).

Fator	CV ¹ (%)	Teste F		Tipos de coberturas	
		QM ²	<i>p</i> -valor	MSP	MCP
Volume de água (m ³ m ⁻²)	11,90	1,20 x 10 ⁴	0,0010	0,394 a	0,317 b
Q ³ de frutos (fruto pl ⁻¹)	15,96	3,53 x 10 ⁻¹	0,9454	43,58 a	43,17 a
Massa fresca (g fruto ⁻¹)	5,12	8,45 x 10 ⁻¹	0,2207	15,86 a	16,51 a
Produtividade (kg m ⁻²)	18,08	5,12 x 10 ⁻²	0,8623	6,21 a	6,37 a
PA ³ (kg m ⁻³)	38,99	3,90 x 10 ¹	0,1243	15,68 a	20,09 a
Descarte (fruto pl ⁻¹)	11,90	1,25 x 10 ⁻¹	0,9574	4,75 a	4,83 a

¹Coefficiente de variação, ²Quadrado médio, ³Quantidade de frutos, ⁴Produtividade do uso da água. Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

de água no morangueiro nem sempre proporciona melhores produtividades, dado confirmado por essa variável e demais características agronômicas, que não apresentaram diferença significativa. Estes resultados ocorreram devido à condução do experimento ser no lisímetro e em ambiente protegido, onde é possível controlar as interferências diversas, além do manejo cultural e da irrigação terem sido adequados (LOZANO et al., 2016).

A produtividade do uso da água (PA) pelo morangueiro aumentou 28,1% quando foi utilizada a cobertura de solo com papel reciclado, entretanto, isso não foi suficiente para proporcionar diferença estatística, possivelmente devido ao alto valor de coeficiente de variação. O valor da PA médio, considerando todos os tratamentos, foi de 17,88 kg m⁻³. Esse resultado indica que, para produzir 1 kg de massa fresca de morango, foi necessário o volume de água de irrigação de 56 litros.

Com a variável descarte, esperava-se menores perdas para os frutos do morangueiro produzidos com cobertura de solo com papel reciclado. Nessas condições, os frutos não entram em contato direto com o solo, apresentando menores incidência de doenças e pragas. Porém, os resultados não refletiram isso, possivelmente devido ao papel ter absorvido umidade, causando podridão nos frutos maduros, o que também foi observado por Diel et al. (2018).

Ao final do experimento, foi removido, através de corte, a parte aérea da planta, cravando-se uma sonda de 200 mm sobre a coroa até a profundidade de 50 cm, para avaliar a distribuição do sistema radicular no perfil do solo a cada 10 cm. Verificou-se maior concentração nos primeiros dez centímetros, com mais de 92% do sistema radicular nesta camada de solo (Figura 2.9). Um dos fatores que levou a esta concentração foi o teor de umidade do solo devido à irrigação em alta frequência. Gonzalez-Fuentes et al. (2016) afirmam que outro fator contribuinte para a concentração do sistema radicular é o efeito da temperatura na superfície do solo devido à cobertura.

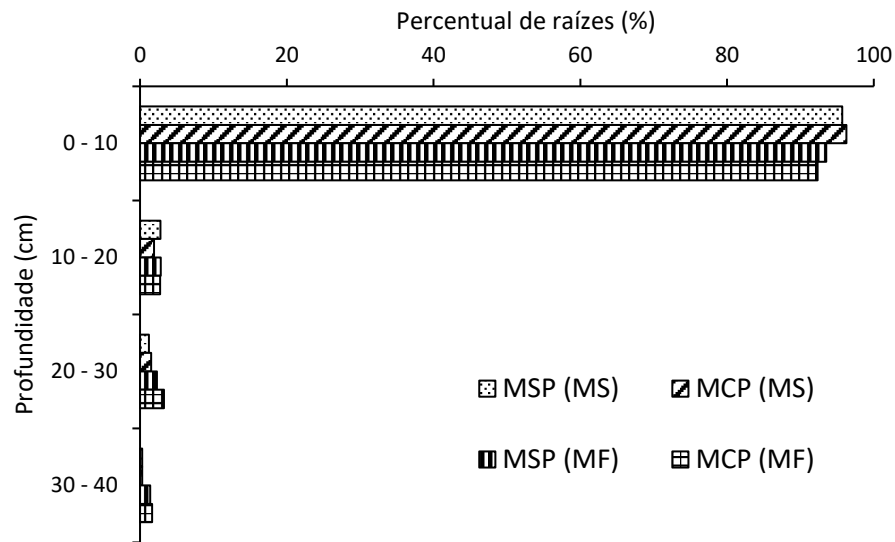


Figura 2.9. Distribuição percentual do sistema radicular ao longo do perfil do solo para o morangueiro cultivado sem cobertura de papel (MSP) e com cobertura de papel reciclado (MCP), para massa de raiz fresca (MF) e seca (MS).

2.4 CONCLUSÕES

Conhecer os coeficientes de evaporação (K_e), basal da cultura (K_{cb}) e da cultura (K_c) para o morangueiro é de grande importância para o manejo da irrigação. Na abordagem utilizando lisímetro (L) para cálculo da ETo , o K_e foi de 0,40 até 1018 GDA e depois diminuiu até 0,39, aos 2019 GDA. Na abordagem utilizando ETo calculada pela equação de Penman-Monteith (PM), o K_e foi constante com valor de 0,285. Em relação ao K_{cb} , a abordagem L apresentou três intervalos onde os valores variaram de 0,08 a 0,84 e, em PM, houve dois intervalos em que os valores variaram entre 0,05 e 0,72. O valor de K_c inicial e médio foi de 0,31 e 0,84 para a abordagem L e 0,24 e 0,66 para PM, respectivamente.

O índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) apresentou alta correlação com o K_c e, dessa forma, pode ser utilizado na estimativa dessa variável em cultivos de morangueiro.

Recomenda-se o uso de papel reciclado como cobertura de solo no cultivo do morangueiro. Esse tipo de cobertura proporciona redução no consumo hídrico pela cultura do morangueiro e não altera as suas características agronômicas.

REFERÊNCIAS

- ALFACE, A. B.; PEREIRA, S. B.; FILGUEIRAS, R.; CUNHA, F. F. Sugarcane spatial-temporal monitoring and crop coefficient estimation through NDVI. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 23, n. 5, p. 330-335, 2019. <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v23n5p330-335>
- ALI, M. A.; IBRAHIM, S. M.; SINGH, B. Wheat grain yield and nitrogen uptake prediction using atLeaf and Green Seeker portable optical sensors at jointing growth stage, **Information Processing in Agriculture**, v. 7, n. 3, p. 375-383, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.inpa.2019.09.008>
- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements**. Roma: FAO, 1998. 308 p. (Irrigation and Drainage Paper, 56)
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>
- ANTUNES, L. E. C.; BONOW, S.; REISSER JÚNIOR, C. Morango: crescimento constante em área e produção. **Anuário Campo & Negócio**, v. 37, p. 88-92, 2020.
- ARNOLD, C. Y. The determination and significance of the base temperature in a linear heat unit system. **Proceedings of the American Society for Horticultural Science**, v. 74, n. 1, p. 430-445, 1959.
- BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 9ª ed. Viçosa: Editora UFV, 2019. 545p.
- BÖHM, W. **Methods of studying root systems**. Berlin: Springer, 1979. 188p. <https://doi.org/10.1017/S0014479700012126>
- CORREIA, C. C. S. A.; CUNHA, F. F.; MANTOVANI, E. C.; SILVA, D. J. H.; DIAS, S. H. B. Irrigation of radish cultivars in the region of Viçosa, Minas Gerais, Brazil. **Revista Ciência Agronômica**, v. 51, n. 1, p. e20175643, 2020. <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20200011>
- COSTA, S. I.; FERREIRA, L. V.; BENATI, J. A.; CANTILLANO, R. F. F.; ANTUNES, L. E. C. Parâmetros qualitativos de morangueiros de dias neutros produzidos em cultivo sem solo. **Engenharia na Agricultura**, v. 27, n. 6, p. 481-489, 2019. <https://doi.org/10.13083/reveng.v27i6.952>
- DIEL, M. I.; PINHEIRO, M. V. M.; COCCO, C.; CARON, B. O.; FONTANA, D. C.; MEIRA, D.; SCHMIDT, D. Yield and quality performance of italian and american strawberry genotypes in Brazil. **Journal of Agricultural Science**, v. 10, n. 2, p. 139-147, 2018. <https://doi.org/10.5539/jas.v10n2p139>
- DIEL, M. I.; PINHEIRO, M. V. M.; COCCO, C.; FONTANA, D. C.; CARON, B. O.; PAULA, G. M.; SCHMIDT, D. Phyllochron and phenology of strawberry cultivars from

different origins cultivated in organic substrates. **Scientia Horticulturae**, v. 220, p. 226-232, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.03.053>

DINGRE, S. K.; GORANTIWAR, S. D.; KADAM, S. A. Correlating the field water balance derived crop coefficient (Kc) and canopy reflectance-based NDVI for irrigated sugarcane. **Precision Agriculture**, v. 22, p. 1134-1153, 2021. <https://doi.org/10.1007/s11119-020-09774-8>

DOORENBOS, J.; PRUITT, W. O **Guidelines for predicting crop water requirements**. Roma: FAO, 1977. 144 p. (Irrigation and Drainage Paper, 24)

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5.ed. Brasília: Embrapa, 2018. 356 p.

FABBRI, C.; NAPOLI, M.; VERDI, L.; MANCINI, M.; ORLANDINI, S.; MARTA, A. D. A Sustainability assessment of the greenseeker n management tool: A lysimetric experiment on barley. **Sustainability**, v. 12, n. 18, p. 7303, 2020. <https://doi.org/10.3390/su12187303>

FRIEDMAN, J. H. Multivariate adaptive regression splines. **Annals of Statistics**, v. 19, n. 1, p. 1-67, 1991. <https://doi.org/10.1214/aos/1176347963>

GARCÍA-TEJERO, I. F.; LÓPEZ-BORRALLLO, D.; MIRANDA, L.; MEDINA, J. J.; ARRIAGA, J.; MURIEL-FERNÁNDEZ, J. L.; MARTÍNEZ-FERRI, E. Estimating strawberry crop coefficients under plastic tunnels in Southern Spain by using drainage lysimeters. **Scientia Horticulturae**, v. 231, p. 233-240, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.12.020>

GAVILÁN, P.; RUIZ, N.; MIRANDA, L.; MARTÍNEZ-FERRI, E.; CONTRERAS, J. I.; BAEZA, R.; LOZANO, D. Improvement of strawberry irrigation sustainability in Southern Spain using fao methodology. **Water**, v. 13, n. 6, p. 833, 2021. <https://doi.org/10.3390/w1306083>

GENDRON, L.; LETOURNEAU, G.; ANDERSON, L.; SAUVAGEAU, G.; DEPARDIEU, C.; PADDOCK, E.; CARON, J. Real-time irrigation: Cost-effectiveness and benefits for water use and productivity of strawberries. **Scientia Horticulturae**, v. 240, p. 468-477, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.06.013>

GONZALEZ-FUENTES, J. A.; SHACKEL, K.; HEINRICH LIETH, J.; ALBORNOZ, F.; BENAVIDES-MENDOZA, A.; EVANS, R. Y. Diurnal root zone temperature variations affect strawberry water relations, growth, and fruit quality. **Scientia Horticulturae**, v. 203, p. 169-177, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2016.03.039>

GUERRINI, S.; BORREANI, G.; VOOJIS, H. Biodegradable materials in agriculture: case histories and perspectives. In: **Soil Degradable Bioplastics for a Sustainable Modern Agriculture**. Berlin: Springer, 2017. p. 35-65. https://doi.org/10.1007/978-3-662-54130-2_3

HORODYTSKA, O.; VALDÉS, F. J.; FULLANA, A. Plastic flexible films waste management: A state of art review. **Waste Management**, v. 77, p. 413-425, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.04.023>

JABRAN, K.; CHAUHAN, B. S. Weed Control Using Ground Cover Systems. In: **Non-Chemical Weet Control**. Duzce: Academic Press, 2018. p. 61-71.

<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809881-3.00004-8>

KAUR, P.; KAUR, A. Effect of various mulches on the growth and yield of strawberry cv. Chandler under tropical conditions on Punjab. **International Journal of Recent Trends in Science and Technology**, v. 25, p. 21-25, 2017.

<https://doi.org/10.26611/202515>

KIRÁLY, I.; MACZKÓ, M.; PALKOVICS, A.; MIHÁLKA, V. Changes in the vegetative and generative parameters of strawberry grown under ecological conditions. **Gradus**, v. 7, n. 2, p. 114-120, 2020. <https://doi.org/10.47833/2020.2.AGR.022>

LEE, C. K.; CHUNG, M.; SHIN, K. Y.; IM, Y. H.; YOON, S. W. A study of the effects of enhanced uniformity control of greenhouse environment variables on crop growth. **Energies**, v. 12, n. 9, p. 1749, 2019. <https://doi.org/10.3390/en12091749>

LOZANO, D.; RUIZ, N. e GAVILÁN, P. Consumptive water use and irrigation performance of strawberries. **Agricultural Water Management**, v 169, p. 44-51, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2016.02.011>

MARTIN, D. E.; LÓPEZ JÚNIOR, J. D.; LAN, Y. Laboratory evaluation of the GreenSeeker handheld optical sensor to variations in orientation and height above canopy. **International Journal of Agricultural and Biological Engineering**, v. 5, n. 1, p. 43-47, 2012. <https://doi.org/10.3965/j.ijabe.20120501.005>

MORENO, M. M.; MORA, S. G.; VILLENA, J.; CAMPOS, J. A.; MORENO, C. Deterioration pattern of six biodegradable, potentially low-environmental impact mulches in field conditions. **Journal of Environmental Management**, v. 200, p. 490-501, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.06.007>.

NANNETTI, D. C.; SOUZA, R. J. Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. (editors). **Recomendação para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. Viçosa: Editora UFV, 1999. 359p.

OLIVEIRA, R. M.; CUNHA, F. F.; SILVA, G. H.; ANDRADE, L. M.; MORAIS, C. V.; FERREIRA, P. M. O.; OLIVEIRA, R. A. Evapotranspiration and crop coefficients of Italian zucchini cultivated with recycled paper as mulch. **Plos One**, v. 15, n. 5, p. e0232554, 2020. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0232554>

OLIVEIRA, T. C.; FERREIRA, E.; DANTAS, A. A. A. Variação temporal do índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) e obtenção do coeficiente de cultura (Kc) a partir do NDVI em áreas cultivadas com soja irrigada. **Ciência Rural**, v. 46, n. 9, p. 1683-1688, 2016. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20150318>

PEREA, R. G.; GARCÍA, I. F.; ARROYO, M. M.; DÍAZ, J. A. R.; POYATO, E. C.; MONTESINOS, P. Multiplatform application for precision irrigation scheduling in strawberries. **Agricultural Water Management**, v. 183, p. 194-201, 2017. <http://dx.doi.org/10.1016/j.agwat.2016.07.017>

POUDEL, U.; STEPHEN, H.; AHMAD, S. Evaluating irrigation performance and water productivity using EEFlex ET and NDVI. **Sustainability**, v. 13, n. 14, p. 7967, 2021. <https://doi.org/10.3390/su13147967>

PRITTS, M. Nutrient management practices in perennial strawberry are informed by understanding the relationships among carbohydrate status nitrogen availability and soil compaction. **HortTechnology**, v. 25, n. 4, p. 447-451, 2015. <https://doi.org/10.21273/horttech.25.4.447>

R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. Vienna: R Foundation for Statistical Computing. 2019.

RODRIGUES, T. F.; CUNHA, F. F.; SILVA, G. H.; CONDÉ, S. B.; SILVA, F. C. S. Water use of different weed species using lysimeter and NDVI. **Advances in Weed Science**, v. 39, e021233767, 2021. <https://doi.org/10.51694/AdvWeedSci2021;39:00004>

SAGLAM, M.; SINTIM, H. Y.; BARY, A. I.; MILES, C. A.; GHIMIRE, S.; INGLIS, D. A.; FLURY, M. Modeling the effect of biodegradable paper and plastic mulch on soil moisture dynamics. **Agricultural Water Management**, v. 193, p. 240-250, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2017.08.011>

SAHER, R.; STEPHEN, H.; AHMAD, S. Urban evapotranspiration of green spaces in arid regions through two established approaches: A review of key drivers, advancements, limitations, and potential opportunities. **Urban Water Journal**, v. 18, n. 2, p. 115-127, 2020. <https://doi.org/10.1080/1573062X.2020.1857796>

SANTIN, A.; VILLA, F.; PAULUS, D.; SANTIN, J.; PIVA, A. L.; MEZZALIRA, E. J.; RITTER, G. Plastic soil covers in vegetative development, production and quality of strawberries. *Revista Ceres*, v. 67, n. 4, p. 272-280, 2020. <https://doi.org/10.1590/0034-737x202067040004>

SILVA, G. H.; CUNHA, F. F.; ANDRADE, L. M.; RODRIGUES, T. F.; FERREIRA, T. S.; FREITAS, A. R. J.; SOUZA, C. M. Biodegradable mulch of recycled paper reduces water consumption and crop coefficient of pak choi. **Scientia Horticulturae**, v. 267, p. 109315, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109315>

SOLIS, M.; SILVEIRA, S. Technologies for chemical recycling of household plastics: A technical review and TRL assessment. **Waste Management**, v. 105, p. 128-138, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.01.038>

SWAPNIL, P.; SINGH, J.; MAURYA, I. B. Effect of black polythene mulch on growth and yield of winter dawn strawberry (*Fragaria × ananassa*) by improving root zone temperature. **Indian Journal of Agricultural Sciences**, v. 85, n. 9, p. 1219-22, 2015.

TAZZO, I. F.; FAGHERAZZI, A. F.; LERIN, S.; KRETZSCHMAR, A. A.; RUFATO, L. Exigência térmica de duas seleções e quatro cultivares de morangueiro cultivado no planalto catarinense. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 37, n. 3, p. 550-558, 2015. <http://dx.doi.org/10.1590/0100-2945-097/14>

TRIMBLE - Agriculture Division. **GreenSeeker handheld crop sensor**. Disponível em <<https://agriculture.trimble.com/product/greenseeker-handheld-crop-sensor/>>. Acesso em 10 jan. 2022.

TUNC, T.; SAHIN, U.; EVREN, S.; DASCI, E.; GUNEY, E.; ASLANTAS, R. The deficit irrigation productivity and economy in strawberry in the different drip irrigation practices in a high plain with semi-arid climate. **Scientia Horticulturae**, v. 245, p. 47-56, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.10.008>

WURZ, D. A.; DUBIELA, R. C.; NUNES, H. F. Socioeconomic profile of strawberry producers in Canoinhas city-Santa Catarina state. **Revista Científica Rural**, v. 21, n. 3, p. 13-27, 2019. <https://doi.org/10.30945/rcr-v21i3.2721>

XUE, J.; GUAN, H.; HUO, Z.; WANG, F.; HUANG, G.; BOLL, J. Water saving practices enhance regional efficiency of water consumption and water productivity in an arid agricultural area with shallow groundwater. **Agricultural Water Management**, v. 194, p. 78-89, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2017.09.003>

YANG, N.; SUN, Z. X.; FENG, L. S.; ZHENG, M. Z.; CHI, D. C.; MENG, W. Z.; HOU, Z. Y.; BAI, W.; LI, K. Y. Plastic film mulching for water-efficient agricultural applications and degradable films materials development research. **Materials and Manufacturing Processes**, v. 30, n. 2, p. 143-154, 2015. <http://dx.doi.org/10.1080/10426914.2014.930958>

CAPÍTULO III

PRODUÇÃO DE MORANGUEIRO COM DIFERENTES COBERTURAS DE SOLO E PERFIS DE MOLHAMENTO

HIGHLIGHTS

- Avaliou-se o consumo de água e a produção de morango sob coberturas de solo.
- Uso de cobertura de solo e menores áreas molhadas reduzem o consumo hídrico.
- Coberturas de solo com papel reciclado ou polietileno suprimem plantas daninhas.
- Coberturas de polietileno reduzem os problemas de podridão e descarte de frutos.
- Recomenda-se cobertura com papel reciclado e área molhada de 40% para o morangueiro.

RESUMO

Para alcançar êxito na produção de morango, além da atenção com quantidade e qualidade, é necessário preocupar-se com os consumos de água e energia. Uma estratégia para a redução do consumo hídrico nos cultivos agrícolas é o uso de cobertura do solo. O plástico, apesar de ser bastante utilizado, deixa resíduos e contamina os solos. Assim, o uso de material biodegradável, como o papel reciclado, tem grande potencial para cobertura de solo na produção de morangueiro. Por isso, o objetivo do presente estudo foi avaliar o consumo hídrico e o desempenho agrônômico do morangueiro submetido a diferentes coberturas de solo e perfis de molhamento. O experimento foi conduzido em esquema de parcelas subdivididas, tendo os perfis de molhamento (Pm40 e Pm70%) na parcela e tipos de cobertura nas sub-parcelas. Os tipos de cobertura foram: polietileno branco - PB, polietileno preto - PP, papel reciclado - PR e sem cobertura de solo - SC. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com cinco repetições. O sistema de irrigação por gotejamento foi utilizado para reposição hídrica. A necessidade de irrigação foi determinada em função da umidade atual do solo, obtida com sensor eletrônico. As coberturas PP, PR e PB exerceram o mesmo controle de plantas daninhas. As variáveis quantidade de fruto por planta, comprimento do fruto, produtividade de fruto e da água não diferiram para os fatores perfis de molhamento e tipos de cobertura. Verificou-se maiores massas e diâmetros de fruto no tratamento Pm40, enquanto as coberturas de solo beneficiaram apenas a massa de frutos. Assim, produtividade de fruto não apresentou

nenhuma diferença, somente consumo de água diferiu entre perfis de molhamento e entre tipos de coberturas. O consumo hídrico pelo morangueiro foi maior no Pm70. Na variável descarte de frutos, verificou-se diferenças para cobertura PR e SC, quando comparado com PP e PB. Diante deste estudo, recomenda-se a utilização da cobertura de papel reciclado com perfil de molhamento de 40%.

Palavras-chave: Área molhada; Cultivo protegido; *Fragaria x ananassa* Duch; Manejo de irrigação; Papel reciclado.

3.1 INTRODUÇÃO

No Brasil, a produção comercial do morango (*Fragaria x ananassa* Duch.) é realizada em diversos estados, com cultivares variadas, a depender da adaptabilidade ao clima. Dentre os estados, Minas Gerais se destaca assumindo a liderança na produção, distribuída por várias propriedades rurais familiares. Isso faz do cultivo do morango uma atividade de relevância econômica e social (SAMTANI et al., 2019; WURZ et al., 2019).

A cultura do morangueiro requer cobertura do solo para evitar o contato direto dos frutos com este, e assim obter maior controle de doenças e pragas. Além disso, a cobertura do solo propicia controle de plantas invasoras e mantêm a umidade do solo (KAUR; KAUR, 2017).

A produção agrícola irrigada, de um modo geral, demanda grande volume de água e, conseqüentemente, de energia. Segundo Xue et al. (2017), para se ter economia de água, é preciso aumentar a eficiência de uso desta na produção agrícola e evitar os desperdícios. Alternativas para aumentar a eficiência de uso da água na agricultura têm sido a utilização de cobertura sobre o solo associada à irrigação por gotejamento. Para o morangueiro, e diversas outras culturas, o uso de cobertura de solo tem sido prática comum, uma vez que permite controle mais eficiente das plantas daninhas. Além disso, a cobertura de solo incrementa a produtividade, melhora a qualidade dos frutos, diminui o consumo de água, por meio da redução da evaporação, e ainda proporciona menor lixiviação dos nutrientes pela água da chuva (KAUR; KAUR, 2017).

A cobertura de polietileno tem sido a mais utilizada nos cultivos agrícolas (SANTIN et al., 2020; SILVA et al., 2020a). O grande transtorno desta crescente utilização de polietileno na agricultura é a geração de resíduos. Parte deste material inorgânico é abandonado na área agrícola e, muitas vezes, acaba revolvido com o solo ou dispersado no campo pela ação do vento. O plástico para reciclagem precisa estar limpo e, aquele advindo da cobertura de solo, encontra-se impregnado de partículas, necessitando de lavagem (HORODYTSKA et al., 2018). Por isso, em muitas situações, o destino do material sujo acaba sendo a queima ou lixões, liberando substâncias tóxicas para o solo e a atmosfera.

Sobre os benefícios da cobertura, Yang et al. (2015) relatam que ela protege diretamente o solo contra a ação do vento e a radiação solar, principais responsáveis

pela evaporação de água na superfície. A cobertura do solo exerce influência na regulação térmica da zona radicular e pode interferir na absorção de alguns nutrientes (GONZALEZ-FUENTES et al., 2016). Por isso, Orde et al. (2021) relatam que a escolha da cor do polietileno para a cobertura do solo vai depender das condições climáticas locais. Em região quente, é mais indicada a cor branca, enquanto, para locais frios, a cor preta é a mais adequada.

Jabran e Chauhan (2018) sugerem que as coberturas biodegradáveis ou renováveis substituam as de plástico devido aos danos ambientais que essas possam causar. Uma alternativa que parece viável à substituição ao polietileno é o uso de papel como cobertura para o solo. O papel é constituído basicamente de celulose, polímero natural e facilmente biodegradável. Entretanto, Moreno et al. (2017) relatam que aspectos relacionados à degradação de coberturas de papel devem ser estudados com mais detalhamento. Dentre os papéis, o reciclado tem mostrado grande potencial devido à sua durabilidade e resistência mecânica.

Haapala et al. (2014) relatam que existem registros que datam de 1934 sobre a utilização de cobertura de papel na produção agrícola. Agricultores usavam papel saturado com alcatrão para impedir crescimento de plantas daninhas e reduzir a evaporação do solo em lavouras de abacaxi no Havaí. No entanto, são escassas as pesquisas científicas sobre o uso deste material como cobertura no solo, principalmente quanto à redução da evaporação de água. Ainda assim, alguns dados de campo e simulações de modelos indicam que as coberturas biodegradáveis proporcionam uma dinâmica de umidade do solo comparável à da cobertura de polietileno (SAGLAM et al., 2017; SILVA et al., 2020b).

No cultivo do morangueiro com cobertura de solo, a precipitação efetiva é reduzida e, assim, é necessário utilizar irrigação para reposição hídrica. O sistema de irrigação mais utilizado para esse sistema de produção é o gotejamento (TUNC et al., 2019). Portanto, é importante conhecer a área molhada pelos gotejadores (ARAÚJO et al., 2019; SANTOS et al., 2015). Keller e Karmeli (1975) recomendam áreas molhadas de 20% para as regiões úmidas e 33% para regiões semiáridas. No entanto, Talens (2009) indica fração de área molhada mínima de 50% para hortaliças irrigadas por gotejamento, podendo aumentar em função da redução do espaçamento e da fase da cultura. A área molhada impacta no consumo hídrico e no desenvolvimento do sistema radicular, propiciando que as raízes cresçam nos sentidos horizontal e vertical. Dessa forma, pesquisas são necessárias para encontrar a área molhada que

equacione um menor consumo hídrico, e que possibilite que a planta explore melhor o volume de solo. Uma melhor exploração do solo pode resultar em maior absorção de nutrientes, proporcionando aumento de produtividade e qualidade dos frutos do morangueiro.

Tarjuelo et al. (2015) concordam que é necessário encontrar equilíbrio entre produtividade da água e maiores produtividades com qualidade de frutos comercializável. Para Martinez-Ferri et al. (2016), a melhoria na produtividade da água passa pela fisiologia da planta, redução da evaporação e drenagem. Quanto à evaporação, maior parte pode ser atendida pela cobertura de solo, e a drenagem pode ser contemplada com um adequado programa de manejo da irrigação. É comum observar irrigação excessiva no morangueiro, porque muitos produtores trabalham com manejo intuitivo, baseado em experiências anteriores, não fazendo uso de medição de umidade do solo (LOZANO et al., 2016). Segundo GarciaTajelo et al. (2018), a irrigação excessiva no morango nem sempre resulta em produção. Por outro lado, déficit hídrico pode causar diminuição da absorção e transporte de água pelas raízes, afetando a produção, uma vez que morangueiro é muito sensível ao déficit hídrico (ADAK et al., 2017). O déficit hídrico tem sido avaliado como causa de interrupções em quase todos os parâmetros fisiológicos (KHAN et al., 2017). Dehghanipoodeh et al. (2018) observaram redução significativa na biomassa fresca e seca do sistema radicular do morangueiro com déficit hídrico.

Diante do exposto, percebe-se a importância de determinar a quantidade correta de água para a irrigação. Os diferentes manejos culturais certamente provocam alteração no consumo hídrico do morangueiro. Mas essas alterações acarretam diferenças nas características agronômicas dessa cultura? Buscando responder a tal questão, objetivou-se, no presente estudo, avaliar a produção do morangueiro utilizando diferentes coberturas de solo e perfis de molhamento.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

3.2.1 Caracterização da área

O experimento foi conduzido na área experimental do Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais, *Campus* Barbacena, localizada no município de Barbacena-MG, na mesorregião Campo das Vertentes, situada na longitude 43° 46' 04" W, latitude 21° 13' 42" S e com altitude média de 1.160 m. O solo da região é classificado como Cambissolo Háplico, segundo a classificação da Embrapa (2018). O clima da região é classificado como Cwb úmido com inverno seco e verão temperado, de acordo com Alvares et al. (2013).

Para realização do experimento, foi construído um ambiente protegido (Figura 3.1) com área de 132 m² (5,3 m de largura e 25,0 m de comprimento). As laterais foram protegidas com tela de polietileno e as partes frontal e posterior receberam tela com malha de uma polegada, para permitir maior fluxo de ar e insetos polinizadores. O arco foi coberto com filme de polietileno de baixa densidade (PEBD) de 150 micras, aditivado contra radiação ultravioleta. Sob o teto, na parte interna do ambiente protegido, instalou-se um sombrite removível, que permitia ser estendido ou recolhido conforme necessidade.

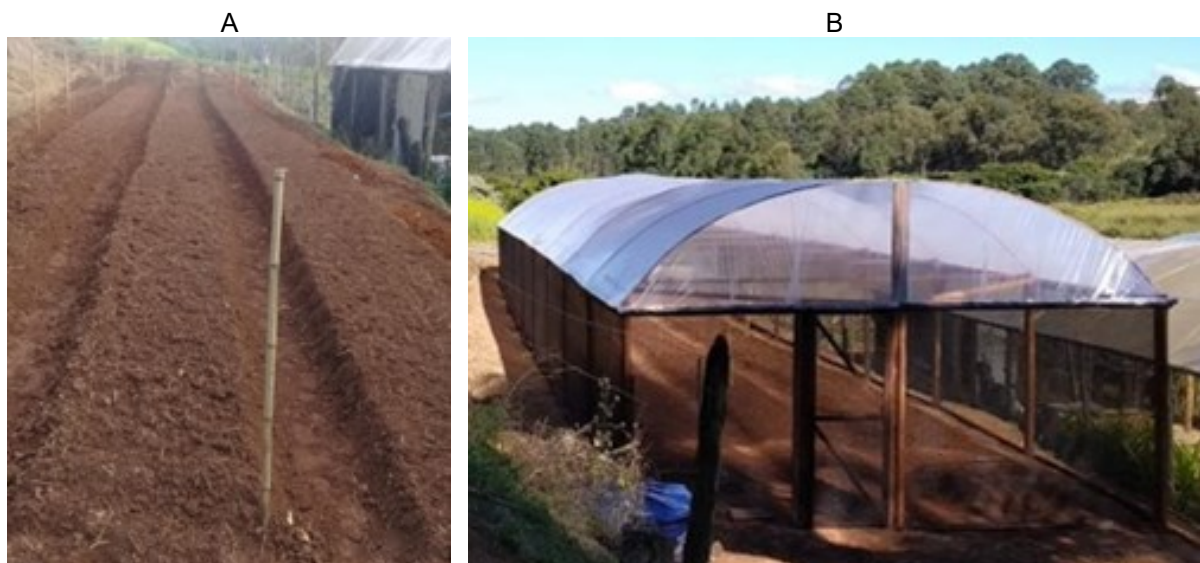


Figura 3.1. Preparo dos canteiros (A) e o ambiente protegido utilizado na condução do experimento (B). Barbacena-MG, IF Sudeste MG, 2019. Fonte: autor.

Para o preparo do solo, utilizou-se um arado de aiveca e, em seguida, uma enxada rotativa para destorroar e levantar os canteiros com aproximadamente 30 cm de altura e 1,0 m de largura. Sobre estes canteiros, foram demarcadas 40 unidades experimentais com 1,65 m de comprimento e área de 1,65 m². Destas unidades experimentais, foram retiradas amostras de solo para caracterização físico-hídrica e química (Tabela 3.1).

Tabela 3.1. Resultados das análises físico-hídrica e química do solo antes da realização do experimento. Barbacena-MG, IF Sudeste MG, 2019.

Camada cm	Ucc ¹ -----g g ⁻¹ -----	Upm ² -----g g ⁻¹ -----	Ds ³ g cm ⁻³	Argila -----%-----	Silte -----%-----	Areia -----%-----	Classificação textural	
0-30	0,2499	0,1620	1,15	38,0	13,4	48,6	Argila arenosa	
pH H ₂ O	P -----mg dm ⁻³ -----	K -----mg dm ⁻³ -----	Ca -----mg dm ⁻³ -----	Mg -----cmol _c dm ⁻³ -----	Al -----cmol _c dm ⁻³ -----	H+Al -----cmol _c dm ⁻³ -----	Zn -----mg dm ⁻³ -----	Fe -----mg dm ⁻³ -----
6,7	242	187	4,1	0,8	0,0	1,4	13,2	43,8
Mn -----mg dm ⁻³ -----	Cu -----mg dm ⁻³ -----	B -----mg dm ⁻³ -----	S -----mg dm ⁻³ -----	SB -----cmol _c dm ⁻³ -----	t -----cmol _c dm ⁻³ -----	T -----cmol _c dm ⁻³ -----	V -----%-----	m -----%-----
47,3	7,4	1,0	1,4	5,4	5,4	6,8	79	0,0

¹Umidade na capacidade de campo pelo Extrator de Richards; ²Ponto de murcha permanente; ³Densidade do solo. P, K, Fe, Mn, Cu e Zn extraídos com Mehlich-1; Ca, Mg e Al trocáveis extraídos com KCl 1 mol L⁻¹; Acidez potencial em pH 7,0 extraída com acetato de cálcio 0,5 mol L⁻¹.

A correção da acidez e adubação química e orgânica do morangueiro foi realizada com base nos resultados da análise do solo e de acordo com as recomendações de Nannetti e Souza (1999). A recomendação para adubação do morangueiro varia de acordo com o local de cultivo, variedade e sistema de produção. O pH do solo é fundamental para o desenvolvimento do morango, uma vez que interfere na disponibilidade dos nutrientes para as plantas. Para a produção do morango, Pritts (2015) recomenda faixa de pH entre 6,0 e 6,8. Na adubação de cobertura, utilizou-se fertirrigação via sistema de gotejamento.

3.2.2 Material vegetal e tratamentos culturais

Para o plantio, foram adquiridas mudas da variedade San Andreas, provenientes de uma empresa registrada no Ministério da Agricultura. Essas mudas foram importadas do Chile por fornecedores que atendem os produtores da região de

Barbacena-MG. A cultivar San Andreas é de dia neutro e foi lançada no ano de 2009 pela Universidade da Califórnia, USA, indicada para o consumo in natura. De acordo com Gonçalves et al. (2016), é moderadamente resistente ao oídio (*S. macularis*), antracnose (*C. fragariae* e *C. acutatum*), murcha de verticillium (*V. albo-atrum*) e podridão-da-coroa (*P. coctorum*); bem como é tolerante ao ácaro-rajado (*T. urticae*).

O período experimental foi iniciado em 22/06/2019, com o transplântio de 600 mudas nos canteiros (Figura 3.1) com o espaçamento de 0,33 x 0,33 m. Os tratamentos culturais e manejo das plantas seguiu a rotina da lavoura convencional. Semanalmente, realizou-se a limpeza das plantas para remover folhas senescentes, engaçó e estolões quando apareceram, favorecendo um melhor arejamento entre plantas e facilitando também a colheita.

O cultivo no ambiente protegido favorece o crescimento do morangueiro (ANDERSON et al., 2019), além de diminuir a presença de insetos, evitar água livre na folha, proveniente de precipitação, reduzindo ocorrência de doenças relacionadas à umidade foliar, o que contribuiu para a diminuição dos tratamentos fitossanitários. Por outro lado, favoreceu o aparecimento de ácaro rajado (*Tetranychus urticae*), que se desenvolve em ambiente mais seco (WILLDEN et al., 2021), percebido nas folhas com manchas branco-prateadas e controlado com acaricida biológico, ácaro predador *Neoseiulus californicus*, evitando, assim, a utilização de produtos químicos. Com o uso de armadilhas cromotrópicas amarelas, do tipo adesivas, identificou pulgões *Aphis forbesi* Weed, que foi controlado com óleo de nim, cujo principal ingrediente ativo é a azadiractina.

3.2.3 Caracterização do ensaio experimental

O experimento foi conduzido em esquema de parcelas subdivididas, tendo o perfil de molhamento nas parcelas e tipos de cobertura do solo nas sub-parcelas. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com cinco repetições. Para o fator cobertura do solo, os tratamentos utilizados foram filme plástico de polietileno de coloração branca (PB) e de coloração preta (PP), papel reciclado (PR) e um tratamento sem cobertura de solo (SC). Os filmes de polietileno apresentaram espessura de 22 µm e gramatura de 15 g m⁻², respectivamente. O papel reciclado (PR) apresentou espessura de 187 µm e gramatura de 131 g m⁻² (SILVA et al., 2020b).

Os perfis de molhamento foram impostos pelo sistema de irrigação equipado com fitas gotejadoras, de forma a proporcionar áreas molhadas de 40 e 70%. Para aferição do bulbo molhado, realizaram-se testes com intervalo de tempo de irrigação que contemplou os dois perfis de molhamento, sendo 5, 15, 25 e 35 minutos (tempo de infiltração para determinar as dimensões do bulbo molhado). As medições foram realizadas após 30 minutos cessado o funcionamento do emissor, quando uma trincheira foi aberta no solo com dimensão maior que o bulbo molhado esperado. Com uso de enxadão e cavadeira reta, procedeu-se o corte da região seca para dentro do bulbo molhado, conforme adaptação das recomendações de Araújo et al. (2019) e Battam et al. (2003). Foram realizadas as medições das dimensões superficiais (DS), dimensões máximas (DM) e profundidades máximas (ZM) com fita métrica com precisão de 1,0 mm (Figura 3.2).

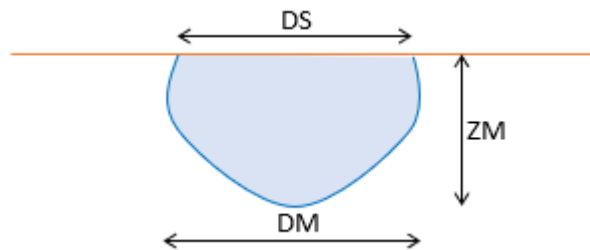


Figura 3.2. Dimensões do bulbo molhado pelo gotejador, DS: dimensão superficial, DM: dimensão máxima e ZM: profundidade máxima. Fonte: autor.

A unidade experimental foi formada por três fileiras, contendo cinco plantas cada uma (Figura 3.3). Foi tomada como área útil somente três plantas da fileira central, para evitar interferência dos tratamentos adjacentes, deixando um entorno de planta como bordadura.

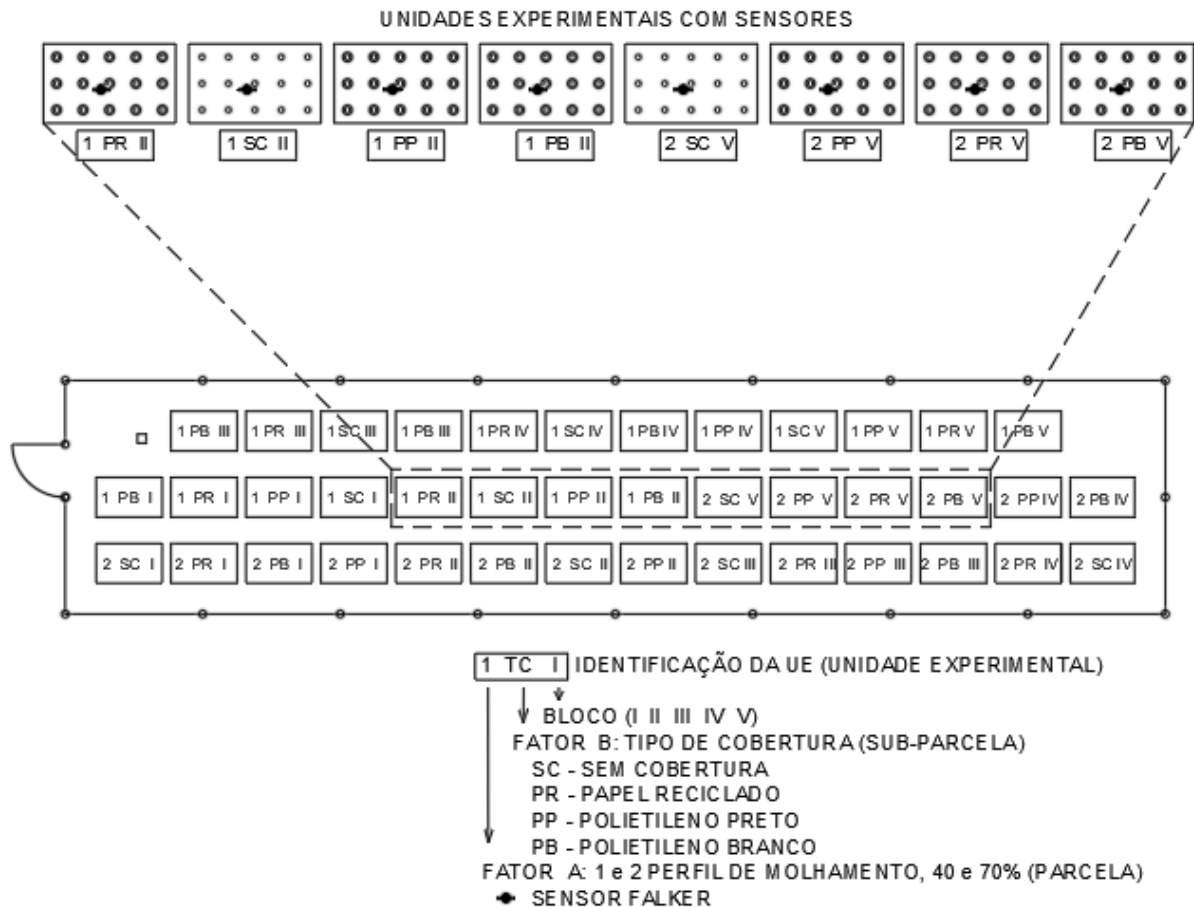


Figura 3.3. Diagrama do ambiente protegido com disposição dos perfis de molhamento, coberturas de solo, repetições (bloco) e posicionamento dos sensores nas unidades experimentais. Fonte: autor.

3.2.4 Manejo hídrico

No início do transplântio, foram realizadas irrigações por aspersão, favorecendo o pegamento das mudas, quando ainda não haviam sido instaladas as coberturas do solo. Antes de cobrir o solo, instalaram-se as fitas gotejadoras com um emissor por planta, com vazão de 2 L h^{-1} (Figura 3.4). Em seguida, foi colocada a cobertura do solo, que já havia sido perfurada previamente com diâmetro de 10 cm e orientada pelo espaçamento das plantas.

Após esta etapa, foi disponibilizada uma lâmina de irrigação para elevar a umidade atual do solo até a umidade correspondente à capacidade de campo. A partir deste momento até o fim do ciclo de cultivo, foi fornecida somente a quantidade

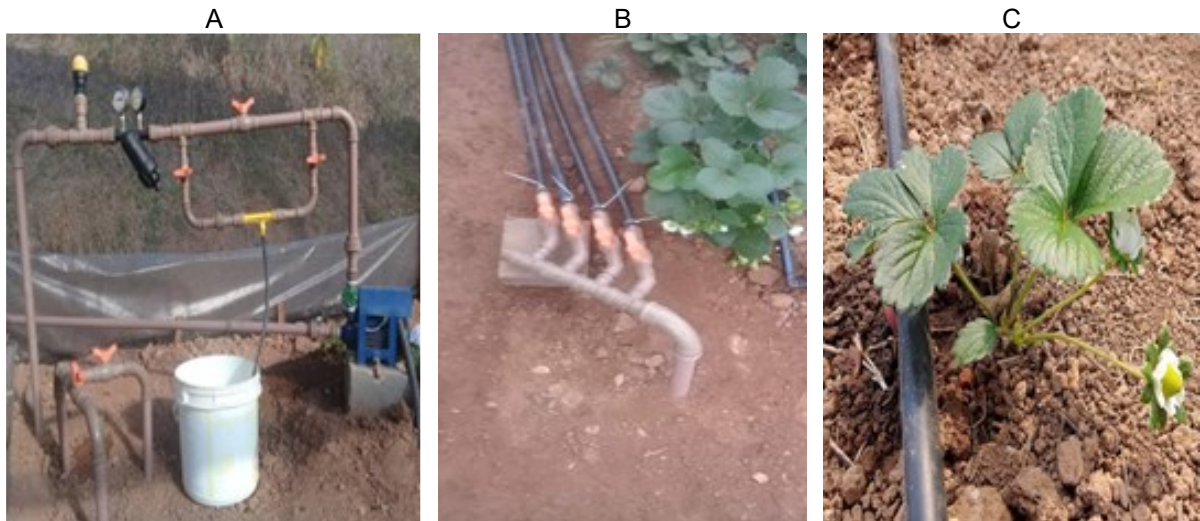


Figura 3.4. Motobomba, injetor venturi, filtro e cavalete para o sistema de irrigação por gotejamento (A); cavaletes individualizados para cada tratamento (B) e posição do emissor por planta (C). Barbacena-MG, IF Sudeste MG, 2019. Fonte: autor.

de água demandada pelos tratamentos. A determinação desta demanda hídrica foi baseada no valor atual de umidade do solo.

A umidade atual do solo, foi medida diariamente utilizando o sensor *Hidrofarm*. Para isto, utilizou-se 8 sensores de umidade do solo modelo HFM 1020 com um aparelho medidor modelo HFM 2130 do fabricante Falker®. Segundo as características técnicas deste sensor, o fabricante informa precisão de $\pm 3\%$, resolução de 0,1%, escala de 0 a 60%, espessura e diâmetro da camada de medição de 20 e 30 cm, respectivamente, e faixa de temperatura de operação de 0 a 50 °C. O fabricante também informa que a tecnologia utilizada para medição pelo sensor é denominada de impedância do solo em alta frequência - ISAF (Falker, 2022). Apesar destes sensores serem adquiridos com calibração de fábrica, Gava et al. (2016) recomendaram fazer a calibração para evitar erro de leitura em função da variação da estrutura física dos solos.

Visando evitar erros, procedeu-se a calibração dos sensores para as condições de solo do experimento. Para realizar a calibração, os sensores foram instalados em vasos de volume conhecido e preenchidos com solo dos canteiros. O solo foi preparado, destorroado, peneirado e homogeneizado e, após completar os vasos, procedeu-se à saturação de baixo para cima. Após cessar a drenagem nos oito vasos (por volta de 24 h), os sensores foram instalados no centro de cada vaso. Finalizados

os procedimentos descritos anteriormente, iniciou-se a mensuração diária, sempre no mesmo horário, da umidade volumétrica com o sensor. Em seguida, realizou-se, também diariamente, a pesagem dos vasos para se obter a umidade gravimétrica, em base seca. Estas duas mensurações, leitura do sensor e pesagem, foram realizadas por 30 dias. Após a última leitura, parte do solo de cada vaso foi levada para a estufa para determinação da umidade pelo método padrão (BERNARDO et al., 2019). A umidade diária do solo pelo método gravimétrico foi obtida e convertida em umidade volumétrica por meio da densidade do solo determinada para cada vaso. De posse dos valores medidos e estimados, tornou-se possível a realização da regressão linear para cada sensor, com o objetivo de obter a equação de calibração para as leituras a serem realizadas no experimento (Figura 3.5).

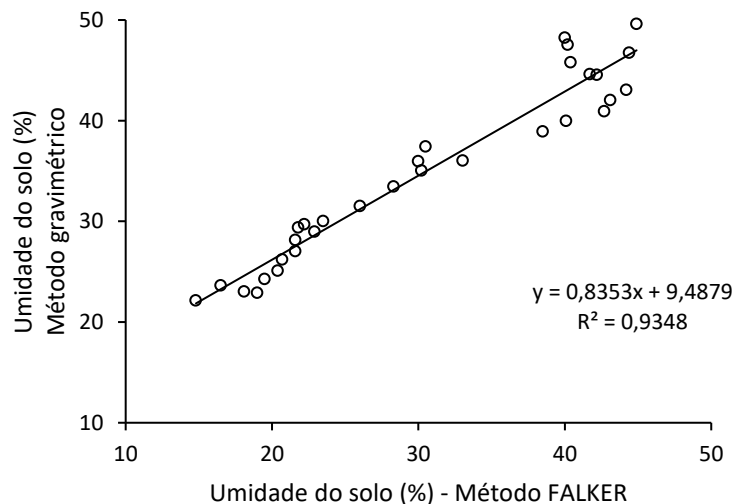
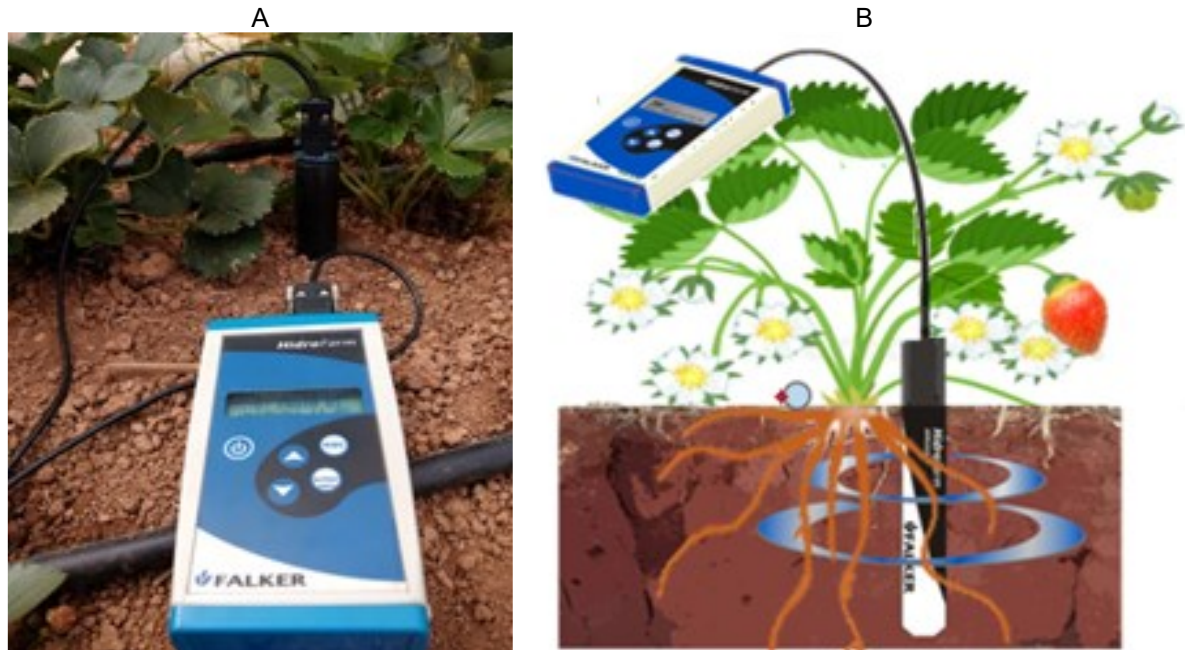


Figura 3.5. Relação entre a umidade volumétrica do solo em base seca determinada pelo método gravimétrico e leitura obtida em um sensor Falker *Hidrofarm*.

Finalizada a calibração, os sensores foram removidos dos vasos e transferidos para as unidades experimentais, possibilitando o monitoramento contínuo da umidade do solo. Foram selecionados dois blocos no centro do ambiente protegido para receberem os sensores, contemplando os quatros níveis de coberturas do solo e os dois níveis de molhamento, conforme mostrado na Figura 3.3. Os sensores foram instalados próximos às plantas, do lado oposto à tubulação com o gotejador. Este cuidado foi tomado para evitar que a água entrasse em contato direto com a área ativa da lâmina do sensor, causando erro na leitura da umidade do solo.

Segundo o fabricante, o valor informado pelo medidor eletrônico *Hidrofarm* é referente à média da umidade volumétrica do solo presente em um cilindro com raio de 15 cm e profundidade de 20 cm no perfil do solo em torno do sensor (Figura 3.6).



Fonte: autor

Fonte: adaptado de Falker (2022)

Figura 3.6. Utilização do aparelho eletrônico *Hidrofarm* acoplado ao sensor para leitura (A) e esquema de instalação do gotejamento com funcionamento do sensor de umidade no solo (B). Barbacena-MG, IF Sudeste MG, 2019.

Para o cálculo da necessidade de irrigação nos diferentes tratamentos, as leituras com o *Hidrofarm* foram realizadas diariamente pela manhã. Após correção pela curva de calibração, as informações de umidade do solo foram utilizadas para determinações das lâminas líquidas (LL) de irrigação por meio da Equação 3.1.

$$LL = 1000 (U_{cc} - U_a) Z Pam Ds \quad (3.1)$$

em que: *LL* - lâmina líquida de irrigação; mm; *U_{cc}* - umidade do solo correspondente à capacidade de campo, g g⁻¹; *U_a* - umidade atual do solo, g g⁻¹; *Z* - profundidade efetiva do sistema radicular, m; *Pam* - porcentagem de área molhada, decimal; e *Ds* - densidade do solo, g cm⁻³.

A lâmina bruta (LB) de irrigação foi obtida por meio da LL e da eficiência de irrigação representada pelo coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD),

Equação 3.2, conforme Bernardo et al. (2019). O CUD apresentou valor de 93% e foi determinado logo após a implantação do sistema de irrigação, seguindo recomendações de Keller e Karmeli (1974).

$$LB = \frac{LL}{CUD} \quad (3.2)$$

em que: LB - lâmina bruta de irrigação, mm; LL - lâmina líquida; mm; e CUD - coeficiente de uniformidade de distribuição, decimal.

As irrigações foram realizadas quando o valor de U_a se aproximou do valor de umidade de segurança (U_s), evitando que a condição de U_a diminuísse a ponto de se tornar menor que U_s . O valor de U_s adotado foi aquele correspondente à umidade do solo em que está disponível 40% da água. Logo, as datas das irrigações ocorreram de formas distintas em cada tratamento.

O tempo de irrigação para cada tratamento foi calculado pela Equação 3.3.

$$Ti = \frac{LB}{I_a} \quad (3.3)$$

em que: Ti - tempo de irrigação, h; LB - lâmina bruta de irrigação, mm; e I_a - intensidade de aplicação; mm h^{-1} .

3.2.5 Características avaliadas

Para avaliar as plantas daninhas, optou-se por fazer, no décimo quarto dia, um controle manual para uniformizar as unidades experimentais, uma vez que, neste início, não havia ainda cobertura do solo. A partir desta data, iniciaram-se as avaliações na comunidade de plantas daninhas na área útil dos tratamentos em área de $0,25 \text{ m}^2$ (uso do quadrado inventário de $0,50 \times 0,50 \text{ m}$). Foram realizadas avaliações aos 28, 42, 56 e 70 dias após o transplante do morangueiro. As plantas daninhas foram coletadas, identificadas e, em seguida, levadas para a estufa, com temperatura de 60° e por tempo de 72 h, para obtenção da biomassa seca utilizando uma balança de precisão. Encerrado o período de avaliação das plantas daninhas, prosseguiu-se, semanalmente, com o controle mecânico e monitoramento de pragas e doenças de acordo com as Normas da Produção Integrada para a cultura do morangueiro.

As colheitas dos frutos se iniciaram aproximadamente 87 dias após o transplante das mudas, sendo que os frutos foram colhidos quando atingiram, no mínimo, 75% da coloração vermelha (Figura 3.7), conforme descrito por Costa et al. (2019). Após a colheita, os frutos foram classificados, contados, pesados em balança de precisão e medidos com paquímetro. Frutos com diâmetros menores que 15 mm, com podridões e imperfeições, foram considerados descarte (não comercializável). O diâmetro do morango é definido pela maior dimensão equatorial do fruto, aspecto importante na classificação comercial, de acordo com o Programa Brasileiro para a Modernização da Horticultura e Produção Integrada de Morango (PBMH; PIMo, 2009). São duas classes principais, sendo a classe 15 os frutos de 15 a 35 mm, e a classe 35 os frutos com diâmetro acima de 35 mm.

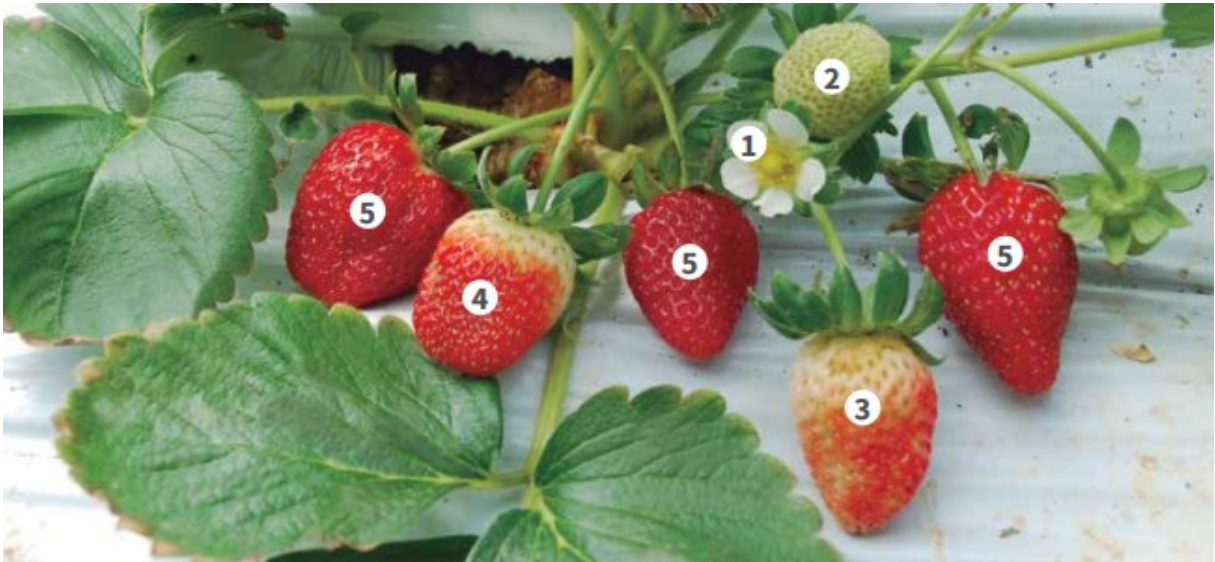


Figura 3.7. Estágios de desenvolvimento e amadurecimento do morango: 1 - Flor (Inflorescência); 2 - Fruto verde; 3 - Fruto com menos de 3/4 (três quartos) da superfície avermelhada; 4 - Fruto com mais de 3/4 (três quartos) 75%, da superfície avermelhada; 5 - Fruto completamente maduro. Fonte: Incaper (2016).

Além da biomassa seca da comunidade de plantas daninhas, foram avaliadas as características agrônômicas e morfofisiológicas do morango como: número médio de frutos por planta; massa média de frutos (g); comprimento médio de frutos (cm); diâmetro médio de frutos (cm); produtividade média comercial por planta (kg m^{-2}) e descarte médio de frutos por planta.

Avaliou-se também a produtividade do uso da água (PA), obtida pela relação entre a produtividade comercial e o volume de água utilizado pela cultura, expressa em kg m^{-3} utilizando a Equação 3.4.

$$PA = \frac{Prod}{Vt} \quad (3.4)$$

em que: *PA* - produtividade da água, kg m^{-3} ; *Prod* - produtividade comercial de frutos, kg m^{-2} ; e *Vt* - volume total aplicado, $\text{m}^3 \text{m}^{-2}$.

3.2.6 Análise estatística

Os dados apurados na condução do morangueiro foram submetidos ao teste F da análise de variância a 0,05 de probabilidade. Independente das interações entre os fatores serem ou não significativas, optou-se pelo desdobramento destas. Em seguida, realizou-se a comparação de médias pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade. Para execução das análises estatísticas foi utilizado o programa estatístico R (R Development Core Team, 2019).

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.3.1 Perfil de molhamento

Os diâmetros superficial e máximo apresentaram valores muito próximos de acordo com as suas curvas apresentadas na Figura 3.8. Conforme as dimensões, verificou-se bulbo molhado com formato achatado, característica de solo argiloso, mostrando, assim, um equilíbrio entre força gravitacional e condutividade hidráulica do solo. Por isso, o tempo de irrigação teve um papel importante no formato do bulbo molhado. Ao observar o diâmetro máximo, conclui-se que não ocorreu formação de faixa molhada, devido o tempo de teste ter sido fixado para superar todos os tempos de irrigação. A profundidade máxima alcançada pelas raízes foi inferior à profundidade efetiva reportada pela literatura (GAMAGE et al., 2018) e, dessa forma, acredita-se que o sistema radicular teve que se adequar ao bulbo molhado.

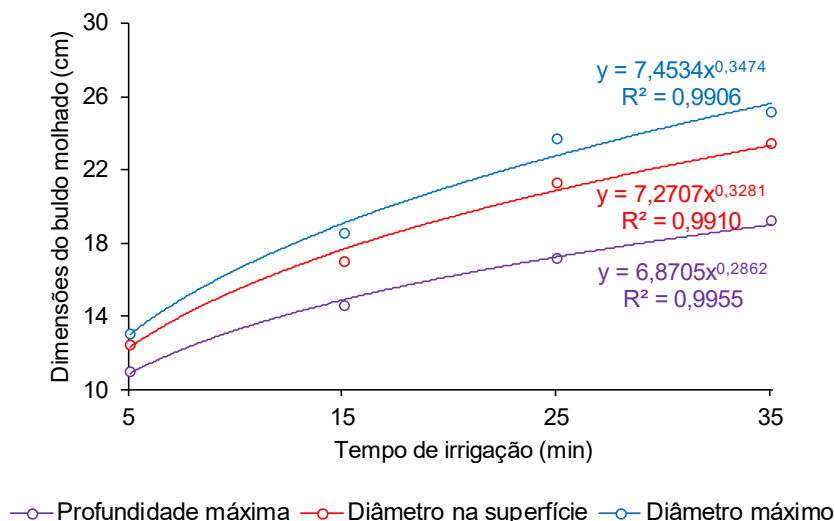


Figura 3.8. Dimensões do bulbo molhado em função de tempo de aplicação de água em solo argilo-arenoso irrigado com gotejador de vazão de 2 L h⁻¹.

3.3.2 Consumo hídrico

Para o cálculo da necessidade de irrigação (Tabela 3.2), foram determinadas as umidades atuais diárias com uso de sensor em cada tratamento, tendo como umidade mínima a umidade de segurança (Us). O propósito foi oferecer condições sem restrições hídricas para o morangueiro se desenvolver de forma potencial, visando obter maiores produtividades de frutos. Devido à redução no perfil de molhamento, houve aumento na frequência de irrigação, proporcionando maior umidade na camada superficial do solo. É oportuno ressaltar que para atendimento dos perfis de molhamento, o tratamento Pm40 recebeu menores lâminas de água em maior frequência de irrigação, enquanto, Pm70 recebeu maiores lâminas com menor frequência.

Tabela 3.2. Valores acumulados de lâmina líquida de irrigação (mm) em função do perfil de molhamento e da cobertura de solo.

---CV (%) ¹ ---		-----Teste F ² -----			Pm (%)	Cobertura do solo			
Pm ³	TC ⁴	Pm	TC	Pm×TC		PB	PP	PR	SC
0,27	0,39	<0,001	<0,001	<0,001	40	353 Ad	402 Ac	407 Ab	443 Aa
					70	479 Bd	484 Bc	498 Bb	522 Ba

¹Coefficiente de variação; ²Significâncias dos quadrados médios; ³Perfil de molhamento; ⁴Tipo de cobertura de solo (PB - Polietileno branco, PP - Polietileno preto, PR - Papel reciclado e SC - Sem cobertura); Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna (perfis de molhamento) e minúscula na linha (cobertura do solo) não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

O consumo hídrico apresentou diferenças significativas ($p < 0,5$) para todos os tipos de coberturas de solo e perfis de molhamento, com valores de coeficiente de variação muito baixos. O tratamento sem cobertura (SC), apresentou o maior consumo de água em decorrência de a superfície estar exposta à evaporação. Isso aconteceu desde o início do cultivo e no decorrer do ciclo devido aos tratos culturais, quando o morango passa por podas periódicas, expondo menor área foliar e tendo maior exposição de solo para evaporação. Os demais tratamentos também foram submetidos às mesmas condições para transpiração, porém, possuem coberturas de polietileno ou papel reciclado que limitam a evaporação. Enquanto o polietileno é impermeável, o PR permite pequena passagem de água através de sua parede, que é pouco permeável e higroscópica (OLIVEIRA et al., 2020). Este processo se deu com a água advinda da evaporação sob a cobertura durante o dia ou condensada à noite. Dessa forma, percebeu-se pela manhã o papel úmido que, no decorrer do dia, a superfície externa aquecia com a radiação solar, potencializando a perda de água para a atmosfera por meio da evaporação. Ao contrário, o polietileno devolveu água ao solo pela ação gravitacional. Entre os polietilenos, o branco apresentou o menor consumo, algo que, certamente, está relacionado à temperatura do solo (GONZALEZ-FUENTES et al., 2016).

Ao final do experimento, foi observado, com a abertura de trincheira, que as raízes se concentraram na superfície do solo, consequência da irrigação adotada com perfis de molhamento de 40 e 70%, respectivamente. Segundo Li et al. (2017), a distribuição espacial do sistema radicular de uma cultura irrigada por gotejamento está diretamente relacionada às dimensões do bulbo molhado. Além disso, Gendron et al. (2018) relatam que as raízes do morangueiro se renovam continuamente e sua distribuição no solo depende de vários fatores como a compactação do solo, umidade, aeração, temperatura e a fertilidade deste.

3.3.3 Plantas daninhas

Verifica-se na Tabela 3.3 que os diferentes perfis de molhamento não afetaram a produção de biomassa seca da parte aérea pelas plantas daninhas. Entretanto, eram esperados maiores valores para o perfil de molhamento de 70%, uma vez que, nesse tratamento, existia maior área molhada para as plantas daninhas se desenvolverem, mas essa diferença significativa não aconteceu. Possivelmente, não

foram verificadas diferenças devido aos altos valores de coeficiente de variação. Segundo Willden et al. (2021), cultivos em ambiente protegido favorecem o crescimento mais rápido e vigoroso de plantas daninhas, aumentando a variação destas em resposta às condições não controladas.

Tabela 3.3. Valores de biomassa seca de plantas daninhas (g m^{-2}) em quatro épocas diferentes e em função do perfil de molhamento e da cobertura de solo.

--CV ¹ (%)--		-----Teste F ² -----			DAT ⁵	Pm (%)	Coberturas do solo			
Pm ³	TC ⁴	Pm	TC	PmxTC			PB	PP	PR	SC
41,5	39,4	0,231	>0,001	0,320	28	40	6,54 Ab	7,76 Ab	6,70 Ab	15,30 Aa
						70	9,00 Ab	8,36 Ab	9,23 Ab	37,55 Aa
					42	40	9,23 Ab	9,57 Ab	5,58 Ab	17,05 Aa
						70	7,21 Ab	10,02 Ab	7,98 Ab	21,16 Aa
					56	40	6,68 Ab	9,85 Ab	7,85 Ab	12,01 Aa
						70	8,97 Ab	10,15 Ab	6,62 Ab	13,27 Aa
					70	40	8,45 Ab	9,00 Ab	6,93 Ab	12,22 Aa
						70	9,00 Ab	8,11 Ab	7,77 Ab	13,57 Aa

¹Coefficiente de variação; ²Significâncias dos quadrados médios; ³Perfil de molhamento (40 e 70%); ⁴Tipo de cobertura de solo (PB - Polietileno branco, PP - Polietileno preto, PR - Papel reciclado e SC - Sem cobertura); ⁵Dias após o transplante. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna (perfis de molhamento) e minúscula na linha (cobertura do solo) não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

As diferentes coberturas de solo reduziram a biomassa seca da parte aérea das plantas daninhas, corroborando os resultados de Silva et al. (2020b). Em média, o polietileno preto (PP), polietileno branco (PB) e papel reciclado (PR) reduziram em 44,5% a biomassa seca das plantas daninhas no tratamento Pm40 e 60,1% no Pm70, quando comparado ao tratamento SC. Aos 28 e 42 dias após o transplante (DAT), verificou-se no tratamento SC maiores valores de biomassa seca que diminuíram a partir dos 56 DAT. Isso aconteceu devido ao aumento da área foliar do morangueiro, sombreando e contribuindo para a supressão das plantas daninhas.

É oportuno ressaltar que o PR não diferiu de nenhuma cobertura plástica, independente do perfil de molhamento ou época de avaliação. Isso mostra que o PR possui baixa transmitância a luz, ao ponto de as plantas daninhas não serem estimuladas ao crescimento. Outro ponto positivo desse material foi que, apesar de ser biodegradável, sua decomposição aconteceu em tempo superior ao ciclo de cultivo do morango, suprimindo as plantas daninhas durante todo esse período.

3.3.4 Características agronômicas

Na Tabela 3.4 está apresentado um resumo da análise de variância dos parâmetros analisados em função dos fatores estudados. Observou-se que os perfis de molhamento e tipos de cobertura não provocaram efeitos isolados ou sobre a interação nas variáveis quantidade de fruto, comprimento, produtividade de frutos e produtividade da água pelo morangueiro. Verificou-se efeito da interação dos fatores analisados apenas para a massa fresca de morangos. Verificou-se também efeitos isolados do perfil de molhamento no diâmetro dos frutos e tipos de cobertura no descarte de frutos de morango.

A quantidade de frutos por planta é uma característica importante na produção do morangueiro, tendo grande impacto na viabilidade econômica dessa atividade agrícola. Observou-se que a quantidade de frutos por planta (Tabela 3.4) não apresentou diferença para os perfis de molhamento e nem para os tipos de cobertura. Pesquisas revelam que as coberturas utilizadas nos cultivos agrícolas, por proporcionarem mudanças na temperatura do solo, interferem no desenvolvimento e produção das plantas (KADER et al., 2017; SARIDAS et al., 2020). Dessa forma, percebe-se no presente estudo que as coberturas de solo não provocaram diferenças nas temperaturas capazes de conferirem efeito nessa característica do morangueiro.

Verifica-se por meio da Tabela 3.4 que os perfis de molhamento não afetaram as massas frescas por fruto nos tratamentos em que o solo foi coberto com polietileno de coloração preta e sem cobertura. Nos demais tratamentos (PB e PR), verificou-se maiores massas frescas por fruto no perfil de molhamento de 40%. Possivelmente, essa característica é mais sensível ao conteúdo de água no solo. O tratamento Pm40 recebia água mais frequentemente e o solo permaneceu mais tempo com a umidade próxima da capacidade de campo. Dessa forma, nota-se que o morangueiro experimentou menores umidades do solo por maior período de tempo no tratamento Pm70.

Tabela 3.4. Características agrônômicas do morangueiro em função dos perfis de molhamento e das coberturas de solo.

Fator	--CV ¹ (%)--		-----Teste F ² -----			Pm (%)	Tipos de cobertura			
	Pm ³	TC ⁴	Pm	TC	PmxTC		PB	PP	PR	SC
Q ⁵ (fr pl ⁻¹)	45,0	28,4	0,228	0,442	0,788	40	45,13 Aa	48,20 Aa	41,53 Aa	41,04 Aa
						70	50,07 Aa	61,20 Aa	47,67 Aa	57,07 Aa
MF ⁶ (g fr ⁻¹)	9,2	4,8	0,054	0,257	0,036	40	14,74 Aab	13,75 Ab	14,95 Aa	14,43 Aab
						70	13,05 Ba	13,42 Aa	13,15 Ba	13,90 Aa
C ⁷ (cm)	18,2	12,1	0,662	0,352	0,545	40	3,91 Aa	3,86 Aa	3,92 Aa	3,86 Aa
						70	4,23 Aa	3,72 Aa	4,26 Aa	3,77 Aa
De ⁸ (cm)	2,1	2,9	0,006	0,905	0,329	40	2,95 Aa	2,91 Aa	2,97 Aa	2,94 Aa
						70	2,81 Ba	2,87 Ba	2,81 Ba	2,87 Ba
Prod ⁹ (kg m ⁻²)	42,8	28,6	0,344	0,550	0,493	40	6,05 Aa	5,93 Aa	5,54 Aa	5,29 Aa
						70	5,96 Aa	7,55 Aa	5,69 Aa	7,18 Aa
PA ¹⁰ (kg m ⁻³)	45,9	28,5	0,618	0,279	0,387	40	17,16 Aa	14,78 Aa	13,78 Aa	11,95 Aa
						70	12,44 Aa	15,61 Aa	11,42 Aa	13,76 Aa
Des ¹¹ (fr pl ⁻¹)	48,1	35,7	0,177	<0,001	0,935	40	0,40 Ab	0,35 Ab	0,79 Aa	0,65 Aa
						70	0,48 Ab	0,52 Ab	0,99 Aa	0,77 Aa

¹Coefficiente de variação; ²Significâncias dos quadrados médios; ³Perfil de molhamento (40 e 70%); ⁴Tipo de cobertura de solo (PB - Polietileno branco, PP - Polietileno preto, PR - Papel reciclado e SC - Sem cobertura); ⁵Quantidade de frutos por planta; ⁶Massa fresca; ⁷Comprimento; ⁸Diâmetro equatorial do morango; ⁹Produtividade de frutos; ¹⁰Produtividade da água; ¹¹Descarte. Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna (perfis de molhamento) e minúscula na linha (cobertura do solo) não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

As coberturas de solo não afetaram as massas frescas por fruto de morango quando receberam irrigação com área molhada de 70%. No perfil de molhamento de 40%, verificou-se maior massa fresca por fruto quando o solo foi coberto com papel reciclado em comparação com o tratamento com polietileno na cor preta. Lewers et al. (2020), trabalhando com a cultivar San Andreas, obtiveram resultados semelhantes. Isso mostra que o papel reciclado tem potencial para ser utilizado como cobertura de solo na produção de morangueiro.

Os perfis de molhamento e os tipos de cobertura não influenciaram o comprimento dos frutos do morango (Tabela 3.4). No entanto, a variável diâmetro apresentou diferenças entre os perfis de molhamento, com maiores valores para Pm40. Já os tipos de cobertura não provocaram diferenças para essa característica. De acordo com os valores de diâmetro médio dos frutos, a produção se enquadrou na classe 15. Apesar da diferença dos perfis de molhamento, o diâmetro dos frutos foi relativamente homogêneo, como pode ser notado pelas pequenas diferenças entre as médias e pelos baixos valores de coeficiente de variação (Tabela 3.4). As

características biométricas como comprimento, diâmetro e massa fresca são importantes para a produção do morangueiro, especialmente quando os frutos se destinam ao consumo in natura (TEMOCICO et al., 2019).

A produtividade de frutos de morango não foi afetada pelos perfis de molhamento e tipos de cobertura de solo. A princípio, pode-se ter uma falsa impressão de que as coberturas de solo não foram úteis para beneficiar o morangueiro e para se ter maior lucro nessa atividade agrícola. Entretanto, o correto é pensar que, com menor gasto de água e energia, é possível produzir a mesma quantidade de morango quando se utiliza cobertura de solo. Deve-se considerar também que o tratamento SC, na prática, apresenta maiores gastos com operações de controle das plantas daninhas. Por outro lado, se esse controle não é realizado, espera-se menor produtividade de morango no sistema sem cobertura de solo. Percebe-se também melhor desempenho do perfil de molhamento de 40%, uma vez que este proporcionou menor consumo de água e não diferiu da produtividade de frutos de morango obtida no outro tratamento. Assim, o perfil de molhamento de 40% é suficiente para irrigação do morangueiro pelo sistema de irrigação por gotejamento.

Verifica-se também, na Tabela 3.4, que, apesar de diferenças no consumo hídrico entre os tratamentos, a produtividade do uso da água não foi afetada pelos fatores estudados. Possivelmente, essa diferença não foi observada devido aos altos valores de coeficiente de variação. O valor médio de produtividade da água, considerando todos os tratamentos, foi de 13,9 kg m⁻³. Esse resultado indica que, para produzir 1 kg de massa fresca de morango, foi necessário o volume de 72 litros de água de irrigação, corroborando com resultados de outras pesquisas em condições semelhantes (ARIZA et al., 2021; GONTIJO et al., 2020; LÉTOURNEAU; CARON, 2019; LOZANO et al., 2016).

O descarte de frutos de morango não foi afetado pelos perfis de molhamento e verificou-se menores valores nos tratamentos com cobertura de polietileno (Tabela 3.4). Possivelmente, nos tratamentos PR e SC, alguns frutos entraram em contato com a superfície úmida, resultando em contaminações que provocaram maiores podridões dos morangos (KAUR e KAUR, 2017). O material vegetal utilizado na presente pesquisa é mais suscetível aos problemas de podridão. Flanagan et al. (2020) constataram maiores perdas de frutos por podridão na cultivar San Andreas, comparada a outras cultivares de morango. É oportuno ressaltar, que o papel reciclado permite pequeno umedecimento através de sua parede, que é pouco permeável e

higroscópica (OLIVEIRA et al., 2020). Já as coberturas de polietileno são impermeáveis e não permitiram esse contato do fruto com a água de irrigação aplicada na superfície do solo.

Diante deste estudo, foi possível observar que a redução no perfil de molhamento contribuiu com o consumo hídrico e o desempenho agrônômico do morangueiro. Com relação ao papel reciclado como cobertura de solo, os resultados se assemelham ao polietileno que polui o meio ambiente por conta de sua decomposição lenta, sendo este seu maior ponto negativo (SANTIN et al., 2020). Dessa forma, é importante continuar estudando o papel como alternativa viável para cobertura do solo. Por isso, se faz necessário que novos estudos sejam realizados para avaliar a impermeabilização e pigmentação do papel reciclado como cobertura para o solo. Assim, os resultados irão beneficiar diretamente aos produtores de morango e ao meio ambiente.

3.4 CONCLUSÕES

A busca por sustentabilidade hídrica e desempenho agrônômico do morangueiro perpassa a redução no consumo de água e o aumento da produtividade.

O uso de cobertura do solo reduz o consumo hídrico e suprime as plantas daninhas. Em relação ao papel reciclado, os resultados são positivos quando se pensa em solução de cobertura biodegradável para o solo, ou seja, apresentou equiparação ao polietileno no controle de planta daninha, quantidade de fruto, produtividade de fruto e da água. Porém, às variáveis descarte de frutos e consumo de água apresentaram desvantagens em relação ao polietileno, que podem ser corrigidas com a impermeabilização e pigmentação do papel reciclado.

Reduzir o perfil de molhamento no manejo de irrigação utilizando o sistema de gotejamento provoca redução no consumo hídrico, mas, no geral, não altera a infestação por plantas daninhas e as características agrônômicas do morangueiro.

Avaliando as vantagens e desvantagens na produção do morangueiro, recomenda-se o uso de papel reciclado como cobertura do solo e perfil de molhamento de 40%.

REFERÊNCIAS

- ADAK, N.; GUBBUK, H.; TETIK, N. Yield, quality and biochemical properties of various strawberry cultivars under water stress. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 98, n. 1, p. 304-311, 2017. <https://doi.org/10.1002/jsfa.8471>
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, p. 711-728, 2013. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>
- ANDERSON, H. C.; ROGERS, M. A.; HOOVER, E. E. Low tunnel covering and microclimate, fruit yield, and quality in an organic strawberry production system **HortTechnology**, v. 29, n. 5, p. 590-598, 2019. <https://doi.org/10.21273/HORTTECH04319-19>
- ARAUJO, W. F.; PRADO, R. J.; TAVEIRA, D. L. L.; SIQUEIRA, R. H. S.; CHAGAS, E. A.; NÓBREGA, S. L. Dimensions of wetted bulb in drip irrigation system in an area cultivated with sugar apples. **Irriga**, v. 1, n. 1, p. 81-85, 2019. <https://doi.org/10.15809/irriga.2019v1n1p81-85>
- ARIZA, M. T.; MIRANDA, L.; GÓMEZ-MORA, J. A.; MEDINA, J. J.; LOZANO, D.; GAVILÁN, P.; SORIA, C.; MARTÍNEZ-FERRI, E. Yield and fruit quality of strawberry cultivars under different irrigation regimes. **Agronomy**, v. 11, n. 1, p. 261, 2021. <https://doi.org/10.3390/agronomy11020261>
- BATTAM, M. A.; SUTTON, B. G.; BOUGHTON, D. G. Soil pits as a simple aid for subsurface drip irrigation systems. **Irrigation Science**, v. 22, n. 3, p. 135-141, 2003. <https://doi.org/10.1007/s00271-003-0079-1>
- BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 9ª ed. Viçosa: Editora UFV, 2019. 545 p.
- COSTA, S. I.; FERREIRA, L. V.; BENATI, J. A.; FLORES CANTILLANO, R. F.; ANTUNES, L. E. C. Parâmetros qualitativos de morangueiros de dias neutros produzidos em cultivo sem solo. **Engenharia na Agricultura**, v. 27, n. 6, p. 481-499, 2019. <https://doi.org/10.13083/reveng.v27i6.952>
- DEHGHANIPOODEH, S.; GHOBADI, C.; BANINASAB, B.; GHEYSARI, M.; SHIRANIBIDABADI, S. Effect of silicon on growth and development of strawberry under water deficit conditions. **Horticultural Plant Journal**, v. 4, n. 6, p. 226-232, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.hpj.2018.09.004>
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5.ed. Brasília: Embrapa, 2018. 356 p.
- FALKER. **Hidrofarm - Medidor eletrônico de umidade do solo**. Disponível em <<http://www.falker.com.br/produto-hidrofarm-medidor-umidade.php>> Acesso em: 20 de fevereiro de 2022.

FLANAGAN, R. D.; SAMTANI, J. B.; MANCHESTER, M. A.; ROMELCZYK, S.; JOHNSON, C. S.; LAWRENCE, W.; PATTISON, J. On-farm evaluation of strawberry cultivars in coastal Virginia. **HortTechnology**, v. 1, p. 1-8, 2020. <https://doi.org/10.21273/HORTTECH04616-20>

GAMAGE, D. N. V.; BISWAS, A.; STRACHAN, I. B. Actively heated fiber optics method to monitor three-dimensional wetting patterns under drip irrigation. **Agricultural Water Management**, v. 210, p. 243-251, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2018.08.019>

GARCÍA-TEJERO, I. F.; LÓPEZ-BORRALLLO, D.; MIRANDA, L.; MEDINA, J. J.; ARRIAGA, J.; MURIEL-FERNÁNDEZ, J. L.; MARTÍNEZ-FERRI, E. Estimating strawberry crop coefficients under plastic tunnels in Southern Spain by using drainage lysimeters. **Scientia Horticultura**, v. 231, p. 233-240, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.12.020>

GAVA, R.; SILVA, E. E.; BAILO, F. H. R. Calibração de Sensor Eletrônico de Umidade em Diferentes Texturas de Solo. **Brazilian Journal of Biosystems Engineering**, v. 10, n. 2, p. 154-162, 2016. <https://doi.org/10.18011/bioeng2016v10n2p154-162>

GENDRON, L.; LETOURNEAU, G.; ANDERSON, L.; SAUVAGEAU, G.; DEPARDIEU, C.; PADDOCK, E.; CARON, J. Real-time irrigation: Cost-effectiveness and benefits for water use and productivity of strawberries. **Scientia Horticulturae**, v. 240, p. 468-477, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.06.013>

GONÇALVES, M. A.; VIGNOLO, G. K.; ANTUNES, L. E. C.; REISSER JUNIOR, C. **Produção de morango fora do solo**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2016. 32 p.

GONTIJO, M. L.; DIOTTO, A. V.; SOUZA, F. S.; GONTIJO, F. L. Water productivity and agronomic performance of strawberries with different leaching fractions application. **Scientia Plena**, v. 16, n. 5, p. 050201, 2020. <https://doi.org/10.14808/sci.plena.2020.050201>

GONZALEZ-FUENTES, J. A.; SHACKEL, K.; LIETH, J. H.; ALBORNOZ, F.; BENAVIDES-MENDOZA, A.; EVANS, R. Y. Diurnal root zone temperature variations affect strawberry water relations, growth, and fruit quality. **Scientia Horticulturae**, v. 203, p. 169-177, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2016.03.039>

HAAPALA, T.; PALONEN, P.; KORPELA, A.; AHOKAS, J. Feasibility of paper mulches in crop production: A review. **Agricultural and Food Science**, v. 23, n. 1, p. 60-79, 2014. <https://doi.org/10.23986/afsci.8542>

HORODYTSKA, O.; VALDÉS, F. J.; FULLANA, A. Plastic flexible films waste management: A state of art review. **Waste Management**, v. 77, p. 413-425, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.04.023>

INCAPER. **Boas práticas de colheita e de pós-colheita: qualidade aproveitamento do morango**. Vitória: Incaper, 2016. 23p.

JABRAN, K.; CHAUHAN, B. S. Weed control using ground cover systems. **Non-Chemical Weet Control**, v. 2018, p. 61-71, 2018. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809881-3.00004-8>

KADER, M. A.; SENGE, M.; MOJID, M. A.; NAKAMURA, K. Mulching type-induced soil moisture and temperature regimes and water use efficiency of soybean under rain-fed condition in central Japan. **International Soil and Water Conservation Research**, v. 5, n. 4, p. 302-308, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2017.08.001>

KAUR, P.; KAUR, A. Effect of various mulches on the growth and yield of strawberry cv. Chandler under tropical conditions on Punjab. **International Journal of Recent Trends in Science and Technology**, v. 25, p. 21-25, 2017. <https://doi.org/10.26611/202515>

KELLER, J.; KARMELI, D. Trickle irrigation design parameters. **Transactions of the ASAE**, v.17, p. 678-684, 1974. <https://doi.org/10.13031/2013.36936>

KHAN, A.; ANWAR, Y.; HASAN, M.; IQBAL, A.; ALI, M.; ALHARBY, H.; HASANUZZAMAN, M. Attenuation of drought stress in brassica seedlings with exogenous application of Ca²⁺ and H₂O₂. **Plants**, v. 6, n. 4, p. 20, 2017. <https://doi.org/10.3390/plants6020020>

LÉTOURNEAU, G.; CARON, J. Irrigation management scale and water application method to improve yield and water productivity of field-grown strawberries. **Agronomy**, v. 9, n. 6, p. 286, 2019. <https://doi.org/10.3390/agronomy9060286>

LEWERS, K. S.; FLEISHER, D. H.; DAUGHTRY, C. S.; VINYARD, B. T. Low-tunnel strawberry production: Comparison of cultivars and films. **International Journal of Fruit Science**, v. 20, n. 2, p. 705-732, 2020. <https://doi.org/10.1080/15538362.2020.1768616>

LI, X.; ŠIMŮNEK, J.; SHI, H.; YAN, J.; PENG, Z.; GONG, X. Spatial distribution of soil water, soil temperature, and plant roots in a drip-irrigated intercropping field with plastic mulch. **European Journal of Agronomy**, v. 83, p. 47-56, 2017. <http://dx.doi.org/10.1016/j.eja.2016.10.015>

LOZANO, D.; RUIZ, N.; GAVILÁN, P. Consumptive water use and irrigation performance of strawberries. **Agricultural Water Management**, v 169, p. 44-51, 2016. <http://dx.doi.org/10.1016/j.agwat.2016.02.011>

MARTÍNEZ-FERRI, E.; SORIA, C.; ARIZA, M. T.; MEDINA, J. J.; MIRANDA, L.; DOMÍGUEZ, P.; MURIEL, J. L. Water relations, growth and physiological response of seven strawberry cultivars (*Fragaria x ananassa* Duch.) to different water availability. **Agricultural Water Management**, v. 164, p. 73-82, 2016. <http://dx.doi.org/10.1016/j.agwat.2015.08.014>

MORENO, M. M.; GONZÁLEZ-MORA, S.; VILLENA, J.; CAMPOS, J. A.; MORENO, C. Deterioration pattern of six biodegradable, potentially low-environmental impact mulches in field conditions. **Journal of Environmental Management**, v. 200, p. 490-501, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.06.007>

NANNETTI, D. C.; SOUZA, R. J. Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. (editors). **Recomendação para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. Viçosa: Editora UFV, 1999.

OLIVEIRA, R. M.; CUNHA, F. F.; SILVA, G. H.; ANDRADE, L. M.; MORAIS, C. V.; FERREIRA, P. M. O.; OLIVEIRA, R. A. Evapotranspiration and crop coefficients of Italian zucchini cultivated with recycled paper as mulch. **Plos One**, v. 15, n. 5, p. e0232554, 2020. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0232554>

ORDE, K. M.; MARINI, R.; DEMCHAK, K.; SIDEMAN, R. Albion strawberry responds to mulch treatments and low tunnels covered with photoselective films, **HortScience**, v. 56, n. 9, p. 1005-1014, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2018.06.014>

PBMH e PIMo. **Programa brasileiro para a modernização da horticultura e produção integrada de morango. Normas de Classificação de Morango**. São Paulo: CEAGESP, 2009. 8p.

PRITTS, M. Nutrient management practices in perennial strawberry are informed by understanding the relationships among carbohydrate status nitrogen availability and soil compaction. **HortTechnology**, v. 25, n. 4, p. 447-451, 2015. <https://doi.org/10.21273/horttech.25.4.447>

R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. Vienna: R Foundation for Statistical Computing. 2019.

SAGLAM, M.; SINTIM, H. Y.; BARY, A. I.; MILES, C. A.; GHIMIRE, S.; INGLIS, D. A.; FLURY, M. Modeling the effect of biodegradable paper and plastic mulch on soil moisture dynamics. **Agricultural Water Management**, v. 193, p. 240-250, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2017.08.011>

SAMTANI, J. B.; ROM, C. R.; FRIEDRICH, H.; FENNIMORE, S. A.; FINN, C. E.; PETRAN, A.; BERGEFURD, B. The status and future of the strawberry industry in the United States. **HortTechnology**, v. 29, n. 1, p. 11-24, 2019. <https://doi.org/10.21273/HORTTECH04135-18>

SANTIN, A.; VILLA, F.; PAULUS, D.; SANTIN, J.; PIVA, A. L.; MEZZALIRA, E. J.; RITTER, G. Plastic soil covers in vegetative development, production and quality of strawberries. **Revista Ceres**, v. 67, n. 4, p. 272-280, 2020. <https://doi.org/10.1590/0034-737X202067040004>

SANTOS, F. L. V.; DELMOND, J. G.; VIDAL, V. M.; CUNHA, F. N.; TEIXEIRA, M. B.; SOARES, F. A. L.; COSTA, R. A. Dimensões de bulbo molhado em sistema de irrigação por gotejamento. **Water Resources and Irrigation Management**, v. 4, n. 1, p. 1-7, 2015. <https://doi.org/10.19149/2316-6886/wrim.v4n1-3p1-7>

SARIDAŞ, M. A.; KAPUR, B.; ÇELIKTOPUZ, E.; ŞAHINER, Y.; KARGI, S. P. Land productivity, irrigation water use efficiency and fruit quality under various plastic mulch colors and irrigation regimes of strawberry in the eastern Mediterranean region of Turkey. **Agricultural Water Management**, v. 245, p. 106568, 2021.

<https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106568>

SILVA, G. H.; CUNHA, F. F.; ANDRADE, L. M.; RODRIGUES, T. F.; FERREIRA, T. S.; FREITAS, A. R. J.; SOUZA, C. M. Biodegradable mulch of recycled paper reduces water consumption and crop coefficient of pak choi. **Scientia Horticulturae**, v. 267, p. 109315, 2020a. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109315>

SILVA, G. H.; CUNHA, F. F.; MORAIS, C. V.; FREITAS, A. R. J.; SILVA, D. J. H.; SOUZA, C. M. Tratamentos de cobertura do solo e porcentagens de área molhada no cultivo da abobrinha. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 44, e006720, 2020b.

<https://doi.org/10.1590/1413-7054202044006720>

TALENS J. A. M. **Riego localizado y fertirrigación**. 4ª ed. Madrid: Mundi-Prensa, 2009. 575 p.

TARJUELO, J. M.; DIAZ, J. A. R.; ABADÍA, R.; CAMACHO, E.; ROCAMORA, C.; MORENO, M. A. Efficient water and energy use in irrigation modernization: Lessons from Spanish case studies. **Agricultural Water Management**, v. 162, p. 67-77, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2015.08.009>

TEMOCICO, G.; STURZEANU, M.; ION, V.; CRISTEA, S. Evaluation of strawberry fruit quality for new selections and cultivars. **RomBiotechnolLett**, v. 24, n. 4, p. 742-748, 2019. <https://doi.org/10.25083/rbl/24.4/742.748>

TUNC, T.; SAHIN, U.; EVREN, S.; DASCI, E.; GUNEY, E.; ASLANTAS, R. The deficit irrigation productivity and economy in strawberry in the different drip irrigation practices in a high plain with semi-arid climate. **Scientia Horticulturae**, v. 245, p. 47-56, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.10.008>

WILLDEN, S. A.; COX, K. D.; PRITTS, M. P.; LOEB, G. M. A comparison of weed, pathogen and insect pests between low tunnel and open-field grown strawberries in New York. **Crop Protection**, v. 139, p. 105388, 2021.

<https://doi.org/10.1016/j.cropro.2020.105388>

WURZ, D. A.; DUBIELA, R. C.; NUNES, H. F. Socioeconomic profile of strawberry producers in Canoinhas city-Santa Catarina state. **Revista Científica Rural**, v. 21, n. 3, p. 13-27, 2019. <https://doi.org/10.30945/rcr-v21i3.2721>

XUE, J.; GUAN, H.; HUO, Z.; WANG, F.; HUANG, G.; BOLL, J. Water saving practices enhance regional efficiency of water consumption and water productivity in an arid agricultural area with shallow groundwater. **Agricultural Water Management**, v. 194, p. 78-89, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2017.09.003>

YANG, N.; SUN, Z. X.; FENG, L. S.; ZHENG, M. Z.; CHI, D. C.; MENG, W. Z.; HOU, Z. Y.; BAI, W.; LI, K. Y. Plastic film mulching for water-efficient agricultural applications and degradable films materials development research. **Materials and Manufacturing Processes**, v. 30, n. 2, p. 143-154, 2015.

<https://doi.org/10.1080/10426914.2014.930958>

CONCLUSÃO GERAL

A partir do diagnóstico, foi possível constatar algumas características dos produtores de morango. A maioria são agricultores familiares e proprietários de pequenas áreas, portanto, utilizam mão de obra familiar. Aqueles que não têm propriedade, arrendam, fazem parcerias ou trabalham como meeiros. A maioria diversifica morango com outras atividades. A metade dos produtores utiliza cultivo convencional no solo com túnel baixo, enquanto a outra parte trabalha com substrato em *slabs* ou calha. No plantio, predominou a cultivar San Andreas e, nas propriedades, são cultivadas entre 2.000 e 65.000 plantas. O sistema de irrigação por gotejamento é o único utilizado, sendo que a água é captada em rios, represas e poços. As principais dificuldades relatadas são mão de obra, doenças, pragas e falta de assistência técnica. Em sua grande maioria, os entrevistados comercializam toda a produção no Ceasa, porém, os menores produtores utilizam vários canais de comercialização. E para destinação dos plásticos pós consumo, alguns fazem queima, enviam para reciclagem ou reutilizam em outras culturas.

O uso de cobertura do solo proporcionou redução do consumo hídrico pelo morangueiro e suprimiu as plantas daninhas. Em relação ao papel reciclado, os resultados são positivos quando se pensa em solução de cobertura biodegradável para o solo, ou seja, apresentou equiparação ao polietileno no controle de planta daninha, quantidade de fruto, produtividade de fruto e da água.

Reduzir o perfil de molhamento no manejo de irrigação utilizando o sistema de gotejamento provoca redução no consumo hídrico, e, no geral, não altera a infestação por plantas daninhas e as características agronômicas do morangueiro.

Para a produção do morangueiro, recomenda-se o uso de papel reciclado como cobertura do solo e perfil de molhamento de 40%.

O índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) apresentou alta correlação com o Kc e, dessa forma, pode ser utilizado na estimativa dessa variável em cultivos de morangueiro.