

CRISTIANE NUNES DA CONCEIÇÃO

**INFLUÊNCIA DE COBERTURAS DO SOLO SOBRE A TEMPERATURA, A
ATIVIDADE MICROBIANA EDÁFICA E A PRODUÇÃO DE HORTALIÇAS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, para a obtenção do título de *Magister Scientiae*.

Orientador: Francisco Cláudio Lopes de Freitas

Coorientadores: Maurício Dutra Costa
Christiano da Conceição de Matos

**VIÇOSA - MINAS GERAIS
2021**

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

T

C744i
2021

Conceição, Cristiane Nunes da, 1996-

Influência de coberturas do solo sobre a temperatura, a
atividade microbiana edáfica e a produção de hortaliças /
Cristiane Nunes da Conceição. – Viçosa, MG, 2021.

1 dissertação eletrônica (75 f.): il. (algumas color.).

Inclui apêndice.

Orientador: Francisco Cláudio Lopes de Freitas. Dissertação
(mestrado) - Universidade Federal de Viçosa,
Departamento de Agronomia, 2021.

Inclui bibliografia.

DOI: <https://doi.org/10.47328/ufvbbt.2022.135>

Modo de acesso: World Wide Web.

1. Solos - Temperatura. 2. Atividades microbianas.
3. Filmes plásticos. 4. Resíduos de papel - Reaproveitamento. 5.
Allium fistulosum. 6. *Brassica oleracea* var. *capitata*. I. Freitas,
Francisco Cláudio Lopes de, 1968-. II. Universidade Federal de
Viçosa. Departamento de Agronomia. Programa de
Pós-Graduação em Fitotecnia. III. Título.

CDD 22. ed. 631.436

Bibliotecário(a) responsável: Renata de Fátima Alves CRB6/2578

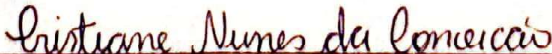
CRISTIANE NUNES DA CONCEIÇÃO

**INFLUÊNCIA DE COBERTURAS DO SOLO SOBRE A TEMPERATURA, A
ATIVIDADE MICROBIANA EDÁFICA E A PRODUÇÃO DE HORTALIÇAS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, para a obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 20 de dezembro de 2021.

Assentimento:


Cristiane Nunes da Conceição
Autora


Francisco Cláudio Lopes de Freitas
Orientador

*A Deus e à toda minha família,
em especial aos meus pais Josélia e Raimundo,
às minhas avós Floriza e Maria Antônia, e
aos meus irmãos, Gleiciane, Reigiane e Rafael.*

Dedico.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por sempre ter me dado força e me sustentado em todas os momentos da minha vida.

Aos meus pais, Josélia e Raimundo Nonato, por todo apoio, amor e cuidados dedicados a mim durante toda a minha vida.

Às minhas avós, Floriza e Maria Antônia, e ao meu avô Francisco por sempre me apoiarem em tudo.

Aos meus irmãos, Gleiciane, Reigiane e Rafael, e a todos os demais da minha família e amigos, por todo apoio, carinho e incentivo dedicados a mim em todos os momentos da minha vida.

Ao meu parceiro Manoel, por todo apoio, carinho, força e incentivo durante todos esses anos.

À Universidade Federal de Viçosa, ao Programa de Pós-graduação em Fitotecnia e ao Departamento de Agronomia, pelo apoio e oportunidade de cursar o mestrado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES), pela concessão da bolsa e apoio financeiro (Código de Financiamento 001)

Ao professor e orientador Francisco Cláudio Lopes de Freitas por toda orientação, paciência, atenção e compreensão durante esses anos de mestrado, o qual colaborou para meu amadurecimento e formação profissional.

Aos professores e coorientadores Maurício Dutra Costa e Christiano da Conceição de Matos, pela contribuição, paciência, dedicação e compreensão.

Aos amigos Maria Carolina, Sara, Wendel, Rodrigo Faria, Rodrigo Cabral, Saulo, Ranielli, Marina, Marcos, Hugo, Laís, Luís, Júlio, João, Argemiro e demais amigos e colegas, por todo apoio, acolhimento, amizade e ajuda na realização dos experimentos e por tornarem mais fácil minha convivência longe de casa e da família.

À Úrsula Zaidan, por toda ajuda e apoio na execução dos experimentos e por sua participação na minha banca de defesa.

Aos professores e a todo o grupo do Manejo Integrado de Plantas Daninhas, pela força, paciência e partilha de conhecimentos.

Aos funcionários da Horta Velha e do Vale da Agronomia por toda ajuda na execução das pesquisas em campo e pelo afeto.

Muito obrigada a todos!

“Tudo posso naquele que me fortalece”.

(Filipenses 4:13)

RESUMO

CONCEIÇÃO, Cristiane Nunes da, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, dezembro de 2021. **Influência de coberturas do solo sobre a temperatura, a atividade microbiana edáfica e a produção de hortaliças.** Orientador: Francisco Cláudio Lopes de Freitas. Coorientadores: Maurício Dutra Costa e Christiano da Conceição de Matos.

Esta pesquisa teve como objetivo avaliar o efeito das coberturas do solo sobre a temperatura do solo e atividade microbiana edáfica em cultivos de cebolinha (*Allium fistulosum*) e repolho (*Brassica oleracea var. capitata*). Foram avaliados cinco tratamentos: coberturas do solo com filme de polietileno preto, filme de polietileno branco e papel reciclado, solo sem cobertura com capinas e solo sem cobertura sem capinas no cultivo da cebolinha e repolho. O primeiro capítulo aborda o efeito das coberturas sobre a temperatura do solo e produtividade da cebolinha em dois experimentos realizados nos anos de 2018 e 2019. A cobertura do solo com filme de polietileno preto promoveu maiores índices de temperatura máxima diária nos dois experimentos, enquanto que maiores amplitudes térmicas foram constatadas no solo coberto com filme de polietileno preto e sem cobertura com capinas, na faixa dos 12 °C e 14°C, nos respectivos experimentos de 2018 e 2019. A cobertura do solo com papel reciclado e o tratamento sem cobertura sem capinas promoveram menor aquecimento e amplitude térmica do solo e o filme de polietileno branco apresentou valores intermediários para as respectivas características. As coberturas do solo com filme de polietileno preto, branco e papel reciclado foram eficientes no controle das plantas daninhas e proporcionaram produtividade superior ao solo sem cobertura com e sem capinas em ambos experimentos. O segundo capítulo aborda a influência do uso de diferentes coberturas do solo no cultivo da cebolinha e do repolho sobre a atividade microbiana do solo e o rendimento das culturas, em experimentos conduzidos no ano de 2018, em áreas próximas, com os mesmos tratamentos avaliados no primeiro capítulo. Foram avaliadas a taxa respiratória (C-CO₂), o carbono da biomassa microbiana (CBM), quociente metabólico (qCO₂), por meio do método respirométrico, com a medição de C-CO₂ evoluído do solo em sistema de fluxo contínuo. A taxa de evolução de C-CO₂ foi maior nos solos sem cobertura e sem capinas, em ambos os experimentos. Os maiores valores de qCO₂ nos cultivos da cebolinha e repolho foram observados no solo sem cobertura e com capinas e no solo com filme de polietileno preto, respectivamente. A cobertura do solo com filme de polietileno preto, branco e papel reciclado aumentou a produtividade de cebolinha, mas não influenciou o rendimento do repolho, quando comparado ao solo sem cobertura com capinas. Conclui-se que a cobertura do solo papel reciclado reduz as oscilações de temperatura do solo e tem a vantagem

de ser material biodegradável. As coberturas com papel reciclado e filme de polietileno branco causaram menores perturbações na atividade microbiana do solo em relação à cobertura com filme de polietileno preto e solo sem cobertura com capinas. As coberturas não influenciam a produtividade do repolho, mas aumentam a produtividade da cebolinha, especialmente o filme de polietileno branco e o papel reciclado. O filme de polietileno branco aumenta a produtividade da cebolinha.

Palavras-chave: Temperatura do solo. Atividade microbiana do solo. Filme de polietileno. papel reciclado. *Allium fistulosum*. *Brassica oleracea* var. *capitata*.

ABSTRACT

CONCEIÇÃO, Cristiane Nunes da, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, December 2021. **Influence of soil covers on temperature, edaphic microbial activity and vegetable production.** Advisor: Francisco Cláudio Lopes de Freitas. Co-advisors: Maurício Dutra Costa and Christiano da Conceição de Matos.

This research aimed to evaluate the effect of soil cover on soil temperature and edaphic microbial activity in chive (*Allium fistulosum*) and cabbage (*Brassica oleracea* var. *capitata*) crops. Five treatments were evaluated: soil cover with black polyethylene film, white polyethylene film and recycled paper, soil without cover with weeding and soil without cover without weeding in the cultivation of chives and cabbage. The first chapter discusses the effect of cover on soil temperature and chive yield in two experiments carried out in 2018 and 2019. Soil cover with black polyethylene film promoted higher rates of maximum daily temperature in both experiments, while higher thermal amplitudes were observed in the soil covered with black polyethylene film and without cover with weeds, in the range of 12 °C and 14°C, in the respective experiments of 2018 and 2019. Soil cover with recycled paper and treatment without weeding promoted lower heating and thermal amplitude of the soil and white polyethylene film showed intermediate values for the respective characteristics. Soil cover with black, white polyethylene film and recycled paper were efficient in weed control and provided superior productivity to soil without cover with and without weeding in both experiments. The second chapter discusses the influence of the use of different soil cover in the cultivation of chives and cabbage on soil microbial activity and crop yield, in experiments conducted in 2018, in nearby areas, with the same treatments evaluated in the first chapter. Respiratory rate (C-CO₂), microbial biomass carbon (MBC), metabolic quotient (qCO₂), using the respirometric method, were evaluated, with the measurement of c-CO₂ evolved from the soil in a continuous flow system. The rate of c-CO₂ evolution was higher in soils without cover and without weeding, in both experiments. The highest values of qCO₂ in chive and cabbage crops were observed in uncovered soil and with weeding and soil with black polyethylene film, respectively. Soil cover with black, white polyethylene film and recycled paper increased chive yield, but did not influence cabbage yield when compared to soil without weed cover. It is concluded that the cover of recycled paper soil reduces soil temperature fluctuations and has the advantage of being biodegradable material. The covers with recycled paper and white polyethylene film caused less disturbance in the microbial activity of the soil compared to the cover with black polyethylene film and soil without cover with weeding. The coatings do not influence cabbage

productivity, but increase the productivity of chives, especially white polyethylene film and recycled paper. 251 white polyethylene film increases chive productivity.

Keywords: Soil temperature. Microbial soil activity. Polyethylene film. Recycled paper.

Allium fistulosum. *Brassica oleracea* var. *capitata*.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL	12
2. REVISÃO DE LITERATURA	13
2.1. Aspectos gerais das hortaliças.....	13
2.2. Cultura da cebolinha.....	14
2.3. Cultura do repolho.....	15
2.4. Coberturas do solo.....	16
2.5. Temperatura do solo.....	19
2.6. Atividade microbiana do solo	20
REFERÊNCIAS	23
CAPÍTULO I:.....	31
RESUMO.....	31
ABSTRACT	32
1.1. INTRODUÇÃO	33
1.2. MATERIAL E MÉTODOS	34
1.2.1. Descrição da área dos experimentos	34
1.2.2. Delineamento experimental.....	35
1.2.3. Preparo do solo e adubação.....	35
1.2.4. Irrigação e plantio.....	36
1.2.5. Determinação da matéria seca das plantas daninhas	37
1.2.6. Determinação da produtividade da cultura.....	37
1.2.7. Monitoramento da temperatura do solo.....	37
1.2.8. Análise estatística.....	37
1.3. RESULTADOS.....	38
1.4. DISCUSSÃO.....	43
1.5. CONCLUSÕES.....	47
REFERÊNCIAS	47
CAPÍTULO II:.....	51
1. INTRODUÇÃO	53
2.2. MATERIAL E MÉTODOS	54
2.2.1. Descrição da área dos experimentos	54
2.2.2. Delineamento experimental.....	55
2.2.3. Preparo do solo e adubação.....	55
2.2.4. Irrigação e plantio.....	56
2.2.5. Monitoramento da temperatura do solo.....	57
2.2.6. Determinação da produtividade das culturas.....	57

2.2.7.	Determinação da matéria seca de plantas daninhas.....	57
2.2.8.	Análises da microbiota do solo	58
2.2.9.	Análise estatística.....	60
2.3.	RESULTADOS.....	60
2.3.1.	Experimento com o repolho	60
2.3.2.	Experimento com a cebolinha	63
2.4.	DISCUSSÃO.....	66
2.5.	CONCLUSÕES.....	69
	CONSIDERAÇÕES FINAIS	70
	REFERÊNCIAS	71
	APÊNDICE – Material Suplementar.....	75

1. INTRODUÇÃO GERAL

No Brasil são cultivadas mais de 50 espécies de hortaliças, as quais são classificadas em herbáceas, tuberosas e frutos (PUIATTI, 2019). Dentre as principais hortaliças herbáceas, têm-se a cebolinha (*Allium fistulosum*) e o repolho (*Brassica oleracea* var. *capitata*). A cebolinha é uma hortaliça folhosa muito consumida no Brasil, sendo o 73º produto mais comercializado no CEAGESP (CEAGESP, 2021), usada como condimento na culinária por apresentar aroma e sabor peculiares (SOUZA *et al.*, 2021). O repolho possui inúmeras utilizações na culinária e é importante fonte de nutrientes como cálcio e vitamina C, sendo uma das hortaliças mais consumidas no mundo (PERIN *et al.*, 2015; RODRIGUES *et al.*, 2019) e o 23º produto mais comercializado na CEAGESP em 2017 (CEAGESP, 2021).

Diversos são os desafios no cultivo de hortaliças, dentre os quais pode-se destacar o controle de plantas daninhas, especialmente em culturas com baixo suporte fitossanitário como a cebolinha, que não conta com nenhum herbicida registrado no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2021). Diante disso, o controle vem sendo realizado, normalmente, por meio de capinas manuais. Entretanto, este método é limitado em razão da grande demanda de mão de obra e do custo elevado (FREITAS, 2019). Outro desafio no cultivo de hortaliças é a otimização do uso da água na irrigação, a qual está cada vez mais escassa (PAZ *et al.*, 2002). Diante disso, torna-se necessário o desenvolvimento de novas práticas agrícolas que priorizem o uso eficiente da água e elevem a produtividade das lavouras (SILVA *et al.*, 2020).

Uma técnica comum para o controle de plantas daninhas e economia de água no cultivo de hortaliças é a cobertura do solo (*mulching*) com materiais orgânicos ou inorgânicos, sem incorporá-los ao solo (FAVARATO *et al.* 2020). Materiais sintéticos como o filme de polietileno são frequentemente utilizados em olerícolas como melão, melancia e morango (TEÓFILO *et al.*, 2012, COELHO *et al.*, 2013; RIBAS *et al.*, 2015; FREITAS, 2017). Entretanto, o filme de polietileno possui desvantagens como aquecimento do solo, o qual pode prejudicar o crescimento e produtividade das hortaliças, especialmente, sob condições climáticas com temperaturas elevadas (COELHO, 2013-; PAIVA, 2019; FREITAS *et al.*, 2021) e precisa ser retirado do campo após o cultivo, gerando custos para o produtor. Diante disso, têm-se buscado coberturas de solo com materiais biodegradáveis e nesta linha, diversos trabalhos têm mostrado que o papel tem apresentado resultados satisfatórios no controle de plantas daninhas e melhoria na eficiência do uso da água com as culturas da alface (FREITAS

et al., 2021), repolho (PAIVA, 2019), abobrinha (SILVA *et al.*, 2020) e cebolinha (MATIAS, 2021). Após a colheita, o papel pode ser incorporado ao solo (FREITAS *et al.*, 2021).

Embora as coberturas com filmes de polietileno apresentem grandes benefícios nos cultivos agrícolas, muitos estudos mostraram que estas podem promover o aumento da temperatura do solo (GASPARIM *et al.*, 2005; COELHO *et al.*, 2013; JOB *et al.*, 2016; MENESES *et al.*, 2016), podendo ser vantajoso em climas frios ou resultar em danos nas culturas, principalmente em climas quentes (MORENO e MORENO, 2008; BHATTACHARYA *et al.*, 2018), dependendo também da tolerância da cultura à elevadas temperaturas. Além disso, essa elevação da temperatura do solo proporcionada pelas coberturas pode afetar as atividades metabólicas dos microrganismos do solo (ONWUKA e MANG, 2018; OLIVEIRA e BORROZZINO, 2018).

Diante do exposto, esta pesquisa teve como objetivo avaliar o efeito das coberturas do solo sobre a temperatura do solo no cultivo da cebolinha e atividade microbiana no solo em cultivos de cebolinha e repolho.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Aspectos gerais das hortaliças

O termo hortaliça, comumente usado pela população, também é aceito e utilizado nos meios acadêmico e científico, contudo, as hortaliças também têm sido popularmente denominadas de “verduras” e “legumes” (PUIATTI, 2019). A Anvisa define hortaliças como “a planta herbácea da qual uma ou mais partes são utilizadas como alimento na sua forma natural” (ANVISA, 1978). Estas são classificadas em hortaliças herbáceas (alface, cebolinha, chicória, coentro, couve, mostarda, repolho, rúcula, salsa, etc.), tuberosas (batata-doce, beterraba, cenoura, nabo, rabanete, dentre outras) e frutos (abóboras, morango, pimentão, pimentas, jiló, berinjela, quiabo, feijão-vagem, ervilha, milho verde, melancia, melão, etc.) (PUIATTI, 2019).

As hortaliças apresentam geralmente ciclo curto, elevada necessidade de mão-de-obra e não requerem preparo prévio industrial para ser utilizado na alimentação humana (FILHO *et al.*, 2017). Geralmente são cultivadas em áreas menores que 20 ha, ainda que haja olericultores especializados que cultivam áreas acima de 200 ha/ano com apenas de uma determinada olerícola (PUIATTI, 2019). O ciclo de desenvolvimento varia de 30 a 360 dias, com a grande maioria das espécies tendo um ciclo ao redor de 90 dias (FILHO *et al.*, 2017). São culturas que

se adaptam à produção em pequenas áreas ou mesmo em sistema de consórcio com outras lavouras.

As hortaliças apresentam valor econômico, social e nutricional, uma vez que o cultivo dessas plantas produz alimentos e gera emprego e renda para muitas pessoas (PUIATTI, 2019). Além disso, compõem uma importante fonte de vitaminas, sais minerais e fibras alimentares, além de apresentarem baixo valor calórico (CARVALHO, SANTOS e CAMPOS, 2019).

Em virtude da maior consciência das pessoas dos benefícios de uma alimentação saudável, a demanda por hortaliças tem se expandido de forma significativa (TELLES, 2016). Ademais, o consumidor final vem indagando sobre as práticas agrícolas convencionais com relação à segurança ambiental e alimentar. Com isso, vem aumentando os desafios dos agricultores, que necessitam elevar a produtividade e simultaneamente possuir ferramentas de controle de pragas e doenças e plantas daninhas que não contaminem os recursos naturais, além de reduzir o consumo da água usada na irrigação, de modo a promover o crescimento do setor produtivo de forma sustentável (MONTEZANO e PEIL, 2006; FREITAS, 2017).

2.2. Cultura da cebolinha

A cebolinha tem seu centro de origem na Sibéria e pertence à família Alliaceae. Segundo Andrade (2011), esta família caracteriza-se por apresentar espécies bienais e geófitas, com ausência de caules ou com caules curtos e inchados e que o gênero *Allium* é o mais abundante desta família, contendo em torno de 55 espécies herbáceas que exibem órgãos subterrâneos de reserva, sendo estas morfológicamente semelhantes à cebola, porém menor e produz bulbos mais compridos e finos, onde se originam touceiras devido ao perfilhamento intenso.

A cebolinha é considerada perene, suas folhas são cilíndricas e fistulosas, com 30 cm a 50 cm de altura, possui coloração verde escura, aproximando-se para o verde azulado. Produz bulbo cônico pequeno, sendo este revestido por película rósea, possuindo perfilhamento e formação de touceira (MOTA, 2013).

É uma das hortaliças condimentares mais apreciadas na alimentação humana (CARDOSO e BERNI, 2012), conhecida também como “cheiro verde”, é utilizada na forma “in natura” ou processadas pelas indústrias alimentícias (MARCUIZZO e CARVALHO, 2018). Seu importante papel social, deve-se pelo fato de que esta pode ser produzida em pequenas áreas em cultivos domésticos na periferia dos grandes centros de consumo (GAMA; SOUZA; QUEVEDO, 2016). A planta é rica em ferro e em vitaminas A e C, é estimulante de apetite, é

auxiliar na digestão, ajuda no combate à gripe e nas doenças das vias respiratórias (HEREDIA ZÁRATE *et al.*, 2010).

A produção de cebolinha-comum é atividade predominantemente presente em propriedades de agricultura familiar com a finalidade de fornecer essa hortaliça para própria família ou comercialização do excedente agrícola (TELLES, 2016). Esta tem grande mercado consumidor no Brasil, sendo que sua comercialização ocorre em diversos lugares, tais como feiras locais e regionais, e até em estabelecimentos comerciais (SOUZA *et al.*, 2017). Apesar de ter seu centro de origem na Sibéria e suportar frios prolongados, há cultivares que toleram bem o calor, com poucas restrições relacionadas à época do ano (MOTA, 2013). Nesse contexto, a alta capacidade de adaptação da cebolinha aos diversos tipos de solos, climas possibilitam o cultivo dessa hortaliça em vários países, porém desenvolve-se melhor em temperaturas que variam entre 13°C a 24°C (SILVA *et al.*, 2017).

Embora se adapte melhor aos períodos do ano com temperaturas mais amenas o cultivo da cebolinha é realizado o ano todo, com a colheita ocorrendo a partir de 80 a 100 dias após a semeadura, dependendo da cultivar, da época e do sistema de plantio (GAMA; SOUZA; QUEVEDO, 2016). Quando utilizam mudas, a colheita é realizada a partir de 60 a 80 dias após o transplante. Faz-se a colheita quando as folhas mais velhas ainda se encontram verdes, podendo a planta ser arrancada ou ter as folhas cortadas. Esta última permite a realização de novas colheitas a cada 50 dias (GAMA; SOUZA; QUEVEDO, 2016). Aproveitando-se a rebrota para novos cortes, sobretudo quando são conduzidos em condições de clima ameno (HEREDIA ZÁRATE *et al.*, 2006).

2.3. Cultura do repolho

O repolho é uma das hortaliças utilizadas desde 2.000 a. C, pertencente à família Brassicaceae, é originária da Europa Mediterrânea e da Ásia Menor, consistindo na mesma espécie da couve-brócolis, couve-flor, couve-de-folhas, couve-de-bruxelas e couve-rábano (SILVA, 2017; CIMÓ *et al.*, 2017). É uma espécie bienal, herbácea com folhas arredondadas e cerosas, formando o que é designado como cabeça compacta (SANTOS *et al.*, 2016; CIMÓ *et al.*, 2017). A cabeça podendo pesar entre 0,5 kg a 3,5 kg, podendo apresentar forma redonda, achatada ou pontuda (FILGUEIRA, 2008).

Sua propagação é por meio de sementes, que são semeadas em bandejas para produção de mudas (CIMÓ *et al.*, 2017). A colheita ocorre a partir dos 80 dias, quando as cabeças

encontram-se compactas, com as folhas que cobrem a cabeça exibindo os bordos voltados para trás (SILVA, 2017).

É uma hortaliça que exige temperaturas amenas ou frias, exibindo notável tolerância a geadas (SILVA, 2017), possui melhor desenvolvimento vegetativo em temperaturas entre 15-20°C (CARVALHO *et al.*, 2020). Entretanto, o desenvolvimento de cultivares adaptadas a altas temperaturas, expandiu-se para o ano todo (ALVES *et al.*, 2021).

O repolho é uma cultura exigente em fertilidade do solo e que possui como propriedade elevada produção de biomassa em curto período de tempo (SANTOS, SOBRINHO e CARMO, 2021), com produtividade em torno de 68 t/ha⁻¹ (PAIVA, 2019). O repolho é altamente exigente em boro, a deficiência deste micronutriente ocasiona problemas como talos ocos, tonalidade escura na parte central do caule, produção de cabeças pequenas e com pouca compactação (ALVES *et al.*, 2021).

Na produção de repolho, é recomendado o cultivo em solos ricos em matéria orgânica, de textura média, soltos e profundos e com pH entre 5,5 a 6,8 (SANTOS, SOBRINHO e CARMO, 2021; SILVA, 2017).

2.4. Coberturas do solo

A cobertura do solo é o método ou técnica de cobrir o solo para possibilitar condições mais favoráveis para crescimento, desenvolvimento e produção de plantas de forma eficiente (JOB *et al.*, 2016).

É prática presente nos sistemas de produção agrícola em todo o mundo e proporciona algumas vantagens importantes como controle de plantas daninhas, conservação de umidade e matéria orgânica, aumento do rendimento e da qualidade da cultura (MILES *et al.*, 2017; TOMAR *et al.*, 2020). Além disso, pode alterar o ambiente de crescimento e a produção das culturas em diferentes condições climáticas (GAO *et al.*, 2019), protegem os vegetais dos respingos de chuva (SINTIM e FLURY, 2017) e do contato direto com o solo.

Dentre os materiais utilizados como coberturas do solo, destaca-se o uso do filme de polietileno (plástico), cujo início do uso se deu por volta da década de 1950 (BHATTACHARYA *et al.*, 2018) e que vem crescendo enormemente, especialmente na China, onde se concentra mais da metade da área com cobertura de plástico no mundo (HAAPALA *et al.*, 2014). No Brasil, é amplamente utilizado no cultivo do meloeiro na região Nordeste (TEÓFILO *et al.*, 2012).

Nos últimos dez anos, a utilização de plástico na produção de hortaliças aumentou intensamente, apesar do número de fabricantes de plásticos agrícolas ter reduzido de 40% no mesmo período (BHATTACHARYA *et al.*, 2018).

Segundo Haapala *et al.* (2014), os filmes de polietileno apresentam alta resistência, elasticidade, flexibilidade e resistência contra produtos químicos e biodegradação. Entretanto, o fato de não ser biodegradável representa também problema, pois após a colheita o filme precisa ser retirado do campo, representando custo adicional para o produtor (KYRIKOU, 2007).

O uso de polietileno para cobertura do solo é prática bastante corriqueira para culturas hortícolas, devido à sua alta permeabilidade à radiação de ondas longas, o que pode elevar a temperatura ao redor das plantas durante a noite (JOB *et al.*, 2016). O polietileno preto é o mais utilizado em função das excelentes propriedades e baixo custo (MORENO e MORENO, 2008; JOB *et al.*, 2016). Entretanto, em condições de temperaturas elevadas, têm se observado aumento do uso do filme na cor branca em substituição ao preto. Sob condições de elevadas temperaturas alguns estudos mostram efeitos negativos do uso do polietileno preto na microbiota do solo, como ocorrido no estudo de Cunha *et al.* (2014) com a cultura do pimentão e na produtividade do pimentão, alface e repolho, observados nos estudos de Coelho *et al.*, (2013), Freitas (2017) e Paiva (2019), respectivamente. Entretanto, resultados positivos foram observados por Yuri *et al.*, (2012), Lambert *et al.* (2017) e Paiva (2019) quando se utilizou estas mesmas coberturas em condições amenas de temperatura, nas culturas do morango, melancia e repolho, respectivamente.

Uma alternativa sustentável para cobertura do solo, com material biodegradável é o papel, podendo este ser obtido por meio de reciclagem. O uso de papel reciclado como cobertura do solo vem se destacando nos últimos anos, principalmente no cultivo de hortaliças. Diferentes tipos de materiais têm sido usados, sendo o papel kraft o mais comumente usado, da forma como está ou como matéria-prima para produtos para outros papéis (HAAPALA *et al.* 2014). Além desse, outros tipos de papéis como o semi-kraft, reciclados, papel para jornal e palha de cana-de-açúcar também vêm sendo utilizado (FREITAS, 2017).

Segundo HAAPALA *et al.* (2014), na maior parte dos casos, o papel é elaborado comprimindo fibras úmidas provenientes da madeira, seguido de secagem. Neste caso, as fibras são unidas por ligações de hidrogênio, onde o comprimento e o diâmetro das fibras de produção de papel provenientes da madeira são por volta de 1,0–3,0 mm e 0,009–0,030 mm, respectivamente. Os autores afirmam ainda que, as fibras provenientes da madeira são

biodegradáveis, possibilitando a lavagem do papel usado no solo, além disso, o papel é menos elástico quando comparado com os filmes de polietileno. O uso desse material tem se mostrado eficiente no controle de plantas daninhas, e na melhoria da eficiência do uso da água no cultivo de hortaliças (FREITAS *et al.*, 2021; PAIVA, 2019; MATIAS, 2021) e em condições de temperaturas elevadas tem se mostrado mais eficiente que o filme de polietileno (FREITAS *et al.*, 2021; PAIVA, 2019) devido ao menor aquecimento do solo.

As coberturas do solo são capazes de interferir na transferência de luz e água entre o solo e a atmosfera (ROSENBERG, 1974; GASPARIN *et al.* 2005), possibilitando o controle de plantas daninhas, redução da evaporação da água do solo, economia de água de irrigação e redução do custo de produção (SAMPAIO e ARAÚJO, 2001; CARVALHO NETO; PANDOLFI; OLIVEIRA, 2015). Estas também podem reduzir a lixiviação de adubos, interferir diretamente sobre a ocorrência de pragas e doenças, além de aumentar a precocidade da colheita (CÂMARA *et al.* 2007).

Muitos estudos comprovaram a eficiência dessas coberturas na supressão de plantas daninhas. Dentre estes, Shogren e Hochmuth (2004), que observaram a eficiência do papel reciclado no controle das plantas daninhas, sobretudo da *Cyperus rotundus* (tiririca). De forma semelhante aos resultados observados por Silva *et al.* (2020), que observaram o controle de 95% das plantas daninhas no cultivo da abobrinha proporcionado pelas coberturas de filme de polietileno. No estudo de Freitas *et al.* (2021), a densidade e acúmulo de matéria seca de plantas daninhas foi 98% menor com as coberturas de filme de polietileno e papel reciclado em relação ao solo descoberto e aos tratamentos sem coberturas com capinas e sem capinas.

Existem também diversos estudos que comprovam a economia de água em cultivos variados pelo uso dessas coberturas de solo. Nos trabalhos de Freitas (2017), Paiva (2019), Matias (2021) e Oliveira *et al.* (2020) foram observados observaram redução do consumo de água nas culturas da alface, repolho, cebolinha e abobrinha, respectivamente, quando utilizaram a cobertura de papel reciclado.

As coberturas podem influenciar no microclima em torno da planta, que por sua vez, afetam a temperatura do solo, dependendo da cor e do tipo de material utilizado, como ocorre com a cobertura de filme de polietileno preto (JOB *et al.*, 2016). Assim, a cobertura de coloração preta absorve e transmite mais radiação de ondas curtas, o que resulta no aumento da temperatura do solo próximo à superfície (JOB *et al.*, 2016), aumento de cerca de 7 °C (COELHO *et al.*, 2013). Desse modo, pode ser uma alternativa para locais ou épocas do ano com temperaturas mais amenas ou para espécies vegetais tolerantes a altas temperaturas

(SILVA *et al.* 2018). Estes autores afirmam que as coberturas com cores mais claras são mais adequadas para locais ou épocas com temperaturas elevadas, assim como para culturas sensíveis à elevadas temperaturas.

2.5. Temperatura do solo

Além de funcionar como barreira física para a emergência de plantas daninhas e perda de água por evaporação, as coberturas também influenciam na temperatura do solo e, conseqüentemente, no crescimento das plantas e na atividade microbiana. De acordo com Jones *et al.* (2021), as coberturas podem promover um aquecimento mais rápido ou lento do solo dependendo das suas características de absorvidade, refletividade e transmissividade. Além disso, também depende do tipo de cobertura e da cor (KADER *et al.* 2017).

A temperatura desempenha papel importante sobre os organismos vivos, podendo favorecer ou limitar o crescimento destes (PUIATTI, 2019). A cobertura de papel reduziu o aquecimento do solo em 7,2% comparado ao filme de polietileno (TOFANELLI e WORTMAN, 2020). Na cultura da cebola, a cobertura com filme de polietileno preto aumentou o aquecimento do solo em 1,2 °C e 1,7 °C nas profundidades de 5 cm e 10 cm, respectivamente em relação ao solo sem cobertura (JOB *et al.* 2016). Em dias quentes, a elevada temperatura do solo acelera a evaporação na superfície do solo e diminui a umidade do solo, resultando em impacto negativo no crescimento e desenvolvimento da cultura sensível (KADER *et al.* 2017). Dessa forma, é mais vantajoso a utilização de coberturas do solo, principalmente do filme de polietileno em épocas com condições climáticas mais amenas.

O uso da cobertura do solo com filme de polietileno em condições de temperaturas amenas pode aumentar a produção das culturas em função do aumento da temperatura do solo (ARAUJO, 2011), uma vez que influencia na absorção de água e nutrientes pelas raízes das plantas (ARAUJO, 2011; BEZERRA *et al.*, 2016; ONWUKA e MANG, 2018). Este aumento na produção com o uso do filme de polietileno foi observado por vários autores, como Rodrigues *et al.*, (2009), Ferreira *et al.*, (2014), Haapala *et al.*, (2015), Meneses *et al.*, (2016), Farias *et al.*, (2017), Paiva (2019), Gastl Filho *et al.* (2020) e Felito (2020). Neste caso, as coberturas com polietileno promovem melhoria na agregação do solo e conseqüentemente podem possibilitar o aumento da atividade microbiana devido ao microambiente mais favorável ao crescimento das raízes (SILVA *et al.* 2018).

Entretanto, em condições de temperaturas elevadas, o aquecimento do solo promovido por materiais como filme de polietileno pode resultar na diminuição do crescimento e

produtividade em pimentão (COELHO *et al.*, 2013; (CUNHA *et al.*, 2014) e alface (FREITAS *et al.* 2021). Em cultivo de repolho em condições de temperaturas amenas (transplante no outono), as coberturas com filme de polietileno preto, branco e papel reciclado tiveram produção equivalente ao solo sem cobertura com capinas. Entretanto, quando o cultivo foi realizado no período do verão, a elevação da temperatura do solo pelas coberturas com filme de polietileno preto e branco resultou em redução no estande final e menor crescimento das plantas, com consequente perda de produtividade em relação ao solo sem cobertura com capinas e coberto com papel reciclado, que foi a cobertura com menor índice de aquecimento e amplitude térmica do solo nos dois ciclos (PAIVA, 2019). Assim, o papel é uma excelente alternativa ao filme de polietileno para utilização em cultivos sob condições de elevada temperatura, pois além de possibilitar a redução do aquecimento do solo, de até 8,2 °C em relação ao filme de polietileno preto (FREITAS *et al.* 2021), é material biodegradável.

2.6. Atividade microbiana do solo

O solo constitui-se de sistema muito complexo, abrangendo grande número de pequenos ambientes com gradientes físicos e químicos e condições ambientais distintos (CHU, 2018). Neste sistema, os microrganismos, como constituintes da parte mais ativa do solo, possuem função crucial na transformação e armazenamento de muitos nutrientes, através da decomposição da matéria orgânica e mineral e liberação desses nutrientes, além de produzir determinados metabólitos secundários que podem estimular o crescimento e desenvolvimento das plantas (CHU, 2018). Além disso, podem atuar na degradação de poluentes e manutenção da estrutura do solo (ZHU *et al.*, 2018).

O manejo do solo e das culturas tem importante função na conservação e melhoria da qualidade do solo, bem como influência direta na sua estrutura e, conseqüentemente, no habitat dos microrganismos (GONÇALVES, et al. 2019). Assim, o manejo intensivo do solo pode vir a afetar a comunidade microbiana na camada superficial do solo, pois ao revolver o solo de forma intensiva, os microrganismos ficam mais expostos a mudanças de temperaturas e umidade, por resultado, são afetados diretamente.

Os microrganismos do solo têm o comportamento influenciado pelos distintos sistemas de usos da terra (ANJOS *et al.*, 2017). Por serem sensíveis aos parâmetros do solo, respondem rapidamente aos impactos de diferentes tipos de sistemas de produção, determinando quais espécies estão presentes em uma determinada comunidade, permitindo, desta forma, a sua utilização como componente ativo na avaliação da qualidade do solo (DANTAS *et al.*, 2021).

Na avaliação dos efeitos do manejo do solo e das culturas na atividade dos microrganismos, o uso de indicadores capazes de mostrar nitidamente as características do impacto desses sobre o solo, é essencial (ARAÚJO *et al.* 2012). São utilizados os indicadores físicos, químicos e os biológicos para o monitoramento da qualidade dos solos. Normalmente, têm sido utilizados e recomendados como indicadores físicos básicos a textura, densidade do solo, espessura, porosidade, resistência à penetração, condutividade hidráulica, estabilidade de agregados e a capacidade de retenção de água (ARAÚJO *et al.* 2012). A espessura superficial tem sido a mais recomendada, em razão da maior ocorrência de atividade dos microrganismos. Os indicadores químicos geralmente estão relacionados com a acidez o solo, o teor de matéria orgânica, elementos fitotóxicos, teor de nutrientes e algumas relacionadas com a saturação de bases (V%) e de alumínio (m) (ARAÚJO *et al.* 2012).

O uso dos microrganismos como indicadores biológicos dessa qualidade tem sido bastante empregado (SANTOS *et al.*, 2020). Estes estão fortemente relacionados ao funcionamento do solo, proporcionando inter-relação com os componentes físicos e químicos (DANTAS *et al.*, 2021). Dentre estes, o carbono da biomassa microbiana (BMS), o quociente metabólico microbiano (MMQ) e a respiração basal do solo tem sido indicados para entender sobre os efeitos negativos de práticas de manejo do solo (SANTOS *et al.*, 2020; ARAÚJO *et al.*, 2019; DANTAS *et al.*, 2021).

A biomassa microbiana do solo, componente fundamental da matéria orgânica e parte mais ativa do solo, é utilizada como um importante indicador de alterações na qualidade solo (MARTINS *et al.*, 2018). Já, o quociente metabólico microbiano, que refe-se a respiração microbiana por unidade de biomassa, fator crucial no controle da respiração heterotrófica, o maior fluxo de carbono em solos (XU *et al.*, 2017).

Outro indicador importante é a mensuração da respiração do solo pode ser realizada sob condições naturais ou sob condições controladas, em campo e laboratório, respectivamente (GAMA-RODRIGUES e GAMA-RODRIGUES, 2008). A respiração basal do solo é a produção de CO² resultante da atividade metabólica no solo de microrganismos, macrorganismos, nematoides, insetos e de raízes vivas (TÓTOLA e CHAER, 2000; DANTAS *et al.*, 2021),

A respiração do solo revela a ocorrência de alterações nas condições ambientais que podem vir afetar a atividade microbiana, uma vez que é um indicador sensível (DANTAS *et al.*, 2021). Segundo Gama-Rodrigues e Gama-Rodrigues (2008), no campo, a determinação da respiração do solo tem sido para analisar a atividade da biomassa do solo.

As células microbianas têm atividade governada pelas leis da termodinâmica (MOREIRA e SIQUEIRA, 2006). Assim, as condições impostas pelos sistemas de manejo convencional e conservacionista alteram largamente o metabolismo microbiano do solo, uma vez que estes sistemas, modificam parâmetros do solo, tais como: temperatura, tipo de substrato orgânico (matéria orgânica), potencial redox, umidade e pH (CARDOSO e ANDREOTE, 2016).

Em condições sob temperaturas muito frias ou muito quentes, podem levar os microrganismos a incapacidade de crescer, ou até mesmo morrer, uma vez que as temperaturas mínima e máxima que permitem o crescimento variam largamente entre os diferentes microrganismos. Moreno *et al.* (2016) observaram efeito negativo do filme de polietileno preto sobre a atividade da desidrogenase do solo (DHA) na cultura da pimenta, sobretudo em consequência da elevação da temperatura sob a cobertura e a diminuição do intercâmbio de gases entre o solo e a atmosfera. De forma semelhante, Moreno e Moreno (2008), notaram menores valores de C da biomassa microbiana do solo e mineralização da matéria orgânica do solo quando se utilizou as coberturas de filmes de polietileno. Cunha *et al.*, (2014) também observaram que a elevação da temperatura do solo proporcionada pelo filme de polietileno desfavoreceu a comunidade microbiana.

Todavia, há comprometimento desses parâmetros usados como indicadores de qualidade do solo, em razão que a abundância e atividade dos microrganismos que são muito suscetíveis às alterações sazonais, especialmente temperatura e umidade (ZILLI *et al.* 2003). Segundo Zilli *et al.* (2003), a biomassa microbiana fornece somente a quantidade estimada da diversidade de microrganismos, sem considerar sua composição, ou a estrutura das comunidades microbianas, dessa forma, é preciso acrescentar ao conhecimento da biomassa microbiana informações sobre seus aspectos qualitativos, de modo a permitir a avaliação mais apropriada da qualidade de um solo.

A resposta da comunidade microbiana do solo aos diversos estresses ambientais é de interesse atual em razão ao papel crucial na ciclagem de nutrientes, renovação da matéria orgânica do solo e manutenção da produtividade das plantas (CHOWDHURY *et al.* 2011). Diante disso, o estudo dos efeitos dos impactos causados pelo manejo intensivo do solo nos microrganismos e a busca por práticas mais conservacionistas desses solos cultivados torna-se crucial, levando em consideração ao cenário atual da produção agrícola.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). Comissão Nacional de Normas e Padrões para Alimentos (CNNA). **RESOLUÇÃO Nº 12, DE 1978**. Disponível em: <vsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/cnnpa/1978/res0012_30_03_1978.html Acesso em 20/02/2022.
- ALVES, A. U., ANJOS NETO, J. G., CARDOSO, E. de A.; GOMES, M. C. Produção de repolho sob influência de boro. **Nativa**, v.9, n.2, 142-146, 2021.
- ANDRADE, J. W.; FARIAS JÚNIOR, M.; SOUZA, M. A.; ROCHA, A. C. Utilização de diferentes filmes plásticos como cobertura de abrigos para cultivo protegido. **Acta Sci., Agron. (Online)**, v.33, n.3, p. 437-443, 2011.
- ANJOS, R. M. dos, de ARAUJO, Q. R., de OLIVEIRA, S. J. R., GROSS, E. Atividade microbiana em diferentes condições de solo e sistemas de cultivo do cacauzeiro. **Agrotrópica**, v.29, n.3, p. 203 – 212, 2017.
- ARAUJO, A. P. **Produção, qualidade e efeitos microclimáticos no cultivo de tomate industrial em diferentes coberturas do solo no município de Baraúna, RN**. 2011. 100 f. Tese (Doutorado em Agronomia: Fitotecnia) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró-RN, 2011.
- ARAÚJO, E. A., KER, J. C., NEVES, J. C. L., & LANI, J. L. Qualidade do solo: conceitos, indicadores e avaliação. **Applied Research & Agrotechnology**, v. 5, n. 1, p. 187-206, 2012.
- ARAUJO, T. dos S.; GALLO, A. S., ARAUJO, F. dos S., SANTOS, L. C., GUIMARÃES, N. de F., SILVA, R. F. Biomassa e atividade microbiana em solo cultivado com milho consorciado com leguminosas de cobertura. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 42, n. 2, p. 347-357, 2019.
- BEZERRA, A. C.; MONTENEGRO, A. A. de A., PANDORF, H. SILVA, J. R. L. da.; ANDRADE, C. W. L.; SILVA, W. P. da. Variabilidade espaço temporal da temperatura do solo sob diferentes coberturas no semiárido pernambucano. **Water Resources and Irrigation Management**, v.5, n.3, p.75-85,2016.
- BHATTACHARYA, S.; DAS, S.; SAHA, T. Application of plasticulture in horticulture: A review. **The Pharma Innovation Journal**, v. 7, p. 584-585, 2018.
- CÂMARA, M. J. T.; NEGREIROS, M. Z; MEDEIROS, J. F.; BEZERRA NETO F.; BARROS JÚNIOR, A. P. Produção e qualidade de melão amarelo influenciado por coberturas do solo e lâminas de irrigação no período chuvoso. **Ciência Rural**, v.37, p. 58-63,2007.
- CARDOSO, E. J. B. N.; ANDREOTE, F. D. **Microbiologia do solo** [recurso eletrônico]. 2 ed. Piracicaba: ESALQ, 2016. 221p.
- CARDOSO, M. O.; BERNI, R. F. Índices agrônômicos na cebolinha com doses de sulfato de amônio. **Horticultura Brasileira**, v.30, p. 2375-2382, 2012.

CARVALHO NETO, A. B.de; PANDOLFI, M. A.; OLIVEIRA, R. C. de. Sustentabilidade na agricultura familiar com o uso da tecnologia do *mulching* em Taquaritinga – SP. In: III SIMTEC – Simpósio de Tecnologia da FATEC Taquaritinga. **ANAIS**: ISSN: 2526-1967, v.3, n.1. 11 p. 2015. Disponível em: <www.fatectq.edu.br/SIMTEC> Acesso em: 26/03/2021.

CARVALHO, J. F., JESUS, C. G., ALMEIDA, G. L. P., ABELARDO, A. D. A., SILVA, Ê. F. D. F. Utilização de diferentes métodos para determinação do balanço hídrico da cultura do repolho no semi-árido de Pernambuco. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v.3, n.4, p.2811-2018, 2020.

CARVALHO, L. F.; SANTOS, G. M.; CAMPOS, C. de M. F. Qualidade microbiológica da cebolinha (*Allium schoenoprasum* L.) produzida em hortas comunitárias de Teresina-PI. **Archives of Health Investigation**, v. 8, n. 6, 2019.

CHOWDHURY, N.; MARSCHNER, P.; BURNS, R.. Response of microbial activity and community structure to decreasing soil osmotic and matric potential. **Plant and Soil**, v. 344, n. 1, p. 241-254, 2011.

CHU, D.. Effects of heavy metals on soil microbial community. In: **IOP Conference Series: Earth and environmental science**. IOP Publishing, 2018. p. 012009.

CIMÓ, L., CANDIAN, J. S., COLOMBARI, L. F., REDIGOLO, M. V. N., CARDOSO, A. I. I. Doses de fósforo na fertirrigação de mudas em substrato a base de fibra de coco e influência na produção do repolho. **Irriga**, v.22, n.1, p.34-43,2017

COELHO, M.E.H.; FREITAS, F.C.L.; CUNHA, J.L.X.L.; MEDEIROS, J.F.; SILVA, M.G.O. Production and efficiency of water usage in capsicum crops under no-tillage and conventional planting systems. **Revista Ciência Agronômica**, v.44, p.741-749, 2013.

COMPANHIA DE ENTREPÓSITOS E ARMAZÉNS GERAIS DE SÃO PAULO (CEAGESP). Disponível em: <<http://www.ceagesp.gov.br/guia-ceagesp/cebolinha/>>. Acesso em 24/05/2021.

CUNHA, J.L.X.L.; FREITAS, F.C.L.; COELHO, M.E.H.; SILVA, M.G.O.; SILVA, K. S.; NASCIMENTO, P.G.M.L. Fitossociologia de plantas daninhas na cultura do pimentão nos sistemas de plantio direto e convencional. **Agroambiente**, v.8, p.119-126, 2014.

DANTAS, J. O., PERIN, L., de A.; A. R., BARROS, C. C., FARIAS, F.J., MENEZES, B. F., ... ALVES, A. E. O. Artrópodes e microbiota do solo em sistema agroecológico de produção no semiárido nordestino, Simão Dias, Sergipe. **Agroecologia: métodos e técnicas para uma agricultura sustentável**, v.2, 2021. Disponível em: <<https://www.editoracientifica.org/articles/code/201202534>> Acesso em: 04/08/2021.

FARIAS, D. B. S.; LUCAS, A. A. T.; MOREIRA, M. A.; ANDRADE NASCIMENTO, L. F.; SÁ FILHO, J. C. F. Cobertura do solo e adubação orgânica na produção de alface. **Revista de Ciências Agrárias Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v. 60, n. 2, p. 173-176, 2017.

FAVARATO, L. F.; EUTRÓPIO, F. J.; MENDES, L.; GUARÇONI, R. C. Coberturas de solo com diferentes orifícios no desempenho da alface. **Revista de Ciências Agroambientais**, v. 18, n. 1, p. 1-7, 2020.

FELITO, R. AD. **Uso do mulching e sistema de plantio direto no cultivo orgânico de plantas condimentares**. 67p. 2020. Tese (doutorado)-Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrônomicas, Botucatu. 2020.

FERREIRA, R. L. F.; ALVES², A. S. S. C. AÚJO NETO, S. E.; KUSDRA, J. F.; REZENDE, M. I. F. L. Produção orgânica de alface em diferentes épocas de cultivo e sistemas de preparo e cobertura de solo. **Bioscience Journal**, v. 30, n. 4, 2014.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo Manual de Olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. Viçosa: Editora UFV, 2008. 421p.

FILHO, E. G.; NAKATANI, J. K.; PINTO, M. J. A.; NEVES, M. F.; CASERTA, P. G.; KALAKI, R. B.; GERBASI, T. **Mapeamento e quantificação da cadeia produtiva das hortaliças**. Brasília, DF, 80 p. 2017.

FREITAS, A. R. J. **Potencial do papel no cultivo da alface visando controle de plantas daninhas, temperatura e perda de água**. 2017. 55 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, UFV. Viçosa. 2017.

FREITAS, A.R.J; FREITAS, F.C.L; SOUZA, C.M.; DELAZARI, F.T.;BORGES, F.J.G.; ZANÚNCIO, J. C. Biodegradable mulch controls weeds and increases water use efficiency in lettuce crops. **Horticultura Brasileira**, n.39, v.3, p.000-000, 2021.

GAMA, G.O.; SOUZA, T. C.; QUEVEDO, L.F. Avaliação do desenvolvimento de mudas de cebolinha produzidas em três tipos de substratos comerciais na região de DOURADOS- MS. **Revista Eletrônica da Faculdade de Ciências Exatas e da Terra Produção/construção e tecnologia**, v. 5, n. 8, 2016.

GAMA-RODRIGUES, E. F. e GAMA-RODRIGUES, A. C. Biomassa Microbiana e Ciclagem de Nutrientes. **Fundamentos da Matéria Orgânica do Sol**, 2ª Ed. 2008. Disponível em: <<https://www.researchgate.net/publication/290190496>> Acesso em 21/01/2019.

GASPARIM, E.; RICIARI, R.P; SILVA, S. de L.; DALLACORT, R.; GNOATTO, E. Temperatura no perfil do solo utilizando duas densidades de cobertura e solo nu. **Acta Scientiarum, Agronomy**, v. 27, n. 1, p. 107-115, 2005.

GASTL FILHO, J.; RESENDE, M. A.; FERREIRA, I.; MARTINS, I. S.; PIVA, H. T. DESEMPENHO AGRONÔMICO DE ALFACE ORGÂNICA EM FUNÇÃO DA COBERTURA DO SOLO. **Revista Agroecossistemas**, v. 12, n. 2, p. 51-68, 2020.

GONÇALVES, V. A., MELO, C. A. D., DE ASSIS, I. R., FERREIRA, L. R., & SARAIVA, D. T. Biomassa e atividade microbiana de solo sob diferentes sistemas de plantio e sucessões de culturas. **Revista de Ciências Agrárias Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v. 62, 2019.

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.

HAAPALA, T.; PALONEN, P.; TAMMINEN. A.; AHOKAS, J. Effects of different paper mulches on soil temperature and yield of cucumber (*Cucumis sativus* L.) in the temperate zone. **Agricultural and food Science**, v.24, p. 52–58, 2015.

- HEREDIA ZÁRATE, N. A. VIEIRA, M. do C., GRACIANO, J. D., GASSI, R. P., ONO, F. B., AMADORI, A. H. Produção de cebolinha, solteira e consorciada com rúcula, com e sem cobertura do solo com cama-de-frango. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 27, n. 4, p. 505-514, 2006.
- HEREDIA ZÁRATE, N. A.; MATTE, L. C.; VIERA, M. C.; GRACIANO, J. D.; HEID, D. M.; HELMICH, M. Amontoas e cobertura do solo com cama-de-frango na produção de cebolinha, com duas colheitas. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v.32, n.3, p.449-454, 2010.
- JOB, M., BHAKAR, S. R., SINGH, P. K., TIWARI, G. S., SHARMA, R. K., LAKHAWAT, S. S., SHARMA, D. Evaluation of plastic mulch for changes in mechanical properties during onion cultivation. **Int. J. Sci. Env. Tech**, v. 5, p. 575-584, 2016.
- JONES, H., BLACK, T. A., JASSAL, R. S., NESIC, Z., JOHNSON, M. S., & SMUKLER, S. Characterization of shortwave and longwave properties of several plastic film mulches and their impact on the surface energy balance and soil temperature. **Solar Energy**, v. 214, p. 457-470, 2021.
- KADER, M. A., SENGE, M., MOJID, M. A., ITO, K. Recent advances in mulching materials and methods for modifying soil environment. **Soil and Tillage Research**, v. 168, p. 155-166, 2017.
- KYRIKOU, I. Biodegradation of agricultural plastic films: A critical review. **Journal of Polymers and the Environment**, v.15, n.1, p.125-150, 2007.
- LAMBERT, R. A.; BARRO, L. S.; CARMO, K. S. G.; OLIVEIRA, A. M. S. BORGES, A. A. Mulching é uma opção para o aumento de produtividade da melancia. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia-MS, v. 4, n. 1, p. 53-57, jan./mar. 2017.
- MAPA, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. . AGROFIT. Disponível em : <https://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons> Acesso em 23 de junho de 2021.
- MARCUZZO, L. L.; CARVALHO, J. Avaliação de formulados biológicos no crescimento e manejo da raiz rosada em cebolinha-verde. **Summa Phytopathol.**, v. 44, n. 1, p. 88-89, 2018.
- MARTINS, J. L. *et al.* Soil Microbial Attributes Under Agroforestry Systems in the Cerrado of Minas Gerais. **Revista Floresta e Ambiente**. V. 25, n.1, 2018.
- MATIAS, S. R. S. **Uso de cobertura do solo no cultivo da cebolinha-comum para o controle de plantas daninhas e eficiência no uso água**. 2021. 41 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, UFV. Viçosa. 2021.
- MENESES, N. B.; MOREIRA, M. A.; SOUZA, I. M. de; BIANCHINI, F. G. Crescimento e produtividade de alface sob diferentes tipos de cobertura do solo. **Revista Agro@mbiente On-line**, v. 10, n. 2, p. 123-129, 2016.
- MILES, C.; DEVETTER, L.; GHIMIRE, S.; HAYES, D. G. Suitability of biodegradable plastic mulches for organic and sustainable agricultural production systems. **HortScience**, v. 52, n. 1, p. 10-15, 2017.

MONTEZANO EM; PEIL RMN. Sistema de consórcio na produção de hortaliças. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 12, p. 129-132. 2006.

MOREIRA, F. M. de S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e Bioquímica do solo**. 2ª ed. atual e ampl. Lavras: Editora UFLA, 2006. 729p.

MORENO, M. M.; MORENO, A. Effect of different biodegradable and polyethylene mulches on soil properties and production in a tomato crop. **Scientia Horticulturae**, v. 116, n. 3, p. 256-263, 2008.

MORENO, M. M.; PECO, J., CAMPOS, J., VILLENA, J., GONZÁLEZ, S.; MORENO, C. Effect of different mulch materials on the soil dehydrogenase activity (DHA) in an organic pepper crop. **General Assembly Conference Abstracts**, v. 18, p. EPSC2016-1581, 2016.

MOTA, N. F. **Efeito do bokashi no crescimento da cebolinha, do coentro e em alguns atributos químicos e biológicos do solo**. 66f. 2013. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Ciências do Solo, Programa de Pós-Graduação em Agronomia: Solos e Nutrição de Plantas, Fortaleza, 2013.

OLIVEIRA, D.; BORROZZINO, E. Temperatura do solo sob três condições de cobertura em Londrina, Paranavaí e Guarapuava, no estado do Paraná. **Agrometeoros**, v. 26, n. 1, p. 131-137, 2018.

OLIVEIRA, R. M. D., CUNHA, F. F. D., SILVA, G. H. D., ANDRADE, L. M., MORAIS, C. V. D., FERREIRA, P. M. O. RAIMUNDI, F. P. G.; FREITAS, A. R.J.; SOUZA, C. M.; OLIVEIRA, R. A. D. Evapotranspiration and crop coefficients of Italian zucchini cultivated with recycled paper as mulch. **PloS one**, v. 15, n. 5, p. e0232554, 2020.

ONWUKA, B.; MANG, B.. Effects of soil temperature on some soil properties and plant growth. **Adv. Plants Agric. Res**, v. 8, p. 34-37, 2018.

PAIVA, M. C. G. **Uso de coberturas no cultivo do repolho e sua influência no controle de plantas daninhas, eficiência no uso da água e temperatura do solo**. 2019. 55 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, UFV. Viçosa. 2019.

PAZ, V. P. S.; FRIZZONE, J. A.; BOTREL, T. A.; FOLEGATTI, M. V. Otimização do uso da água em sistemas de irrigação por aspersão. **Rev. bras. eng. agríc. Ambiental**, v.6, n.3, Campina Grande, 2002.

PERIN, A.; CRUVINEL, D.A.; FERREIRA, H.S.; MELO, G.B.; LIMA, L.E.; ANDRADE, J.W. de S. Decomposição da Palhada e Produção de Repolho em Sistema Plantio Direto. **Global Science and Technology**, v.8, n.2, p.153-159, 2015.

PUIATTI, M. **A arte de cultivar hortaliças**. Viçosa, MG: UFV/ CEAD, 2019.

RIBAS, G. G.; STRECK N. A.; SILVA, S., D. DA; ROCHA, T. S. M. DA; LANGNER, J. A. Temperatura do solo afetada pela irrigação e por diferentes coberturas. **Engenharia Agrícola**, v. 35, n. 5, p. 817-828, 2015.

RODRIGUES, D. S.; NOMURA, E. S.; GARCIA, V. A. Coberturas de solo afetando a produção de alface em sistema orgânico. **Ceres**, v. 56, n. 3, p. 332-335, 2009.

- RODRIGUES, J. T., SCHOFFEL, A., GENZ, W. F., CAMERA, J. N., KOEFENDER, J. BIOESTIMULANTE APLICADO NA SEMENTE E VIA FOLIAR NA PRODUÇÃO DE REPOLHO. **Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agronômica**, v. 16, n.2, 107-110, 2019
- ROSENBERG, N. J. **Microclimate**: the biological environment. New York: J. Wiley & Sons, 1974. 315p.
- SAMPAIO, R.A.; ARAÚJO, W.F. Importância da cobertura plástica do solo sobre o cultivo de hortaliças. **Agropecuária Técnica**,v. 22, n ½, p. 1-12, 2001.
- SANTOS, C. A. dos; SOBRINHO, N. M. B. do A.; CARMO, M. G. F. do. Repolho. **Revista Campo & Negócios**. Disponível em:<<https://revistacampoenegocios.com.br/repolho/>> Acesso em: 30/08/2021.
- SANTOS, E. S., MONTENEGRO, A. A. de A., PEDROSA, E. M. R.; FRANÇA, Ê. F. Crescimento e produção de repolho sob diferentes adubações na presença e ausência de cobertura morta em agricultura familiar. **Irriga**, v. 21, n. 1, p. 74-74, 2016.
- SANTOS, W. P., FIORELLI, E. C., MACHADO, C. B., SIQUEIRA, M. G., SANTOS, W. P., VIEIRA, A. S. BRAVIN, N. P. . Atividade microbiana sob o sistema de preparo do solo. Oliveira, R. J. **AGRICULTURA EM FOCO**, ed.1, v.3, p. 2, 2020.
- SHOGREN, Randal L.; HOCHMUTH, Robert C. Field evaluation of watermelon grown on paper-polymerized vegetable oil mulches. **HortScience**, v. 39, n. 7, p. 1588-1591, 2004.
- SILVA, C. A. R. DA. 2017.156 f. **Viabilidade técnica e econômica do cultivo consorciado de hortaliças para a agricultura familiar**. Tese (Doutorado)- Universidade de Brasília, Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Programa de Pós-Graduação em Agronomia. 2017.
- SILVA, G. H. D., Cunha, F. F. D., Morais, C. V. D., Freitas, A. R. D. J., Silva, D. J. H. D., & Souza, C. M. D. Mulching materials and wetted soil percentages on zucchini cultivation. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 44, p. e006720, 2020.
- SILVA, G. H.; CUNHA, F. F., ANDRADE,L. M., RODRIGUES, T. F., FERREIRA, T. de S.; FREITAS, A. R. de J. , SOUZA, C. M. de. Biodegradable mulch of recycled paper reduces water consumption and crop coefficient of pak choi. **Scientia Horticulturae**, v. 267, p. 109315, 2020.
- SILVA, M. R.; STRECK, N. A.; GABRIEL, L. F.; HELDWEIN, A. B.; JUNIOR ZANON, A.; ALVES, A.F.; ROSSATO, I. G.; DUARTE JUNIOR, A.J.; PILECCO, I.B.; MILANESI, R. S.; TONETTO, F.; POZZOBON, G. F.; RIBAS, G. G. Climatologia da temperatura do solo sob diferentes coberturas em Santa Maria, Rio Grande do Sul. **Agrometeoros**, v. 26, n. 1, , p.151-159, 2018.
- SILVA, Y. V. S.; SILVA, T. T. A.; COSTA, J. F.; MEDEIROS, R. M.; SILVA, I. dos P.; MARTINS, L. C. B. Formigas associadas as culturas de *Allium fistulosum* e *Coriandrum sativum* em São João do Sóter, Maranhão. **Anais da VI Jornada multidisciplinar de Biologia e Saúde e IX Mostra Científica do CESC-UEMA**. 2017. Disponível em: <https://www.even3.com.br/Anais/JORBIOS2017/67542-FORMIGASASSOCIADAS-AS->

CULTURAS-DE-ALLIUM-FISTULOSUM-L-E-CORIANDRUMSATIVUM-L-EM-SAO-JOAO-DO-SOTER-MARANHAO# > Acesso em: 06/02/2019.

SINTIM, H. Y.; FLURY, M.. Is biodegradable plastic mulch the solution to agriculture's plastic problem?. **Environ. Sci. Technol**, v. 51, n.3, p.1068–1069, 2017.

SOUZA, C. A.; NUNES, P. O.; SOUZA, G. F.; CASTRO, M. S. Cultivo orgânico de cebolinha (*allium fistulosum* l.) sob diferentes manejos de cobertura de solo. **Anais de seminário de iniciação científica**. n. 21, p. 4, 2017.

SOUZA, M. P. S.; PRINS, C. L.; RIBEIRO, L. N.; MARCIANO, C. R.; VIEIRA, I. J. C.; FREITAS, S. P. Crescimento, fisiologia e compostos voláteis de cebolinha em resposta a diferentes níveis de restrição hídrica. **Revista Cultura Agronômica**, v. 30, n. 1, p. 01-13, 2021.

TELLES, C. C. **Viabilidade técnica e econômica do cultivo de alface em consórcio com hortaliças tradicionais**. 2016. 94 p. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, Brasília, 2016.

TEÓFILO, T.M.S ; FREITAS, F. C. L ; MEDEIROS, J. F. ; FERNADES, D. ; GRANGEIRO, L. C. ; TOMAZ, H. V. Q. ; RODRIGUES, A. P. M. S. . Eficiência no uso da água e interferência de plantas daninhas no meloeiro cultivado nos sistemas de plantio direto e convencional. **Planta Daninha** (Impresso), v. 30, p. 547-556, 2012

TOFANELLI, M. B.D.; WORTMAN, S. E. Benchmarking the agronomic performance of biodegradable mulches against polyethylene mulch film: A meta-analysis. **Agronomy**, v. 10, n. 10, p. 1618, 2020.

TOMAR, S.; D.; Rajiv, S.; KUMAR, P. Effect of time of planting and mulching on weed intensity in the tomato (*Solanum lycopersicum*) crop. **Indian Journal of Agricultural Sciences**, v. 90, n. 10, p. 1921-4, 2020.

TÓTOLA, M. R.; CHAER, G. M. Microrganismos e processos microbiológicos como indicadores da qualidade dos solos. In: ALVAREZ V., V. H. et al. Tópicos em ciência do solo/ publicação da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. – v. 1, 2000 – Viçosa: **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, p. 195-276, 2000.

XU, X.; SCHIMEL, J. P., JANSSENS, I. A., SONG, X., SONG, C., YU, G., SINSABAUGH, R. L.; TANG, D.; ZHANG, X.; THORNTON, P. E. . Global pattern and controls of soil microbial metabolic quotient. **Ecological Monographs**, v. 0, n. 0, pp. 1-13, 2017.

YURI JE; RESENDE GM; COSTA ND; MOTA JH. Cultivo de morangueiro sob diferentes tipos de mulching. **Horticultura Brasileira**, n. 30, p.424-427, 2012.

ZHU, X., YAO, J., WANG, F., YUAN, Z., LIU, J., JORDAN, G.; ŠOLEVIĆ, T.; AVDALOVIĆ, J. Combined effects of antimony and sodium diethyldithiocarbamate on soil microbial activity and speciation change of heavy metals. Implications for contaminated lands hazardous material pollution in nonferrous metal mining areas. **Journal of hazardous materials**, v. 349, p. 160-167, 2018.

ZILLI, J. E., XAVIER, G., COUTINHO, H. D. C., & NEVES, M. Diversidade microbiana como indicador de qualidade do solo. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, v. 20, n. 3, p. 391-411, 2003.

CAPÍTULO I:

TEMPERATURA DO SOLO E PRODUTIVIDADE DA CEBOLINHA SOB INFLUÊNCIA DE DIFERENTES COBERTURAS DE SOLO

RESUMO – A cebolinha (*Allium fistulosum* L.) é uma das hortaliças condimentares mais apreciadas na alimentação humana. Trabalhos recentes têm proposto o uso de cobertura do solo com materiais orgânicos e inorgânicos (*mulching*) no controle de plantas daninhas e na eficiência do uso da água. Desta forma, torna-se importante a realização de novos estudos com o uso de diferentes materiais e a possibilidade de definição de qual é o melhor para o cultivo da cebolinha. Esta pesquisa teve como objetivo avaliar o efeito das coberturas sobre a temperatura do solo e produtividade da cebolinha. Foram conduzidos dois experimentos no delineamento de blocos casualizados com quatro repetições, no período de agosto a outubro de 2018 e 2019, onde foram avaliados cinco tratamentos: cobertura do solo com filme de polietileno preto, filme de polietileno branco, papel reciclado, solo sem cobertura com capinas e sem cobertura sem capinas. Em cada unidade experimental, foram instalados sensores a 5,0 cm de profundidade para o monitoramento da temperatura máxima, mínima e amplitude térmica diária do solo, bem como a variação da temperatura ao longo do dia, nos períodos de 42 a 61 e 17 a 58 dias após o transplante das mudas para os experimentos conduzidos nos anos de 2018 e 2019, respectivamente. A cobertura do solo com filme de polietileno preto promoveu maiores índices de temperatura máxima diária nos dois experimentos. Maiores taxas de amplitude térmica foram constatadas no solo coberto com filme de polietileno preto e sem cobertura com capinas, nos experimentos de 2018 e 2019, respectivamente. A cobertura do solo com papel reciclado e com o crescimento da vegetação espontânea no tratamento sem cobertura e no solo sem capinas promoveram menor aquecimento e amplitude térmica do solo. As coberturas do solo com filme de polietileno preto, branco e papel reciclado foram eficientes no controle das plantas daninhas nos dois experimentos e maiores índices de produtividade foram obtidos com filme de polietileno branco em 2018 e branco e preto em 2019. As coberturas com filme de polietileno branco e papel reciclado são as mais recomendadas para o cultivo da cebolinha visando a redução do aquecimento do solo, controle de plantas daninhas e aumento na produtividade da cultura.

Palavras-chave: *Allium fistulosum* L.. Temperatura. *Mulching*. Filme de polietileno. Papel reciclado.

SOIL TEMPERATURE AND CHIVES PRODUCTIVITY UNDER THE INFLUENCE OF DIFFERENT SOIL COVERS

ABSTRACT –The chives (*Allium fistulosum* L.) is one of the most appreciated condiment vegetables in human food. Recent studies have proposed the use of soil cover with organic and inorganic materials (mulching) in weed control and water use efficiency. Thus, it is important to conduct further studies with the use of different materials and the possibility of defining which is best for the cultivation of chives. This research aimed to evaluate the effect of cover on soil temperature and chive yield. Two experiments were conducted in the randomized block design with four replications, from August to October 2018 and 2019, where five treatments were evaluated: soil cover with black polyethylene film, white polyethylene film, recycled paper, soil without cover with weeding and without cover without weeding. In each experimental unit, sensors were installed at 5.0 cm depth for monitoring the maximum temperature, minimum and daily thermal amplitude of the soil, as well as the temperature variation throughout the day, in the periods of 42 to 61 and 17 to 58 days after the transplanted of the seedlings for the experiments conducted in the years 2018 and 2019, respectively. Soil cover with black polyethylene film promoted higher rates of daily maximum temperature in both experiments. Higher rates of thermal amplitude were observed in the soil covered with black polyethylene film and without cover with weeding, in the experiments of 2018 and 2019, respectively. Soil cover with recycled paper and spontaneous vegetation growth in uncovered treatment and in weed-free soil promoted lower soil heating and thermal amplitude. The soil cover with black, white polyethylene film and recycled paper were efficient in controlling weeds in both experiments and higher productivity indexes were obtained with white polyethylene film in 2018 and white and black in 2019. The covers with white polyethylene film and recycled paper are the most recommended for the cultivation of chives aiming at reducing soil heating, weed control and increasing crop productivity..

Keywords: *Allium fistulosum* L.. Temperature. Mulching. Polyethylene film. Recycled paper.

1.1. INTRODUÇÃO

A cobertura do solo com o uso de materiais sintéticos, como filme de polietileno, ou não sintéticos, como resíduos vegetais e papel têm sido usualmente empregada na agricultura, principalmente em cultivos de hortaliças. Os benefícios proporcionados por essas coberturas incluem o controle de plantas daninhas, redução da evaporação da água do solo, economia de água de irrigação e redução do custo de produção (CARVALHO NETO; PANDOLFI; OLIVEIRA, 2015).

A cobertura do solo visa, também, influenciar de forma positiva as características físicas, químicas e biológicas do solo, proporcionando condições adequadas para o crescimento radicular (FAVARATO *et al.*, 2020). No entanto, parâmetros importantes do microclima são alterados quando se cobre o solo, como a temperatura, onde as amplitudes variam conforme a absorvidade e condutividade térmica do material utilizado na cobertura (ANDRADE *et al.*, 2011). A principal implicação no microclima tem relação com o aumento da temperatura do solo e às alterações na qualidade da luz refletida, podendo ser uma alternativa para locais ou épocas com temperaturas mais amenas ou para espécies vegetais que toleram temperaturas mais altas (SILVA *et al.*, 2018).

As coberturas têm a capacidade de alterar o regime térmico dos solos, seja para o aumento como para a redução da aquecimento (GASPARIM *et al.*, 2005). Segundo Meneses *et al.* (2016), é possível que haja potencialização nesse aumento da temperatura do solo, quando a cobertura plástica é utilizada em regiões de climas quentes, podendo implicar em danos no rendimento da cultura, como observado no trabalho de Coelho *et al.* (2013), onde o filme de polietileno preto influenciou negativamente na produtividade do pimentão, ao contrário do papel reciclado, que é capaz de reduzir o aquecimento do solo, pois absorve menos energia quando comparado às coberturas plásticas (FREITAS *et al.*, 2021). Estes autores relacionaram os resultados à elevada temperatura do ambiente, cujas médias e máxima diária variaram entre 28 e 35 °C e à sensibilidade da cultura à altas temperaturas do solo. Os mesmos sugerem o uso dessas coberturas em ambientes com condições mais amenas e/ou espécies vegetais mais adaptas quando em elevada temperatura, para que sejam benéficas. Rodrigues *et al.*, (2009), observaram maior desempenho dos filmes de polietileno dupla face (preto na parte inferior e prata na parte superior) na produtividade da alface quando utilizados em épocas com temperaturas mais amenas.

A temperatura do solo é um dos fatores cruciais que interferem no crescimento e desenvolvimento das plantas, uma vez que regula a velocidade dos processos químicos, físicos e biológicos, podendo até mesmo inibi-los (SILVA *et al.*, 2018). Esta tem influência direta, positiva ou negativa, no desenvolvimento da planta (MENESES *et al.*, 2016). Portanto, alguns exemplos das distintas respostas das culturas em relação aos diferentes tipos de cobertura do solo são apresentados por Gastl Filho *et al.* (2020), que observaram o melhor desempenho produtivo da alface quando cultivada com cobertura plástica branca em relação aos demais tratamentos. Meneses *et al.* (2016) observaram incremento positivo das coberturas de filme de polietileno preto e branco na produção da alface, mesmo com o aumento da temperatura do solo. Já Coelho *et al.* (2013) e Freitas (2017) observaram efeitos negativos na produtividade em pimentão e alface, quando utilizaram as coberturas plásticas em condições ambientais com temperatura elevada, enquanto que Freitas *et al.* (2021), observaram maior produtividade da alface com o uso do papel reciclado em relação ao filme de polietileno.

A cobertura do solo com filme de polietileno preto ou branco e o papel reciclado podem ser usadas no cultivo do repolho em condições de temperaturas amenas, promovendo controle de plantas daninhas e economia de água, com produtividade equivalente ao solo sem cobertura. Entretanto, em épocas do ano com temperaturas elevadas o aquecimento excessivo do solo promovido pelo filme de polietileno preto ou branco reduziu a produtividade em relação ao papel reciclado, que se mostrou mais adequada para cultivo de verão (PAIVA, 2019). O entendimento das respostas das hortaliças à mudança da temperatura, é crucial na exploração de hortaliças (PUIATTI, 2019). No entanto, os estudos visando as respostas da cebolinha (*Allium fistulosum*) aos efeitos promovidos pelo uso de coberturas na temperatura do solo e na produtividade da mesma ainda são escassos, tornando-se de grande valia a realização de pesquisas para este fim.

Diante do exposto, esta pesquisa teve como objetivo avaliar a influência das coberturas do solo sobre a temperatura do solo e produtividade no cultivo da cebolinha.

1.2. MATERIAL E MÉTODOS

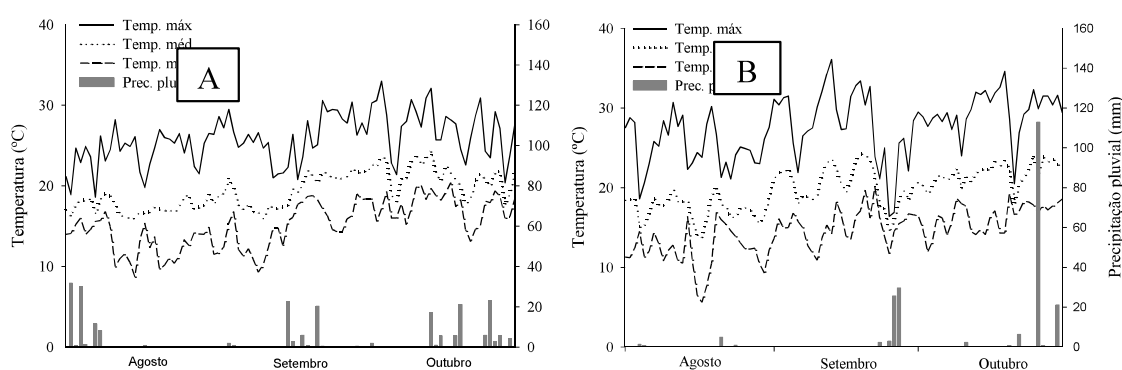
1.2.1. Descrição da área dos experimentos

Neste estudo foram realizados dois experimentos. O primeiro foi conduzido no período de agosto a outubro de 2018, na Unidade de Ensino e Pesquisa e Extensão da “Horta Velha” (20° 45’S e 42° 51’O, com a altitude de 651 metros) e o segundo no período de agosto a outubro de 2019, ambos na Unidade de Ensino, Pesquisa e Extensão (UEPE) Diogo Alves de

Melo (20°45'S e 42°55'O, com altitude de 690 m). As unidades experimentais são vinculadas ao Departamento de Agronomia da Universidade Federal de Viçosa (UFV) e estão localizadas no município de Viçosa, Minas Gerais. O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Cwa (clima subtropical úmido), com temperatura média anual de 19 °C e precipitação média anual de 1.300 mm (KOTTEK, 2006).

Os dados climatológicos, como temperaturas máxima, média e mínima, e precipitação pluvial durante os períodos de condução dos experimentos foram apresentados na Figura 1.

Figura 1 – Temperatura máxima, mínima, média e precipitação pluvial durante o experimento de 2018 (A) e experimento de 2019 (B).



Fonte: INMET, 2019.

1.2.2. Delineamento experimental

O delineamento experimental adotado, em ambos os experimentos foi em blocos casualizados, com cinco tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos do cultivo da cebolinha com solo coberto com filme de polietileno preto (25 micras), solo coberto com filme de polietileno branco (25 micras), solo coberto com papel reciclado (gramatura 131 g m⁻²), solo sem cobertura com capinas e solo sem cobertura sem capina. As unidades experimentais tinham dimensões de 2,0 m de comprimento por 1,0 m de largura, com plantas espaçadas de 0,20 m entrelinha por 0,15 m entre plantas.

1.2.3. Preparo do solo e adubação

O preparo do solo foi realizado por meio de uma aração e duas gradagens, em ambos os experimentos. Com o auxílio de uma enxada rotativa encanteiradora, foram construídos canteiros com aproximadamente 0,20 m de altura e 12 m de comprimento. Posteriormente, foram coletadas amostras de solo de 0-20 cm de profundidade, para realização das análises físicas e químicas em ambos os experimentos (Tabela 1).

Tabela 1 – Análises químicas e físicas do solo dos dois experimentos.

Características químicas											
Ano	pH (H ₂ O)	P mg dm ⁻³	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H + Al	T	SB	MO dag/kg	P-Rem mg/L
							cmol _c dm ⁻³				
2018	5,9	82,1	240	3,8	0,8	0	2,64	7,9	5,2	2,75	24,8
2019	5,8	56,6	150	2,82	0,72	0	0,66	4,59	3,9	2,42	31,39
Características físicas											
Ano	Argila		Silte		Areia		Classe textural				
..... %											
2018	46		23		31		Argilosa				
2019	40		18		42		Franco-argilosa				

* Análises realizadas no Laboratório de Análises de Solo Viçosa Ltda. pH: água, KCl e CaCl₂- relação 1:2,5. P-K: Extrator Mehlich 1. Ca-Mg e Al: Extrator: KCL – 1 mol L⁻¹. H + Al – Acidez potencial – Extrator: acetato de cálcio 0,5 mol L⁻¹; SB - Soma de bases trocáveis; T – Capacidade de troca catiônica a pH 7,0; MO – Matéria orgânica; (P-Rem) – Fósforo Remanescente.

A adubação no experimento de 2018, foi realizada com 100 kg ha⁻¹ de P₂O₅, 120 kg ha⁻¹ de N e 50 kg ha⁻¹ de K₂O, utilizando como fonte o superfosfato simples, sulfato de amônio e cloreto de potássio, respectivamente, e no experimento de 2019, foi realizada com 250 kg ha⁻¹ de P₂O₅, 120 kg ha⁻¹ de N e 50 kg ha⁻¹ de K₂O, utilizando como fontes os fertilizantes superfosfato simples, ureia e cloreto de potássio, respectivamente, conforme as Recomendações para o Uso de Corretivos e Fertilizantes em Minas Gerais – 5^a Aproximação (RIBEIRO *et al.*, 1999). Para adubação de cobertura foram utilizados como fontes o nitrato de cálcio e cloreto de potássio, por meio de fertirrigação. Em ambos os experimentos a adubação com as fontes de nitrogênio e potássio foram parceladas. Sendo que 30% da dose recomendada foi aplicada no plantio e os 70% restantes foram aplicados aos 20 dias após o transplante (DAT) das mudas, como adubação de cobertura, por meio de fertirrigação.

1.2.4. Irrigação e plantio

A irrigação da cultura foi realizada por meio de gotejamento, com uso de fitas com emissores de vazão 1,60 L h⁻¹ espaçados de 0,30 m na fita, dispostas de forma longitudinal nos canteiros e com espaçamento de 0,20 m entre si. Após a adubação e a instalação da irrigação, foram instaladas as coberturas com papel reciclável e filme de polietileno preto ou branco sobre os canteiros com as margens cobertas com solo nas extremidades.

As parcelas foram irrigadas até o solo atingir a capacidade de campo, anteriormente ao transplante das mudas. Foram abertos orifícios de 2 cm de diâmetro nas coberturas com filmes de polietileno e papel reciclável para possibilitar o transplante das mudas. As mudas de

cebolinha foram produzidas em bandejas poliestireno estendido com 200 células, cujas as cultivares utilizadas foram Midorikawa e Ibiraté, para os experimentos de 2018 e 2019, respectivamente.

1.2.5. Determinação da matéria seca das plantas daninhas

As avaliações da matéria seca das plantas daninhas em ambos experimentos, foram realizadas aos 60 DAT. Onde foram feitas amostragens em cada unidade experimental, usando de forma aleatória, um quadrado vazado com dimensões de 0,25 m por 0,25 m (0,0625 m²). Colhidas ao nível do solo, as plantas daninhas foram cortadas, separadas por espécie, contadas e levadas à estufa com circulação forçada de ar à temperatura de 65°C, até obtenção de massa constante, para determinação da matéria seca. No tratamento sem cobertura com capinas, o controle das plantas daninhas foi realizado de forma manual, através de capinas realizadas sempre que necessário.

1.2.6. Determinação da produtividade da cultura

Aos 60 DAT foram realizadas as colheitas da cebolinha em ambos experimentos. Para determinação da matéria fresca (g/planta), foram coletadas 10 plantas das fileiras centrais e pesadas em balança digital (precisão de 0,01 g). Assim, as produtividades (kg ha⁻¹) foram estimadas através destes dados.

1.2.7. Monitoramento da temperatura do solo

A temperatura do solo foi monitorada por meio de sensores digitais de temperatura, modelo DS18B20 com precisão de $\pm 0,5^\circ\text{C}$ na faixa de -10°C a $+85^\circ\text{C}$, instalados à 5 cm de profundidade do solo no centro de cada unidade experimental. Os dados foram coletados durante o ciclo da cultura a cada 15 minutos e armazenados em *dataloggers*, construído utilizando placa de portoboard, Arduino Uno, relógio e um módulo micro Sd Card. Com base nos dados obtidos, determinou-se as temperaturas máximas e mínimas e a amplitude térmica diária nos diferentes tratamentos, bem como, a variação da temperatura ao longo do dia, dos 42 até os 60 DAT e dos 17 até os 56 DAT, nos experimentos de 2018 e 2019, respectivamente.

1.2.8. Análise estatística

Os dados dos dois experimentos foram analisados separadamente. As médias de matéria seca das plantas daninhas e produtividade da cebolinha foram submetidas a análise de variância

(ANOVA) e comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, utilizando o software estatístico SISVAR e as médias das temperaturas dos tratamentos foram obtidas através do programa Excel e os gráficos gerados no programa SigmaPlot.

1.3. RESULTADOS

O acúmulo de matéria seca de plantas daninhas aos 60 DAT variou em função do manejo adotado no cultivo da cebolinha (Tabela 2). As coberturas do solo com filme de polietileno preto ou branco e papel reciclado mostraram-se eficientes no controle das plantas infestantes, com acúmulo de matéria seca muito inferior ao solo mantido sem cobertura e sem capinas. Neste ensaio as principais espécies infestantes foram: caruru-de-mancha (*Amaranthus viridis*), capim-marmelada (*Urochloa plantaginea*), trevo-azedo (*Oxalis latifolia*), caruru-gigante (*Amaranthus retroflexus*) e nabiça (*Raphanus raphanistrum*).

Tabela 2 – Massa de matéria seca total das plantas daninhas e produtividade da cebolinha, aos 60 dias após o transplante (DAT). Viçosa, 2018.

TRATAMENTOS	MATÉRIA SECA	PRODUTIVIDADE
	(g m ⁻²)	(t ha ⁻¹)
Sem cobertura sem capina	1.580,49 a	0,00 e
Sem cobertura com capinas	-	5,35 d
Papel reciclado	31,37 b	11,15 c
Filme de polietileno preto	11,21 b	18,92 b
Filme de polietileno branco	7,99 b	25,06 a
CV (%)	-	16,96

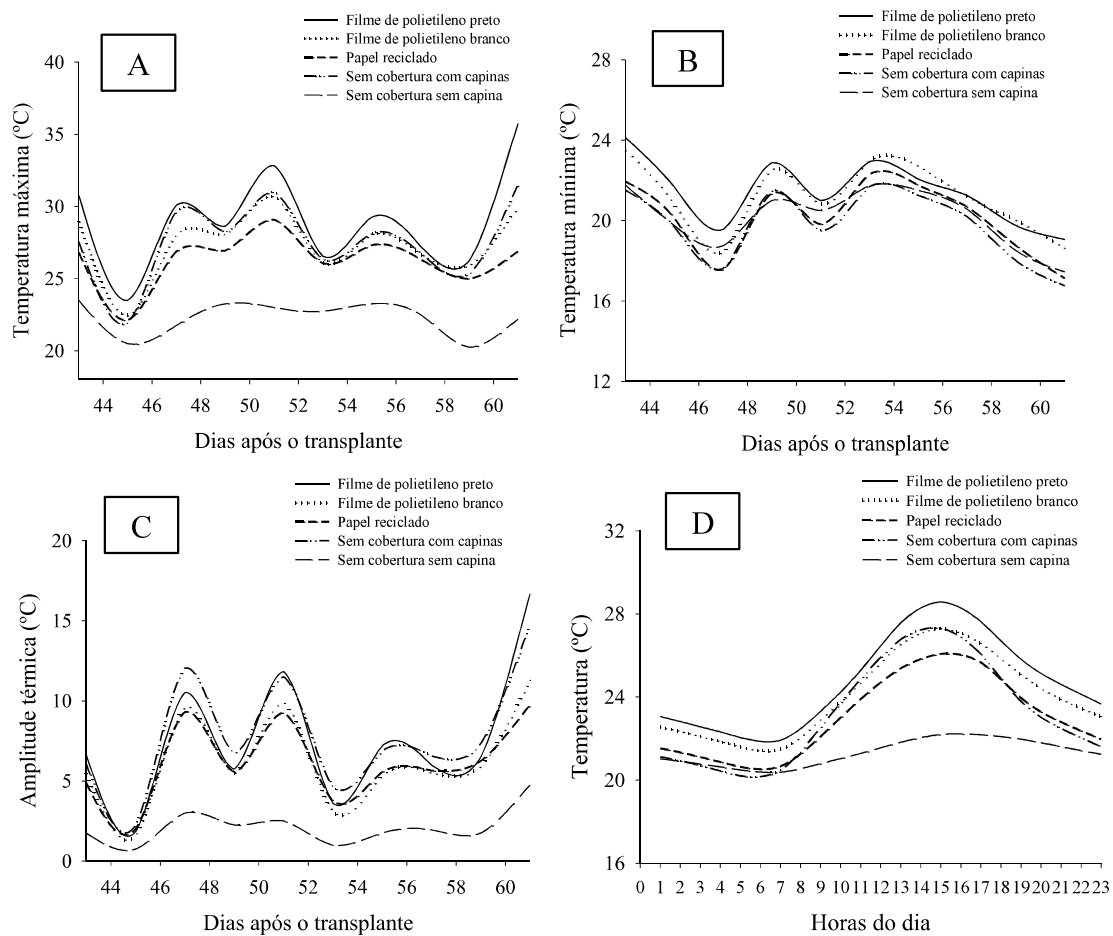
*Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

As temperaturas máximas e mínimas diárias do solo (Figuras 2A e 2B) variaram com as condições de temperatura ambiente e em função das coberturas do solo dentro do intervalo de monitoramento. A maior taxa de aquecimento do solo ocorreu quando este foi coberto com filme de polietileno preto, com efeitos mais evidentes em dias mais quentes (Figura 1A), proporcionando elevação da temperatura do solo em aproximadamente 3 °C em relação ao solo sem cobertura e coberto com filme de polietileno branco (Figura 2A).

O papel reciclado reduziu a taxa de aquecimento do solo em relação ao filme de polietileno preto, branco e solo sem cobertura com campinas, evidenciada pelas menores taxas de temperatura máxima diária (Figura 2A). Enquanto que no tratamento sem cobertura do solo e sem capinas, a elevada taxa de infestação de plantas daninhas evidenciada pelo acúmulo de matéria seca, com mais de 1.500 gramas m⁻² (Tabela 2), proporcionou intenso sombreamento

no solo que resultou em menor taxa de aquecimento em relação aos demais tratamentos. Vale ressaltar que como a temperatura do solo passou a ser monitorada a partir dos 42 DAT, as plantas daninhas já promoviam intenso sombreamento no solo, impedindo a incidência de radiação solar diretamente sobre o mesmo.

Figura 2 – Temperaturas máxima (A), mínima (B) e amplitude térmica diária (C) e variação média da temperatura do solo ao longo do dia (D) para o período entre 42 e 60 dias após o transplante, no experimento conduzido em 2018.



A temperatura mínima diária também variou ao longo do período avaliado em função das condições climáticas e com as coberturas dispostas sobre o solo (Figura 2B). Entretanto, a variação da temperatura mínima diária entre as coberturas foi inferior às observadas para a temperatura máxima diária (Figuras 2 A e B). Apesar da pequena taxa de variação, maiores valores de temperaturas mínimas foram observados no solo coberto com os filmes de polietileno preto ou branco, com aproximadamente $1,0^{\circ}\text{C}$ a mais que o solo coberto com papel reciclado e o solo coberto com plantas daninhas sem cobertura e sem capinas (Figura 2B).

A maior amplitude térmica no solo coberto com filme de polietileno preto e sem coberturas com capinas, ocorreu, principalmente, em decorrência do maior aquecimento evidenciado pelas temperaturas máximas diárias (Figura 2A, 2B e 2C), chegando a alcançar variação na casa dos 12 °C aos 47, 51 e 60 DAT, enquanto que o papel reciclado e filme de polietileno branco mantiveram a amplitude térmica inferior a 10 °C. O menor aquecimento do solo proporcionado pela cobertura vegetal no tratamento sem capinas, manteve a temperatura mais estável, com amplitude térmica na casa dos 3,0 °C.

A variação média da temperatura do solo ao longo do dia, obtida no período entre 42 e 60 DAT, evidencia que as médias das temperaturas mínima e máxima diárias ocorreram por volta das 5 horas e 14 horas, respectivamente, para todos os tratamentos avaliados. Apesar da menor diferença nas temperaturas mínimas diárias, as coberturas com filme de polietileno preto e branco mantiveram o solo mais aquecido, com aproximadamente 2,0 °C acima do solo coberto com papel, sem cobertura com capinas e sem capinas.

Para a média das temperaturas máximas diárias no período de 42 a 60 DAT, verificou-se maior discrepância entre as coberturas, com maiores taxas de aquecimento constatada para o filme de polietileno preto, com 28,6 °C (Figura 2D). A cobertura com filme de polietileno branco proporcionou média de temperaturas máximas diárias semelhante ao solo sem cobertura com capinas, próximo aos 27 °C, enquanto que para o solo coberto com papel reciclado, no tratamento sem cobertura e sem capinas, houve menor taxa de aquecimento nas horas mais quentes do dia, atingindo 26,1 °C e 22,2 °C, respectivamente, ou seja, 2,5 °C e 6,1 °C abaixo da observada no solo coberto com filme de polietileno preto e 1,2 °C e 5,1 °C inferior ao solo sem coberturas com capinas.

Outro aspecto interessante na variação da temperatura ao longo do dia é a maior perda de calor, evidenciada pela queda mais brusca na temperatura do solo no período da tarde e início da noite, no tratamento sem cobertura e com capinas em relação aos demais tratamentos (Figura 2D).

A produtividade da cebolinha foi influenciada positivamente pelo tipo de cobertura utilizado, com maior rendimento no solo coberto com filme de polietileno branco, seguido do solo coberto com filme de polietileno preto, solo coberto com papel e solo sem cobertura com capinas (Tabela 2).

No segundo experimento, o acúmulo de matéria seca de plantas daninhas aos 60 DAT também variou em função do manejo adotado no cultivo da cebolinha (Tabela 3). As coberturas

do solo com filme de polietileno preto ou branco e papel reciclado mostraram-se eficientes no controle das plantas infestantes, com acúmulo de matéria seca muito inferior ao solo mantido sem cobertura e sem capinas. Neste ensaio as principais espécies infestantes foram: joá-de-capote (*Nicandra physalodes*), mentrasto (*Ageratum conyzoides*), botão-de-ouro (*Galinsoga parviflora*), caruru-gigante (*Amaranthus-retroflexus*) e orelha-de-urso (*Stachys arvensis*).

Tabela 3 – Massa de matéria seca total das plantas daninhas aos 60 dias após o transplante (DAT) e produtividade da cebolinha. Viçosa, 2019.

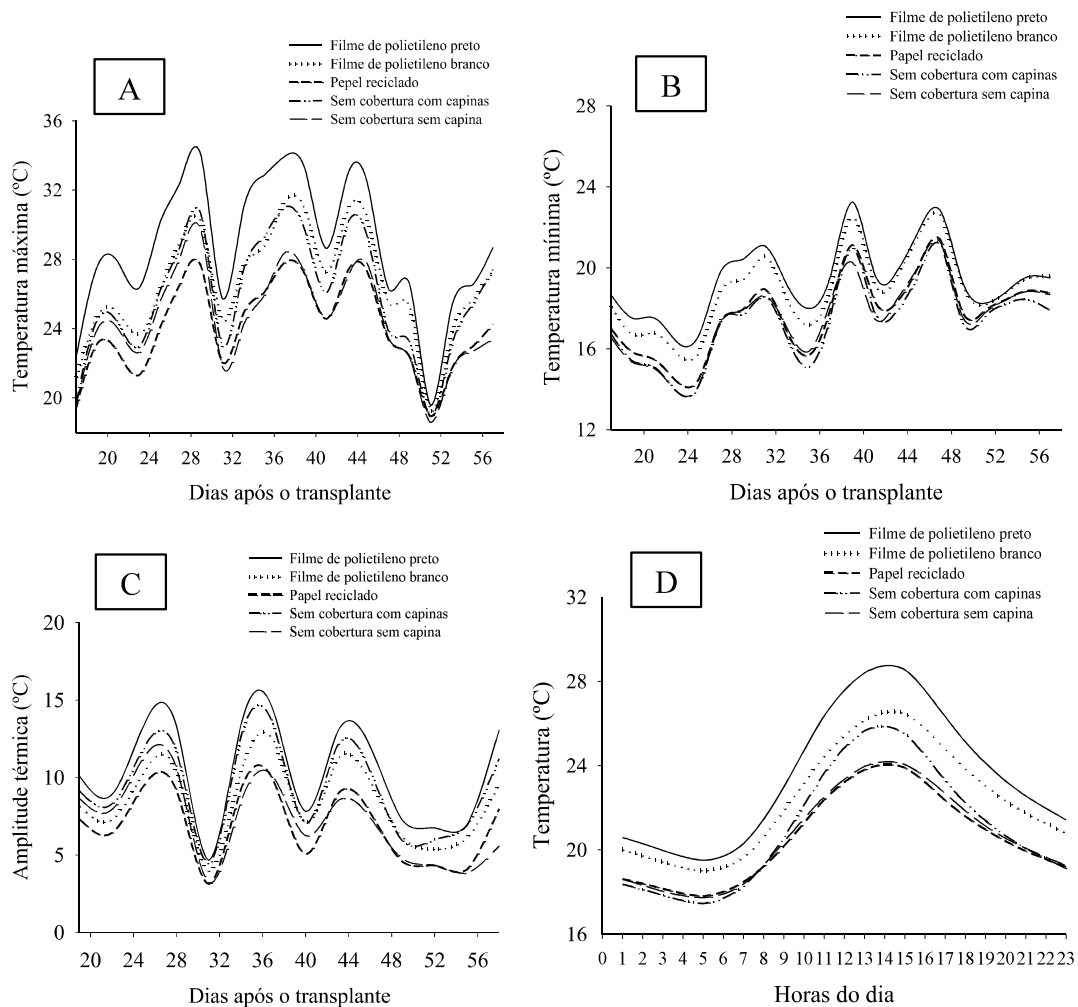
TRATAMENTOS	MATÉRIA SECA	PRODUTIVIDADE
	(g m ⁻²)	(t ha ⁻¹)
Sem cobertura sem capina	322,10 a	8,08 d
Sem cobertura com capinas	-	17,63 c
Papel reciclado	4,06 b	27,20 b
Filme de polietileno preto	1,56 b	33,84 a
Filme de polietileno branco	0,08 b	34,21 a
CV (%)	-	11,22

*Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

As temperaturas máximas e mínimas diárias do solo (Figuras 3A e 3B) variaram com as condições de temperatura ambiente (Figura 1B) e em função das coberturas do solo. A maior taxa de aquecimento do solo ocorreu quando este foi coberto com filme de polietileno preto, tais efeitos foram mais evidentes em dias mais quentes (Figuras 1B e 2A), promovendo o aumento da temperatura do solo em aproximadamente 3 °C, em relação ao solo coberto com filme de polietileno branco e sem cobertura com capinas, os quais obtiveram taxas de aquecimento semelhante na maior parte do período avaliado (Figura 3A).

O papel reciclado reduziu a taxa de aquecimento do solo em relação ao filme de polietileno preto, branco e solo sem cobertura com capinas, evidenciada pelas menores taxas de temperatura máxima diária (Figura 3A), com redução no aquecimento de aproximadamente 7,0, 4,0 e 3,0 °C, respectivamente, nos dias mais quentes. No tratamento sem cobertura do solo sem capinas, observou-se que a temperatura máxima diária do solo foi semelhante ao solo sem cobertura com capinas e superior ao solo coberto com papel reciclado até por volta dos 30 DAT, período este em que as plantas daninhas ainda estavam jovens. Entretanto, a partir desse período, com o crescimento das plantas infestantes, que alcançou 322 gramas m⁻² aos 60 DAT (Tabela 3), houve menor taxa de aquecimento do solo em relação ao solo com capinas e sem cobertura.

Figura 3 – Temperaturas máxima (A), mínima (B) e amplitude térmica diária (C) e variação média da temperatura do solo ao longo do dia (D) para o período entre 17 e 58 dias após o transplante, no experimento conduzido em 2019.



A temperatura mínima diária variou ao longo do período avaliado em função das condições climáticas e com as coberturas dispostas sobre o solo (Figura 3B). Contudo, a variação da temperatura mínima diária entre as coberturas foi inferior em relação às observadas para a temperatura máxima diária (Figura 3A). Embora a taxa de variação tenha sido pequena, maiores valores de temperaturas mínimas foram observados no solo coberto com os filmes de polietileno preto ou branco, com aproximadamente 2,0 °C acima do solo coberto com papel reciclado e do solo coberto com plantas daninhas sem cobertura e sem capinas (Figura 3B).

A maior amplitude térmica no solo coberto com filme de polietileno preto e sem coberturas com capinas, foi em consequência do maior aquecimento, evidenciado pelas temperaturas máximas diárias (Figura 3A, 3B e 3C), alcançando a variação na casa de 14 °C aos 26, 36 e 44 DAT, ao mesmo tempo que o solo coberto com filme de polietileno branco e o solo sem cobertura sem capina mantiveram a amplitude térmica na faixa dos 12 °C. O menor

aquecimento do solo foi proporcionado pelo papel reciclado, com amplitude térmica na casa dos 10 °C (Figura 3C).

Houve variações da temperatura ao longo do dia, com a temperatura mínima do solo ocorrendo por volta das cinco horas, enquanto que a máxima entorno das 13 horas, para todos os tratamentos (Figura 3D). Observa-se que tanto nas horas mais frias do dia, quanto nas horas mais quentes, as coberturas com filme de polietileno preto e polietileno branco mantiveram sempre à temperatura do solo superior aos demais tratamentos, entretanto o filme preto, proporciona maior elevação da temperatura do solo, nas horas mais quentes do dia, alcançando os 28 °C, enquanto que a temperatura observada no polietileno branco foi na casa dos 26 °C. A cobertura com papel reciclado e solo sem cobertura sem capina, apresentaram taxa de temperaturas semelhantes, de cerca de 24 °C, ou seja, aproximadamente 4 °C e 2 °C a menos, em relação ao solo coberto com filme de polietileno preto e branco, respectivamente. Nas horas mais frias do dia, o solo sem cobertura com capinas comportou-se de forma semelhante ao coberto com papel e sem controle de plantas daninhas. Entretanto, nas horas mais quentes do dia seu aquecimento é aproximadamente 2 °C superior aos observados nos respectivos tratamentos, evidenciando maior potencial de ganho e de perda de calor no solo descoberto (Figura 3D), levando-se em conta o baixo índice de cobertura foliar da cebolinha.

As coberturas do solo também influenciaram na produtividade da cebolinha no cultivo de 2019. O solo coberto com os filmes de polietileno branco e polietileno preto não foram estatisticamente diferentes entre si, entretanto estes índices foram superiores ao solo coberto com papel reciclado, que também foi superior do solo sem cobertura com capinas. A produtividade quando a cultura foi mantida sem controle de plantas daninhas, com solo sem coberturas sem capinas, foi mais de 50% menor que aquela observada em solo sem cobertura e com capinas de pelo menos 70% menor que o controle físico com filme de polietileno preto, branco e papel (Tabela 3).

1.4. DISCUSSÃO

O acúmulo de matéria seca das plantas daninhas aos 60 DAT foi influenciado pelo tipo de cobertura utilizado, em ambos experimentos (Tabelas 2 e 3). As coberturas com filme de polietileno preto, branco e papel foram eficientes no controle de plantas daninhas, o que se deve a barreira física imposta pelas coberturas, reduzindo drasticamente a germinação das sementes e/ou a emergência das plântulas, apesar da emergência de plantas isoladas nos orifícios abertos para o transplante das mudas.

O controle de plantas daninhas por meio do filme de polietileno já é realizado em larga escala em espécies olerícolas como melão e melancia (TEÓFILO *et al.*, 2012; SILVA *et al.*, 2013; FREITAS *et al.* 2021). Entretanto, o uso do papel é mais recente e tem apresentado resultados satisfatórios em culturas como alface (FREITAS *et al.*, 2021) e repolho (PAIVA, 2019), sendo vantajoso em relação ao filme de polietileno por se tratar de material biodegradável, enquanto que o filme de polietileno precisa ser tirados do campo, o que representa um custo elevado para o produtor.

As temperaturas máximas e mínimas diárias do solo tiveram suas médias influenciadas pelo tipo de cobertura utilizado (Figuras 2A e 3A), onde coberturas com filme de polietileno aumentam a temperatura do solo, especialmente o de coloração preta, que absorve mais calor, enquanto que as coberturas com material vegetal reduzem a elevação excessiva temperatura (RODRIGUES *et al.* 2009). O maior aquecimento como o filme de polietileno preto ocorre devido à alta absorbância e baixa refletância pela cobertura preta, que absorve pouco mais de 95% da radiação solar e reflete menos de 5% da radiação incidente (SILVA *et al.* 2018), diferentemente do filme de polietileno branco, que segundo esses autores, absorve aproximadamente 50% da radiação solar e reflete cerca de 50%. Meneses *et al.* (2016) trabalhando com a cultura da alface, também observaram o aumento da temperatura do solo em relação à temperatura do ar, quando se utilizou coberturas com filme de polietileno preto. O aumento no aquecimento do solo promovido pelo uso da cobertura de polietileno na cor preta foi comprovados também por Streck *et al.* (1995), Ferreira *et al.* (2006), Andrade *et al.* (2011), Coelho *et al.* (2013), Cunha *et al.* (2014), Freitas *et al.* (2021) e Paiva (2019) em seus respectivos estudos.

A maior exposição do solo à radiação solar direta em função da ausência de cobertura do solo no tratamento com capinas resultou em maior aquecimento do solo em relação às coberturas com papel reciclado e filme de polietileno branco e ao solo sem coberturas sem capinas, coberto pelas plantas daninhas (Figuras 2D e 3D). Em solo nu, a temperatura média é maior nas camadas mais superficiais no período de verão, enquanto que quando se aproxima do inverno, a temperatura se torna maior nas camadas mais profundas (GASPARIM *et al.*, 2005). Segundo Ribas *et al.* (2015), outra possível explicação do elevado aquecimento do solo desnudo é que ao se realizar uma irrigação na camada superficial desse solo, ocorrerá maior consumo de energia para aquecê-lo.

As maiores amplitudes térmicas do solo foram proporcionadas pelo filme de polietileno preto e solo sem coberturas com capinas, em ambos experimentos (Figuras 2C e 3C). Além

disso, estes mesmos tratamentos, proporcionaram maiores temperaturas ao longo do dia, nas horas mais quentes, no primeiro experimento (Figura 2D) e o polietileno preto também no segundo experimento (Figura 3D). Possivelmente pelo fato de que o filme de coloração preta absorve mais calor durante as horas mais quentes do dia. Já o solo desnudo não possui uma barreira física que funcione como isolante térmico, assim, à medida que a temperatura do ar e a incidência da radiação solar aumentam o aquecimento do solo aumenta. De forma semelhante, Coelho *et al* (2013) e Freitas (2017), também observaram as maiores amplitudes térmicas quando o solo foi coberto com filme de polietileno preto e no solo sem cobertura com capinas, nas culturas do pimentão e alface.

O solo sem cobertura sem capinas e cobertura com papel reciclado proporcionaram as menores taxas de temperaturas máximas, mínimas e amplitudes térmicas do solo em relação às coberturas com filmes de polietileno preto e branco e também em relação ao solo sem cobertura com controle de plantas daninhas nos dois experimentos (Figuras 2 e 3). As menores temperaturas proporcionadas pelo solo sem cobertura sem capinas são em razão do elevado sombreamento promovido pelas plantas daninhas neste tratamento (Tabelas 2 e 3), que resultou na redução do aquecimento do solo. Segundo Gasparim *et al.* (2005), quanto mais coberto estiver o solo, menor é a amplitude de variação da temperatura. E também, menor aquecimento do solo ao longo do dia.

Ademais, o menor aquecimento do solo promovido pela cobertura de papel em relação ao filme de polietileno e solo sem cobertura é devido ao fato deste ter funcionado como isolante térmico, promovendo a diminuição no aquecimento excessivo do solo nos horários com elevada temperatura do ar e radiação solar e redução da perda de calor durante a noite, especialmente, em relação ao solo descoberto (PAIVA, 2019). Coberturas reflexivas podem diminuir a amplitude diurna da temperatura do solo, pois reduzem o ganho de calor do solo (LIAKATAS *et al.* 1986). Podendo atuar também como um regulador térmico, que devido à baixa absorção de radiação transmite menos calor para o solo, possibilitando maior controle da temperatura (SILVA *et al.* 2018).

As coberturas de solo influenciaram na produtividade da cebolinha nos dois anos de cultivo (Tabelas 4 e 5), principalmente as coberturas com filme de polietileno, que promoveram as maiores produtividades, em ambos os experimentos. O tipo de cobertura do solo influencia indiretamente na produtividade da cultura, uma vez que modifica o ambiente, promove um melhor desenvolvimento da planta (BRUNINI *et al.*, 1976). Como o cultivo da cebolinha se deu no período com temperaturas amenas (Figura 1), a elevação da temperatura do solo com o filme

de polietileno criou condições favoráveis ao crescimento da cultura. Felito (2020) também observou maior produtividade de cebolinha com o uso de filmes de polietileno. Estes resultados também foram observados em outras culturas por Rodrigues *et al.*, (2009), Ferreira *et al.*, (2014), Haapala *et al.*, (2015), Meneses *et al.*, (2016), Farias *et al.*, (2017), Sajid *et al.* (2018), Paiva (2019) e Gastl Filho *et al.* (2020) em suas respectivas culturas, quando se utilizou o filmes de polietileno. Rodrigues *et al.* (2009) atrela esse aumento da produtividade a elevação das temperaturas do solo com uso desses materiais, que conseqüentemente, aumenta a mineralização dos nutrientes e o metabolismo da planta.

A maior produtividade observada quando a cebolinha foi cultivada com filme de polietileno branco (Tabelas 2 e 3) pode ser atribuída à maior reflexibilidade e dispersão de luz, com isso o espectro refletido dentro da faixa fotossinteticamente ativa da planta pode ter potencializado sua fotossíntese (SILVA *et al.* 2018).

A produtividade da cebolinha foi um pouco menor quando se utilizou a cobertura com filme de polietileno preto em relação ao polietileno branco, nos dois anos de experimento, conforme observado nas Tabelas 2 e 3. É provável que a maiores temperaturas do solo nestes tratamentos durante os dias mais quentes (Figuras 2 e 3), tenham dado início ao comprometimento do rendimento da cultura. Resultados semelhantes foram observados por Coelho *et al.*, (2013), trabalhando com a cultura do pimentão verificaram redução na produtividade quando fez uso do filme de polietileno preto, que segundo os autores é provável que tenha ocorrido em função da elevada temperatura ambiente e da cultura ser sensível à elevada temperatura do solo. Paiva (2019), observou a redução de 64,41 e 37,86 % da produtividade do repolho no ciclo verão-outono, quando se utilizou o filme de polietileno preto. Tomaz (2008) e Silva (2010) observaram efeitos benéficos dessa cobertura na produtividade do melão no sistema de plantio direto e da melancia, respectivamente, devido ao sombreamento do solo promovido por essas culturas e por serem mais tolerantes à elevadas temperaturas.

A cobertura com papel reciclado apesar de ter apresentado menores valores de temperatura do solo em relação às coberturas com filmes de polietileno preto e branco (Figuras 2 e 3), proporcionou produtividade inferior à estas últimas, nos dois experimentos (Tabelas 2 e 3). Isso pode ter ocorrido em função da baixa dispersão de luz por esta cobertura que reduziu o potencial fotossintético das plantas e redução do aquecimento do solo, o que levou à um microambiente desfavorável para o desenvolvimento radicular e atividade dos microrganismos do solo, já que a temperatura exerce influência nestes, e ainda na absorção de água e nutrientes

(GASPARIM *et al.*, 2005; BEZERRA *et al.*, 2016 ; SILVA *et al.* 2018; ONWUKA e MANG, 2018).

O solo sem cobertura com capinas, apesar de ter sido mantido no limpo, sem a interferência de plantas daninhas, proporcionou produtividade inferior ao solo coberto com filmes de polietileno e com papel reciclado (Tabelas 2 e 3). É provável que tenha ocorrido a redução da comunidade microbiana neste solo, como observado no estudo de Cunha *et al.* (2014).

As menores produtividades observadas quando a cebolinha foi cultivada no solo sem cobertura sem capina (Tabelas 2 e 3), pode ser explicada pela interferência imposta pelas plantas daninhas, já que competem com a cultura por água, luz e nutrientes, podendo ainda liberar compostos alelopáticos (TOMAZ, 2008). Araújo Neto *et al.*, (2010) e Felito (2020) também observaram menores produtividades da cebolinha quando na presença de plantas daninhas. Coelho *et al.*, (2013) observaram uma redução de 94,95 e 92,10% da produtividade comercial do pimentão nos sistemas de plantio direto e convencional, respectivamente, nos tratamentos sem capinas. Paiva (2019) observou a menor produtividade do repolho de 51,59 % e 73,36 % no tratamento sem cobertura sem capina e Freitas (2017) observou redução de 46% na produtividade da alface nesse mesmo tratamento.

1.5. CONCLUSÕES

Dentre os tipos de cobertura estudados, a cobertura do solo com papel reciclado reduz o aquecimento do solo e amplitude térmica.

As coberturas do solo com filme de polietileno branco e polietileno preto proporcionam as maiores produtividades da cebolinha.

As coberturas do solo com filme de polietileno preto ou branco e papel reciclado mostraram-se eficientes no controle das plantas infestantes.

As coberturas do solo com filme de polietileno preto, polietileno branco e papel reciclado influenciam positivamente a temperatura do solo e produtividade da cebolinha nas condições de temperatura amenas.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, J. W.; FARIAS JÚNIOR, M.; SOUZA, M. A.; ROCHA, A. C. Utilização de diferentes filmes plásticos como cobertura de abrigos para cultivo protegido. **Acta Sci., Agron. (Online)**, v.33, n.3, p. 437-443,2011.

- ARAÚJO NETO, S. E. de; GALVÃO, R. de O.; FERREIRA, R. L. F.; PARMEJANI, R. S.; NEGREIROS, J. R. da S. Plantio direto de cebolinha sobre cobertura vegetal com efeito residual da aplicação de composto orgânico. **Ciência Rural**, v. 40, n. 5, p. 1206-1209, 2010.
- BEZERRA, A. C.; MONTENEGRO, A. A. de A., PANDORF, H. SILVA, J. R. L. da.; ANDRADE, C. W. L.; SILVA, W. P. da. Variabilidade espaço temporal da temperatura do solo sob diferentes coberturas no semiárido pernambucano. **Water Resources and Irrigation Management**, v.5, n.3, p.75-85,2016.
- BRUNINI, O; SANTOS, J. M.; ALFONSI, R. R.; PEDRO JÚNIOR, M. J. Estudo micrometeorológico com cenouras (Var. Nantes) II – Influência da temperatura do solo. **Bragantia** [online]. v. 35, n. 1, p. 49-54, 1976.
- CARVALHO NETO, A. B.de; PANDOLFI, M. A.; OLIVEIRA, R. C. de. Sustentabilidade na agricultura familiar com o uso da tecnologia do *mulching* em Taquaritinga – SP. **In: III SIMTEC – Simpósio de Tecnologia da FATEC Taquaritinga**. ANAIS: ISSN: 2526-1967, v.3, n.1. 11 p. 2015. Disponível em: <www.fatectq.edu.br/SIMTEC> Acesso em: 26/03/2021.
- COELHO, M. E. H.; FREITAS, F.C. L.; CUNHA, J. L. X. L.; SILVA, K. S.; GRANGEIRO, L. C.; OLIVEIRA, J. B. Coberturas do solo sobre a amplitude térmica e a produtividade de pimentão. **Planta daninha**, v. 31, n. 2, p. 369-378, 2013.
- CUNHA, J.L.X.L.2, FREITAS, F.C.L.3, AMBRÓSIO, M.M.Q.3, FONTES, L.O.4, NASCIMENTO, P.G.M.L.3 e GUIMARÃES, L.M.S. Comunidade microbiana do solo cultivado com pimentão nos sistemas de plantio direto e convencional associado ao manejo de plantas daninhas. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 32, n. 3, p. 543-554, 2014.
- FARIAS, D. B. S.; LUCAS, A. A. T.; MOREIRA, M. A.; ANDRADE NASCIMENTO, L. F.; SÁ FILHO, J. C. F. Cobertura do solo e adubação orgânica na produção de alface. **Revista de Ciências Agrárias Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v. 60, n. 2, p. 173-176, 2017.
- FAVARATO, Luiz Fernando *et al.* Luiz Fernando Favarato 1,* , Frederico Jacob Eutrópio2 , Lidiane Mendes3 e Rogério Carvalho Guarçoni1 Coberturas de solo com diferentes orifícios no desempenho da alface. **Revista de Ciências Agroambientais**, v. 18, n. 1, p. 1-7, 2020.
- FELITO, R. AD. **Uso do mulching e sistema de plantio direto no cultivo orgânico de plantas condimentares**. 67p. 2020. Tese (doutorado)-Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu. 2020.
- FERREIRA, R. L. F. *et al.* Ferreira, R. L. F., de Negreiros, M. Z., M. de Miranda, V. B. R., de Araujo Neto, S. E., de Padua Araujo, A., de Sousa, J. W. Influencia da cobertura do solo na produção do meloeiro. **Revista de Ciências Agrárias Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v. 46, n. 1, p. 215-226, 2006.
- FERREIRA, R. L. F.; ALVES2, A. S. S. C. AÚJO NETO, S. E.; KUSDRA, J. F.; REZENDE, M. I. F. L. Produção orgânica de alface em diferentes épocas de cultivo e sistemas de preparo e cobertura de solo. **Bioscience Journal**, v. 30, n. 4, 2014.

- FREITAS, A. R. J. **Potencial do papel no cultivo da alface visando controle de plantas daninhas, temperatura e perda de água.** 2017. 55 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, UFV. Viçosa. 2017.
- FREITAS, A.R.J; FREITAS, F.C.L; SOUZA, C.M.; DELAZARI, F.T.; BORGES, F.J.G.; ZANÚNCIO, J. C. Biodegradable mulch controls weeds and increases water use efficiency in lettuce crops. **Horticultura Brasileira**, n.39, v.3, p.000-000, 2021.
- GASPARIM, E.; RICIERI, R.P; SILVA, S. de L.; DALLACORT, R.; GNOATTO, E. Temperatura no perfil do solo utilizando duas densidades de cobertura e solo nu. **Acta Scientiarum, Agronomy**, v. 27, n. 1, p. 107-115, 2005.
- GASTL FILHO, J.; RESENDE, M. A.; FERREIRA, I.; MARTINS, I. S.; PIVA, H. T. Desempenho agrônômico de alface orgânica em função da cobertura do solo. **Revista Agroecossistemas**, v. 12, n. 2, p. 51-68, 2020.
- HAAPALA, T.; PALONEN, P.; TAMMINEN. A.; AHOKAS, J. Effects of different paper mulches on soil temperature and yield of cucumber (*Cucumis sativus* L.) in the temperate zone. **Agricultural and food Science**, v.24, p. 52–58, 2015.
- KOTTEK, M.; GRIESER, J., BECK, C., RUDOLF, B.; RUBEL, F. World Map of Köppen-Geiger climate classification updated. **Meteorologische Zeitschrift**, v.15, n. 3, p. 259-263, 2006.
- LIAKATAS, A.; CLARK, J.A.; MONTEITH, J.L. Measurements of the heat balance under plastic mulches. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v.36, n. 3, p.227-239, 1986.
- MENESES, N. B.; MOREIRA, M. A.; SOUZA, I. M. de; BIANCHINI, F. G. Crescimento e produtividade de alface sob diferentes tipos de cobertura do solo. **Revista Agro@mbiente On-line**, v. 10, n. 2, p. 123-129, 2016.
- ONWUKA, Brownmang; MANG, Brow. Effects of soil temperature on some soil properties and plant growth. **Adv. Plants Agric. Res**, v. 8, p. 34-37, 2018.
- PAIVA, M. C. G. **Uso de coberturas no cultivo do repolho e sua influência no controle de plantas daninhas, eficiência no uso da água e temperatura do solo.** 2019. 55 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, UFV. Viçosa. 2019.
- PUIATTI, M. **A arte de cultivar hortaliças.** Viçosa, MG: UFV/ CEAD, 2019.
- RIBAS, G. G.; STRECK N. A.; SILVA, S., D. DA; ROCHA, T. S. M. DA; LANGNER, J. A. Temperatura do solo afetada pela irrigação e por diferentes coberturas. **Engenharia Agrícola**, v. 35, n. 5, p. 817-828, 2015.
- RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ, V.; V.H. (Ed.) **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5ª Aproximação.** Viçosa: CFSEMG, 1999. 359p.
- RODRIGUES, D. S.; NOMURA, E. S.; GARCIA, V. A. Coberturas de solo afetando a produção de alface em sistema orgânico. **Ceres**, v. 56, n. 3, p. 332-335, 2009.

SAJID, M.; AHMAD, S.; JASKANI M. J.; YASIN, M.; Optimum Weed Control Method Increases the Yield of Kinnow by Improving the Physical Properties of Soil. **Planta Daninha**, v. 36, 2018.

SILVA, D. F. **Interferência de plantas daninhas na produção e qualidade de frutos de melão nos sistemas de plantio direto e convencional**. 2010. 52 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2010.

SILVA, M. R.; STRECK, N. A.; GABRIEL, L. F.; HELDWEIN, A. B.; JUNIOR ZANON, A.; ALVES, A.F.; ROSSATO, I. G.; DUARTE JUNIOR, A.J.; PILECCO, I.B.; MILANESI, R. S.; TONETTO, F.; POZZOBON, G. F.; RIBAS, G. G. Climatologia da temperatura do solo sob diferentes coberturas em Santa Maria, Rio Grande do Sul. **Agrometeoros**, v. 26, n. 1, p.151-159, 2018.

SILVA, M.G.O. ; FREITAS, F. C. L. ; NEGREIROS, M. Z. ; MESQUITA, H.C. ; SANTANA, F.A.O. ; LIMA, M. F. . Manejo de plantas daninhas na cultura da melancia nos sistemas de plantio direto e convencional. **Horticultura Brasileira** (Impresso), v. 31, p. 494-499, 2013.

STRECK, N. A. *et al.* FM Schneider, GA Buriol, AB Heldwein. Effect of polyethylene mulches on soil temperature and tomato yield in plastic greenhouse. **Scientia Agricola**, v. 52, n. 3, p. 587-593, 1995.

TEÓFILO, T.M.S; FREITAS, F. C. L ; MEDEIROS, J. F. ; FERNADES, D. ; GRANGEIRO, L. C. ; TOMAZ, H. V. Q. ; RODRIGUES, A. P. M. S. . Eficiência no uso da água e interferência de plantas daninhas no meloeiro cultivado nos sistemas de plantio direto e convencional. **Planta Daninha** (Impresso), v. 30, p. 547-556, 2012.

TOMAZ, H. V. Q. **Manejo de plantas daninhas crescimento e produtividade do meloeiro em sistemas de plantio direto e convencional**. 2008. 67 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2008.

CAPÍTULO II:

TEMPERATURA DO SOLO SOBRE A ATIVIDADE MICROBIANA NO CULTIVO DA CEBOLINHA E REPOLHO COM DIFERENTES COBERTURAS DO SOLO

RESUMO – O objetivo desta pesquisa foi avaliar se o uso de diferentes coberturas do solo no cultivo da cebolinha e do repolho influenciam a atividade microbiana do solo e a produtividade das culturas. Foram realizados dois experimentos, um com cultivo de repolho (*Brassica oleracea var. capitata*) e outro com o de cebolinha (*Allium fistulosum*). Em ambos os ensaios foram avaliados cinco tratamentos: cobertura do solo com filme de polietileno preto, filme de polietileno branco, papel reciclado, solo sem cobertura com capinas e solo sem cobertura sem capinas. Em cada unidade experimental, foram instalados sensores a 5,0 cm de profundidade para o monitoramento das temperaturas diárias do solo. Aos 90 dias após transplântio das mudas foram avaliados a taxa respiratória (C-CO₂), o carbono da biomassa microbiana (CBM), quociente metabólico (qCO₂), a matéria seca de plantas daninhas e produtividade (t ha⁻¹) das culturas. O solo com filme de polietileno preto e o solo sem cobertura com capinas promoveram os maiores índices de temperaturas máximas no solo nos dois experimentos. Por outro lado, foram observados em solo sem cobertura e sem capinas e solo coberto com papel reciclado as menores elevações de temperatura. A taxa de C-CO₂ foi maior nos solos sem cobertura e sem capinas, em ambos experimentos. Os maiores valores de qCO₂ nos cultivos da cebolinha e repolho foram observados no solo sem cobertura e com capinas e no solo com filme de polietileno preto, respectivamente. As coberturas do solo controlaram 100 % o crescimento de plantas daninhas, em ambos os cultivos. O uso de coberturas sobre o solo aumentou a produtividade de cebolinha, mas não influenciou o rendimento do repolho, quando comparado ao solo com capinas. Conclui-se que o papel reciclado reduz as oscilações de temperatura do solo. As coberturas modificam a atividade microbiana do solo, não influenciam a produtividade do repolho, mas interferem no rendimento da cebolinha. O filme de polietileno branco e o papel reciclado proporcionam as maiores produtividade da cebolinha.

PALAVRAS-CHAVE: mulching; aquecimento do solo; indicadores microbiológicos; conservação do solo; hortaliças.

SOIL TEMPERATURE ON MICROBIAL ACTIVITY IN THE CULTIVATION OF CHIVES AND CABBAGE WITH DIFFERENT SOIL COVERS

ABSTRACT –The objective of this research was to evaluate whether the use of different soil cover in the cultivation of chives and cabbage influence soil microbial activity and crop yield. Two experiments were carried out, one with cabbage cultivation (*Brassica oleracea* var. *capitata*) and the other with chives (*Allium fistulosum*). In both trials, five treatments were evaluated: soil cover with black polyethylene film, white polyethylene film, recycled paper, soil without cover with weeding and soil without cover without weeding. In each experimental unit, sensors were installed at 5.0 cm depth to monitor daily soil temperatures. At 90 days after transplanting the seedlings, respiratory rate (C-CO₂), microbial biomass carbon (MBC), metabolic quotient (qCO₂), dry matter of weeds and productivity (t ha⁻¹) of the crops were evaluated. The soil with black polyethylene film and the soil without cover with weeding promoted the highest rates of maximum soil temperatures in the two experiments. On the other hand, the lowest temperature elevations were observed in soil without cover and without weeding and soil covered with recycled paper. The C-CO₂ rate was higher in soils without cover and without weeding, in both experiments. The highest values of qCO₂ in chive and cabbage crops were observed in uncovered soil and with weeding and in soil with black polyethylene film, respectively. Soil cover control 100 % weed growth in both crops. The use of cover on the soil increased the productivity of chives, but did not influence cabbage yield when compared to the soil with weeding. It is concluded that recycled paper reduces soil temperature fluctuations. The cover crops modify the microbial activity of the soil, do not influence cabbage yield, but interfere in the yield of the chives. White polyethylene film and recycled paper provide the highest productivity of chives.

KEYWORDS: mulching; soil heating; microbiological indicators; soil conservation; vegetables.

1. INTRODUÇÃO

A compreensão da dinâmica de liberação de nutrientes e atividade biológica em sistemas agroecológicos que utilizam coberturas do solo possibilitará o incremento e adoção de estratégias de manejo do solo (SOUZA *et al.* 2020), como é o caso do uso das coberturas do solo no cultivo de hortaliças. Nos últimos anos, as coberturas de solo com diferentes matérias orgânicos e inorgânicos, como as palhadas e os filmes de polietileno, respectivamente, e ainda os biodegradáveis, como os papeis reciclados, além de outros tipos, têm sido largamente adotadas na produção de hortaliças.

As coberturas do solo, além de funcionar como barreira física para as plantas daninhas, também podem influenciar a temperatura do solo e conseqüentemente as plantas e microrganismos. Alguns autores, como Fu *et al.* (2020), têm levantado a hipótese de que o aumento da temperatura pode estimular o metabolismo microbiano do solo, aceleraria a degradação do carbono orgânico e aumentaria o fluxo de carbono por meio da respiração do solo. Diante disso, no que diz respeito sobre as mudanças climáticas, as respostas da atividade microbiana ao aquecimento têm recebido mais atenção atualmente.

A temperatura do solo influencia o desenvolvimento da cultura, desde a germinação até o seu estágio final de maturação, uma vez que esta irá atuar diretamente na absorção de água e nutrientes, na evapotranspiração e, conseqüentemente, no teor de umidade do ambiente. Além disso, a temperatura do solo afeta a atividade microbiana, podendo modificar a taxa de ciclagem de nutrientes ou mesmo favorecer algum grupo de microrganismos, como os fitopatogênicos, por exemplo (SILVA *et al.*, 2019). Cunha *et al.* (2014), observaram uma redução na atividade microbiana em decorrência da elevação da temperatura do solo promovida pelo filme de polietileno. Estes mesmos autores, constataram a presença de danos causados pelo fungo fitopatogênico *Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goidanich em plantas de pimentão, quando cultivadas com filme de polietileno, em decorrência da elevação da temperatura do solo promovida por este filme.

Temperaturas elevadas afetam a distribuição e atividade dos microrganismos do solo, alterando o ciclo de nutrientes e a atividade da água (OLIVEIRA e BORROZZINO, 2018). As atividades metabólicas exercidas pelos microrganismos possuem importante função na ciclagem de nutrientes no solo e garante a disponibilidade destes nutrientes para as plantas (ONWUKA e MANG, 2018). Estes autores afirmam que, devido à elevação da temperatura do

solo e da consequente elevação das atividades metabólicas dos microrganismos, a disponibilidade de nutrientes para as plantas é estimulada.

A atividade dos microrganismos do solo tem relação direta na produtividade dos ecossistemas agrícolas, já que a comunidade microbiana exerce papel fundamental na ciclagem dos nutrientes na decomposição e mineralização de materiais orgânicos e inorgânicos e ainda várias atividades biológicas consideradas indicadoras da qualidade do solo, dentre a qual se encontra-se a respiração e a biomassa microbiana do solo, que podem ser avaliadas e quantificadas por meio de métodos em laboratórios. (MATIAS *et al.*, 2009; NASCIMENTO *et al.*, 2015; GONÇALVES *et al.* 2019). Além dessas atividades biológicas, tem também o quociente metabólico (qCO_2), que representa a taxa de respiração da biomassa microbiana, exposto em quantia de CO_2 liberado pela quantia de carbono da biomassa em função do tempo (ALVES *et al.*, 2011). A biomassa microbiana é um constituinte ecológico crucial, responsável em decompor e mineralizar os resíduos vegetais no solo, intervindo na dinâmica da matéria orgânica do solo e em disponibilizar os nutrientes, podendo ter influência na produtividade dos ecossistemas agrícolas e florestais (SILVA *et al.*, 2014).

Visto que a produtividade agrícola é afetada de forma direta e indireta pela microbiota, a análise e o conhecimento dos processos em que a biomassa microbiana está envolvida tornam-se fundamental para um manejo apropriado do solo, visando à sua conservação e produtividade (VARGAS e SCHOLLES, 2000). Assim, torna-se importante a realização de estudos visando avaliar os efeitos do uso das coberturas do solo na temperatura e consequentemente na atividade microbiana do solo em cultivos de hortaliças, uma vez que estes são escassos, sobretudo com as culturas da cebolinha (*Allium fistulosum*) e do repolho (*Brassica oleracea* var. *capitata*).

Diante do exposto, o objetivo desse estudo foi avaliar se o uso de diferentes coberturas do solo no cultivo da cebolinha e do repolho influenciam a atividade microbiana do solo e a produtividade das culturas.

2.2. MATERIAL E MÉTODOS

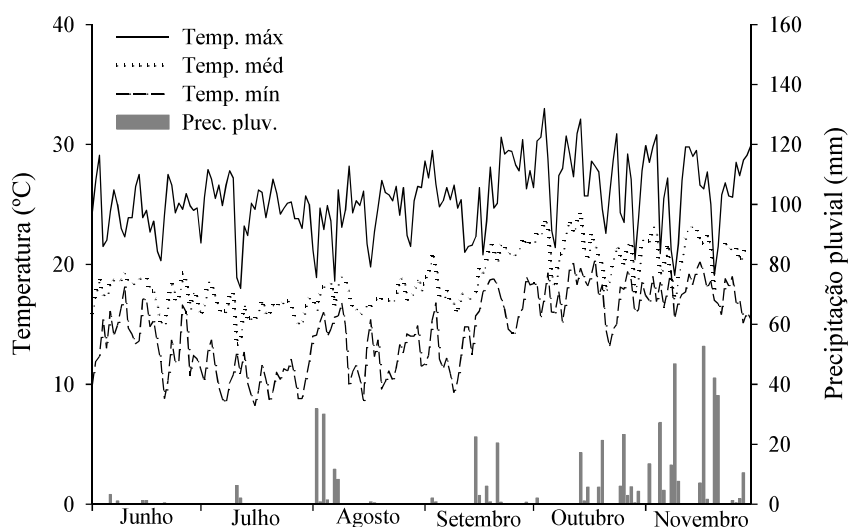
2.2.1. Descrição da área dos experimentos

Dois experimentos foram realizados no campo experimental na Unidade de Ensino, Pesquisa e Extensão da “Horta Velha” (20° 45’S e 42° 51’O, com a altitude de 651 metros), vinculada ao Departamento de Agronomia da Universidade Federal de Viçosa em Viçosa, Minas Gerais, Brasil. O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Cwa (clima subtropical úmido), com temperatura média anual de 19 °C e precipitação média anual

de 1.300 mm (KOTTEK, 2006). O primeiro experimento consistiu no cultivo de repolho (*Brassica oleracea* var. *capitata*) durante os meses de junho a setembro de 2018 e, o segundo no cultivo de cebolinha (*Allium fistulosum* L.) no período de agosto a novembro de 2018.

Os dados climatológicos, como temperaturas máxima, média e mínima, e precipitação pluvial durante os períodos de condução dos experimentos foram apresentados na Figura 1.

Figura 1 – Temperatura máxima, média, mínima e precipitação pluvial durante os experimentos no ano de 2018. Fonte: INMET, 2021.



2.2.2. Delineamento experimental

Os experimentos foram conduzidos em delineamento experimental de blocos casualizados, com quatro repetições, onde foram avaliados cinco tratamentos: solo coberto com filme de polietileno preto (25 micras); solo coberto com filme de polietileno branco (25 micras); solo coberto com papel reciclado (gramatura 131 g m⁻²); solo sem cobertura com capinas e solo sem cobertura sem capina. No tratamento com capinas, essas foram realizadas manualmente com auxílio de enxada, sempre que necessário, mantendo o tratamento livre da interferência de plantas daninhas durante todo o cultivo da cebolinha e do repolho.

2.2.3. Preparo do solo e adubação

O preparo do solo foi realizado por meio de uma aração e duas gradagens em ambos experimentos. Para a cultura do repolho, foram construídos camalhões com aproximadamente 0,20 m de altura, espaçados entre si em 0,8 m. No cultivo da cebolinha, foram construídos canteiros com aproximadamente 0,20 m de altura e 12 m de comprimento, com o auxílio de uma enxada rotativa encanteiradora. As parcelas foram feitas com 2,0 m de comprimento por

1,0 m de largura. Posteriormente, foram coletadas amostras de solo de 0-20 cm de profundidade, para realização das análises físicas e químicas (Tabela 1).

Tabela 1 – Resultados das análises químicas e físicas do solo.

Características químicas													
pH	P	K ⁺	B	Fe	Mn	Ca ²⁺ +	Mg ²⁺ +	Al ³⁺ +	H + Al	T	S B	MO	P- Rem
(H ₂ O	----- (mg dm ⁻³) -----					----- (cmol _c dm ⁻³) -----				----- (dag kg ⁻¹) -----			
5,9	82,	24	0,	65,	88,	3,8	0,8	0,0	2,6	7,	5,	2,75	24,8
Características físicas													
Argila			Silte			Areia			Classe				
----- (%) -----													
46			30			12			Argilosa				

* Análises realizadas no Laboratório de Análises de Solo Viçosa Ltda. pH: água, KCL e CaCl₂- relação 1:2,5. P-K: Extrator Mehlich 1. Ca-Mg e Al: Extrator: KCL – 1 mol L⁻¹. H + Al – Acidez potencial – Extrator: acetato de cálcio 0,5 mol L⁻¹; SB - Soma de bases trocáveis; T – Capacidade de troca catiônica a pH 7,0; MO – Matéria orgânica; (P-Rem) – Fósforo Remanescente.

A adubação de plantio do repolho foi realizada com 50 kg ha⁻¹ de P₂O₅, 150 kg ha⁻¹ de N e 100 kg ha⁻¹ de K₂O, usando como fonte superfosfato simples, sulfato de amônio e cloreto de potássio, respectivamente. As adubações de cobertura foram realizadas por meio de fertirrigação, com 150 kg ha⁻¹ de N e 100 kg ha⁻¹ de K₂O, divididas em três épocas, aos 20, 40 e 60 dias após o transplante (DAT), usando como fontes nitrato de cálcio e cloreto de potássio, conforme as Recomendações para o Uso de Corretivos e Fertilizantes em Minas Gerais – 5^a Aproximação (RIBEIRO *et al.*, 1999).

A adubação de plantio da área de cebolinha, foi realizada com 100 kg ha⁻¹ de P₂O₅, 36 kg ha⁻¹ de N e 15 kg ha⁻¹ de K₂O, utilizando como fonte o superfosfato simples, sulfato de amônio e cloreto de potássio, respectivamente. Adicionalmente, foram aplicadas aos 20 dias após o transplante (DAT) das mudas, via fertirrigação, 84 kg ha⁻¹ de N e 35 kg ha⁻¹ de K₂O, empregando-se as fontes nitrato de cálcio e cloreto de potássio, respectivamente. A Adubação da cebolinha foi realizada conforme Recomendações para o Uso de Corretivos e Fertilizantes em Minas Gerais – 5^a Aproximação (RIBEIRO *et al.*, 1999).

2.2.4. Irrigação e plantio

As irrigações das culturas foram realizadas por meio de gotejamento, com uso de fitas com emissores de vazão 1,60 L h⁻¹ espaçados de 0,30 m na fita, dispostas de forma longitudinal nos canteiros e com espaçamento de 0,20 m entre si. Após a adubação e a instalação da irrigação, foram instaladas as coberturas com papel reciclável e filme de polietileno preto ou branco sobre os canteiros com as margens cobertas com solo nas extremidades.

Após a colocação das coberturas as parcelas foram irrigadas até o solo atingir a capacidade de campo, anteriormente ao transplante das mudas. Para possibilitar a execução do transplante das mudas, foram abertos orifícios circulares de 2,0 cm de diâmetro tanto nos filmes de polietileno quanto no papel reciclado. As mudas de repolho (repolho híbrido Astrus Plus[®]) foram plantadas com espaçamento de 0,3 m nos camalhões. No experimento com cebolinha (cultivar Midorikawa), as plantas foram espaçadas em 0,20 m na linha e 0,15 m nas entrelinhas.

2.2.5. Monitoramento da temperatura do solo

A temperatura do solo foi monitorada por meio de sensores digitais de temperatura, modelo DS18B20 com precisão de $\pm 0,5^\circ \text{C}$ na faixa de -10°C a $+85^\circ \text{C}$, instalados à 5 cm de profundidade do solo no centro de cada unidade experimental. Os dados foram coletados durante o ciclo da cultura a cada 15 minutos e armazenados em *dataloggers*, construído utilizando placa de portoboard, Arduino Uno, relógio e um módulo micro Sd Card. Com base nos dados obtidos, determinou-se as temperaturas máximas e a variação da temperatura ao longo do dia, em ambos experimentos, (dos 84 aos 96) dias após o transplante das mudas no experimento com cebolinha e (dos 51 aos 67) dias após o transplante no experimento com repolho.

2.2.6. Determinação da produtividade das culturas

Aos 90 DAT foram colhidas seis plantas de repolho nas fileiras centrais cujas cabeças foram pesadas em balança digital com precisão de 0,01 grama para determinação da produtividade (t ha^{-1}).

Aos 90 DAT foram colhidas dez plantas de cebolinha, nas fileiras centrais, cujas plantas foram pesadas em balança digital com precisão de 0,01 grama para determinação da produtividade (t ha^{-1}).

2.2.7. Determinação da matéria seca de plantas daninhas

Nos cultivos de repolho e cebolinha, foram coletadas plantas daninhas para determinação da matéria seca das mesmas, por meio de amostragem em cada unidade experimental, utilizando-se quadrado vazado com 0,25 m de cada lado ($0,0625 \text{ m}^2$), o qual foi lançado duas vezes de forma aleatória nas entrelinhas de cada tratamento. As amostragens foram realizadas aos 90 DAT em ambos os experimentos. As plantas daninhas foram colhidas

e cortadas ao nível do solo e levadas à estufa com circulação forçada de ar, a 65 °C, até obtenção de massa constante, para a determinação da matéria seca.

2.2.8. Análises da microbiota do solo

Análises microbiológicas do solo foram realizadas em todos os tratamentos, para isso, amostras de solo foram coletadas aleatoriamente dentro da área útil das parcelas de cada um dos experimentos na profundidade de 0-10 cm, imediatamente após a colheita de ambas as culturas. Essas amostras foram levadas para laboratório onde foram avaliados a taxa respiratória (C-CO₂), o carbono da biomassa microbiana (CBM) e o quociente metabólico (qCO₂).

Para a determinação da taxa respiratória, utilizou-se o método respirométrico de C-CO₂ evoluído do solo mediante um sistema de fluxo contínuo. O ar atmosférico foi injetado por um compressor a uma pressão de 7 Kgf cm⁻². O ar entrou no sistema de filtros, em que o C-CO₂ foi removido. O ar livre de C-CO₂ seguiu para um sistema de reguladores de pressão que foram conectados aos frascos com amostras de solos. O C-CO₂ liberado do solo foi carregado por fluxo contínuo de ar atmosférico isento de C-CO₂ para erlenmeyer contendo 100 mL de solução de NaOH 0,5 mol L⁻¹.

Foram utilizadas amostras de 100g de solo (terra fina seca ao ar- TFSA), com umidade equivalente a 60% da capacidade de campo, incubadas durante 15 dias em frascos hermeticamente fechados. Para o controle do ar carregado foram utilizados frascos sem solo (amostra “branco”) em cinco replicatas. Aos 15 dias foram retiradas amostras de 10 mL da solução de NaOH (0,5 mol L⁻¹) e foram acrescentados 5 mL de BaCl₂ e 3 gotas de fenolftaleína. Após realizou-se a titulação com solução de HCL 0,5 mol L⁻¹ para estimar o C-CO₂ evoluído. A viragem foi de rósea a incolor.

O cálculo foi representado em mg C-CO₂/100cm³ de solo durante o intervalo de tempo utilizado no monitoramento da amostra. A equação utilizada para obter esse valor é:

$$C - CO_2 (mg) = (B - V) * M * 12 * \left(\frac{v1}{v2}\right)$$

B = Volume do HCl no branco (mL)

V = Volume do HCl gasto na amostra (mL)

M = Concentração real do HCl (mol L⁻¹)

v1 = Volume total de NaOH usado na captura do CO₂ (mL)

v2 = Volume de NaOH usado na titulação (mL)

Após 15 dias de incubação, foram pesadas 20 g de solo de cada frasco para determinação do carbono da biomassa microbiana (CBM), conforme a metodologia proposta por Vance *et al.* (1987) e modificada por Islam e Weil (1998).

Cada amostra de solo foi duplicada, sendo uma tratada com radiação de micro-ondas por 2 minutos e a outra amostra não foi irradiada. Após foram adicionadas as amostras (irradiadas e não irradiadas) 80 mL de solução de sulfato de potássio (K_2SO_4 0,5 mol L⁻¹), e foram submetidas à agitação por 30 minutos em mesa agitadora horizontal. Posteriormente as amostras foram mantidas em repouso durante 30 minutos e filtradas com papel Whatman n° 42. Em tubo digestor, adicionou-se 10 mL do filtrado, 2 mL de solução de dicromato de potássio ($K_2Cr_2O_7$ 0,0667 mol L⁻¹) e 10 mL de ácido sulfúrico (H_2SO_4 PA).

O volume da solução foi completado para 100 mL com água destilada, sendo transferido para frascos erlenmeyers de 250 mL, onde foram adicionadas oito gotas do indicador ferroim. Posteriormente, realizou-se a titulação com sulfato ferroso II ($FeSO_4 \cdot 7H_2O$), até a mudança para cor para vermelho-vitreo. As amostras brancas foram preparadas com 80 mL da solução de sulfato de potássio (K_2SO_4 0,5 mol L⁻¹), 2 mL de solução de dicromato de potássio ($K_2Cr_2O_7$ 0,0667 mol L⁻¹) e 10 mL de ácido sulfúrico (H_2SO_4 PA).

Os valores do carbono presente na biomassa microbiana foram calculados a partir das seguintes equações:

$$C_{I,NI} = \frac{(V_b - V_{am})(\text{molaridade do sulfato ferroso})(3)(1000)(\text{volume extrator})}{(\text{volume do extrato}^*) (\text{peso do solo})}$$

*Volume utilizado para a determinação do carbono (mL)

V_b = volume do branco (mL)

V_{am} = volume da amostra (mL)

3 = resultado da relação entre o número de mols de $Cr_2O_7^-$ que reagem como o C^0 (3/2) multiplicado pelo peso equivalente do C (12).

1000 = fator de conversão de unidade.

$$C_{mic} = (C_I - C_{NI}) / K_c = \mu g \text{ g}^{-1} \text{ de C no solo}$$

C_I = amostra irradiada

C_{NI} = amostra não irradiada

Sendo $K_c = 0,33$ para o método de irradiação extração de CBMS.

Determinou-se o quociente metabólico ou taxa respiratória específica (qCO_2) a partir dos valores obtidos da evolução do C-CO₂ e CBM, por meio da seguinte equação:

$$q\text{CO}_2 = \frac{\text{C-CO}_2 (\mu\text{g C-CO}_2 \text{ g}^{-1} \text{ solo d}^{-1})}{\text{CBM} (\mu\text{g C g}^{-1} \text{ solo})}$$

2.2.9. Análise estatística

Os dados dos dois experimentos foram analisados separadamente. Valores de temperatura do solo ao longo da condução dos experimentos foram apresentados na forma de média. Dados de C-CO₂, CBM e qCO₂ foram apresentados na forma de média ± erro padrão. Dados de produtividade da cebolinha e do repolho foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, utilizando o software estatístico SISVAR.

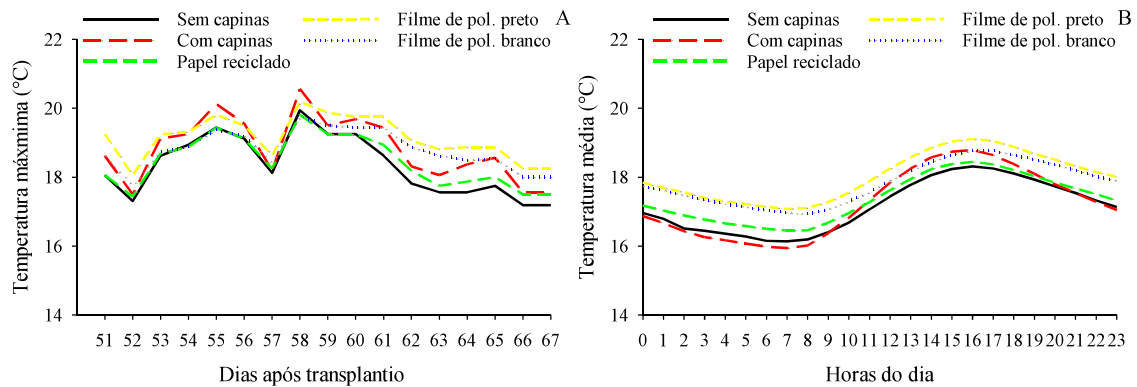
2.3. RESULTADOS

2.3.1. Experimento com o repolho

Os tratamentos influenciaram a temperatura do solo durante o crescimento do repolho (Figura 2). De maneira geral, a cobertura do solo com filme de polietileno preto foi o tratamento que levou as maiores temperaturas máximas do solo, durante o cultivo do repolho, com média de 19,1 °C (Figura 2A). Por outro lado, dentre as coberturas estudadas, o papel reciclado proporcionou as menores elevações de temperatura do solo, sendo observado média de temperatura máxima de 18,5 °C (Figura 2A). O solo sem cobertura e sem capinas apresentou durante o cultivo do repolho as menores temperaturas máximas, com média de 18,3 °C.

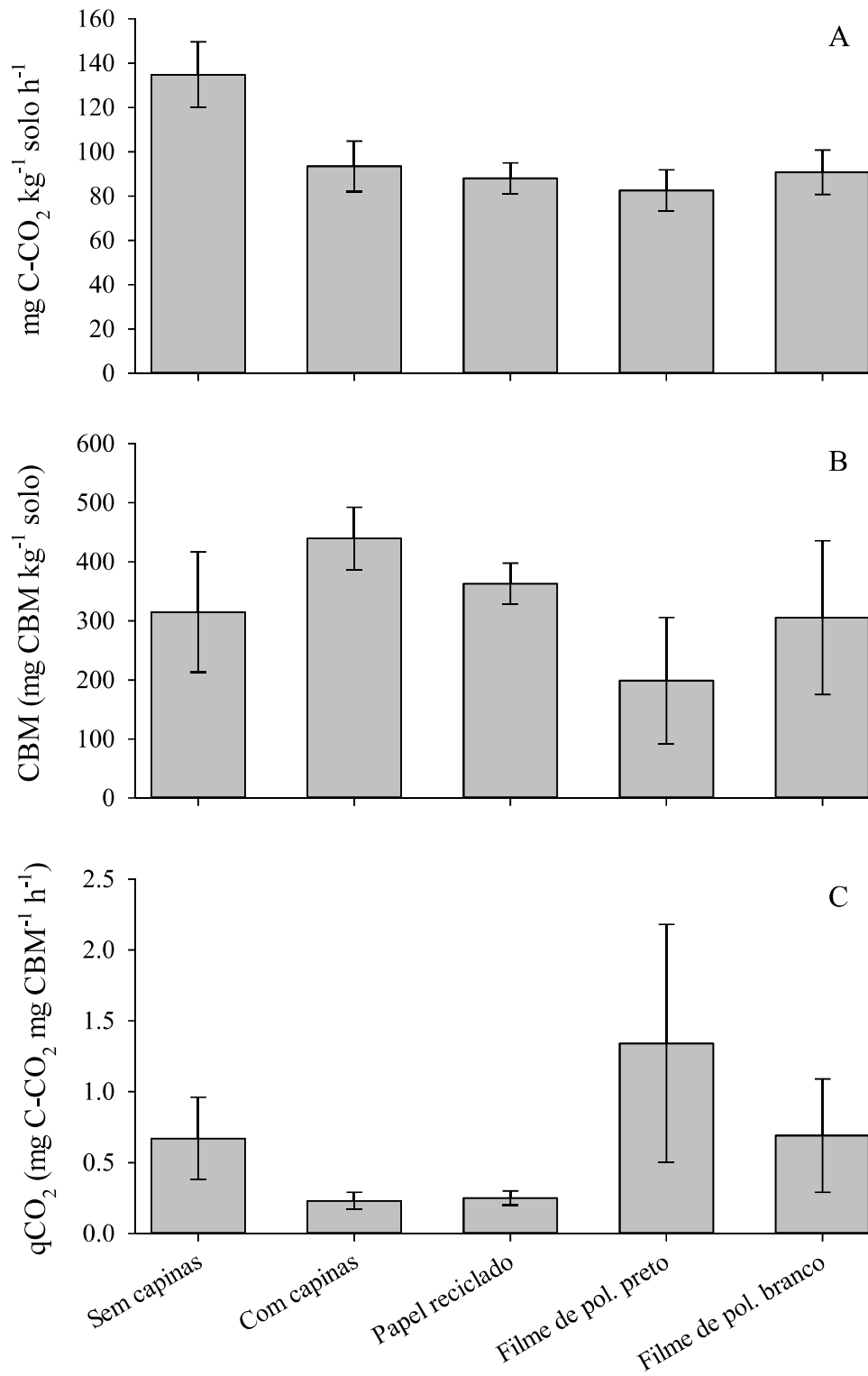
A temperatura do solo cultivado com repolho oscilou durante o dia, sendo observado os maiores valores próximo às 16 h e os menores cerca de 7 h, independente do tratamento (Figura 2B). Os tratamentos influenciaram a amplitude da variação da temperatura ao longo do dia, sendo observado flutuações de temperatura do solo em ordem crescente: filme de polietileno branco < papel reciclado < filme de polietileno preto < solo sem cobertura e sem capinas < solo sem cobertura e com capinas (Figura 2B, Figura S1B). Dentre os tratamentos de cobertura do solo, o papel reciclado foi o que proporcionou menores valores de temperatura ao longo do dia (Figura 2B). O filme de polietileno preto manteve a temperatura média do solo mais alta durante todo o dia, em relação aos demais tratamentos (Figura 2B).

Figura 2. Temperatura máxima (A) e variação média da temperatura do solo ao longo do dia (B) para o intervalo de 51 e 67 dias após o transplante das mudas de repolho. Viçosa-MG, 2018.



Os tratamentos influenciaram a atividade microbiana dos solos cultivados com repolho (Figura 3). A taxa de respiração (C-CO₂) microbiana foi maior nos solos sem cobertura e sem capinas (Figura 3A). A C-CO₂ foi semelhante nos solos em que se utilizou cobertura. O uso de filme de polietileno preto ocasionou o menor valor de CBM e o maior de qCO₂ do solo entre os tratamentos estudados (Figura 3B-C).

Figura 3 – Média \pm erro padrão da respiração basal – C-CO₂ (A), carbono da biomassa microbiana – CBM (B) e quociente metabólico - qCO₂ (C) de solos com diferentes tipos de coberturas cultivados com repolho durante os meses de junho a setembro de 2018. Viçosa-MG, 2018.



O uso das coberturas do solo, papel reciclado, filme de polietileno preto e filme de polietileno branco reduziram em 100 % a produção de matéria seca de plantas daninhas no cultivo do repolho aos 90 DAT (Tabela 2).

A produtividade do repolho foi semelhante entre as coberturas estudadas e o tratamento sem cobertura e com capinas (Tabela 2). De maneira geral, o uso de cobertura ou a realização de capinas dobrou a produtividade do repolho em relação ao tratamento em que a cultura foi cultivada em convivência com as plantas daninhas (sem cobertura e sem capinas).

Tabela 2 – Massa de matéria seca de plantas daninhas e produtividade do repolho, aos 90 dias após o transplante (DAT). Viçosa, 2018.

TRATAMENTOS	MATÉRIA SECA DE PLANTAS DANINHAS (g m⁻²)	PRODUTIVIDADE DE REPOLHO (t ha⁻¹)
Sem cobertura sem capina	727,48	32,21 b
Sem cobertura com capinas	-	67,59 a
Papel reciclado	-	67,99 a
Filme de polietileno preto	-	64,89 a
Filme de polietileno branco	-	69,34 a
CV (%)	-	14

*Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

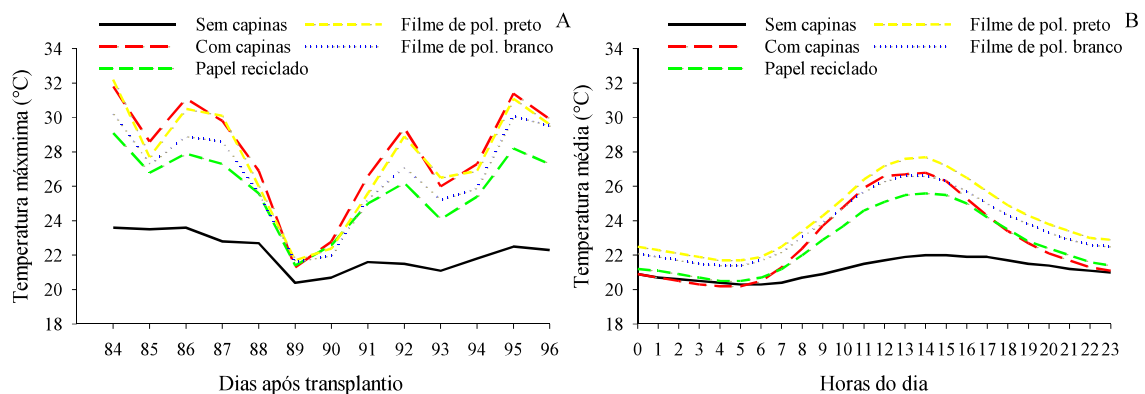
2.3.2. Experimento com a cebolinha

O uso de cobertura sobre os canteiros no cultivo da cebolinha influenciou a temperatura do solo durante o crescimento dessa cultura (Figura 4). A cobertura do solo com filme de polietileno preto e a manutenção do solo exposto (sem cobertura e com capinas) foram os tratamentos que causaram as maiores temperaturas máximas, durante o cultivo da cebolinha, com média de 27,9 e 27,6 °C, respectivamente (Figura 4A). Entre as coberturas estudadas o papel reciclado foi o tratamento que permitiu as menores elevações de temperatura do solo, sendo observado média de temperatura máxima durante o cultivo da cebolinha de 25,9 °C (Figura 4A). O solo sem cobertura e sem capinas apresentou durante o cultivo da cebolinha as menores temperaturas máximas, com média de 22,1 °C.

A temperatura do solo oscilou durante o dia, sendo observado os valores mais altos entre 13 e 14 h (Figura 4B). De maneira geral, o uso de cobertura influenciou na magnitude da variação da temperatura ao longo do dia. A cobertura do solo com papel reciclado proporcionou

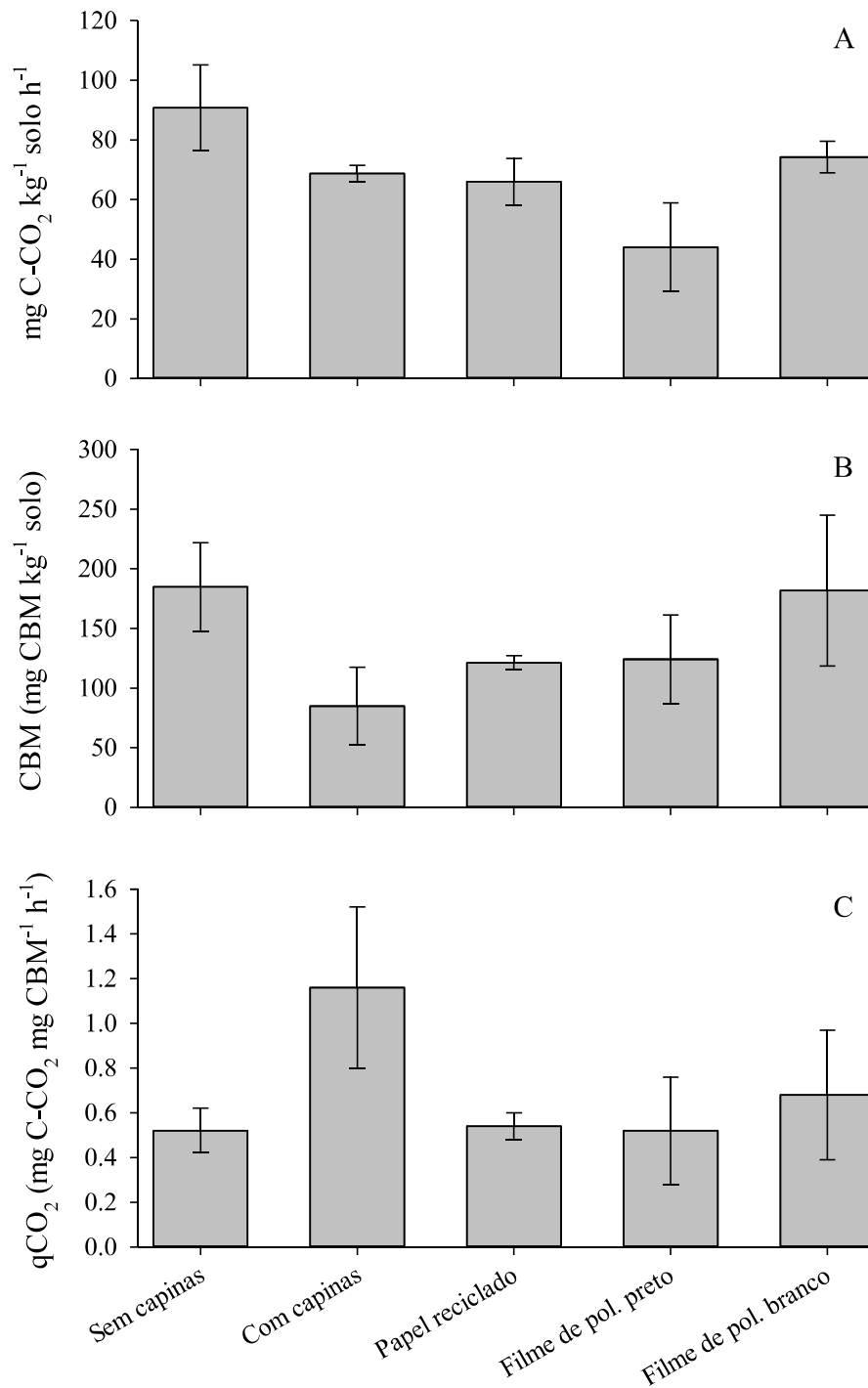
menores valores de temperatura durante o dia, quando comparada ao uso dos filmes de polietileno preto ou branco (Figura 4B). O filme de polietileno preto foi o tratamento que manteve a temperatura média do solo mais alta durante todo o dia, sendo também, observado os maiores valores de temperatura nesse tratamento (Figura 4B). A maior oscilação de temperatura do solo durante o dia foi observada no cultivo de cebolinha sem uso de cobertura e com capinas, em contrapartida, a ausência de cobertura, mas com manutenção das plantas daninhas (sem capinas) levou a menor flutuação de temperatura ao longo do dia (Figura 4B).

Figura 4 – Temperaturas máxima (A) e variação média da temperatura do solo ao longo do dia (B) para o período entre 84 e 96 dias após o transplante das mudas de cebolinha. Viçosa-MG, 2018.



A atividade microbiana do solo variou conforme o tipo de cobertura utilizada no cultivo da cebolinha (Figura 5). O solo sem cobertura e sem capinas proporcionou a maior taxa de respiração microbiana, enquanto o filme de polietileno preto levou a menor taxa de C-CO₂ (Figura 5A). O CBM foi maior nos solos sem cobertura e sem capinas e nos solos cobertos com filme de polietileno branco (Figura 5B). O maior valor de qCO₂ foi observado no tratamento sem cobertura e com capinas (Figura 5C).

Figura 5 – Médias \pm erro padrão da respiração basal – C-CO₂ (A), carbono da biomassa microbiana – CBM (B) e quociente metabólico - qCO₂ (C) de solos com diferentes tipos de coberturas cultivados com cebolinha durante os meses de agosto a novembro de 2018. Viçosa-MG, 2018.



O uso de cobertura no solo no cultivo da cebolinha controlou o crescimento de plantas daninhas (Tabela 3). Os três tipos de coberturas do solo estudadas não diferiram na capacidade de suprimir o crescimento das plantas daninhas. Foi observado redução em 100 % na produção de

matéria seca dessas plantas em canteiros cobertos com papel reciclado, filme de polietileno preto ou branco, quando comparado ao tratamento sem cobertura e sem capinas (Tabela 3).

A cobertura do solo aumentou a produtividade da cebolinha na rebrota (Tabela 3). O uso de filme de polietileno branco e papel reciclado proporcionaram as maiores produtividades da cebolinha aos 90 DAT, que dobraram o rendimento da cultura em relação ao cultivo em solo sem cobertura e com capinas (Tabela 3). No tratamento sem cobertura e sem capinas não houve produção de cebolinha.

Tabela 3 – Massa de matéria seca de plantas daninhas e produtividade da cebolinha, aos 90 dias após o transplante (DAT). Viçosa, 2018.

TRATAMENTOS	MATÉRIA SECA DE PLANTAS DANINHAS (g m ⁻²)	PRODUTIVIDADE DE CEBOLINHA (t ha ⁻¹)
Sem cobertura sem capina	647	0,00 d
Sem cobertura com capinas	-	11,07 c
Papel reciclado	-	23,60 a
Filme de polietileno preto	-	19,34 b
Filme de polietileno branco	-	25,12 a
CV (%)	-	10,86

*Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

2.4. DISCUSSÃO

O tipo de cobertura influenciou o comportamento da temperatura do solo nos cultivos do repolho (inverno) e da cebolinha (inverno-primavera). As maiores elevações de temperatura do solo pelo uso de coberturas, em ambos os cultivos, foram em ordem decrescentes: filme de polietileno preto > filme de polietileno branco > papel reciclado (Figura 2 e 4). A coloração do material de cobertura influencia a temperatura do solo devido a diferenças na absorção de calor. O filme de coloração preta absorve com maior eficiência os comprimentos de onda da radiação solar nas faixas do visível, infravermelho e UV (ultravioleta). A grande quantidade de radiação absorvida aumenta a temperatura do solo. Por outro lado, com o filme branco o efeito é o reverso do preto, reduzindo a temperatura do solo (AMARE; DESTA, 2021). Nesse estudo, o filme de polietileno preto manteve a temperatura média do solo ao longo do dia sempre maior que o tratamento em que o solo permaneceu sem cobertura e com capinas (Figura 2B e 4B). Por outro lado, o filme de polietileno branco foi capaz de reduzir a elevação da temperatura do solo nos

horários de pico de calor. O papel reciclado foi o mais eficiente em evitar as elevações de temperatura do solo nos momentos de pico de calor, mantendo o mesmo com menores temperaturas ao longo do dia que solos coberto com os filmes plásticos (Figura 2B e 4B). Esses resultados mostram que o papel reciclado pode ser uma boa alternativa de cobertura do solo, especialmente em regiões (ou em estações) de altas temperaturas atmosféricas e para o cultivo de plantas que requerem menor aquecimento do solo.

O cultivo de cebolinha e de repolho em solo sem cobertura e sem capinas proporcionou as maiores taxas de respiração microbiana do solo (Figura 3A e 5A). Elevada C-CO₂ pode ser tanto um indicativo de alta produtividade do sistema como de um estresse sobre a biomassa microbiana por alguma perturbação no solo (MATIAS et al. 2009). No caso específico do tratamento sem cobertura e capinas, a maior C-CO₂ está associada a uma alta biomassa microbiana o que, conseqüentemente, levou a um menor qCO₂ (Figura 3 e 5). Baixo qCO₂ reflete economia na utilização de energia pela microbiota e, normalmente indica ambiente mais estável ou em equilíbrio, por outro lado, valores elevados são indicativos de ecossistemas submetidos a alguma condição de estresse ou de distúrbio (ANDERSON; DOMSCH, 1993). A temperatura é um componente decisivo na atividade biológica, logo, é esperado uma forte influência desta no fluxo de C-CO₂ do solo para a atmosfera (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006). Nos solos sem cobertura e sem capinas o baixo qCO₂ pode ser devido a uma alta massa vegetal pelo crescimento de plantas daninhas e, a uma menor elevação e flutuação de temperatura do solo, especialmente no cultivo da cebolinha que ocorreu no período de inverno-primavera (Tabelas 2 e 3, Figura 4). De maneira análoga, o alto qCO₂ no solo sem cobertura e com capinas no cultivo da cebolinha (Figura 5C), pode estar associado a um estresse causado sobre a microbiota pela maior elevação e flutuações da temperatura do solo. Nessa condição a longo prazo, poderá ocorrer maior mineralização da matéria orgânica do solo e conseqüentemente, maior perda de carbono do sistema.

O uso de cobertura do solo no cultivo da cebolinha com os filmes de polietileno preto ou branco e com o papel reciclado levou a menores qCO₂ que o sistema de cultivo tradicional dessa cultura, sem uso de cobertura e com capinas (Figura 5C). Esse resultado pode ser explicado pelo fato de que o uso das coberturas reduziu a amplitude da variação da temperatura do solo durante o cultivo da cebolinha (Figura S1A) e provavelmente diminuiu a perda de umidade do solo (MONTEIRO *et al.* 2013; VÁSQUEZ *et al.* 2019). De acordo com Zaidan (2020), remover as plantas daninhas e manter o solo descoberto, além das mudanças climáticas

(aumento e queda de temperatura e umidade) durante o período de cultivo da planta, contribuem para a redução da biomassa microbiana do solo.

O maior CBM e o menor qCO_2 em solos sem cobertura e sem capinas no cultivo do repolho (Figura 3), pode ser devido ao fornecimento de materiais orgânicos para a microbiota pelo acúmulo de resíduos vegetais da própria cultura. Além disso, a ausência de competição entre plantas, em decorrência das capinas, pode ter favorecido o desenvolvimento da microbiota pela menor limitação de recursos do solo. Plantas em competição podem liberar exsudados no solo que estimulam a microbiota a mineralizar a matéria orgânica liberando nutrientes no meio. Esse efeito foi observado para competição entre *Bidens pilosa* e o milho que aumentou o qCO_2 do solo e causou um efeito *priming* rizosférico positivo da matéria orgânica, levando a perda de carbono do solo (MATOS *et al.*, 2019).

As principais espécies de plantas daninhas presentes na área com cultivo de cebolinha, especialmente no solo sem cobertura e sem capinas, foram o caruru-de-mancha (*Amaranthus viridis*), capim-marmelada (*Urochloa plantaginea*), trevo-azedo (*Oxalis latifolia*), caruru-gigante (*Amaranthus retroflexus*) e nabiça (*Raphanus raphanistrum*). Enquanto que no cultivo do repolho houve maior incidência de tiririca (*Cyperus rotundus*), capim-marmelada (*Urochloa plantaginea*), capim-pé-de-galinha (*Eleusine indica*) e caruru-de-espinho (*Amaranthus spinosus*). A infestação por essas plantas daninhas reduziu em 100 % e cerca de 50 % a produção de cebolinha e repolho, respectivamente, nos cultivos sem cobertura e sem capinas (Tabelas 3 e 2). Por outro lado, a cobertura do solo com os filmes de polietileno preto ou branco e com o papel reciclado reduziu fortemente o crescimento de plantas daninhas nos cultivos do repolho e da cebolinha (Tabelas 2 e 3). Esses resultados corroboram os obtidos para o uso de cobertura do solo no cultivo de tomate (RAJABLARIANI; HASSANKHAN; RAFEZI, 2012), batata (SHEHATA *et al.*, 2019) e framboesa (ZHANG, HUAN *et al.*, 2019). Isso ocorre porque muitas plantas daninhas não conseguem romper a barreira física imposta pela cobertura do solo com filmes plásticos ou com o papel. Além disso, essas coberturas restringem a passagem de luz e modificam a temperatura do solo o que inibe a germinação de algumas plantas infestantes (LAMONT, 2017; MARÍ *et al.*, 2020).

O uso de filme de polietileno branco foi o tratamento que proporcionou a maior produção da cebolinha após rebrota (90 DAT) (Tabela 4). Por outro lado, o filme de polietileno preto, apesar de aumentar a produtividade da cultura, quando comparada ao tratamento sem cobertura e com capinas, levou a rendimentos menores que o filme de polietileno branco. Essa diferença na produtividade da cebolinha em função do tipo de cobertura pode ser devido às altas

temperaturas do solo causadas pelo filme preto (Figura 4). Além disso, o uso desse filme reduziu a C-CO₂ e o CBM do solo, em relação ao filme branco, o que pode ter reduzido a ação da microbiota do solo na ciclagem de nutrientes (Figura 5). A cobertura com filmes plásticos pode aumentar a liberação de nutrientes no solo (LEE *et al.*, 2021), modificar a atividade e estrutura da comunidade microbiana (DONG *et al.*, 2017) e algumas propriedades físicas do solo (LAMONT, 2017). Esses efeitos, muitas vezes, levam a aumentos do crescimento das plantas, da produtividade das culturas e até mesmo da qualidade do material colhido (AMARE; DESTA, 2021). Todavia, a resposta da planta a cobertura do solo depende do tipo de cobertura, da espécie vegetal e das condições do ambiente durante o uso da mesma. Nessa pesquisa, não foram observados efeito das diferentes coberturas na produtividade do repolho (Tabela 2).

O uso de papel reciclado proporcionou alta produtividade da cebolinha na rebrota e não diferiu dos filmes de polietileno no cultivo do repolho (Tabela 3 e 2). Esse recurso é menos utilizado que os filmes plásticos (AMARE; DESTA, 2021), mas tem mostrado bons resultados no manejo de plantas daninhas, controle da temperatura e manutenção da umidade do solo, além de proporcionar ganhos produtivos as culturas (CIRUJEDA *et al.*, 2012; ZHANG, XUEYAN *et al.*, 2019). A cobertura com papel mostrou maior eficiência no controle de tiririca (*Cyperus rotundus*) que filmes plásticos (CIRUJEDA *et al.*, 2012). Além desses aspectos, deve-se considerar que o uso das tradicionais coberturas plásticas tem causado contaminação ambiental, sendo que o uso do papel é apontado como uma das alternativas promissoras para contornar esse problema (LI *et al.*, 2021).

As coberturas do solo contribuíram para o controle eficiente das plantas infestantes, controle das variações de temperatura do solo, além de favorecer o aumento da produtividade da cebolinha e repolho. O solo sem cobertura com capinas e o solo coberto com polietileno preto à médio e longo prazo, causaram maiores perturbações e estresse na atividade microbiana do solo, enquanto que as coberturas com papel reciclado e filme de polietileno branco as menores perturbações. Dessa forma, é provável que as coberturas com papel reciclado e filme de polietileno branco sejam mais conservacionistas da matéria orgânica do solo.

2.5. CONCLUSÕES

O uso de cobertura com filme de polietileno preto ou branco e papel reciclado influencia a atividade microbiana do solo, sendo que a magnitude dessa interferência depende do tipo de filme, da cultura e da época de uso da mesma.

O papel reciclado reduz de forma mais efetiva as oscilações de temperatura e diminui os picos de calor no solo em relação aos filmes de polietileno preto ou branco.

Os tipos de cobertura não influenciam a produtividade do repolho, mas interferem no rendimento da cebolinha. O filme de polietileno branco e o papel reciclado proporcionam as maiores produtividades da cebolinha.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso de coberturas do solo com materiais orgânicos e inorgânicos têm ganhado espaço na produção de diversas hortaliças, por visarem a conservação do solo, economia de água, o aumento da produtividade das culturas, o controle de plantas daninhas e conseqüentemente a redução de custos de produção. Entretanto, são poucos os estudos avaliando as influências desses materiais nas condições ambientais próximas, principalmente na temperatura, na atividade microbiana do solo e na produtividade dessas hortaliças. Diante disso, este estudo se propôs com o objetivo geral de avaliar os efeitos dessas matérias utilizados como cobertura do solo sobre a temperatura do solo e atividade microbiana edáfica em cultivos das hortaliças, cebolinha e repolho, já que estas são hortaliças distintas e podem proporcionar respostas distintas a este mesmo objetivo.

As coberturas do solo com filmes de polietileno promovem diversos benefícios como o controle eficiente de plantas daninhas, reduz o consumo de água, aumenta a produtividade da cebolinha e do repolho e conserva melhor o solo, ou seja, reduz bastante os custos de produção destas culturas. Entretanto, estas coberturas propiciam o aumento no aquecimento do solo, o que pode resultar em redução da produtividade pelas culturas, dependendo da época de cultivo e da sensibilidade da cultura à elevadas temperaturas, como é o caso do repolho. Desta forma, as coberturas de filme de polietileno, principalmente de colorações mais escuras são mais adequadas para locais ou épocas com temperaturas mais amenas, assim como para culturas mais tolerantes à elevadas temperaturas, como a cebolinha.

Os benefícios promovidos pelas coberturas de filme de polietileno são vários, além de possuir baixo custo, porém, uma questão que deve ser levada em consideração é a destinação dos resíduos dessas coberturas após o ciclo produtivo da cultura, a fim de evitar a contaminação do solo por estas. Assim, a cobertura com papel reciclado que também proporciona os mesmos benefícios que as coberturas com filme de polietileno, além de reduzir o aquecimento do solo e não ter restrição de época ou cultura para ser utilizado, é uma alternativa viável para

substituição das coberturas plásticas, pois podem ser incorporados ao solo após a colheita das culturas.

O solo sem cobertura com capinas e o solo coberto com polietileno preto à médio e longo prazo, causam maiores perturbações e estresse na atividade microbiana do solo, enquanto que as coberturas com papel reciclado e filme de polietileno branco as menores perturbações. Dessa forma, é provável que as coberturas com papel reciclado e filme de polietileno branco sejam mais conservacionistas da matéria orgânica do solo.

Os resultados obtidos neste estudo constituem-se de grande valia para ciência e para sociedade, possibilitarão que outras pesquisas no mesmo segmento sejam realizadas futuramente, pois cada ambiente e cultura podem proporcionar respostas distintas ao uso dessas coberturas do solo.

REFERÊNCIAS

- ALVES, T. D. S., CAMPOS, L. L., ELIAS NETO, N., MATSUOKA, M.; LOUREIRO, M. F. Biomassa e atividade microbiana de solo sob vegetação nativa e diferentes sistemas de manejos. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 33, p. 341-347, 2011.
- AMARE, G.; DESTA, B. Coloured plastic mulches: impact on soil properties and crop productivity. **Chemical and Biological Technologies in Agriculture**, v. 8, n. 1, p. 4, 19 dez. 2021. Disponível em: <<https://chembioagro.springeropen.com/articles/10.1186/s40538-020-00201-8>>.
- ANDERSON, T; DOMSCH, K. The metabolic quotient for CO₂ (qCO₂) as a specific activity parameter to assess the effects of environmental conditions, such as pH, on the microbial biomass of forest soils. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 25, n. 3, p. 393–395, mar. 1993. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/0038071793901407>>.
- CIRUJEDA, A., ANZALONE, A., AIBAR, J., MORENO, M. M., ZARAGOZA, C. Purple nutsedge (*Cyperus rotundus* L.) control with paper mulch in processing tomato. **Crop Protection**, v. 39, p. 66–71, set. 2012. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0261219412000956>>.
- CUNHA, J.L.X.L., FREITAS, F.C.L., AMBRÓSIO, M.M.Q., FONTES, L.O., NASCIMENTO, P.G.M.L. e GUIMARÃES, L.M.S. Comunidade microbiana do solo cultivado com pimentão nos sistemas de plantio direto e convencional associado ao manejo de plantas daninhas. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 32, n. 3, p. 543-554, 2014.
- DONG, W., SI, P., LIU, E., YAN, C., ZHANG, Z., ZHANG, Y. Influence of film mulching on soil microbial community in a rainfed region of northeastern China. **Scientific Reports**, v. 7, n. 1, p. 8468, 16 dez. 2017. Disponível em: <<http://www.nature.com/articles/s41598-017-08575-w>>.

FU, X., WANG, J., XIE, M., ZHAO, F., & DOUGHTY, R. Increasing temperature can modify the effect of straw mulching on soil C fractions, soil respiration, and microbial community composition. **PloS one**, v. 15, n. 8, p. e0237245, 2020.

GONÇALVES, V. A., MELO, C. A. D., DE ASSIS, I. R., FERREIRA, L. R., & SARAIVA, D. T. Biomassa e atividade microbiana de solo sob diferentes sistemas de plantio e sucessões de culturas. **Revista de Ciências Agrárias Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v. 62, 2019.

ISLAM, K.R.; WEIL, R.R. Microwave irradiation of soil for routine measurement of microbial biomass carbon. **Biology and Fertility of Soils**, v.27, p.408-416, 1998.

KOTTEK, M. et al. World Map of Köppen-Geiger climate classification updated. **Meteorologische Zeitschrift**, v.15, n. 3, p. 259-263, 2006.

LAMONT, W. J. Plastic Mulches for the Production of Vegetable Crops. **A Guide to the Manufacture, Performance, and Potential of Plastics in Agriculture**. [S.l.]: Elsevier, 2017. p. 45–60. Disponível em:
<<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780081021705000038>>.

LEE, J. G., CHAE, H. G., HWANG, H. Y., KIM, P. J., CHO, S. R. Effect of plastic film mulching on maize productivity and nitrogen use efficiency under organic farming in South Korea. **Science of The Total Environment**, v. 787, p. 147503, set. 2021. Disponível em:
<<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0048969721025742>>.

LI, A., ZHANG, J., REN, S., ZHANG, Y., ZHANG, F. Research progress on preparation and field application of paper mulch. **Environmental Technology & Innovation**, v. 24, p. 101949, nov. 2021. Disponível em:
<<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2352186421005976>>.

MARÍ, A.I., PARDO, G., AIBAR, J., CIRUJEDA, A Purple nutsedge (*Cyperus rotundus* L.) control with biodegradable mulches and its effect on fresh pepper production. **Scientia Horticulturae**, v. 263, p. 109111, mar. 2020. Disponível em:
<<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0304423819309975>>.

MATIAS, M. da C. B. da S., SALVIANO, A. A. C., LEITE, L. F. D. C., ARAÚJO, A. S. F. D. Biomassa microbiana e estoques de C e N do solo em diferentes sistemas de manejo, no Cerrado do Estado do Piauí. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 31, n. 3, p. 517-521, 2009.

MATOS, C. *et al.* Crop-weed competition changes the decomposition of soil organic matter fractions in the rhizosphere. **Archives of Agronomy and Soil Science**, v. 65, n. 11, 2019.

MONTEIRO, R. O. C., COELHO, R. D., MONTEIRO, P. F. C., WHOPMANS, J.; LENNARTZ, B. Water consumption and soil moisture distribution in melon crop with mulching and in a protected environment. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 35, p. 555-564, 2013.

MOREIRA, F. M. de S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e Bioquímica do solo**. 2ª ed. atual e ampl. Lavras: Editora UFLA,2006. 729p.

NASCIMENTO, L. M. dos S., dos SANTOS, E., dos SANTOS, R. C., de SOUZA, B. L. P. Respiração basal e biomassa microbiana em espodossolo submetido através diferentes sistemas de uso e manejo em paranaguá PR. **Revista Ciencia é Minha Praia**, v1, n1. 2015.

- OLIVEIRA, D.; BORROZZINO, E. Temperatura do solo sob três condições de cobertura em Londrina, Paranavaí e Guarapuava, no estado do Paraná. **Agrometeoros**, v. 26, n. 1, p. 131-137, 2018.
- ONWUKA, B.; MANG, B.. Effects of soil temperature on some soil properties and plant growth. **Adv. Plants Agric. Res**, v. 8, p. 34-37, 2018.
- RAJABLARIANI, H. R.; HASSANKHAN, F.; RAFEZI, R. Effect of Colored Plastic Mulches on Yield of Tomato and Weed Biomass. **International Journal of Environmental Science and Development**, v. 3, n. 6, p. 590–593, 2012.
- RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ, V.; V.H. (Ed.) **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5ª Aproximação**. Viçosa: CFSEMG, 1999. 359p.
- SHEHATA, S. A. ABOUZIENA, H. F., ABDELGAWAD, K. F., ELKHAWAGA, F. A. Weed Control Efficacy, Growth and Yield of Potato (*Solanum tuberosum* L.) as Affected by Alternative Weed Control Methods. **Potato Research**, v. 62, n. 2, p. 139–155, 25 jun. 2019. Disponível em: <<http://link.springer.com/10.1007/s11540-018-9404-1>>.
- SILVA, A. L. da; MAFRA, A. L.; FILHO, O. K.; KURTZ, C.; FAVAD, J. A. Carbono e nitrogênio microbiano em sistemas de cultivo de cebola em Cambissolo Húmico. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v.13, n.2, p.142-150, 2014.
- SILVA, T. T. F.; SOBRINHO, J. E.; OLIVEIRA, A. K. S.; FREITAS, I. A. da S.; SILVA, J. L. B. da; FERNADES, G. S. T. Estimativa da temperatura do solo e comparação de variáveis meteorológicas em anos extremos de pluviosidade em Mossoró-RN. **Brazilian Journal of Agroecology and Sustainability**, 2019.
- SOUZA, M.; MACHADO, M. M.; VARGAS, B. S.; VENTURA, V. M.; SOUZA JÚNIOR, C. R. F.; SOARES, C. K.; COMIN, J. J., LOVATO, P. E. Atividade microbiana em solo com cebola cultivada em sistema plantio direto com plantas de cobertura simples ou consorciadas. *Ciência Rural* [online], v. 50, n. 12, e20190849. 2020.
- VANCE, E.D.; BROOKES, P.C.; JENKINSON, D.S. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. **Soil Biology and Biochemistry**, v.19, p.703-707, 1987.
- VARGAS, L. K.; SCHOLLES, D. Biomassa microbiana e produção de c-co₂ e n mineral de um podzólico vermelho-escuro submetido a diferentes sistemas de manejo. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 24, p. 35-42, 2000.
- VÁSQUEZ, M. A. N., da SILVA, J. B., de LIMA, C. T., VÁSQUEZ, E. M. F., SOUSA, F. R. R. Produção vertical de meloeiro amarelo (*cucumis melo* l) com diferentes densidades em canteiros subterrâneos cobertos com mulching plástico. **Revista Engenharia na Agricultura**, v. 27, n. 4, p. 313-320, 2019.
- ZAIDAN, U. R. **Sistemas conservacionistas de manejo integrado de plantas daninhas na cultura do café**. 2020. 87 f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa (UFV), Viçosa – MG, 2020.
- ZHANG, H., MILES, C., GHIMIRE, S., BENEDICT, C., ZASADA, I., DEVETTER, L. Polyethylene and biodegradable plastic mulches improve growth, yield, and weed

management in florican red raspberry. **Scientia Horticulturae**, v. 250, p. 371–379, maio 2019. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0304423819301499>>.

ZHANG, X., YOU, S., TIAN, Y., LI, J. Comparison of plastic film, biodegradable paper and bio-based film mulching for summer tomato production: Soil properties, plant growth, fruit yield and fruit quality. **Scientia Horticulturae**, v. 249, p. 38–48, abr. 2019. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S030442381930038X>>.

APÊNDICE – Material Suplementar

Figura S1 – Temperaturas do solo durante o intervalo de 51 a 67 dias após o transplante das mudas de repolho (A) e entre os 84 a 96 dias após o transplante das mudas de cebolinha (B). Linha tracejada representa a temperatura média do tratamento.

