



INSTITUTO FEDERAL DE ALAGOAS
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIAS AMBIENTAIS
MESTRADO PROFISSIONAL EM TECNOLOGIAS AMBIENTAIS

JOSÉ ANDERSON SOARES BARROS

**AVALIAÇÃO DE RESÍDUO SÓLIDO COMO MULCHING ALTERNATIVO E DE
AGROFILMES NA PRODUÇÃO DE ALFACE NA REGIÃO SEMIÁRIDA DE
ALAGOAS**

Marechal Deodoro
2022



José Anderson Soares Barros

Avaliação de resíduo sólido como mulching alternativo e de agrofilmes na produção de alface na região semiárida de Alagoas

Trabalho de Conclusão do Curso apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Ambientais (Modalidade Mestrado Profissional), como pré-requisito para obtenção do título de Mestre em Tecnologias Ambientais.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Cavalcante



**Dados Internacionais de Catalogação na
Publicação**
Instituto Federal de Alagoas
Campus Marechal Deodoro
Biblioteca Dorival Apratto

B277a

Barros, José Anderson Soares.

Avaliação de resíduo sólido como mulching alternativo e de agrofílmens na produção de alface na região semiárida de Alagoas / José Anderson Soares Barros – 2022.

107 f. : il., col.

1 CD-ROM : 1.91 megabytes (PDF) ; 4 ¾ pol. ; caixa acrílica (12,5 cm x 14 cm).

Inclui bibliografia e figuras.

Manuais Técnicos: p. 53-78

Artigos: p. 79-107

Dissertação (Mestrado Profissional em Tecnologias Ambientais) – Instituto Federal de Alagoas, *Campus* Marechal Deodoro, Marechal Deodoro, 2022.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Cavalcante.

1. *Lactuca sativa* L. 2. Soiltain DW[®]. 3. Coberturas de solos. 4. Plasticultura I. Título. II. Cavalcante, Marcelo.

CDD: 630.2515

Maria Jôse Nascimento Leite Machado
Bibliotecária – CRB-4/2125



JOSÉ ANDERSON SOARES BARROS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Ambientais (Modalidade Mestrado Profissional) como requisito para a obtenção do título de Mestre em Tecnologias Ambientais.

Aprovado em 30 de dezembro de 2021.

Orientador:

Dr. Marcelo Cavalcante
Ifal/Campus Maragogi

Banca examinadora:

Dr. João Gomes da Costa
Embrapa Alimentos e Territórios

Dr. Márcio Aurélio Lins dos Santos
UFAL/Campus Arapiraca

Marechal Deodoro, AL
2022



AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por me proporcionar o dom da vida;

A minha esposa, Willyanna Campos, pelo incentivo, companheirismo, amor, dedicação e parceria para comigo;

Aos meus sogros José Campos e Maria do Carmo e meu cunhado Willams e sua esposa Maria pelo incentivo;

Ao amigo Rodrigo Mayko Moreira de Brito, pela ajuda na montagem da área experimental;

Ao amigo Wandson Lourenço de Souza, pela ajuda na análise econômica dos experimentos;

A minha família, especificamente, minha mãe Vera Nilde, minha avó materna, Verônica, minhas tias e tios que zelaram por mim e me proporcionaram meios para realização de objetivos materiais nesta vida;

Ao produtor Edvan Barbosa de Melo e dona Neuza, sua esposa, bem como os seus filhos, Isaac, Isabel, Sara e Davi, pela parceria, amizade, pela cessão da área para realização dos experimentos, pela paciência comigo;

À Secretaria Municipal de Desenvolvimento Rural de Arapiraca/AL, por me fornecer meios para realização dos estudos, e a todos os colegas do quadro efetivo desta Secretaria pelo incentivo e amizade;

A todos os professores do IFAL e PPGETC e aos colegas da turma 2020.2 que, mesmo em um momento de pandemia da COVID-19, proporcionaram excelentes conhecimentos na minha formação acadêmica e de vida com as experiências realizadas nas atividades e aulas;

Ao amigo e produtor Jailton Ferreira da Silva, por ter me cedido a bobina de plástico para realização dos estudos e pela amizade;

A empresa Agreste Saneamento S/A pela disponibilização das mantas geossintéticas;

Ao professor Dr. Marcelo Cavalcante pela paciência, ensinamentos, dedicação e incentivo durante o curso e pela amizade e orientação.

Gratidão a todos.

BARROS, José Anderson Soares. **Avaliação de resíduo sólido como mulching alternativo e de agrofilmes na produção de alface na região semiárida de Alagoas.** 97f. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Mestrado em Tecnologias Ambientais) - Campus Marechal Deodoro, Instituto Federal de Alagoas, Marechal Deodoro, 2021.

RESUMO

A manta geossintética Soiltain DW[®] é utilizada em estações de tratamento de água, na filtração da água, tem vida útil de três meses, sendo, em seguida, descartadas em aterros sanitários. Por suas características, consiste em um resíduo sólido com potencial de uso agrícola, como cobertura do solo. Esta prática, conhecida como mulching, comum na plasticultura em regiões temperadas, reduz as perdas de água, a incidência de plantas daninhas e mão de obra. Porém, pode promover microclima no solo, principalmente em regiões tropicais e semiáridos, causando estresse às plantas. Portanto, o objetivo desta pesquisa foi avaliar a viabilidade técnica e econômica da manta geossintética Soiltain DW[®] como mulching alternativo e do uso de agrofilmes sintéticos na produção de alface cv. Veneranda em Arapiraca, região semiárida de Alagoas, Brasil. Foram realizados quatro experimentos entre junho de 2020 e março de 2021, em delineamento inteiramente casualizado, com quatro tratamentos (manta geossintética, mulching de polietileno branco e preto, e solo descoberto) e cinco repetições. A viabilidade técnica das coberturas foi determinada a partir da avaliação, ao final de cada experimento, da temperatura do solo, stand e variáveis morfoagronômicas. Foram aplicadas as análises uni e multivariadas e de correlações de Pearson. Na análise da viabilidade econômica, utilizou-se indicadores, a partir dos fluxos de caixa entre receitas e despesas, receita bruta, receita líquida, índice de lucratividade e taxa interna de retorno. Observou-se efeito significativo ($P < 0,05$) para interação Coberturas do solo x Épocas de plantio para todas as variáveis, exceto para a massa da raiz, indicando que estes fatores, juntos, promovem mudanças no comportamento da alface cv. Veneranda. As análises uni e multivariada evidenciaram a influência das coberturas do solo sobre a alface, nos quatro experimentos, indicando que o mulching branco promoveu condições favoráveis às variáveis morfoagronômicas avaliadas, promovendo as maiores produtividades em todos os ciclos (média $19,9 \text{ Mg ha}^{-1}$). A temperatura é a variável resposta que mais exerceu influência negativa, principalmente sobre o stand em que manta geossintética e mulching preto apresentaram similaridade, devido a maior absorção de radiação solar e redução de stand. Existe atratividade econômica para todas as coberturas estudadas, pois há resultado que proporciona retorno econômico sobre o capital investido a partir do 2º ciclo de cultivo, quando há cobertura econômica do valor do investimento inicial e a cobertura da taxa mínima de atratividade. A análise econômica demonstrou que a manta geossintética promoveu os menores custos operacionais efetivos, receitas líquidas intermediárias e lucratividade inferior somente ao mulching branco na soma dos quatro experimentos. Portanto, os quatro tratamentos avaliados são economicamente viáveis, destacando-se o mulching branco. A manta geossintética Soiltain DW[®], resíduo sólido, por ser gratuito e reutilizável, poderá ser utilizada como mulching alternativo na alface cv. Veneranda, nas condições edafoclimáticas de Arapiraca/AL.

Palavras-chave: *Lactuca sativa* L., Soiltain DW[®], coberturas de solos, plasticultura.

BARROS, José Anderson Soares. **Evaluation of solid waste as alternative mulching and agrofilms in lettuce production in the semi-arid region of Alagoas**. 97f. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Mestrado em Tecnologias Ambientais) - Campus Marechal Deodoro, Instituto Federal de Alagoas, Marechal Deodoro, 2021.

ABSTRACT

The Soiltain DW[®] geosynthetic blanket is used in water treatment plants, in water filtration, has a shelf life of three months, in which it is then disposed of in sanitary landfills. Due to its characteristics, it consists of a solid residue with potential for agricultural use, as ground cover. This practice, known as mulching, common in plasticulture in temperate regions, reduces water losses, the incidence of weeds and labor. However, it can promote soil microclimate, especially in tropical and semi-arid regions, causing stress to plants. Therefore, the objective of this research was to evaluate the technical and economic feasibility of the Soiltain DW[®] geosynthetic blanket as an alternative mulching and the use of synthetic agrofilms in the production of lettuce cv. 'Veneranda' in Arapiraca, semi-arid region of Alagoas, Brazil. Four experiments were carried out between June/2020 and March/2021, in a completely randomized design, with four treatments (geosynthetic blanket, white and black polyethylene mulching, and bare soil) and five replications. The technical viability of the coverings was determined from the evaluation, at the end of each experiment, of the soil temperature, stand and morphoagronomic variables. Univariate and multivariate analyzes and Pearson's correlations were applied. In the analysis of economic viability, indicators were used, from the cash flows between income and expenses, gross income, net income, profitability index and internal rate of return. There was a significant effect ($P < 0.05$) for the interaction Soil cover x Planting times for all variables, except for root mass, indicating that these factors, together, promote changes in the behavior of lettuce cv. 'Veneranda'. Univariate and multivariate analyzes showed the influence of mulching on lettuce in the four experiments, indicating that white mulching promoted favorable conditions for the evaluated morphoagronomic variables, promoting the highest yields in all cycles (average 19.9 Mg ha^{-1}). Temperature is the response variable that exerted the most negative influence, mainly on stand, in which geosynthetic blanket and black mulching showed similarity, due to greater absorption of solar radiation and stand reduction. There is economic attractiveness for all the coverages studied, as there is a result that provides an economic return on the capital invested from the 2nd cropping cycle, when there is economic coverage of the initial investment value and coverage of the minimum attractiveness rate. The economic analysis showed that the geosynthetic blanket promoted the lowest effective operating costs, intermediate net income and lower profitability only than white mulching in the sum of the four experiments. Therefore, the four treatments evaluated are economically viable, especially white mulching. The Soiltain DW[®] geosynthetic blanket, solid waste, as it is free and reusable, can be used as an alternative mulching on lettuce cv. 'Veneranda', in the edaphoclimatic conditions of Arapiraca/AL.

Keywords: *Lactuca sativa* L., Soiltain DW[®], soil cover, plasticulture.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

| | Página |
|--|---------------|
| Figura 1. Dispersão gráfica dos escores a partir das duas primeiras variáveis canônicas. 1: manta geossintética, 2: mulching branco; 3: mulching preto; 4: solo descoberto. Temp: temperatura do solo; Alt: altura; NF: nº folhas; Comp: comprimento da folha; Larg: largura da folha; MPA: massa da parte aérea; MRA: massa da raiz; Prod: produtividade | 23 |

LISTA DE TABELAS

| | Página |
|--|---------------|
| Tabela 1. Dados climáticos médios dos períodos experimentais de Arapiraca, AL – Brasil | 13 |
| Tabela 2. Características químicas do solo da área experimental, com base na análise laboratorial | 14 |
| Tabela 3. Resumo da ANOVA (QMR) para a análise conjunta dos experimentos, considerando coberturas do solo (tratamentos) e épocas de plantio (ambientes) da alface cv. Veneranda em Arapiraca, AL – Brasil | 19 |
| Tabela 4. Desdobramento da interação Coberturas x Épocas para as variáveis analisadas | 20 |
| Tabela 5. Massa da raiz da alface cv. Veneranda cultivada em quatro coberturas do solo e experimentos em Arapiraca, AL – Brasil | 22 |
| Tabela 6. Custos com as operações, insumos e materiais, custo operacional efetivo (COE), depreciações, custo operacional total (COT) nos quatro experimentos com alface cultivar veneranda em Arapiraca, AL – Brasil | 26 |
| Tabela 7. Produtividade (Prod.), custo operacional total (COT), receita bruta (RB), receita líquida (RL), taxa interna de retorno (TIR), índice de lucratividade (IL) e Payback da alface com manta geossintética, mulching branco, mulching preto e em solo descoberto por ciclo | 30 |
| Tabela 8. Resumo de Produtividade (Prod.), custo operacional total (COT), receita bruta (RB), receita líquida (RL), taxa interna de retorno (TIR), índice de lucratividade (IL) e Payback da alface com manta geossintética, mulching branco, mulching preto e em solo descoberto nos quatro experimentos | 32 |
| Anexo I. Investimento inicial com sistema de irrigação por gotejamento para a produção de 1,0 (ha) de alface e aquisição de caixas para comercialização | 41 |

SUMÁRIO

| | Página |
|--|---------------|
| 1. INTRODUÇÃO | 1 |
| 2. JUSTIFICATIVA | 3 |
| 3. REVISÃO DE LITERATURA | 5 |
| 3.1 Cultivo de alface | 5 |
| 3.2 Uso do mulching ou cobertura de solo | 5 |
| 3.3 Resíduos sólidos | 7 |
| 3.4 Análise econômica | 8 |
| 3.4.1 Taxa Interna de Retorno (TIR) | 10 |
| 3.4.2 Índice de lucratividade (IL) | 10 |
| 3.4.3 <i>Payback</i> | 11 |
| 3.4.4 <i>Payback</i> descontado | 11 |
| 4. OBJETIVOS | 12 |
| 4.1 Objetivo geral | 12 |
| 4.2 Objetivos específicos | 12 |
| 5. MATERIAL E MÉTODOS | 13 |
| 5.1 Local, datas de realização e tipo de solo da área estudada | 13 |
| 5.2 Delineamento experimental e tratamentos | 13 |
| 5.3 Manejo experimental | 14 |
| 5.4 Variáveis analisadas | 15 |
| 5.4.1 Viabilidade técnica | 15 |
| 5.4.1.1 Análises estatísticas | 16 |
| 5.5 Viabilidade econômica | 16 |
| 6. RESULTADOS E DISCUSSÃO | 18 |
| 6.1 Viabilidade técnica | 18 |
| 6.2 Viabilidade econômica | 25 |
| 7. CONCLUSÕES | 33 |
| 8. CONSIDERAÇÕES FINAIS | 34 |
| 9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 35 |
| 10. ANEXOS | 41 |
| 11. Manual técnico I | 43 |
| 12. Manual técnico II | 57 |
| 13. Artigo publicado I | 69 |
| 14. Artigo publicado II | 84 |

1. INTRODUÇÃO

A lei 12.305/2010, que versa sobre a Política Nacional de Resíduos Sólidos, em seu Art. 3º, inciso XVI, define resíduos sólidos como material, substância ou objeto descartado resultante de atividades humanas em sociedade, cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólidos ou semissólidos, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas propriedades torne inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos d'água, ou exijam, para isso, soluções técnicas ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível (Brasil, 2010).

Segundo o panorama brasileiro dos resíduos sólidos, em 2019 foram gerados mais de 79 milhões de megagramas (Mg) de resíduos urbanos, com geração *per capita* de 379 kg ano⁻¹. Na região Nordeste, os estados que mais geraram resíduos foram Bahia, Ceará e Pernambuco, com 5,1, 3,5 e 3,3 milhões Mg ano⁻¹, respectivamente. O Estado de Alagoas gerou mais de 1,1 milhão Mg ano⁻¹, ocupando a penúltima posição no ranking da região nordeste (ABRELPE, 2020).

A lei de resíduos sólidos (Art. 3º, XI) prevê a gestão integrada, em que as ações voltadas para a busca de soluções devem considerar dimensões política, econômica, ambiental, cultural e social, com controle e sob premissa do desenvolvimento sustentável (Brasil, 2010). A disposição final, em aterros sanitários, é uma das alternativas de destinação final ambientalmente adequada, desde que observadas as normas operacionais específicas, de modo a evitar danos à saúde pública, segurança e a minimizar os impactos ambientais diversos. Porém, dar ao resíduo sólido uso alternativo, a exemplo da agricultura, aumentará a vida útil dos aterros, podendo reduzir custos de produção, sendo, também, uma iniciativa ambientalmente adequada.

Na produção agrícola, o manejo do ambiente poderá favorecer ou não o desenvolvimento da espécie cultivada. Em regiões de clima quente, como o da região Nordeste, caracterizada pelas irregularidades na distribuição de chuvas e altas temperaturas, a elevada evapotranspiração pode tornar o balanço hídrico negativo, de modo que o manejo da água de irrigação e o emprego de técnicas que visam minimizar as perdas de água consistem em fatores-chave para garantir a produtividade (Santos & Brito, 2016).

O uso do mulching agrícola ou cobertura do solo vem sendo amplamente utilizado na agricultura, com o objetivo de aumentar a temperatura do solo em regiões temperadas, diminuir as perdas de água do solo por evaporação, controlar as ervas daninha, facilitar a colheita e a comercialização, uma vez que o produto é mais limpo e sadio (Gonçalves et al.,

2005). O mulching pode ser sintético, destacando-se os plásticos de polietileno de diferentes colorações, ou orgânicos (Queiroga et al., 2002).

A manta geossintética Soiltain DW®, utilizada na filtração em estações de tratamento de água (ETA), retém o lodo e sedimentos. Tem vida útil de, aproximadamente, três meses, sendo descartada ao aterro sanitário. Trata-se de um material confeccionado em tecido de polipropileno, com 14 mm de espessura, de elevada resistência e tenacidade, com proteção UV, inerte à degradação biológica e resistente a ataques químico (álcalis e ácidos), levando 25 anos para sua degradação no ambiente (Guimarães et al., 2017). Por suas características, a manta geossintética aplica-se ao uso na agricultura, como cobertura do solo.

2. JUSTIFICATIVA

O município de Arapiraca, conhecido nacionalmente pela fumicultura, vem se destacando no cenário regional pela produção diversificada de hortaliças, iniciado pelo projeto APL Horticultura e, em seguida, Cinturão Verde, abastecendo o mercado interno, exportando ainda para os Estados de Pernambuco, Sergipe e Bahia (Barboza et al., 2016). Entre as hortaliças, destaca-se a alface (*Lactuca sativa* L.), em que o município é responsável por 50,3% (2.178 Mg) da produção estadual, com predominância da agricultura familiar (88,5%), segundo o IBGE (2020).

Por estar inserida na região semiárida quente de Alagoas, clima BSh segundo classificação de Köppen, problemas relacionados ao deficit hídrico são recorrentes. Portanto, a adoção de práticas agrícolas, a exemplo do mulching, poderá atuar na retenção de água do solo, pela redução da evaporação, aumentando a eficiência no uso da água (Almeida et al., 2015). Permite ainda reduzir custos de produção, com água e energia elétrica, além de mão de obra no controle de plantas daninhas (Aziz et al., 2019).

Na região semiárida alagoana, a manta geossintética Soiltain DW®, quando testada junto aos mulchings sintético branco e orgânico e ao solo descoberto, associados a três lâminas de irrigação na cultura do pimentão (*Capsicum annuum* L.), em Arapiraca/AL, apresentou maior eficiência no uso da água (kg frutos m⁻³ água), bem como maior rentabilidade ao produtor (Oliveira et al., 2021). Por outro lado, os autores observaram que a cobertura sintética aumentou a temperatura do solo, refletindo em estresse térmico e redução de todos os caracteres agronômicos avaliados. Apesar disso, horticultores de Arapiraca vêm utilizando os mulching sintéticos (preto e branco) em alface, prática que poderá causar redução na produtividade e desestímulo ao produtor.

Apesar de o estresse térmico conduzir a redução de atividades enzimáticas, do transporte de elétrons nos cloroplastos e da condutância estomática, e ao aumento da fotorrespiração em espécies C₃ (Shoab et al., 2012), têm-se observado efeito positivo na alface, a exemplo do estudo de Tosic et al. (2019) que, mesmo atingindo 35,9°C, o mulching preto promoveu a maior produtividade (84,2 Mg ha⁻¹; média dos cultivares Nizzi e Devonía em 2013), em Lazarevo/Bósnia (clima frio, com adubo químico na fórmula 10:5:23). Em Sergipe/Brasil, Meneses et al. (2016) observaram que, mesmo aumentando a temperatura em 8,6°C, o mulching transparente elevou a produtividade da alface cv. Vera em 189,8% (49,0 Mg ha⁻¹) em comparação ao solo descoberto (25,8 Mg ha⁻¹).

A presença de genes termotolerantes dentro do germoplasma da alface, os quais atuam na promoção da biossíntese de giberelinas e inibição dos efeitos do ácido abscísico (Yoong

et al., 2016), permite que variedades sejam cultivadas fora da faixa ideal de temperatura. Permite ainda que o melhoramento genético desenvolva cultivares para regiões tropicais, a exemplo da BRS Leila e BRS Mediterrânea, lançadas em 2019 pela Embrapa Hortaliças.

O uso do mulching sintético em regiões tropicais aumenta a temperatura do solo, como observado por Meneses et al. (2016), em Itabaiana/SE. Em regiões temperadas o aumento da temperatura poderá ser benéfico às plantas, por aquecer o solo (Tosic et al., 2019), favorecendo a relação solo-planta, com reflexos no desenvolvimento radicular e absorção de nutrientes. Neste sentido, Ribas et al. (2015), em Santa Maria/RS, observaram que o uso do plástico transparente aumentou em 9,0°C a temperatura quando comparado ao solo sem cobertura. Do mesmo modo, Gheshm & Brown (2020), em Kingston/EUA, região fria, os mulching de cor escura (polietileno preto e composto orgânico) aumentaram a temperatura do solo, permitindo que os cultivares de alface romana ‘Ridgeline’ e ‘Coastal Star’ obtivessem área foliar máxima, alcançando 95% de cobertura do solo pelo dossel aos 40 dias após o transplante, antecipando o período de colheita.

O uso do mulching poderá influenciar positiva ou negativamente a cultura, dependendo das condições climáticas da região e da variedade cultivada. Estas informações evidenciam que há a necessidade de estudos que validem o uso de tecnologias agrícolas.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Cultivo da alface

O gênero *Lactuca* spp. (Asteraceae) apresenta, aproximadamente, 100 espécies que se destacam pelas folhas comestíveis, a exemplo da alface (*Lactuca sativa* L.), que tem sua origem na Ásia. Por ser uma espécie herbácea de ciclo curto (40 a 70 dias do transplante a colheita), pode ser cultivada em ambientes protegidos ou em campo (Vries, 1997), possibilitando seu cultivo em quase todo o mundo, destacando-se a China, Estados Unidos da América e Índia como os maiores produtores, com 16,3, 3,7 e 1,3 milhões de Mg em 2019 (FAO, 2019).

O Brasil conta com 108,4 mil estabelecimentos que cultivam alface, com produção de 671,5 mil Mg, em que 82,2% dos produtores são classificados como agricultores familiares, destacando-se as regiões Sudeste, Sul e Nordeste por concentrar 64,1, 16,2 e 10,5% da produção Nacional, respectivamente. Em Alagoas, a produção é de 4.329 Mg (IBGE, 2020).

O que torna a alface uma espécie cultivada e consumida mundialmente são suas propriedades nutricionais. Segundo a Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TBCA, 2021), em 100 g de folha crua existem 96,4 g de umidade, 8,0 kcal, 1,76 g de carboidratos, 1,01 g de proteínas, 1,87 g de fibras, e 37,5, 0,75, 26,0 e 311,0 mg de cálcio, ferro, fósforo e potássio, respectivamente, além das vitaminas A (364 µg) e C (18,5 µg), importantes na dieta alimentar.

No Brasil existem um número variado de cultivares de alface, classificadas em crespas, lisas ou frisadas, sub agrupadas em repolhuda crespa ou americana, repolhuda lisa, solta crespa, solta lisa e tipo romana, com coloração das folhas que varia do verde, vermelho ao roxo (Henz & Suinaga, 2009). Os cultivares, o sistema de produção e o manejo adotado varia com a região e com o nível tecnológico da propriedade, podendo-se adotar os sistemas convencional, hidropônico, orgânico ou agroecológico de produção, em cultivos protegidos (túneis cobertos com malhas, telados, estufas) ou aqueles em nível de campo.

3.2 Uso do mulching ou cobertura de solo

O mulching não é uma prática agrícola recente. Podem ser sintéticos, destacando-se os de polietileno de diferentes colorações (transparente, preto, branco, verde, marrom, vermelho, prata, azul e amarelo) ou orgânicos, a partir de resíduos vegetais de diferentes composições, a depender dos materiais disponíveis na propriedade ou na região, a exemplo da casca de arroz, palhada de milho, sorgo e capim elefante (Queiroga et al., 2002).

Mulching sintéticos são utilizados, com mais frequência, em regiões temperadas, com o objetivo de aquecer o solo e melhorar o desenvolvimento das culturas (Vargas et al., 2017; Jahan et al., 2018). Em regiões tropicais e semiáridas, o mulching orgânico depende da disponibilidade na propriedade ou região, sendo de rápida mineralização. Já os sintéticos, poderão aumentar a temperatura do solo, causando estresse térmico às raízes (Oliveira et al., 2021).

Apresentam-se como vantagens dessa tecnologia, o controle de plantas daninhas, redução das perdas de água do solo por evaporação, aumento da temperatura, facilidade da colheita e comercialização, uma vez que o produto é mais limpo e sadio (Gonçalves et al., 2005). Ainda, a redução de doenças e lesões foliares, refletindo em plantas mais pesadas e de melhor aparência comercial, foi obtida a partir do uso de mulching plástico, dupla face prata/preto, que promoveu barreira física entre a planta e o solo, em Presidente Figueiredo, Amazonas/Brasil (Blind & Silva Filho, 2015).

Com o objetivo de aumentar a eficiência no uso da água de irrigação (EUAI), a partir da redução da evaporação pelo uso de *Mulching*, Almeida et al. (2015) constataram que o mulching plástico foi eficiente em manter a umidade do solo, reduzindo a necessidade de irrigação em 50%. Do mesmo modo, Mostafa et al. (2019), em Assuit/Egito, relataram que a irrigação a 60% da evapotranspiração da cultura (ETc) associada com a cobertura de polietileno preta apresentou a maior EUAI (16,8 kg alface m⁻³ água).

As coberturas orgânicas testadas (capim, palhada de arroz e café, e serragem) por Carvalho et al. (2005) reduziram significativamente ($P < 0,05$) a incidência de plantas daninhas (média 15,2 g m⁻² massa seca) quando comparada ao solo descoberto (548,2 g m⁻² massa seca). Segundo os autores, a redução ocorreu devido ao microclima, que desfavoreceu o desenvolvimento das plantas, e pela obstrução da radiação solar fotossinteticamente ativa que incide sobre o solo.

Na pesquisa desenvolvida por Jardim & Araújo (2017) em Álvares Machado/SP, as parcelas com solo descoberto apresentaram um total de 791 plantas daninhas, predominando os capins pé de galinha (*Eleusine indica* L.) e colchão (*Digitaria horizontalis* Willd.), com 522 e 135 plantas, respectivamente. Do mesmo modo, Reghin et al. (2002) evidenciaram que a utilização do mulching preto e a palhada de arroz reduziram a massa de plantas daninhas, mono e dicotiledôneas.

Gheshm & Brown (2020) concluíram que o uso de mulching (sintético e orgânico) foi eficaz em controlar plantas daninhas. Porém, no solo descoberto houve a necessidade de duas capinas manuais durante a estação de crescimento. Além dos problemas descritos

acima, o controle de plantas daninhas aumenta os custos de produção pelo incremento de mão de obra. Considerando que no Brasil 64,4% da alface produzida (432,4 mil Mg) vêm de agricultores familiares (IBGE, 2020), a prática de mulching poderá reduzir custos, melhorar a qualidade do produto comercial, aumentando a lucratividade e a possibilidade de investimentos na propriedade rural.

3.3 Resíduos sólidos

A lei 12.305/2010, que versa sobre a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), Capítulo II, Art. 7º, parágrafo II, propõe que a gestão e gerenciamento de resíduos sólidos deve ser observada a ordem de prioridade: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos (Brasil, 2010). Em seu Capítulo V, Art. 42, a PNRS menciona ações de incentivo ao desenvolvimento de pesquisas voltadas para tecnologias limpas aplicáveis aos resíduos produzidos.

Estes poderão ser utilizadas tecnologias, visando a recuperação energética dos resíduos sólidos urbanos, desde que tenha sido comprovada sua viabilidade técnica e ambiental. A Lei 7.749, de 13 de outubro de 2015, dispõe sobre a Política Estadual de Resíduos Sólidos (PERS) do Estado de Alagoas, destaca o incentivo para produção de tecnologias limpas, fomento à pesquisa e ao desenvolvimento de novas tecnologias para o tratamento de resíduos sólidos. Em seu Art. 29, dispõe que o gerenciamento dos resíduos será efetuado pelo gerador e pelos municípios de forma preferencialmente integrada (Alagoas, 2015).

As Estações de Tratamentos de Água (ETA's) utilizam sistemas fechados de geotêxteis como técnica de desidratação de solo e filtração de água, permitindo encapsulamento, isolamento, desidratação e disposição de lodo, favorecendo o controle das variáveis de entrada e saída do sistema. Os sistemas fechados de geotêxtil são usados para reduzir grandes volumes de lodo com uma alta concentração de líquido em relação à concentração de sólidos. O método consiste no bombeamento de lodo para o interior dos tubos geotêxtil a velocidades controladas para retenção parcial do solo e permissão da passagem de constituintes líquidos, conhecido como efluente ou filtrado. O lodo encapsulado escoar através do geotêxtil em função do gradiente e ao peso da porção sólida, concomitante com a retenção de partículas sólidas (Gaffney et al., 1999).

A manta geossintética Soiltain DW®, material de polipropileno de alta densidade, é fabricada costurando-se uma ou mais camadas de geotêxtil permeável de alta resistência, formando recipientes que são preenchidos com materiais de alto teor de água por meio de

bombeamento hidráulico. Possui uma ampla variedade de geotêxteis em termos de resistência à tração, durabilidade e permeabilidade, que permite o uso destes, hidráulicamente preenchidos em muitas aplicações de engenharia civil e ambiental, como construções de diques, estruturas de proteção de linha costeiras e desidratação de lodos em ETA's. A utilização das mantas geossintéticas, quando comparados a métodos tradicionais de desidratação de lodo, oferecem várias vantagens: desidratação rápida de grandes volumes de lodos, facilidade de construção, localização conveniente, alta eficiência, baixo custo, economia de mão de obra e baixo impacto ambiental (Fowler et al., 2000).

De acordo com a norma técnica NBR 10.004, a manta é classificada como resíduo classe II B – inerte, pois quando amostrados de uma forma representativa, segundo a ABNT NBR 10.007, e submetidos a um contato dinâmico e estático com água destilada ou desionizada à temperatura ambiente, conforme ABNT NBR 10.006, não há solubilização de seus constituintes a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor (ABNT, 2004).

Oliveira et al. (2021) estudando a manta geossintética como mulching alternativo, em Arapiraca/AL, comparada aos mulching sintético e orgânico na cultura do pimentão, constataram que a manta possui viabilidade técnica e econômica, podendo ser utilizada como mulching alternativo. Com o reuso, evita-se o descarte ao aterro sanitário, aumentando sua vida útil.

3.4 Análise econômica

A avaliação econômica objetiva subsidiar informações para auxiliar na tomada de decisão quanto à escolha de realização ou não de determinado investimento (Begiato & Meneghini, 2015). Em termos econômicos, os componentes do custo de produção são agrupados de acordo com sua função no processo produtivo, nas categorias de custos variáveis, custos fixos, custo operacional e custo total (CONAB, 2010). São agrupados nos custos variáveis, todos os custos que participam do processo produtivo, ou seja, esses custos somente incorrem se houver atividade produtiva. Enquadram-se nesse custo os itens de custeio, as despesas de pós-colheita e as despesas financeiras, constituindo-se, em curto prazo, condição necessária para o que o produtor continue na atividade.

Os custos fixos são compostos pelos elementos de despesas que são mantidos pelo produtor, independente do volume de produção, entre eles, depreciação, seguro e outros. O custo operacional engloba todos os itens dos custos variáveis (despesas diretas) e parcela dos custos fixos que estão associadas diretamente à implementação das lavouras, não

contemplando a renda dos fatores fixos. O custo total de produção compreende a soma dos custos operacionais e a remuneração dos fatores de produção. Em uma perspectiva de longo prazo, tais itens devem ser considerados na formulação de políticas para o setor (CONAB, 2010).

Para estimar os custos de produção utilizou-se a metodologia do Custo Operacional Total (COT), que é o somatório do Custo Operacional Efetivo (COE) e das demais despesas inclusas na condução da lavoura, as quais aplicam uma percentagem com outros custos, juros de custeio e custo com a oportunidade de uso da terra, demonstrando que o custo total que pode ser desembolsado pelo produtor para a condução da cultura. O COE é constituído do somatório das despesas com operações manuais, mecanizadas, mão de obra e insumos utilizados pelo produtor durante a implantação da cultura (Rambo et al., 2015)

Os custos de produção e os preços de vendas dos produtos auxiliam na análise financeira da atividade produtiva. Levam-se em consideração a remuneração obtida com comercialização, cobertura de custeio, de custos variáveis, operacional e total. Nesse contexto, os custos de produção elaborados pela CONAB podem ser utilizados para análise econômica simplificada. A partir disso, pode-se observar se a atividade está obtendo retornos maiores, menores ou compatíveis com as melhores alternativas do emprego do capital, levando em consideração a receita e os custos da espécie em estudo (Reis, 2007).

Erbano et al. (2014) definiram fluxo de caixa como um controle de entradas e saídas do capital, permitindo a análise de movimentação financeira de um determinado período. A partir de investimento inicial e dos fluxos de caixas gerados por meio da diferença entre as entradas e saídas de caixa, possibilitam uma tomada de decisão mais assertiva e segura ao investidor. Silva (2014) definiu que os principais métodos e técnicas mais empregados para avaliação econômica de investimentos são a taxa interna de retorno (TIR), o Índice de lucratividade (IL), o payback e o payback descontado.

3.4.1 Taxa interna de retorno (TIR)

Por meio da TIR, busca-se estimar a taxa de retorno que seja intrínseca ao investimento realizado, isto é, que retrate o desempenho dos fluxos de caixa de determinado investimento.

Siqueira et al. (2011) afirmam que a TIR é a taxa de desconto que iguala a receita esperada do empreendimento ao valor de futuras despesas, tornando o VPL igual a zero.

Tem objetivo de retratar o desempenho dos fluxos de caixa em relação ao investimento inicial, permitindo verificar, no mínimo, se o custo de capital acrescido pelo prêmio pago pelo risco foi coberto (Gitman, 2010), seguindo modelo matemático:

$$VPL = \frac{\sum_{t=1}^n FC_t}{(1+r)^t} - FC_0$$

Onde:

t = Número de período;

n = Total de período do projeto;

FC_t = Valor presente (Fluxo de caixa líquido);

FC_0 = Investimento inicial;

r = Custo de capital;

Ainda conforme o autor, os critérios para tomada de decisão de acordo com a TIR, dar-se-á: quando $>$ custo de capital, aceitar o projeto de investimento; quando $<$ custo de capital, rejeitar o projeto de investimento.

3.4.2 Índice de lucratividade (IL)

Ross et al. (2013) afirmaram que o índice de lucratividade ou índice de custo-benefício é outro método de avaliação de projetos de investimentos. Expressa a relação entre o valor presente dos fluxos de caixas futuros e investimento inicial. Souza & Clemente (2008) afirmaram que índice de lucratividade ou índice Benefício/Custo é a razão entre o fluxo esperado de benefícios de um projeto e o fluxo esperado de investimentos necessários para realizá-lo.

Assaf & Lima (2014) indicaram que a tomada de decisão para investimento, com base no índice de lucratividade, dar-se-á: quando > 1 , aceitar o projeto ($VPL > 0$); quando $= 1$, indica que o projeto é atraente, pois remunera o investidor em sua taxa mínima de atratividade ($VPL = 0$); quando < 1 , rejeitar o projeto, pois o VPL é negativo (há destruição do valor ao longo do período estabelecido para execução do projeto).

3.4.3 *Payback*

É o tempo que o investimento inicial é recuperado. *Payback* é o cálculo do período necessário para que as entradas de caixas devidas ao projeto recuperem o investimento inicial. (Assaf & Lima, 2014).

3.4.4 *Payback* descontado

Segundo Assaf & Lima (2014) o *payback* descontado deduz os fluxos de caixa de cada período a uma taxa definida pelos investidores, incorporando o valor do dinheiro no tempo, trazendo todos os fluxos de caixa a mesma data. A tomada de decisão é realizada ao se comparar o período estabelecido para o investimento em relação ao do *payback*. O investidor quem define o período ideal para o retorno do investimento. A tomada de decisão, dar-se-á: quando $<$ período do projeto, aceitar o projeto de investimento; quando $>$ período do projeto, rejeitar o projeto de investimento.

4 OBJETIVOS

4.1 Objeto geral

Verificar a viabilidade técnica e econômica da manta geossintética Soiltain DW® como mulching alternativo e de agrofilmes sintéticos na produção de alface cv. Veneranda em Arapiraca, região semiárida de Alagoas, Brasil.

4.2 Objetivos específicos

Avaliar caracteres morfoagronômicos da alface cv. Veneranda em quatro sistemas de coberturas de solo, utilizando métodos uni e multivariados;

Avaliar a relação linear entre as variáveis;

Avaliar a viabilidade econômica das coberturas do solo em quatro períodos experimentais.

5. MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Local, datas de realização e tipo de solo da área estudada

A pesquisa foi realizada entre os anos de 2020 e 2021 em propriedade comercial que adota o sistema orgânico de produção, certificado pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, localizada no povoado Flexeiras (9° 47' 50,92" S; 36° 36' 14,63" O), zona rural de Arapiraca, região semiárida do Estado de Alagoas, clima BSh, segundo classificação de Köppen, com 237 m de altitude. O solo da área experimental foi classificado como LATOSSOLO AMARELO Acriférico (Embrapa, 2018). As temperaturas, mínima e máxima, foram de 20,6 e 30,8 °C, respectivamente (Agritempo, 2021).

Foram realizados quatro experimentos: 1) 13/06 a 17/07/2020 (final do outono - início da estação de inverno); 2) 07/08 a 14/09/2020 (final da estação de inverno); 3) 02/12/2020 a 05/01/2021 (verão); e 4) 04/02 a 10/03/2021 (final da estação de verão). As informações climáticas durante o período experimental estão na Tabela 1.

Tabela 1. Dados climáticos médios dos períodos experimentais de Arapiraca, AL - Brasil.

| Variáveis | Experimentos | | | |
|--|--------------|------|------|------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Precipitação pluvial (mm) ¹ | 131,5 | 53,3 | 4,3 | 14,0 |
| Temperatura mínima (°C) ¹ | 19,2 | 18,7 | 21,9 | 22,7 |
| Temperatura máxima (°C) ¹ | 27,9 | 28,5 | 33,3 | 34,8 |
| Radiação solar global (Mj m ⁻²) ² | 1,16 | 1,32 | 1,65 | 1,66 |

Fonte: ¹Secretaria Municipal de Desenvolvimento Rural (2021); ²INMET (2021).

5.2 Desenho experimental e tratamentos

A área, sem histórico de uso agropecuário, após sistematizada, não se observou fatores promotores de variação externa, observando solo uniforme visualmente, sem manchas que caracterizem mudança textural ou física do mesmo, topografia plana, sendo, portanto, considerada homogênea, instalando-se o experimento no delineamento inteiramente casualizado, com quatro tratamentos (manta geossintética Soiltain DW[®], mulching de polipropileno branco, mulching polipropileno preto e solo descoberto), com cinco repetições. A parcela experimental foi composta por 42 plantas, das quais 20 consideradas como área útil e as demais, bordadura.

Utilizou-se a alface cv. Veneranda, tipo crespa, verde clara, por ser amplamente cultivada na região. A manta geossintética Soiltain DW[®] foi selecionada por ser um resíduo

sólido com possível viabilidade de utilização como mulching alternativo. As coberturas sintéticas branca e preta, impermeáveis, com 20 µm de espessura, é utilizado por produtores, sem pesquisas prévias na região. O solo descoberto, como tratamento controle, predomina nos cultivos da região.

5.3 Manejo experimental

Foi realizada a análise química do solo (0 a 20 cm), apresentando as suas respectivas características (Tabela 2).

Tabela 2. Características químicas do solo da área experimental, com base na análise laboratorial.

| pH (H ₂ O) | P (mg md ⁻³) | Na (cmol _c dm ⁻³) | K (cmol _c dm ⁻³) | Ca + Mg (cmol _c dm ⁻³) | H+Al (cmol _c dm ⁻³) | Matéria orgânica g kg ⁻¹ |
|---------------------------|-----------------------------|---|--|--|---|--|
| 6,8 | 106 | 0,22 | 0,23 | 5,7 | 0,6 | 21,8 |
| Fe mg dm ⁻³ | Cu mg dm ⁻³ | Zn mg dm ⁻³ | Mn mg dm ⁻³ | | | |
| 162,7 | 7,23 | 45,55 | 75,94 | | | |

Seguindo as recomendações de Cavalcanti (2008), foram aplicados 30 e 40 kg de N ha⁻¹ no plantio e em cobertura, respectivamente, e 60 kg K₂O ha⁻¹, no plantio, para atender a demanda da cultura, utilizando-se composto orgânico constituído de torta de mamona e esterco bovino curtido (1:1), que apresentou as seguintes características químicas: matéria orgânica: 428,0 g kg⁻¹; N: 3,12%; P₂O₅: 0,57%; K₂O: 0,43%; Ca: 1,36%; Mg: 0,81%; Fe, Zn, Cu, Mn com concentrações de 5.200, 93, 25 e 105 mg dm⁻³ respectivamente.

O preparo do solo foi realizado com auxílio de enxada rotativa acoplada ao tratorite de 6.5 CV, a uma profundidade de 0,15 m. Posteriormente, os canteiros foram nivelados e preparados nas dimensões de 1,0 x 2,8 m, e 0,10 m de altura, adotando-se o espaçamento entre plantas de 0,25 x 0,25 m, equivalente ao stand inicial de 123.200 plantas ha⁻¹. As mudas foram produzidas em bandejas de 200 células, em substrato comercial Bioplant 401[®]. O transplantio para o campo ocorreu aos 25 dias após o plantio, nos quatro ciclos de avaliação.

A adubação de fundação foi realizada a lanço sobre os canteiros. O sistema de irrigação foi por gotejamento, com duas fitas de polietileno com 16 mm de espessura, distribuídas nos canteiros, com emissores espaçados com 0,2 m e vazão de 1,6 L h⁻¹, duas vezes ao dia (manhã e tarde), durante 20 minutos, exceto em dias de ocorrência de chuva. As fitas de irrigação ficaram sob as coberturas do solo. O controle de plantas daninhas foi manual, no tratamento controle, sem cobertura do solo.

5.4 Variáveis analisadas

5.4.1 Viabilidade técnica

Durante o período de cada experimento foram realizadas oito medições de temperatura do solo, com o auxílio de termômetro infravermelho, modelo GM400 (°C), apontado a 0,10 m do solo, às 11 horas.

A viabilidade técnica das coberturas do solo foi determinada a partir da avaliação, ao final de cada experimento, do stand ha^{-1} , da altura (em cm, determinada a partir do colo até a folha mais externa das plantas, com auxílio de uma régua graduada), do número de folhas planta $^{-1}$, do comprimento e da largura das folhas (em cm, utilizando régua graduada), a partir de três plantas selecionadas aleatoriamente na área útil da parcela. Avaliou-se a massa fresca da parte aérea, a massa das raízes (em kg, determinada com auxílio de balança digital) e a produtividade para cada tratamento (em Mg ha^{-1} , stand de cada tratamento x média da massa fresca da parte aérea), utilizando-se todas as plantas da área útil da parcela.

Durante o período experimental foram identificadas as plantas daninhas e sua massa foi quantificada, na ocasião das capinas. Estas medições foram realizadas em quatro pontos dentro de cada parcela, por meio do lançamento, ao acaso, de um quadrado de 0,25 x 0,25 m ($0,0625 \text{ m}^2$).

5.4.1.1 Análises estatísticas

A pesquisa foi finalizada após a análise de repetibilidade que, a partir do método dos componentes principais (análise de covariância), foi determinado que quatro experimentos são suficientes para validar os resultados, com coeficiente de determinação de 0,85, considerando a produtividade por ser a variável-resposta mais importante. Foi realizada a análise de variância individual, objetivando avaliar a homocedasticidade dos experimentos. A partir do teste de Hartley, F-máximo, que avalia a relação entre o maior e o menor QMR, obteve-se relação máxima de 4,66 para a massa da parte aérea que, segundo Ferreira (2018), indica homogeneidade das variâncias residuais, devendo-se incluir os quatro experimentos na análise conjunta.

Adotou-se o modelo estatístico $Y_{ij} = \mu + (R/a)_{ik} + t_i + a_j + ta_{ij} + \varepsilon_{ijk}$, em que: Y_{ij} corresponde ao valor fenotípico do tratamento i no ambiente j ; μ : média geral; $(R/a)_{jk}$: efeito de repetição ($k = 1,2,\dots, r$) dentro de ambientes ($j = 1,2,\dots, q$); t_i : efeito do tratamento ($i = 1,2,\dots,p$); a_j : efeitos de ambientes ($j = 1,2,\dots, q$); $(ta)_{ij}$: efeito da interação tratamento \times ambientes; ε_{ijk} : erro experimental.

Na análise dos dados, testou-se as pressuposições da análise de variância (aditividade,

independência dos resíduos, homocedasticidade e normalidade) em que as variáveis stand, comprimento e largura da folha e massa da raiz, por não atenderem pelo menos uma das pressuposições, tiveram seus dados transformados utilizando o método Box-Cox $[(x^{\lambda}) - 1/\lambda]$, por atuar na normalização dos erros e na homocedasticidade, conjuntamente. Após a análise univariada, adotou-se o teste Scott-Knott no agrupamento de médias ($P < 0,05$), utilizando-se o pacote *ExpDes* (Ferreira et al., 2014).

Na análise multivariada, foi realizada a análise de multicolinearidade e, em seguida, a análise de variância multivariada (Manova), empregando-se o teste lambda de Wilks. Utilizou-se o método das variáveis canônicas e o teste de agrupamento de Tocher, a partir da distância de Mahalanobis como medida de dissimilaridade, adotando-se o pacote *MultivariateAnalysis* (Azevedo, 2021). Correlações de Pearson entre as variáveis foram realizadas utilizando-se o pacote *metan* (Olivoto & Lúcio, 2020). Na avaliação da massa de plantas daninhas, adotou-se a estatística descritiva. Todas as análises foram realizadas com o auxílio do software R (R Core Team, 2021).

5.5 Viabilidade econômica

Foi realizada a avaliação econômica para as coberturas de solos e períodos experimentais, considerando os custos totais (custos fixos + custos variáveis + despesas com depreciação e manutenção de máquinas e equipamentos), calculado conforme adaptação da CONAB (2010), e as projeções de receitas, calculada pela seguinte fórmula: Receita Bruta = alface colhida (kg) x preço do kg (R\$). O preço do kg da alface foi estabelecido em R\$ 5,00 (1,0 USD = R\$ 5,77, média 11/2021) tomando como base o valor de comercialização do Programa de Aquisição de Alimentos de Arapiraca/AL, ano base 2020.

A receita líquida (R\$) foi calculada pela fórmula: receita bruta - custo operacional total. O índice de lucratividade (%) foi calculado: $IL = (receita\ líquida / receita\ bruta) \times 100$. A taxa mínima de atratividade (TMA) foi estabelecida em 10,25% ao ano, sendo 2,25% destinados a cobrir o custo de oportunidade e 8% referentes ao prêmio pago pelo risco. O percentual definido para o custo de oportunidade equivale à meta da taxa referencial do Sistema Especial de Liquidação e de Custódia (SELIC), estabelecida pelo Comitê de Política Monetária (COPOM) do Banco Central do Brasil em 16/06/2020. A taxa mínima de atratividade foi calculada em relação ao custo total de cada tratamento, segundo a fórmula: $TMA (\%) = 10,25 / (366 \times 100)$, obtida para cada ciclo de 35 dias (período experimental). Esse valor é comparado ao índice de lucratividade obtido com a comercialização, para cada tratamento, sendo o indicativo de atratividade econômica para a atividade explorada. Haverá

atratividade econômica quando o lucro obtido for maior ou igual à taxa mínima de atratividade.

A taxa interna de retorno (TIR) foi calculada através da relação entre receita bruta e custo operacional total. O *payback* descontado foi calculado pela relação entre o valor do investimento inicial dividido pela relação entre receita líquida/ $(1+0,1)^n$, em que n é o número de cada experimentos. Sendo n o primeiro período experimental, o valor de $n = 1$; sendo 2 para o segundo experimento, $n = 2$, e assim sucessivamente, até o número de $n = 4$. Essa relação expressa a quantidades de ciclos de produção são necessários para retornar economicamente o investimento inicial.

O investimento inicial considerado foi o valor de um hectare de sistema de irrigação por gotejamento. O custo de produção foi calculado para cada tratamento calculado para cada experimento. Foram consideradas como operações de custeio o preparo de solo (gradagens) e levantamento dos canteiros, a aplicação de cobertura de solo, perfuração da manta geossintética, transplântio de mudas, aplicação do adubo em fundação, a realização de capina manual, manejo de irrigação e a operação de colheita.

Foram considerados insumos e materiais a aquisição das fontes orgânicas de adubação (esterco bovino e torta de mamona), amostragem e análise de solo, enviadas ao laboratório, consumo de energia elétrica, aquisição de mudas de alface, análise química do composto orgânico (mistura do esterco bovino e torta de mamona), aquisição das bobinas de mulchings e descarte do mulching (para tratamentos mulching branco e mulching preto) e frete de comercialização, de acordo com o stand final de cada tratamento, para cada experimento. A manta geossintética, por ser gratuita, não possuiu valor de aquisição das mesmas. No entanto, os custos com energia elétrica para perfuração do material para acondicionamento na área foram considerados.

Em função do desgaste natural e facilidade de danos, o fabricante do produto recomenda um percentual de 30%, em média, de renovação da cobertura plástica a cada novo plantio. Portanto, para efeito de custos, nos períodos experimentais dois, três e quatro, foram adicionados um quantitativo de duas bobinas de mulchings para cada período, para os tratamentos mulching branco e mulching preto, que correspondem ao percentual recomendado pelo fabricante em função do quantitativo adotado neste estudo.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Viabilidade técnica

Observou-se efeito significativo ($P < 0,05$) para interação Coberturas do solo x Experimentos para todas as variáveis, exceto para a massa da raiz (Tabela 3), indicando que estes fatores, juntos, promovem mudanças no comportamento da alface cv. Veneranda. O coeficiente de variação experimental variou de 1,7% para largura das folhas, indicando ótima precisão, até 18,2% para produtividade (Tabela 3), sendo considerado aceitável em pesquisas de campo (Ferreira, 2018). Segundo Lúcio et al. (2011), quando considerada a massa verde das plantas, ocorre maior variabilidade dentro da unidade experimental devido a variação no teor de água em cada planta, influenciando diretamente o coeficiente de variação. Estas informações são corroboradas por Paixão et al. (2016), em que houve redução de 10,7% no coeficiente de variação entre a massa verde e massa seca da alface.

Tabela 3. Resumo da análise de variância (QM) para a análise conjunta dos experimentos, considerando coberturas do solo (tratamentos) e experimentos (ambientes) da alface cv. Veneranda em Arapiraca, AL – Brasil.

| Fontes de variação | GL | Temperatura (°C) | Stand ¹ (planta ha ⁻¹) | Altura (cm) | Folhas | | | Massa | | Produtividade (Mg ha ⁻¹) |
|--------------------|----|---------------------|--|----------------|----------|----------------------------------|------------------------------|--------------------|--------------------------|---|
| | | | | | Número | Comprimento ¹ (cm) | Largura ¹ (cm) | Parte aérea (g) | Raiz ¹ (g) | |
| Coberturas (C) | 3 | 440,80* | 469,54ns | 16,38 ns | 5,64 ns | 0,06 ns | 0,04ns | 2139,42 ns | 0,99** | 30,53 ns |
| Experimentos (E) | 3 | 11,69** | 272,96 ns | 105,98** | 105,64** | 0,58** | 0,26** | 40879,22** | 1,19** | 505,79** |
| Interação C x E | 9 | 9,56** | 342,36** | 5,26** | 4,72* | 0,42** | 0,03** | 1774,51* | 0,11 ns | 28,86* |
| Blocos/Época | 16 | 11,78 | 137,33 | 1,79 | 2,82 | 0,02 | 0,01 | 724,85 | 0,25 | 12,42 |
| Resíduo | 48 | 7,08 | 60,82 | 1,86 | 2,01 | 0,01 | 0,01 | 817,09 | 0,13 | 11,21 |
| CV (%) | | 6,4 | 2,4 | 6,7 | 8,2 | 2,6 | 1,7 | 16,7 | 11,4 | 18,2 |

¹: dados transformados (Box-Cox). **, *, ns: significativo a 1 e 5%, e não significativo a 5%, respectivamente, pelo teste F. CV: coeficiente de variação experimental.

Em geral, os mulching de coloração escura promoveram os maiores valores médios de temperatura do solo, principalmente quando comparado ao solo descoberto, que apresentou as menores temperaturas entre os tratamentos, mesmo nos diferentes experimentos (Tabela 4). Isso aconteceu em virtude de os materiais de coloração escura reterem mais radiação solar, aumentando a temperatura (Jahan et al., 2018). Franquera & Mabesa (2016) também observaram efeito do mulching escuro sobre o aumento da temperatura devido à maior absorção de energia solar.

Tabela 4. Desdobramento da interação Coberturas x Experimentos para as variáveis analisadas.

| Tratamentos | Experimentos | | | |
|---------------------------------------|--------------|------------|------------|------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Temperatura (°C) | | | | |
| M. geossintética | 48,9 Ba | 38,9 Db | 40,7 Cb | 51,3 Aa |
| Mulching branco | 44,3 Ab | 39,9 Bb | 40,0 Bb | 38,9 Bc |
| Mulching preto | 47,9 Aa | 43,1 Ba | 43,3 Ba | 44,4 Bb |
| Solo descoberto | 37,7 Ac | 32,1 Bc | 37,0 Ac | 32,7 Bd |
| Stand (plantas ha ⁻¹) | | | | |
| M. geossintética | 107.250 Ab | 103.950 Bc | 103.400 Bc | 99.550 Cd |
| Mulching branco | 98.450 Cc | 102.850 Bc | 114.400 Aa | 112.750 Aa |
| Mulching preto | 96.800 Cc | 108.900 Ab | 108.900 Ab | 104.500 Bc |
| Solo descoberto | 113.850 Ba | 113.850 Aa | 109.450 Bb | 108.350 Bb |
| Altura das plantas (cm) | | | | |
| M. geossintética | 19,2 Bb | 23,8 Aa | 17,4 Cc | 18,3 Bb |
| Mulching branco | 20,0 Ca | 23,7 Aa | 21,8 Ba | 20,2 Ca |
| Mulching preto | 19,1 Bb | 22,7 Ab | 18,4 Bb | 17,7 Cb |
| Solo descoberto | 18,3 Cb | 23,9 Aa | 17,4 Cc | 19,5 Ba |
| Número de folhas planta ⁻¹ | | | | |
| M. geossintética | 14,6 Ba | 18,7 Aa | 15,3 Bb | 18,5 Ab |
| Mulching branco | 14,1 Ca | 18,9 Ba | 18,3 Ba | 20,3 Aa |
| Mulching preto | 14,5 Ba | 17,9 Aa | 17,7 Aa | 18,1 Ab |
| Solo descoberto | 12,3 Cb | 18,0 Ba | 17,3 Ba | 19,4 Aa |
| Comprimento da folha (cm) | | | | |
| M. geossintética | 15,9 Ba | 17,9 Aa | 15,0 Cb | 13,7 Dc |
| Mulching branco | 16,6 Ba | 17,6 Aa | 16,6 Ba | 15,5 Ca |
| Mulching preto | 16,2 Ba | 17,3 Aa | 16,2 Ba | 13,8 Cc |
| Solo descoberto | 16,1 Ba | 17,9 Aa | 14,1 Dc | 14,8 Cb |
| Largura da folha (cm) | | | | |
| M. geossintética | 13,8 Bb | 15,7 Aa | 14,1 Bb | 12,8 Cb |
| Mulching branco | 14,6 Ba | 15,3 Aa | 15,1 Aa | 14,2 Ba |
| Mulching preto | 14,0 Cb | 15,5 Aa | 14,8 Ba | 12,8 Db |
| Solo descoberto | 13,2 Cc | 15,5 Aa | 13,1 Cc | 14,2 Ba |
| Massa da parte aérea (g) | | | | |
| M. geossintética | 127,1 Ca | 247,7 Aa | 152,0 Bb | 130,0 Cb |
| Mulching branco | 144,0 Da | 234,3 Aa | 191,0 Ba | 174,0 Ca |
| Mulching preto | 133,3 Ca | 223,3 Aa | 189,7 Ba | 120,0 Cb |
| Solo descoberto | 112,8 Cb | 227,3 Aa | 152,0 Bb | 167,3 Ba |
| Produtividade (Mg ha ⁻¹) | | | | |
| M. geossintética | 13,7 Ca | 25,9 Aa | 15,6 Bb | 13,2 Cb |
| Mulching branco | 14,2 Ca | 24,1 Aa | 21,8 Ba | 19,6 Ba |
| Mulching preto | 13,1 Ca | 24,3 Aa | 20,7 Ba | 12,5 Cb |
| Solo descoberto | 12,5 Ca | 25,8 Aa | 16,6 Bb | 18,3 Ba |

Médias seguidas de mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, pertencem ao mesmo grupo pelo teste Scott-Knott ($P > 0,05$). Experimentos: 1) 13/06 a 17/07/2020; 2) 07/08 e 14/09/2020; 3) 02/12/2020 e 05/01/2021; e 4) 04/02 e 10/03/2021.

A manta geossintética promoveu maior temperatura do solo no quarto experimental, devido ao menor stand. Quanto maior o número de plantas ha^{-1} , maior a área foliar do dossel e, conseqüentemente, maior a captação da energia solar incidente. Mesmo sendo porosa, a manta promoveu estresse térmico nas plantas, aumentando sua mortalidade. Estas informações estão em acordo com Oliveira et al. (2021), que avaliaram a manta geossintética em Arapiraca/AL na cultura do pimentão cv. Kolima F1, em que foram observadas redução significativa do stand devido ao aumento da temperatura na fase inicial de crescimento das plântulas.

Os caracteres morfoagronômicos foram influenciados pelas coberturas do solo (Tabela 3). No primeiro experimento, o mulching branco, que apresenta propriedade termorrefletora, com efeito na redução da temperatura do solo, promoveu maior altura das plantas, número e largura de folhas, devido a absorção da radiação refletida pelo dossel da alface. Vargas et al. (2017), em São Paulo, observaram que o mulching branco apresentou 62,0% a mais na massa seca das folhas quando comparado ao mulching preto e prata devido a reflectância.

Não houve efeito das coberturas sintéticas para o comprimento foliar, massa da parte aérea e produtividade nos dois primeiros experimentos. Porém, no 2º período experimental, o cultivar Veneranda se mostrou mais estável em relação aos tratamentos, provavelmente devido às condições climáticas mais amenas (Tabela 1), que favorecem a espécie, que apresenta metabolismo fotossintético C_3 (Zhou et al., 2020).

No terceiro experimento, em geral, o mulching branco também apresentou resultados superiores ($P < 0,05$), principalmente em relação a manta geossintética. No 4º período experimental, mulching branco e solo descoberto apresentaram características similares, provavelmente devido a menor temperatura do solo, com reflexo no stand e, conseqüentemente, na produtividade (Tabela 4). Como estratégia de manejo em regiões tropicais, é importante que o cultivo de alface esteja associado à prática de irrigação, com lâminas próximo a 100% da evapotranspiração da cultura (ET_c), considerando que a água perdida pelas folhas no processo de transpiração promove seu resfriamento. Sob condições de estresse hídrico, ocorre o fechamento estomático e superaquecimento das folhas, de modo que as reações bioquímicas da fotossíntese e integridade de membranas dos cloroplastos são afetadas, com danos irreversíveis a proteína D1 do fotossistema II (Taiz et al., 2017).

As coberturas sintéticas do solo reduziram a massa da raiz (Tabela 5). Porém, o segundo experimento, executado no período de inverno, apresentou a maior massa, bem como o maior comprimento e largura foliar, massa da parte aérea e produtividade (Tabela 2). As condições ambientais (Tabela 1) favoreceram o crescimento da alface neste período.

Tabela 5. Massa da raiz da alface cv. Veneranda cultivada em quatro coberturas do solo e experimentos em Arapiraca, AL – Brasil.

| Tratamentos | Experimentos | | | | Média |
|---------------------|--------------|--------|--------|-------|--------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| Manta geossintética | 7,6 | 11,7 | 9,7 | 8,7 | 9,4 B |
| Mulching branco | 9,4 | 11,3 | 10,3 | 9,7 | 10,2 B |
| Mulching preto | 7,3 | 11,9 | 9,7 | 6,3 | 8,8 B |
| Solo descoberto | 12,9 | 14,0 | 10,9 | 11,0 | 12,2 A |
| Média | 9,3 b | 12,3 a | 10,2 b | 8,9 b | |

Médias seguidas de mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, pertencem ao mesmo grupo pelo teste Scott-Knott ($P > 0,05$). Experimentos: 1) 13/06 a 17/07/2020; 2) 07/08 e 14/09/2020; 3) 02/12/2020 e 05/01/2021; e 4) 04/02 e 10/03/2021.

No tratamento controle foram observadas as espécies invasoras *Amaranthus lividus* L. (caruru ou bredo espinhoso), *Ricinus communis* L. (mamona), *Eleusine indica* (L.) Gaertn (ELEIN) (capim pé-de-galinha) e *Cyperus rotundus* L. (CYPRO) (tiririca). Foram realizadas duas capinas manuais no 1º experimento e, nos demais, uma capina, somando 880, 640, 1.280 e 2.112 g plantas daninhas m⁻². Os mulching sintéticos foram eficientes em controlar as plantas daninhas, refletindo em redução dos custos com mão de obra, também observado por Aziz et al. (2019) e Gheshm & Brown (2020).

A análise de multicolinearidade indicou que o número de condições foi de 63,3, indicando ser fraca, segundo critério Montgomery & Peck (1981). Em seguida foi realizada a Manova com todas as variáveis, observando-se efeito significativo ($P < 0,05$) entre tratamentos pelo teste lambda de Wilks. As duas primeiras variáveis canônicas explicaram 97,7% da variação total (Figura 1). Segundo Regazzi & Cruz (2020), percentagem superior a 80% é considerada aceitável e suficiente, indicando que estas duas variáveis canônicas resumem o máximo de informação contida no conjunto de dados, apresentando o máximo de correlação com todos os caracteres avaliados, de modo que as inferências sobre os tratamentos são possíveis a partir do plano bi-dimensional.

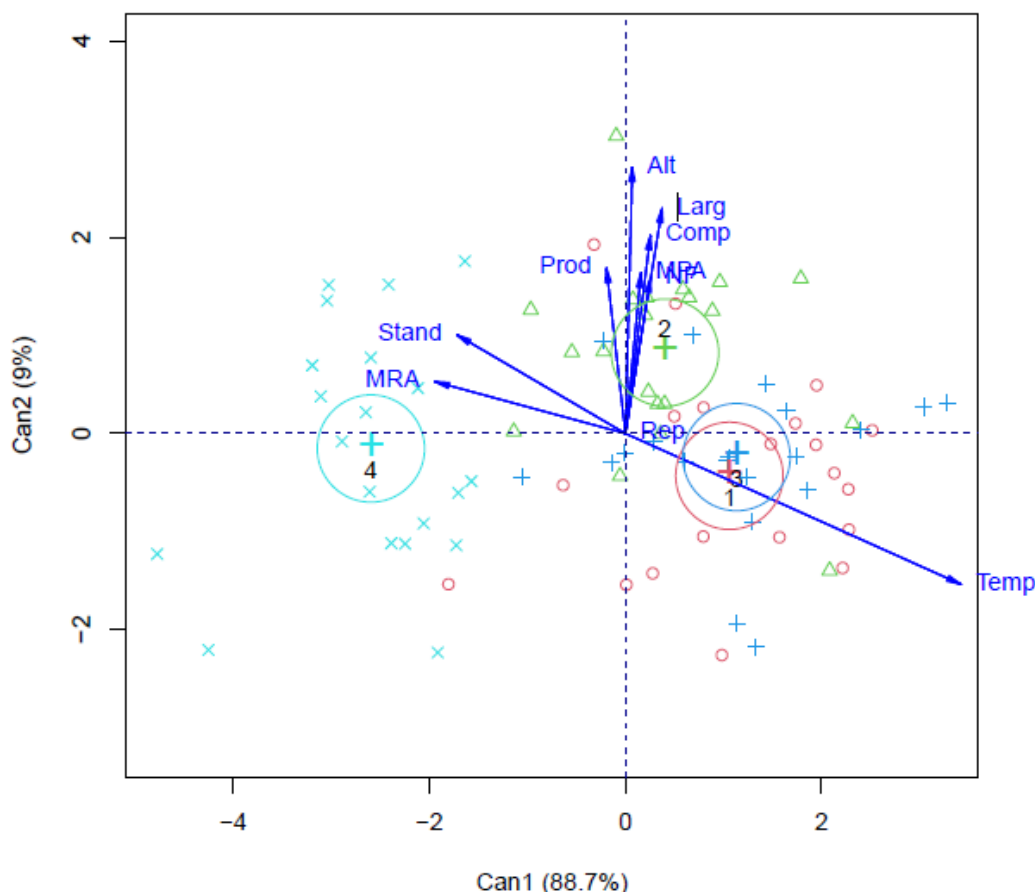


Figura 1. Dispersão gráfica dos escores a partir das duas primeiras variáveis canônicas. 1: manta geossintética, 2: mulching branco; 3: mulching preto; 4: solo descoberto. Temp: temperatura do solo; Alt: altura; NF: nº folhas; Comp: comprimento da folha; Larg: largura da folha; MPA: massa da parte aérea; MRA: massa da raiz; Prod: produtividade.

Observou-se a formação de três grupos de similaridade pelo teste multivariado de Tocher, em que os tratamentos manta geossintética e mulching preto apresentaram alta similaridade e estão relacionados com os maiores valores de temperatura do solo (Tabela 2). O tratamento controle, isolado, encontra-se associado a valores elevados de stand (Tabela 2) e massa da raiz (Tabela 3). Já o mulching branco apresentou valores intermediários para as variáveis ligadas a produtividade (Figura 1).

Correlações negativas significativas, de alta magnitude, foram observadas entre a temperatura x stand ($-0,98^*$) e a massa da raiz ($-0,97^*$), indicando a influência da temperatura sobre estas variáveis. Por outro lado, correlações positivas, de alta magnitude, foram observadas entre a altura da planta x massa da parte aérea ($0,97^*$), entre o número de folhas x comprimento foliar ($0,99^{**}$), a largura foliar ($0,99^{**}$) e a massa da parte aérea ($0,97^*$), entre o comprimento da folha x largura foliar ($0,99^{**}$) e a massa da parte aérea ($0,99^{**}$), entre a largura da folha x massa da parte aérea ($0,98^*$), e entre a massa da parte aérea x produtividade ($0,91^*$), indicando que plantas mais produtivas tendem a ser altas, possuir maior número, comprimento e largura das folhas, bem como maior massa da parte aérea. Estas informações são corroboradas pela análise de variáveis canônicas (vetores azuis, Figura 1).

As análises uni e multivariada evidenciaram a influência das coberturas do solo sobre a alface cv. Veneranda, nos quatro experimentos, indicando que o mulching branco promoveu condições favoráveis às variáveis morfoagronômicas avaliadas. Porém, é importante destacar que este produto apresenta como desvantagem os custos associados a aquisição e implantação, exigente em mão de obra. Além desse aspecto, trata-se de um resíduo não ser reciclável, com

potencial causador de poluição ambiental, considerando que, muitas vezes, são descartados ou queimadas pelo produtor (Ghimire et al., 2018), sendo esta uma prática ecologicamente incorreta.

A manta geossintética é gratuita ao produtor, poderá ser utilizada como mulching alternativo, em função das suas características físicas. Após cada ciclo de produção, pode ser armazenada e reutilizada por vários ciclos, proporcionando economia de mão de obra, com redução das capinas manuais e minimização de pulverizações com herbicidas no sistema convencional. O tratamento com solo descoberto apresenta-se como alternativa. Porém, deverão ser considerados os custos com capinas manuais. Estas informações evidenciam a importância da análise econômico-financeira de cada sistema de cobertura do solo, visando indicar a viabilidade econômica e, com isso, indicar, com precisão, o melhor tratamento, a exemplo de Oliveira et al. (2021), que indicaram a manta geossintética como a melhor cobertura solo, considerando o custo/benefício.

6.2 Viabilidade econômica

A produção de alface cv. Veneranda em uma área de 1,0 ha apresentou custo operacional total (COT), para manta geossintética, de R\$ 37.766,15, R\$ 33.859,52, R\$ 33.784,52 e R\$ 33.779,52, estimado a partir do 1º ao 4º experimento, respectivamente (Tabela 6). Vendruscolo et al. (2019) estudando análise econômica de alface tipo crespa em diferentes espaçamentos de plantios e coberturas de solos, observaram COT de R\$ 17.049,60 ha⁻¹. Os custos observados pelos autores são menores, pois não consideram os custos com fretes para comercialização dos produtos, que, nesta pesquisa, contribuiu com, aproximadamente, 42,75% dos custos, em média, para os quatro experimentos.

A manta geossintética apresentou os menores COTs nos quatro experimentos, em relação aos demais tratamentos em função de não haver necessidade de sua aquisição, por ser gratuita, diferente das coberturas sintéticas, que houve necessidade de aquisição de bobinas de mulching e previsão de custos relacionados ao seu descarte após uso.

Tabela 6. Custos com as operações, insumos e materiais, custo operacional efetivo (COE), depreciações, custo operacional total (COT) nos quatro experimentos com alface cv. Veneranda em Arapiraca, AL - Brasil, em Reais (R\$).

| Operações (R\$) | Experimento | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | 1 | | | | 2 | | | | 3 | | | | 4 | | | |
| | MG | MB | MP | SD | MG | MB | MP | SD | MG | MB | MP | SD | MG | MB | MP | SD |
| Aplicação da cobertura de solo (E) | 250,00 | 250,00 | 250,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 03.400,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Colheita (F) | 3.400,00 | 3.400,00 | 3.400,00 | 3.400,00 | 3.400,00 | 3.400,00 | 3.400,00 | 3.400,00 | 3.400,00 | 3.400,00 | 3.400,00 | 3.400,00 | 3.400,00 | 3.400,00 | 3.400,00 | 3.400,00 |
| Levantamento de Canteiro (F) | 600,00 | 600,00 | 600,00 | 600,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Manejo de irrigação (F) | 1.200,00 | 1.200,00 | 1.200,00 | 1.200,00 | 1.200,00 | 1.200,00 | 1.200,00 | 1.200,00 | 1.200,00 | 1.200,00 | 1.200,00 | 1.200,00 | 1.200,00 | 1.200,00 | 1.200,00 | 1.200,00 |
| Preparo do solo (grada-gem) (F) | 750,00 | 750,00 | 750,00 | 750,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Transplântio das mudas (F) | 800,00 | 800,00 | 800,00 | 800,00 | 800,00 | 800,00 | 800,00 | 800,00 | 800,00 | 800,00 | 800,00 | 800,00 | 800,00 | 800,00 | 800,00 | 800,00 |
| Trato cultural (aplicação de adubo) (F) | 1.600,00 | 1.600,00 | 1.600,00 | 1.600,00 | 1.600,00 | 1.600,00 | 1.600,00 | 1.600,00 | 1.600,00 | 1.600,00 | 1.600,00 | 1.600,00 | 1.600,00 | 1.600,00 | 1.600,00 | 1.600,00 |
| Trato Cultural (capina) (F) | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 3.900,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 2.600,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 2.600,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 2.600,00 |
| A - Custo das Operações | 8.600,00 | 8.600,00 | 8.600,00 | 12.250,00 | 7.000,00 | 7.000,00 | 7.000,00 | 9.600,00 | 7.000,00 | 7.000,00 | 7.000,00 | 9.600,00 | 7.000,00 | 7.000,00 | 7.000,00 | 9.600,00 |
| Insumos e materiais | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Adubo orgânico - Esterco bovino | 369,90 | 369,90 | 369,90 | 369,90 | 369,90 | 369,90 | 369,90 | 369,90 | 369,90 | 369,90 | 369,90 | 369,90 | 369,90 | 369,90 | 369,90 | 369,90 |
| Adubo orgânico - Torta mamona | 2.772,00 | 2.772,00 | 2.772,00 | 2.772,00 | 2.772,00 | 2.772,00 | 2.772,00 | 2.772,00 | 2.772,00 | 2.772,00 | 2.772,00 | 2.772,00 | 2.772,00 | 2.772,00 | 2.772,00 | 2.772,00 |
| Análise de solo (uni.) | 35,00 | 35,00 | 35,00 | 35,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Análise do composto orgânico | 240,00 | 240,00 | 240,00 | 240,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Energia elétrica | 1.287,92 | 1.287,92 | 1.287,92 | 1.287,92 | 1.287,92 | 1.287,92 | 1.287,92 | 1.287,92 | 1.287,92 | 1.287,92 | 1.287,92 | 1.287,92 | 1.287,92 | 1.287,92 | 1.287,92 | 1.287,92 |
| Frete de comercialização | 15.320,00 | 14.065,00 | 13.830,00 | 15.870,00 | 14.850,00 | 14.695,00 | 15.560,00 | 16.265,00 | 14.775,00 | 16.345,00 | 15.560,00 | 15.635,00 | 14.770,00 | 16.110,00 | 14.930,00 | 15.480,00 |
| Manta geossintética (m ²) | 8400 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Mudas alface | 7.453,60 | 7.453,60 | 7.453,60 | 7.453,60 | 7.453,60 | 7.453,60 | 7.453,60 | 7.453,60 | 7.453,60 | 7.453,60 | 7.453,60 | 7.453,60 | 7.453,60 | 7.453,60 | 7.453,60 | 7.453,60 |

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| Perfuração manta | 11,63 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Mulching Bobina | 0,00 | 4.550,00 | 4.550,00 | 0,00 | 0,00 | 1.300,00 | 1.300,00 | 0,00 | 0,00 | 1.300,00 | 1.300,00 | 0,00 | 0,00 | 1.300,00 | 1.300,00 | 0,00 |
| Descarte Mulching | 0,00 | 100,00 | 100,00 | 0,00 | 0,00 | 100,00 | 100,00 | 0,00 | 0,00 | 100,00 | 100,00 | 0,00 | 0,00 | 100,00 | 100,00 | 0,00 |
| B - Insumos e materiais (R\$) | 27489,75 | 30.638,12 | 30.638,12 | 28.028,12 | 26733,12 | 27.978,12 | 30.638,12 | 28.148,12 | 26.658,12 | 29.628,12 | 28.843,12 | 27.518,12 | 26653,12 | 29.393,12 | 28.213,12 | 27.363,12 |
| COE (A+B) | 35.639,75 | 39.023,12 | 38.788,12 | 39.828,12 | 33733,12 | 34.978,12 | 38.638,12 | 37.748,12 | 33.658,12 | 36.628,12 | 35.843,12 | 37.118,12 | 33653,12 | 36.393,12 | 35.213,12 | 36.963,12 |
| Custo de depreciação | 126,40 | 126,40 | 126,40 | 126,40 | 126,40 | 126,40 | 126,40 | 126,40 | 126,40 | 126,40 | 126,40 | 126,40 | 126,40 | 126,40 | 126,40 | 126,40 |
| COT (R\$/ha) | 37.766,15 | 39.149,52 | 38.914,52 | 39.954,52 | 33.859,52 | 35.104,52 | 38.914,52 | 37.874,52 | 33.752,96 | 36.754,52 | 35.969,52 | 37.244,52 | 33.779,52 | 36.519,52 | 35.339,52 | 37.089,52 |

MB = manta geossintética; MB = mulching branco; MP = mulching preto; SD = solo descoberto; E = mão de obra externa; F = mão de obra familiar.

O investimento inicial para implantação de 1,0 hectare totalizou R\$ 42.918,00 correspondente a aquisição de sistema de irrigação por gotejamento, conjunto motobomba e de caixas para comercialização das plantas.

A operação que mais impactou o COT foi o custo de frete para comercialização para todos os tratamentos em todos os experimentos, variando de 35,1% para mulching preto e 43,9% para manta geossintética. Esses resultados divergiram dos encontrados por Silva et al. (2008) em plantio de alface cv. Verônica, em que o item com maior participação no custo foi mão de obra, representando 30,5%, seguido pelos custos de aquisição mudas, com 17,2%. Cecílio Filho et al. (2010), estudando análise econômica de plantio intercalado de alface e tomate em diferentes estações do ano sob cultivo protegido, observaram que o item que mais onerou o COT em alface foi mão de obra, representando 28,5% e 29,5% para o primeiro e segundo cultivos, respectivamente.

A aquisição de mulchings sintéticos representou 11,7%. As operações de frete e aquisição e reposição de mulching, somados, representaram mais de 50% do COT. Os mulchings de polietileno podem sofrer degradação térmica; fotodegradação, devido a foto-oxidação promovida pelos raios ultravioletas; degradação mecânica, devido a danos causados pelo manejo, vento; e degradação química, causada por compostos a base de enxofre e cloro, bem como pelo excesso de água (Faria Júnior & Hora, 2018). Por estas razões, em regiões tropicais e semiáridas, sua validade é de, em média, quatro ciclos de produção, segundo o fabricante. Por esta razão, torna-se necessária a aquisição de 30% de agrofilme para reposição em cada ciclo de produção, impactando os custos de produção, bem como, o descarte do resíduo plástico ambientalmente adequada.

Considerando que em Alagoas, 46,2% da população agropecuária não sabe ler e escrever (IBGE, 2020), é comum o uso inadequado de tecnologias, bem como seu descarte, a exemplo das embalagens de agrotóxicos, muitas vezes enterradas e queimadas (Bomfim & Cavalcante, 2020). Por esta razão, sem orientação técnica adequada, o descarte do mulching poderá contribuir para a chamada “poluição branca” no campo.

Os agrofilmes são produzidos a partir de policloreto de vinila, de baixa degradabilidade que, segundo Liu et al. (2014), apesar dos benefícios da tecnologia do filme plástico, sua difusão pode proporcionar a geração de elevadas quantidades de resíduos e poluição ambiental. Yin et al. (2019) na região de Saanxi/China, clima subúmido sujeita a seca, estudaram a biodegradação do filme plástico de polietileno em cultivo do milho entre os anos 2014 a 2016. Observaram que o mulching começou a apresentar rachaduras aos 110 dias após o plantio do milho. Porém, quando a temperatura foi mais elevada (2016), o plástico começou a apresentar sinais de rachaduras aos 80 dias e, aos 110 dias, 25% do mulching estava degradado. Estes autores também observaram danos mecânicos e humanos do mulching devido ao manejo das plantas. Portanto, justifica-se o investimento em 30% nas bobinas para reposição.

A partir do segundo período experimental, houve diminuição geral no valor dos custos de produção para os quatro tratamentos, pois, foram reduzidos os custos com preparo do solo, aplicação dos mulchings e com análise de solo, principalmente para os tratamentos com coberturas de solos. No entanto, para o tratamento solo descoberto, a redução não foi acentuada, devido aos custos com capina manual, correspondendo a 9,7, 6,9, 7,0 e 7,0% do 1º

ao 4º experimento, respectivamente (Tabela 6). Para as demais coberturas, não houve necessidade de realizar a capina manual e, conseqüentemente, não houve incremento no custo de produção.

As capinas manuais são tratos culturais indispensáveis para o desenvolvimento da cultura, principalmente em manejo agroecológico, onde não se pode fazer uso de herbicidas, onerando o custo de produção. Em Sargodha/Paquistão, Aziz et al. (2019) testaram mulching sintético e orgânico em comparação ao solo descoberto e observaram custo total de produção de US\$ 1.051,34 ha⁻¹ no solo descoberto e US\$ 862,79 quando utilizada a palhada de trigo, em que a mão de obra para as capinas manuais aumentou expressivamente os custos de produção.

O mulching branco apresentou maiores receitas brutas nos experimentos 1, 3 e 4. No 2º experimento, o solo descoberto promoveu maior receita bruta. Esses resultados diferem dos observados por Vendruscolo et al. (2019) que, avaliando alface cv Vanda em diferentes espaçamentos, cultivada em 1.000 m², observaram, para o espaçamento 0,25 x 0,25 m, a cobertura plástica obteve a menor receita bruta (R\$ 5.644,95) quando comparado com solo descoberto (R\$ 6.401,70) e cobertura vegetal no solo (R\$ 6.877,01).

O tratamento manta geossintética promoveu maiores receitas líquidas nos experimentos 1 e 2, em função do seu menor COT. No entanto, nos experimentos 3 e 4, observou-se menores receitas líquidas, devido às menores produtividades, reduzindo diretamente a receita bruta e, conseqüentemente, diminuindo as receitas líquidas. Mulching branco promoveu as melhores receitas líquidas nos experimentos 3 e 4, associado às melhores produtividades, o que impacta positivamente na receita bruta e, por consequência, na receita líquida (Tabela 7).

Tabela 7. Produtividade, custo operacional total (COT), receita bruta (RB), receita líquida (RL), índice de lucratividade (IL), taxa mínima de atratividade (TMA), taxa interna de retorno (TIR), payback descontado da alface sob diferentes coberturas do solo, por experimento.

| Experimento | Coberturas de Solo | Produtividade | COT | RB | RL | IL | TMA (experimento) | TIR | Payback descontado |
|-------------|---------------------|---------------------|-----------|--------------------|-----------|-------|----------------------|--------|-----------------------|
| | | Mg ha ⁻¹ | | ----- R\$/ha ----- | | --%-- | --% | | |
| 1 | Manta geossintética | 13.620,75 | 35.766,15 | 68.103,75 | 32.337,60 | 47,48 | 0,98 | -24,65 | 1,46 |
| | Mulching branco | 14.176,80 | 39.149,52 | 70.884,00 | 31.734,48 | 44,77 | 0,98 | -26,06 | 1,49 |
| | Mulching preto | 12.874,40 | 38.914,52 | 64.372,00 | 25.457,48 | 39,55 | 0,98 | -40,68 | 1,85 |
| | Solo descoberto | 12.443,20 | 39.954,52 | 62.216,00 | 22.261,48 | 35,78 | 0,98 | -48,13 | 2,12 |
| 2 | Manta geossintética | 25.675,65 | 33.859,52 | 128.378,25 | 94.518,73 | 73,63 | 0,98 | 90,78 | 0,55 |
| | Mulching branco | 24.066,90 | 35.104,52 | 120.334,50 | 85.229,98 | 70,83 | 0,98 | 82,66 | 0,61 |
| | Mulching preto | 25.373,70 | 35.969,52 | 126.868,50 | 90.898,98 | 71,65 | 0,98 | 78,18 | 0,57 |
| | Solo descoberto | 25.843,95 | 37.874,52 | 129.219,75 | 91.345,23 | 70,69 | 0,98 | 74,11 | 0,57 |
| 3 | Manta geossintética | 15.716,80 | 33.784,52 | 78.584,00 | 44.799,48 | 57,01 | 0,98 | 106,49 | 1,28 |
| | Mulching branco | 21.850,40 | 36.754,52 | 109.252,00 | 72.497,48 | 66,36 | 0,98 | 108,25 | 0,79 |
| | Mulching preto | 20.582,10 | 35.969,52 | 102.910,50 | 66.940,98 | 65,05 | 0,98 | 102,21 | 0,85 |
| | Solo descoberto | 16.636,40 | 37.244,52 | 83.182,00 | 45.937,48 | 55,23 | 0,98 | 91,87 | 1,24 |
| 4 | Manta geossintética | 18.018,55 | 33.779,52 | 90.092,75 | 56.313,23 | 62,51 | 0,98 | 114,23 | 1,12 |
| | Mulching branco | 23.113,75 | 36.519,52 | 115.568,75 | 79.049,23 | 68,40 | 0,98 | 118,18 | 0,79 |
| | Mulching preto | 19.855,00 | 35.339,52 | 99.275,00 | 63.935,48 | 64,40 | 0,98 | 110,80 | 0,98 |
| | Solo descoberto | 21.344,95 | 37.089,52 | 106.724,75 | 69.635,23 | 65,25 | 0,98 | 102,56 | 0,90 |

O índice de lucratividade foi maior para manta geossintética nos experimentos 1 e 2, 47,4 e 73,6%, respectivamente, em relação às demais coberturas de solo. No entanto, nos experimentos 3 (57,0%) e 4 (62,5%), apesar de se obter índice de lucratividade superior ao experimento 1, obteve-se índice inferior, em relação ao mulching branco, com 66,4% no 3º e 68,4% no 4º experimento (Tabela 7). Apesar de a manta geossintética promover índices de lucratividade menores no experimento 4, obteve resultados superiores aos observados por Vendruscolo et al. (2019), observaram que o cultivo com plástico em espaçamento 0,25 x 0,20 m, 0,25 x 0,25 m e 0,25 x 0,30 m, apresentaram índices de lucratividades de 44,2%, 51,4% e 52,8%, respectivamente.

Apesar de haver lucratividade no 1º experimento, não há retorno econômico, em função do desembolso do valor do investimento inicial, que supera os valores das receitas líquidas para todos os tratamentos. Foi observado payback descontado de 1,46 para manta geossintética, ou seja, são necessários 1,46 ciclos de cultivos (1,0 ha) para manta geossintética proporcionar retorno econômico, descontada a taxa mínima de atratividade para o investimento.

O cultivo de alface cv. Veneranda em sistema de irrigação por gotejamento e diferentes coberturas de solo em sistema orgânico de produção em Arapiraca/AL, possui atratividade econômica para todos os tratamentos, pois há resultado econômico que proporciona o retorno sobre o capital investido, a partir do 2º experimento, quando há cobertura econômica do valor do investimento inicial e a cobertura da taxa mínima de atratividade. No 2º experimento, a manta geossintética promove o retorno do investimento a partir de 0,55 ciclos de produção, diferente do mulching branco, que promove retorno com 0,61 ciclos. No entanto, nos experimentos 3 e 4, a manta geossintética necessitaria de um número de ciclos de cultivos superior a 1,0 para promover retorno econômico sobre o investimento em cada respectivo experimento (Tabela 7).

A manta geossintética promoveu as maiores TIR nos experimentos 2 e inferior ao tratamento mulching branco nos experimentos 3 e 4, apesar de não ter proporcionado os maiores índices de lucratividade nesses experimentos. Isso ocorreu em função de a manta promover os menores COT em todos os experimentos, em relação aos demais tratamentos.

As maiores TIR foram observadas no experimento 4. A manta geossintética promoveu uma TIR de 114,2%, próximo à do mulching branco, com TIR de 118,2%. Isso significa que, para cada R\$ 1,00 investido no cultivo de alface cv. Veneranda sob manta geossintética, há um retorno econômico de R\$ 2,14. Os tratamentos com cobertura de solos promoveram maiores índices de lucratividade e TIR do que o solo descoberto, nos experimentos 1, 2 e 3. No experimento 4, a manta geossintética promoveu IL inferior às demais coberturas de solo (Tabela 7).

De uma maneira geral, no somatório dos quatro experimentos, a manta geossintética promoveu menores COT, RB e RL. No entanto, promoveu IL semelhante ao mulching preto e superior ao solo descoberto (Tabela 8).

Tabela 8. Resumo de Produtividade (Prod.), custo operacional total (COT), receita bruta (RB), receita líquida (RL), índice de lucratividade (IL), taxa mínima de atratividade (TMA), taxa interna de retorno (TIR) e Payback descontado da alface cultivada em diferentes coberturas do solo nos quatro experimentos.

| Coberturas de Solo | Prod. | COT | RB | RL | IL | TMA (Experimentos) | TIR | Payback descontado |
|---------------------|---------------------|------------|-------------|------------|-------|--------------------|--------|--------------------|
| | Mg ha ⁻¹ | ----- | RS/ha ----- | | % | % | % | Experimento |
| Manta geossintética | 73.031,75 | 137.189,71 | 365.158,75 | 227.969,04 | 62,43 | 0,98 | 114,23 | 0,193 |
| Mulching branco | 83.207,85 | 147.528,09 | 416.039,25 | 268.511,16 | 64,54 | 0,98 | 118,18 | 0,164 |
| Mulching preto | 78.685,20 | 146.193,09 | 393.426,00 | 247.232,91 | 62,84 | 0,98 | 110,80 | 0,178 |
| Solo descoberto | 76.268,50 | 152.163,09 | 381.342,50 | 229.179,41 | 60,10 | 0,98 | 102,56 | 0,192 |

Manta geossintética apresentou TIR inferior somente ao mulching branco, tratamento que se destacou em relação aos demais parâmetros (COT, RB, RL, IL e TIR), além de necessitar de o menor número de ciclos de cultivo para retornar o investimento realizado (Tabela 7). Solo descoberto apresentou maior COT, RB inferior aos mulchings branco e preto e superior à manta geossintética. Promoveu IL e TIR inferiores às demais coberturas de solo e necessita do mesmo número de ciclos de produção que a manta geossintética para obter retorno econômico do investimento inicial somado à taxa mínima de atratividade.

A manta geossintética apresentou resultados inferiores em produtividade em relação aos demais tratamentos em função da redução no stand nos experimentos três e quatro, que foram as épocas do ano que apresentaram maiores temperaturas de solo (Tabela 1), ocasionando mortalidades, afetando diretamente a produtividade, com impactos na RB, RL. Esse fato demonstra a importância de pesquisas futuras com esse material na cultura da alface em sistema de irrigação por gotejamento, com irrigações pulsadas ou avaliação de lâminas de irrigações, principalmente nas épocas mais quentes do ano na região semiárida de Arapiraca/AL, visto que, a manta é um resíduo sólido disponível e em uso por agricultores familiares locais.

Pelos critérios do IL e TIR, observou-se viável economicamente em virtude de a manta ser gratuita. Com isso, há redução no custo operacional total, possibilidade de reutilização por diversos cultivos sucessivos, armazenamento, mudança de local de cultivo sem descaracterização de suas propriedades físicas, beneficiando diretamente agricultores familiares, principalmente em cultivo orgânico de produção.

7. CONCLUSÕES

1. A manta geossintética Soiltain DW[®], resíduo sólido gratuito poderá ser utilizada como mulching alternativo na alface cv. Veneranda, nas condições edafoclimáticas de Arapiraca/AL.
2. Os agrofilmes, a partir do mulching branco, consiste em uma alternativa ao cultivo de alface em Arapiraca;
3. A temperatura é a variável resposta que mais exerce influência sobre os caracteres morfoagronômicos da alface, nas condições edafoclimáticas de Arapiraca/AL;
4. O mulching branco de polietileno melhora as características morfoagronômicas da alface;
5. O solo descoberto, apesar de ser uma alternativa, aumenta os custos com mão de obra no controle de plantas daninhas;
6. Existe similaridade entre manta geossintética e mulching preto, devido a maior absorção de radiação solar e redução de stand;
7. Existe relação linear, positiva e negativa, entre as variáveis analisadas, destacando-se correlações significativas entre a produtividade e caracteres biométricos das plantas de alface;
8. As quatro coberturas de solos são economicamente viáveis, destacando-se o mulching branco.
9. Manta geossintética promove menor custo operacional total, receita líquida intermediária e taxa interna de retorno inferior somente ao mulching branco no somatório dos quatro experimentos.

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

1. Uso da manta em épocas do ano com maiores temperaturas, necessita de pesquisas futuras, como por exemplo, lâminas de irrigação e irrigação pulsada nas condições edafoclimáticas de Arapiraca/AL.
2. Uso de coberturas sintéticas na região semiárida de Alagoas necessita de pesquisas quanto à biodegradação dos materiais e a relação com a produção, produtividade e ambiente do solo, principalmente por ser uma região com elevadas temperaturas ao longo do ano, o que pode ser um fator que acelere a degradação dos materiais.
3. Uso da manta geossintética e avaliação da sustentabilidade dos solos, avaliando indicadores de diversidade da mesofauna do solo.

9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALAGOAS. **Lei estadual Nº 7749 de 13/10/2015**. 2015. Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=304742>. Acesso em: 30 Mar. 2021.
- ABNT: Associação Brasileira de Normas Técnicas. **ABNT NBR 10.004: Resíduos sólidos – Classificação**. Rio de Janeiro: ABNT, 2004. 71p.
- ABRELPE: Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Sólidos. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil**. 1ª Ed. São Paulo: ABRELPE, 2020. 52p.
- AGRITEMPO. **Sistema de Monitoramento Agrometeorológico**. 2021. Disponível em: <<https://www.agritempo.gov.br>>. Acesso em: 30 Mar. 2021.
- ALMEIDA, W.F.; LIMA, L.A.; PEREIRA, G.M. Drip pulses and soil mulching effect on american crisphead lettuce yield. **Revista Engenharia Agrícola**. v. 35, n. 6, p. 1009-1018, 2015. <https://doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v35n6p1009-1018/2015>.
- ASSAF NETO, A.; LIMA, F. G. **Curso de administração financeira**. 3ª. ed. São Paulo: Atlas, 2014. 880 p.
- AZEVEDO, A.M. **Multivariate Analysis: pacote para análise multivariada**. 2021. Disponível em: <<https://cran.r-project.org/web/packages/MultivariateAnalysis/index.html>>. Acesso em: 15 Set. 2021.
- AZIZ, A.; ASHRAF, M.; ASIF, M. Impact of mulching materials on weeds dynamics, soil biological properties and lettuce (*Lactuca sativa* L.) productivity. **International Journal of Botany Studies**, v. 4, n. 4, p. 128-134, 2019.
- BARBOZA, I.O.; I.O.; PINTO, L.C.T.; PESSOA, S.R.N. **Estudo sobre a agricultura familiar em Alagoas**. 1ª Ed. Maceió: SEPLAG. 2016. 56p.
- BEGIATO, G.F.; MENEGHINI, R.C.M. Oportunidades de investimento em agroindústria de beneficiamento de Castanha-do-Brasil. **Custos e @gronegocio on-line**, 11; 13-55. 2015.
- BOMFIM, S.M.; CAVALCANTE, M. Reverse logistics of pesticide packages in Arapiraca, Alagoas-Brazil. **Gaia Scientia**, v. 14, n. 4, p. 16-30, 2020. <https://doi.org/10.22478/ufpb.1981-1268.2020v14n4.53321>.
- BLIND, A.D.; SILVA FILHO, D.F. Desempenho de cultivares de alface americana cultivadas com e sem *mulching* em período chuvoso da Amazônia. **Revista Agro@mbiente**, v. 9, n. 2, p. 143-151, 2015. <https://doi.org/10.18227/1982-8470ragro.v9i2.2183>.
- BRASIL: Casa Civil. **Lei Federal nº 12.305 de 02/08/2010**. 2010. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm>. Acesso em: 18 Mar. 2021.
- CARVALHO, J. E.; ZANELLA, F.; MOTA, J.H.; LIMA, A.L.S. Cobertura morta do solo no cultivo de alface cv. Regina 2000, em Ji-Paraná/RO. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 29, n. 5, p. 935-939, 2005.

<https://doi.org/10.1590/S1413-70542005000500003>.

CAVALCANTI, F.J.A. **Recomendação de adubação para o Estado de Pernambuco: 2ª aproximação**. Recife: Instituto Agrônomo de Pernambuco, 2008. 212p.

CECÍLIO FILHO, A.B.; REZENDE, B.L.; COSTA, C.C. Economic analysis of intercropping of lettuce and tomato in different seasons under protected cultivation. **Horticultura Brasileira**, v. 28, n. 3, 2010. <https://doi.org/10.1590/S0102-05362010000300015>.

EMBRAPA: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5ª Ed. Brasília: Embrapa Solos, 2018. 355p.

ERBANO, B.L.; THEISEN, D.G.; VEBER, E.E.; SOUZA, M.E.S.; SOUZA, A.; APEL, R. **Fluxo de caixa. Maiêutica – Estudos Contemporâneos em gestão organizacional**, v. 1, n 1, p. 131-134. 2014.

FARIA JÚNIOR, M.J.A.; HORA, R.C. Cultivo Protegido. In: BRANDÃO FILHO, J.U.T.; FREITAS, P.S.L.; BERIAN, L.O.S.; GOTO, R. **Hortaliças-fruto**. Maringá: EDUEM, 2018, p. 451-487. <https://doi.org/10.7476/9786586383010.0016>.

FERREIRA, P.V. **Estatística experimental aplicada às Ciências Agrárias**. 1ª Ed. Viçosa: Editora UFV, 2018. 590p.

FERREIRA, E.B.; CAVALCANTI, P.P.; NOGUEIRA, D.A. ExpDes: An R Package for ANOVA and Experimental Designs. **Applied Mathematics**, v. 5, n. 19, p. 2952-2958, 2014. <https://doi.org/10.4236/am.2014.519280>.

FAO: Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Production quantities of Lettuce and chicory by country**. 2019. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize>>. Acesso em: 24 Fev. 2021.

FOWLER, J., DUKE, M., SCHMIDT, M. Dredging and dewatering of hazardous impoundment sediment using the dry dredgetm and geotubes, **Journal of Dredging Engineering**, v. 2, n. 1, p. 13-22, 2000.

FRANQUERA, E; MABESA, R. Colored plastic mulch effects on the yield of lettuce (*Lactuca sativa* L.) and soil temperature. **Journal of Advanced Agricultural Technologies**, v. 3, n. 3, p. 155-159, 2016. <https://doi.org/10.18178/joaat.3.3.155-159>.

GAFFNEY, D.A.; MARTIM, S.M.; MAHER, M.H.; BENNERT, T.A. Dewatering contaminated, fine-grained material using geotextiles. **Proceedings of Geosynthetics**, v. 2, n. 1, p. 1016–1031, 1999.

GHESHM, R.; BROWN, R.N. Compost and black polyethylene mulches improve spring production of romaine lettuce in Southern New England. **American Society for Horticultural Sciences**, v. 30, n. 4, p. 510-518, 2020. <https://doi.org/10.21273/HORTTECH04594-20>.

GHIMIRE, S.; WSZELAKI, A.L.; MOORE, J.C.; INGLIS, D.A.; MILES, C. The use of biodegradable mulches in pie pumpkin crop production in two diverse climates. **HortScience**, v. 53, n. 3, p. 288-294, 2018. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI12630-17>.

GITMAN, L. J. **Princípios de administração financeira**. 12^a. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2010. 775 p.

GONÇALVES, A.O.; FAGNANI, M.A.; PERES, J.G. Efeitos da cobertura do solo com filme de polietileno azul no consumo de água da cultura da alface cultivada em estufa. **Engenharia Agrícola**, v. 25, n. 3, p. 622-631, 2005. <https://doi.org/10.1590/S0100-69162005000300007>.

GUIMARÃES, M.G.A.; VIDAL, D.M.; URASHIMA, D.C.; CASTRO, C.A.C. Degradation of polypropylene woven geotextile: tensile creep and weathering. **Geosynthetics International**, v. 24, n. 2, p. 213-223, 2017. <https://doi.org/10.1680/jgein.16.00029>.

HENZ, G.P.; SUINAGA, F. **Tipos de alface cultivados no Brasil**. Brasília: Embrapa Hortaliças. 2009. 7p.

IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Agropecuário**. 2020. Disponível em: <<https://censos.ibge.gov.br/agro/2017/>>. Acesso em: 07 Mar. 2021.

INMET: Instituto Nacional de Meteorologia. **Dados históricos anuais**. 2021. Disponível em: <<https://portal.inmet.gov.br/dadoshistoricos>>. Acesso em: 10 Jun. 2021.

JAHAN, M.S.; SARKAR, D.M.; CHAKRABORTY, R.; SOLAIMAN, A.H.M.; AKTER, A.; SHU, S.; GUO, S. Impacts of plastic filming on growth environment, yield parameters and quality attributes of lettuce. **Notulae Scientia Biologicae**, v. 10, n. 4, p. 522-529. 2018. <https://doi.org/10.25835/nsb10410342>.

JARDIM, H.M.C.; ARAÚJO, F.F. Alterações na microbiologia do solo e cultivo de alface (*Lactuca Sativa* L.), em função da cobertura do solo com palhadas. **Colloquium Agrariae**, v. 13, n. 3, p. 22-29, 2017. <https://doi.org/10.5747/ca.2017.v13.nesp.000166>.

LIU, E.K.; HE, W.Q.; YAN, C.R. “White revolution” to “white pollution”- agricultural plastic film mulch in China. **Environmental Research Letters**. v.9, n.9, p. 3. 2014. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/9/9/091001>

LÚCIO, A.D.; HAESBAERT, F.M.; SANTOS, D.; BENZ, V. Estimativa do tamanho de parcela para experimentos com alface. **Horticultura Brasileira**, v. 29, n. 4, p. 510-515, 2011. <https://doi.org/10.1590/S0102-05362011000400011>.

MENESES, N.B.; MOREIRA, M.A.; SOUZA, I.M.; BIANCHINI, F.G. Crescimento e produtividade de alface sob diferentes tipos de cobertura do solo. **Revista Agro@ambiente**, v. 10, n. 2, p. 123-129, 2016. <https://doi.org/10.18227/1982-8470ragro.v10i2.3009>.

MONTGOMERY, D.C.; PECK, E.A. **Introduction to linear regression analysis**. New York: J. Wiley, 1981. 504p.

MOSTAFA, H.; MOHAMED, M.H.; REFAI, M.Z. Enhance of water use efficiency, productivity and quality of lettuce (*Lactuca sativa* L.). **Middle East Journal of Applied Sciences**, v. 9, n. 2. p. 464-473, 2019.

OLIVEIRA, S.S.; CAVALCANTE, M.; BARROS, J.A.S. Technical feasibility of geotextile blanket in bell pepper production under different irrigation levels. **Gaia Scientia**, v. 15, n. 2, p. 153-166, 2021. <https://dx.doi.org/10.22478/ufpb.1981-1268.2021v15n2.57597>.

OLIVOTO, T.; LÚCIO, A.D. metan: An R package for multi-environment trial analysis. **Methods in Ecology and Evolution**, v. 11, n. 6, p. 783-789, 2020. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.13384>.

PAIXÃO, C.M.; CAMILI, E.C.; GUIMARÃES, S.C.; SEABRA JÚNIOR, S.; SILVA, A.R.B. Cultivo de alface sobre diferentes coberturas de solo em condições tropicais. **Revista Agrarian**, v. 9, n. 31, p. 63-72, 2016.

QUEIROGA, R.C.; NOGUEIRA, I.C.C.; BEZERRA NETO, F.; MOURA, A.R.B.; PEDROSA, J.F. Utilização de diferentes materiais como cobertura morta do solo no cultivo do pimentão. **Horticultura Brasileira**, v. 20, n. 3, p. 416-418. 2002. <https://doi.org/10.1590/S0102-05362002000300003>.

RAMBO, J.R.; TARSITANO, M.A.A.; KRAUSE, W.; LAFORGA, G.; SILVA, C. Análise financeira e custo de produção de banana-maçã: um estudo de caso de Tangará da Serra, Estado de Mato Grosso. **Informações Econômicas**, v. 45, n. 5, p. 29-39, 2015.

R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. 2021. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Disponível em: <<https://www.R-project.org/>>. Acesso em: 15 Set. 2021.

REGAZZI, A.J.; CRUZ, C.D. **Análise multivariada aplicada: edição revisada e ampliada**. Viçosa/MG: Editora UFV, 2020. 408p.

REGHIN, M.Y.; PURISSIMO, C.; FELTRIN, A.L.; FOLTRAN, M.A. Produção de alface utilizando coberturas do solo e proteção de plantas. **Scientia Agraria**, v. 3, n. 1-2, p. 69-77, 2002. <https://doi.org/10.5380/ras.v3i1.1033>.

REIS, R.P. **Fundamentos de economia aplicada**. Lavras: UFLA/FAEPE, 152 p. 2007.

RIBAS, G.G.; STRECK, N.A.; SILVA, S.D.; ROCHA, T.S.M.; LANGNER, J.A. Temperatura do solo afetada pela irrigação e por diferentes coberturas. **Revista Engenharia Agrícola**, v. 35, n. 5, p. 817-828, 2015. <https://doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v35n5p817-828/2015>.

ROSS, S.A. WESTERFIELD, R.W.; JORDAN, B.D.; LAMB, R. **Fundamentos de administração financeira**. 9ª ed. Porto Alegre: AMGH, 2013. 782p.

SANTOS, M.R.; BRITO, C.F.B. Irrigação com água salina, opção agrícola consciente. **Revista Agrotecnologia**, v. 7, n. 1, p. 33-41, 2016. <https://dx.doi.org/10.12971/5175>.

SILVA, E.C. **Como administrar o fluxo de caixa das empresas**. 8ª. ed. São Paulo: Atlas. 2014, 332p.

SIQUEIRA, H.M.; SOUZA, P.M.; PONCIANO, N.J. Café convencional versus café orgânico: perspectivas de sustentabilidade socioeconômica dos agricultores familiares do Espírito Santos. **Revista Ceres**, v. 58, n. 2, p. 155-160, 2011. <https://doi.org/10.1590/S0034-737X2011000200004>.

SILVA, G.S.; REZENDE, B.L.A.; CECÍLIO FILHO, A.B.C.; BARROS JÚNIOR, A.P.B.; MARTINS, M.I.E.G; PORTO, D.R.Q. Viabilidade econômica do cultivo de alface crespa em monocultura e em consórcio com pepino. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 5, p. 1516-1523, 2008. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542008000500024>.

SHOAIB, M.; AHMAD, M.Z.; ATIF, M.; PARVAIZ, M.; KAUSAR, N.; TAHIR, A. Review: Effect of temperature and water variation on tomato (*Lycopersicon esculentum*). **International Journal of Water Resources and Environmental Sciences**, v. 1, n. 3, p. 82-93, 2012. <https://dx.doi.org/10.5829/idosi.ijwres.2012.1.3.1113>.

SOUZA, A.; CLEMENTE, A. **Decisões Financeiras e Análise de Investimentos**. 6ª. Ed., São Paulo, Ed. Atlas, 2008. 186 p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I.M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6ª Ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 888p.

TBCA: Tabela Brasileira de Composição de Alimentos. **Alface, crua, *Lactuca sativa* L.** 2021. Disponível em: http://www.tbca.net.br/bases-dados/int_composicao_estatistica.php?cod_produto=C0009B>. Acesso em: 02 Mar. 2021.

TOSIC, I.; MIROSAVLJEVIC, M.; PRZULJ, N.; TRKULJA, V.; PESEVIC, D.; BARBIR, J. Effect of geotextile and agrotexile covering on productivity and nutritional values in lettuce. **Chilean Journal of Agricultural Research**, v. 79, n. 4, p. 523-530, 2019. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-58392019000400523>.

VARGAS, P.F.; ZECCHINI, A.C.; SOARES, R.S.; DUARTE, L.R.; SILVA, E.H.C. Performance of crispy lettuce cultivars in different soil covers. **Comunicata Scientiae**, v. 8, n. 4, p. 514-520, 2017. <https://dx.doi.org/10.14295/CS.v8i4.1942>.

VENDRUSCOLO, E.P.; ALCÂNTARA R.A.H.; CORREIA, S.R.; OLIVEIRA, P.R.; CAMPOS CARDOSO, L.F.; SELEGUINE, A. Economic analysis of crisp lettuce production in different planting spacing and soil cover. **Advances in Horticultural Science**, v. 33, n 4, p. 449-455, 2019. <https://dx.doi.org/10.13128/ahsc-8098>.

VRIES, I.M. Origin and domestication of *Lactuca sativa* L. **Genetic Resources and Crop Evolution**, v. 44, n. 2, p. 156-174, 1997. <https://dx.doi.org/10.1023/A:1008611200727>.

YIN, M.; LI, Y.; FANG, H.; CHEN, P.; Biodegradable mulching film with an optimum degradation rate improves soil environment and enhances maize growth. **Agricultural Water Management**, v. 216, p. 127-137, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2019.02.004>.

YOONG, F. Y.; O'BRIEN, L. K.; TRUCO, M. J.; HUO, H.; SIDEMAN, R.; HAYES, R.; MICHEMORE, R. W.; BRADFORD, K. J. B. Genetic variation for thermotolerance in lettuce seed germination is associated with temperature-sensitive regulation of ETHYLENE RESPONSE FACTOR1 (ERF1). **Plant Physiology**, v. 170, n. 5, p. 472-488, 2016. <https://dx.doi.org/10.1104/pp.15.01251>.

ZHOU, J.; WANG, J.Z.; LI, P.P. Photosynthetic characteristics and growth performance of lettuce (*Lactuca sativa* L.) under different light/dark cycles in mini plant factories. **Photosynthetica**, v. 58, n. 3, p. 740-747, 2020. <https://dx.doi.org/10.32615/ps.2020.013>.

10 ANEXOS

Anexo I. Investimento inicial com sistema de irrigação por gotejamento para a produção de 1,0 ha de alface e aquisição de caixas para comercialização.

| Descrição | Uni. | Qnt. | Valor Unitário (R\$) | Valor Total (R\$) |
|---|------|-----------|----------------------|-------------------|
| A - Sistema de Irrigação por Gotejamento | | | | |
| Motobomba Standart 7,5 CV 60 HZ Bivolt | uni | 1,00 | 3.410,00 | 3.410,00 |
| Tubo Gotejadores 0,2 m 6 mil u q = 1,6 L h | m | 15.400,00 | 0,27 | 4.158,00 |
| Tubo DN 75 6 m PN 80 | uni | 7,00 | 65,00 | 455,00 |
| Tubo DN 50 6m PN 80 | uni | 10,00 | 20,00 | 200,00 |
| TÊ Redução DN 75x50 | uni | 1,00 | 7,00 | 7,00 |
| Registro inicial com anel 16 mm p tubo gotejador | uni | 320,00 | 3,40 | 1.088,00 |
| Luvas soldável para irrigação DN 50 | uni | 5,00 | 5,00 | 25,00 |
| Registro para tubo soldável DN 50 | uni | 3,00 | 9,00 | 27,00 |
| Filtro de disco 3'' vazão 50 m ³ | uni | 1,00 | 450,00 | 450,00 |
| Cap soldável DN 50 PN 80 | uni | 1,00 | 3,00 | 3,00 |
| Registro PVC soldável 50 mm | uni | 3,00 | 15,00 | 45,00 |
| Válvula PVC de pé com crivo roscável | uni | 1,00 | 50,00 | 50,00 |
| Investimento Inicial com Sistema de Irrigação por Gotejamento | | | | 9.918,00 |
| B - Caixas para Comercialização | | | | |
| Caixas para comercialização 30 kg | uni | 3.300,00 | 10,00 | 33.000,00 |
| Investimento Inicial com Caixas para Comercialização | | | | 33.000,00 |
| Total do investimento inicial | | | | 42.918,00 |

Anexo II. Preparo da manta geossintética com aquecedor térmico.



MANUAL TÉCNICO

**VIABILIDADE TÉCNICA DA MANTA GEOSINTÉTICA E DE AGROFILMES NA
PRODUÇÃO DE ALFACE NA REGIÃO SEMIÁRIDA DE ALAGOAS**

**José Anderson Soares Barros
Marcelo Cavalcante**

PROJETO AGRESTE RURAL

Projeto Agreste Rural, criado no ano de 2018, quando do início da parceria entre a iniciativa privada, através da Empresa Agreste Saneamento S/A e o serviço público com a Prefeitura Municipal de Arapiraca/AL, através da Secretaria Municipal de Desenvolvimento Rural. Inicialmente trabalhou-se com alface em campo, posteriormente com pimentão, pepino japonês, abobrinha, todos os trabalhos sem resultados científicos, os quais se iniciaram a partir do ano de 2019.

A disponibilização das mantas geossintéticas ocorre de forma gratuita, para agricultores da região agreste de Alagoas, por intermédio da Prefeitura de Arapiraca, que cadastra os agricultores interessados, fornece a orientação técnica de preparo e utilização, bem como, fornece a assistência técnica gratuita para os agricultores da região de Arapiraca.

As mantas podem ser adquiridas, entrando-se em contato com a Prefeitura de Arapiraca, através do e-mail institucional smdr@gestao.arapiraca.al.gov.br, bem como, se dirigindo até o centro administrativo Antônio Pereira Rocha, localizado na rua samaritana nº 1 185, bairro Santa Edwiges, na secretaria de desenvolvimento rural.

CONTEXTUALIZAÇÃO

O município de Arapiraca, conhecido nacionalmente pela fumicultura, vem se destacando no cenário regional pela produção diversificada de hortaliças, iniciado pelo projeto APL Horticultura e, em seguida, Cinturão Verde, abastecendo o mercado interno, exportando ainda para os Estados de Pernambuco, Sergipe e Bahia (Barboza et al., 2016). Entre as hortaliças, destaca-se a alface (*Lactuca sativa* L.), em que o município é responsável por 50,3% (2.178 Mg) da produção estadual, com predominância da agricultura familiar (88,5%), segundo o Censo Agro do IBGE (2020).

Por estar inserida na região semiárida de Alagoas, clima BSh segundo classificação de Köppen, problemas relacionados ao déficit hídrico são recorrentes. Portanto, a adoção de práticas agrícolas, a exemplo do mulching, poderá atuar na retenção de água do solo, pela redução da evaporação, aumentando a eficiência no uso da água (Almeida et al., 2015). Permite ainda reduzir custos de produção, com água e energia elétrica, além de mão de obra no controle de plantas daninhas (Aziz et al., 2019).

Segundo o panorama brasileiro dos resíduos sólidos, em 2019 foram gerados mais de 79 milhões de megagramas (Mg) de resíduos urbanos, com geração *per capita* de 379 kg ano⁻¹. Na região Nordeste, os estados que mais geraram resíduos foram Bahia, Ceará e Pernambuco, com 5,1, 3,5 e 3,3 milhões Mg ano⁻¹, respectivamente. O Estado de Alagoas gerou mais de 1,1 milhão Mg ano⁻¹, ocupando a penúltima posição no ranking da região nordeste (ABRELPE, 2020).

A lei de resíduos sólidos (Art. 3º, XI) prevê a gestão integrada, em que as ações voltadas para a busca de soluções devem considerar dimensões política, econômica, ambiental, cultural e social,

com controle e sob premissa do desenvolvimento sustentável (Brasil, 2010). A disposição final, em aterros sanitários, é uma das alternativas de destinação final ambientalmente adequada, desde que observadas as normas operacionais específicas, de modo a evitar danos à saúde pública, segurança e a minimizar os impactos ambientais diversos. Porém, dar ao resíduo sólido uso alternativo, a exemplo da agricultura, aumentará a vida útil dos aterros, podendo reduzir custos de produção, sendo, também, uma iniciativa ambientalmente adequada.

A manta geossintética Soiltain DW®, utilizada na filtração em estações de tratamento de água (ETA), retém o lodo e sedimentos. Tem vida útil de, aproximadamente, três meses, sendo descartada ao aterro sanitário. Trata-se de um material confeccionado em tecido de polipropileno, com 14 mm de espessura, de elevada resistência e tenacidade, com proteção UV, inerte à degradação biológica e resistente a ataques químico (álcalis e ácidos), levando 25 anos para sua degradação no ambiente (Guimarães et al., 2017). Por suas características, a manta geossintética aplica-se ao uso na agricultura, como cobertura do solo.

Na região semiárida alagoana, a manta geossintética Soiltain DW®, quando testada junto aos mulchings sintético branco e orgânico e ao solo descoberto, associados a três lâminas de irrigação na cultura do pimentão (*Capsicum annuum* L.), em Arapiraca/AL, apresentou maior eficiência no uso da água (kg frutos m⁻³ água), bem como maior rentabilidade ao produtor (Oliveira et al., 2021). Por outro lado, os autores observaram que a cobertura sintética aumentou a temperatura do solo, refletindo em estresse térmico e redução de todos os caracteres agrônômicos avaliados. Apesar disso, horticultores de Arapiraca vêm utilizando os mulching sintéticos (preto e branco) em alface, prática que poderá causar redução na produtividade e desestímulo ao produtor.

Apesar de o estresse térmico conduzir a redução de atividades enzimáticas, do transporte de elétrons nos cloroplastos e da condutância estomática, e ao aumento da fotorrespiração em espécies C₃ (Shoaib et al., 2012), têm-se observado efeito positivo na alface, a exemplo do estudo de Totic et al. (2019) que, mesmo atingindo 35,9°C, o mulching preto promoveu a maior produtividade (84,2 t ha⁻¹; média dos cultivares Nizzi e Devonia em 2013), em Lazarevo/Bósnia (clima frio). Em Sergipe/Brasil, Meneses et al. (2016) observaram que, mesmo aumentando a temperatura em 8,6°C, o mulching transparente elevou a produtividade da alface cv. Vera em 189,8% (49,0 t ha⁻¹) em comparação ao solo descoberto (25,8 t ha⁻¹).

O uso do mulching sintético em regiões tropicais aumenta a temperatura do solo, como observado por Meneses et al. (2016), em Itabaiana/SE. Em regiões temperadas o aumento da temperatura poderá ser benéfico às plantas, por aquecer o solo (Totic et al., 2019), favorecendo a relação solo-planta, com reflexos no desenvolvimento radicular e absorção de nutrientes. Neste sentido, Ribas et al. (2015), em Santa Maria/RS, observaram que o uso do plástico transparente aumentou em 9,0°C a temperatura quando comparado ao solo sem cobertura. Do mesmo modo,

Gheshm & Brown (2020), em Kingston/EUA, região fria, os mulching de cor escura (polietileno preto e composto orgânico) aumentaram a temperatura do solo, permitindo que os cultivares de alface romana ‘Ridgeline’ e ‘Coastal Star’ obtivessem área foliar máxima, alcançando 95% de cobertura do solo pelo dossel aos 40 dias após o transplântio, antecipando o período de colheita.

O uso do mulching poderá influenciar positiva ou negativamente a cultura, dependendo das condições climáticas da região e da variedade cultivada. Estas informações evidenciam que há a necessidade de estudos que validem o uso de tecnologias agrícolas. Portanto, esta pesquisa objetivou verificar a viabilidade técnica da manta geossintética Soiltain DW® como mulching alternativo e de agrofilmes na produção de alface cv. Veneranda em Arapiraca, região semiárida de Alagoas, Brasil.

METODOLOGIA

A pesquisa foi realizada entre os anos de 2020 e 2021 em propriedade comercial, localizada no povoado Flexeiras (9° 47’ 50,92” S; 36° 36’ 14,63” O), zona rural de Arapiraca, região semiárida do Estado de Alagoas, com 237 m de altitude. O solo da área experimental foi classificado como LATOSSOLO AMARELO Acriférico (Embrapa, 2018). As temperaturas, mínima e máxima, foram de 20,6 e 30,8 °C, respectivamente (INMET, 2021).

Foram realizados quatro experimentos: 1) 13/06 a 17/07/2020 (final do outono - início da estação de inverno); 2) 07/08 a 14/09/2020 (final da estação de inverno); 3) 02/12/2020 a 05/01/2021 (verão); e 4) 04/02 a 10/03/2021 (final da estação de verão). As informações climáticas durante o período experimental estão na tabela 1.

Tabela 1. Dados climáticos médios dos períodos experimentais de Arapiraca/AL.

| Variáveis | Experimentos | | | |
|--|--------------|------|------|------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Precipitação pluvial (mm) ¹ | 131,5 | 53,3 | 4,3 | 14,0 |
| Temperatura mínima (°C) ¹ | 19,2 | 18,7 | 21,9 | 22,7 |
| Temperatura máxima (°C) ¹ | 27,9 | 28,5 | 33,3 | 34,8 |
| Radiação solar global (Mj m ⁻²) ² | 1,16 | 1,32 | 1,65 | 1,66 |

Fonte: ¹Secretaria Municipal de Desenvolvimento Rural (2021); ²INMET (2021).

A área, sem histórico de uso agropecuário, após sistematizada, não se observou fatores promotores de variação externa, observando solo uniforme visualmente, sem manchas que caracterizem mudança textural ou físicas do mesmo, sendo, portanto, considerada homogênea, instalando-se o experimento no delineamento inteiramente casualizado, com quatro tratamentos (manta geossintética Soiltain DW®, mulching de polipropileno branco, mulching polipropileno preto

e solo descoberto), com cinco repetições. Por ser área comercial, a parcela experimental foi composta por 42 plantas, das quais 22 foram bordadura.

Utilizou-se a alface cv. Veneranda, tipo crespa, verde clara, por ser amplamente cultivada na região. A manta geossintética Soiltain DW[®] foi selecionada por ser um resíduo sólido com possível viabilidade de utilização como mulching alternativo. As coberturas sintéticas branca e preta, impermeáveis, com 20 µm de espessura, é utilizado por produtores, sem pesquisas prévias na região. O solo descoberto, como tratamento controle, predomina nos cultivos da região.

Foi realizada a análise química do solo (0 a 20 cm), apresentando as seguintes características: pH 6,8 (H₂O); P: 106 mg dm⁻³; Na, K, Ca + Mg e H + Al: 0,22, 0,23, 5,7 e 0,6 cmol_c dm⁻³, respectivamente; matéria orgânica: 21,8 g kg⁻¹; Fe, Cu, Zn e Mn: 162,7, 7,23, 45,55 e 75,94 mg dm⁻³, respectivamente. Seguindo as recomendações de Cavalcanti (2008), foram aplicados 30 e 40 kg de N ha⁻¹ no plantio e em cobertura, respectivamente, e 60 kg K₂O ha⁻¹, no plantio, para atender a demanda da cultura, utilizando-se composto orgânico constituído de torta de mamona e esterco bovino curtido (1:1), que apresentou as seguintes características químicas: matéria orgânica: 428,0 g kg⁻¹; N: 3,12%; P₂O₅: 0,57%; K₂O: 0,43%; Ca: 1,36%; Mg: 0,81%; Fe, Zn, Cu, Mn com concentrações de 5.200, 93, 25 e 105 mg dm⁻³, respectivamente.

O preparo do solo foi realizado com auxílio de enxada rotativa acoplada ao tratorite de 6.5 CV, a uma profundidade de 0,15 m. Posteriormente, os canteiros foram nivelados e preparados nas dimensões de 1,0 x 2,8 m, e 0,10 m de altura, adotando-se o espaçamento entre plantas de 0,25 x 0,25 m, equivalente ao stand inicial de 123.200 plantas ha⁻¹. As mudas foram produzidas em bandejas de 200 células, em substrato comercial Bioplant 401[®]. O transplantio para o campo ocorreu aos 25 dias após o plantio das sementes, nos quatro ciclos de avaliação.

A adubação de fundação foi realizada a lanço sobre os canteiros, apenas antes do primeiro plantio. O sistema de irrigação foi por gotejamento, com duas fitas de polietileno com 16 mm de espessura, distribuídas nos canteiros, com emissores espaçados com 0,2 m e vazão de 1,6 l h⁻¹, duas vezes ao dia (manhã e tarde), durante 20 minutos, exceto em dias de ocorrência de chuva. As fitas de irrigação ficaram sob as coberturas do solo. O controle de plantas daninhas foi manual, no tratamento controle, sem cobertura do solo.

Durante o período de cada experimento foram realizadas oito medições de temperatura do solo, com o auxílio de termômetro infravermelho, modelo GM400 (°C), apontado a 0,10 m do solo, às 11 horas. A viabilidade técnica das coberturas do solo foi determinada a partir da avaliação, ao final de cada experimento, do stand ha⁻¹ e da produtividade para cada tratamento (Mg ha⁻¹; stand de cada tratamento x média da massa fresca da parte aérea).

Durante o período experimental foram identificadas as plantas daninhas e sua massa foi quantificada, na ocasião das capinas. Estas medições foram realizadas em quatro pontos dentro de

cada parcela, por meio do lançamento, ao acaso, de um quadrado de 0,25 x 0,25 m (0,0625 m²).

Na análise dos dados, foi realizada a análise de variâncias em que as médias foram agrupadas pelo teste Scott-Knott (P<0,05).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em geral, os mulching de coloração escura promoveram os maiores valores médios de temperatura do solo, principalmente quando comparado ao solo descoberto, que apresentou as menores temperaturas entre os tratamentos, mesmo nas diferentes épocas de plantio (Figura 1). Isso acontece em virtude de os materiais de coloração escura reterem mais radiação solar, aumentando a temperatura (Jahan et al., 2018). Franquera & Mabesa (2016) também observaram efeito do mulching escuro sobre o aumento da temperatura devido à maior absorção de energia solar. A manta geossintética promoveu maior temperatura do solo no 4º período experimental, impactando em algumas características morfoagronômicas da alface cultivas veneranda.

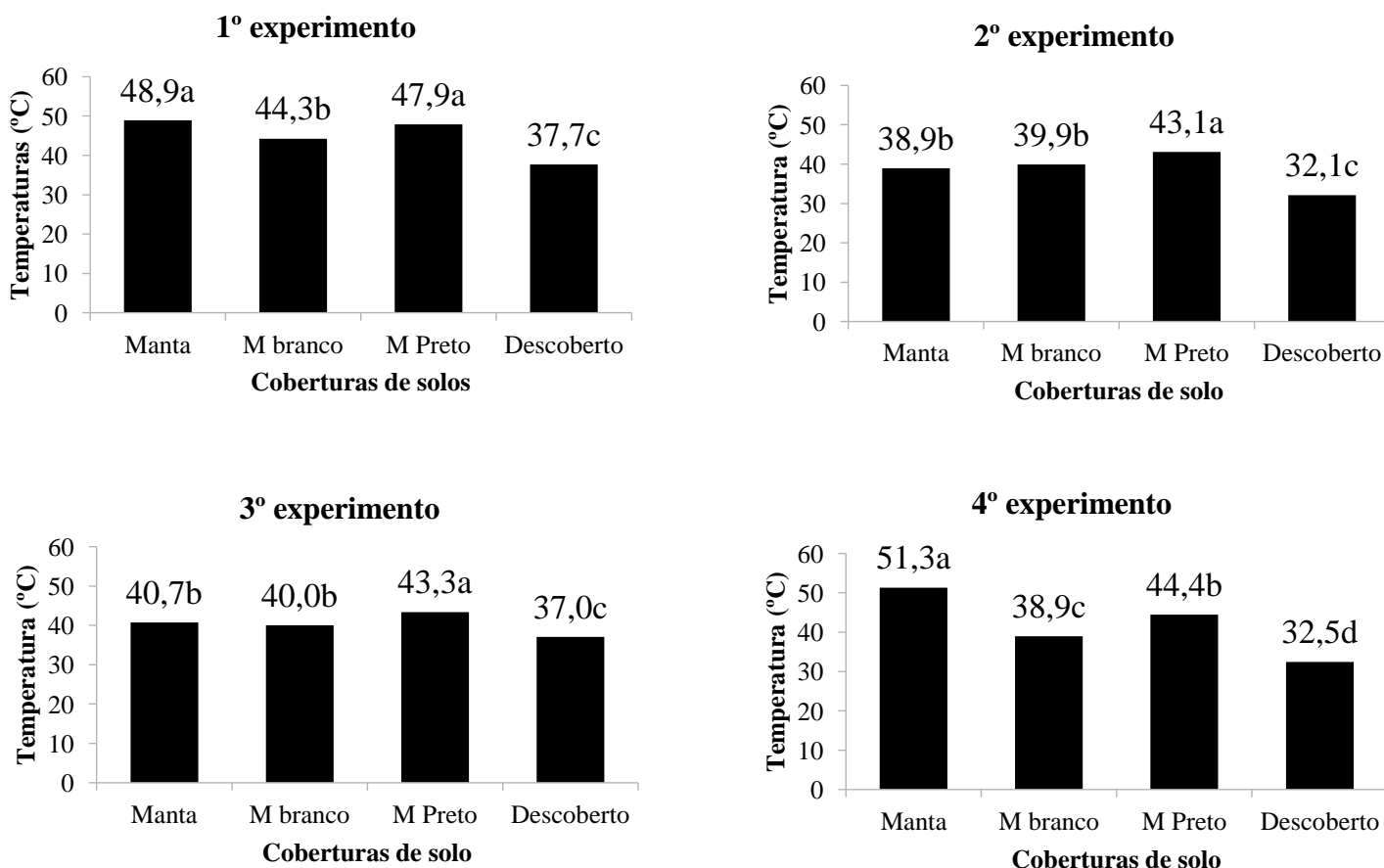


Figura 1. Temperatura do solo (°C) em função de quatro coberturas do solo e quatro ciclos de produção em Arapiraca/AL. Médias seguidas de mesma letra pertencem ao mesmo grupo pelo teste Scott-Knott (P>0,05).

As coberturas de solos influenciaram significativamente ($P < 0,05$) o stand final das plantas de alface cultivar veneranda. No 1º experimento, manta geossintética e solo descoberto promoveram melhor stand final em relação aos mulchings sintéticos. Esse período experimental ocorreram chuvas de 131,5 mm (Tabela 1), no entanto, com distribuição inadequada, em que, nos quatro primeiros dias ocorreu precipitação equivalente a 53% (66 mm) foi observada, refletindo na redução do Stand e produtividade (Figura 2).

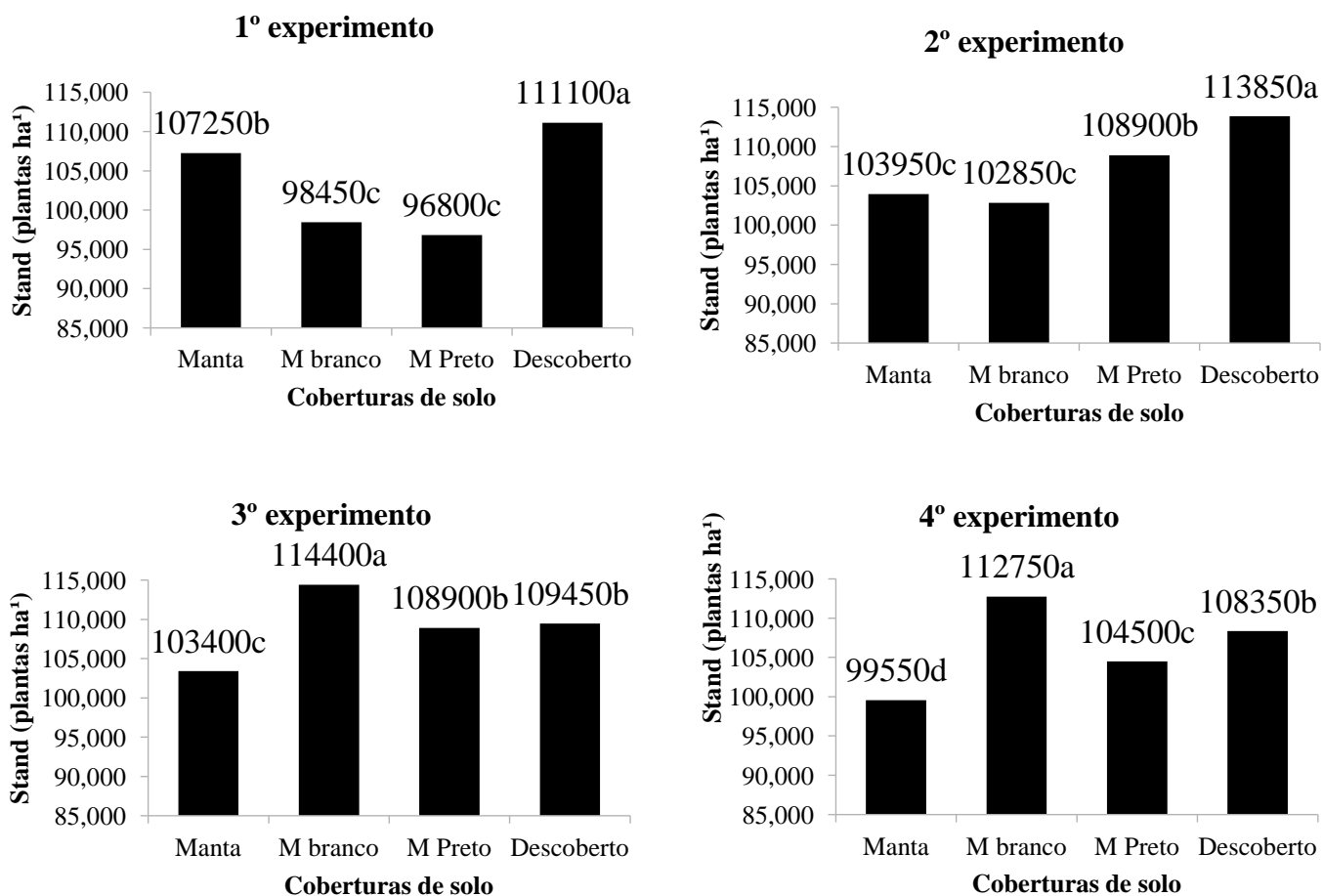


Figura 2. Stand final (plantas ha⁻¹) da alface cv. Veneranda cultivada em quatro coberturas do solo e quatro ciclos de produção em Arapiraca/AL. Médias seguidas de mesma letra pertencem ao mesmo grupo pelo teste Scott-Knott ($P > 0,05$).

No 3º experimento, em geral, o mulching branco também apresentou resultados superiores ($P < 0,05$), principalmente em relação a manta geossintética. No 4º período experimental, mulching branco e solo descoberto apresentaram características similares, provavelmente devido a menor temperatura do solo, com reflexo no stand.

Vargas et al. (2017), em São Paulo, observaram que o mulching branco apresentou 62,0% a mais na massa seca das folhas quando comparado ao mulching preto e prata.

Considerando que é um sistema de produção orgânico, sem adição de fertilizantes sintéticos, é possível que a baixa mineralização da matéria orgânica não tenha suprido a demanda nutricional da cultivar “Veneranda” no 1º experimento (Figura 3). Silva et al. (2015) também em um sistema orgânico de produção, observaram produtividade no período seco de 5,9 e 7,6 Mg ha⁻¹ nas cultivares “Vera” e “Babá de verão”, respectivamente. Altas produtividades foram observadas por Meneses et al. (2016), em Sergipe/Brasil, usando fertilizantes minerais e orgânicos em mulching preto, com produtividade 49,0 Mg ha⁻¹ para cultivar “Vera”.

Além disso, as chuvas ocorridas nesse período experimental, totalizaram 131,5 mm, onde 66 mm (53%) ocorreram nos quatro primeiros dias, podem ter proporcionado redução na produtividade. De acordo com a curva de crescimento sigmoide, a fase fenológica do desenvolvimento vegetal que apresenta maior área foliar, fotossíntese e transpiração, corresponde ao momento de maior demanda de água, que se inicia após o décimo sexto dia após o transplante (coeficiente de cultivo kc: 1,0), conforme Santana et al. (2016), que avaliaram redução da produtividade de 913% e 66,6% para cultivar “Vera” e “Babá de verão”, nas estações chuvosa e seca, respectivamente.

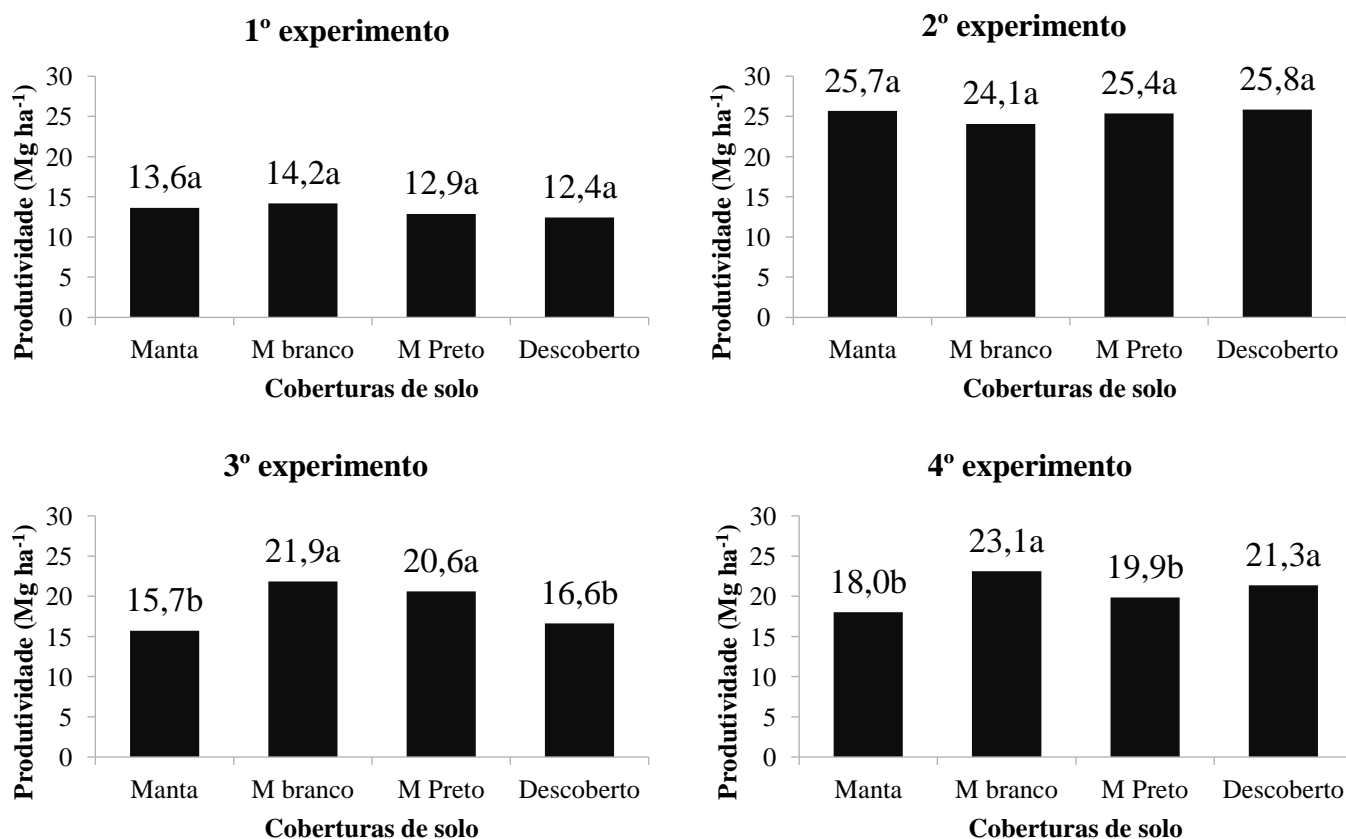


Figura 3. Produtividades (Mg ha⁻¹) da alface cv. Veneranda cultivada em quatro coberturas do solo e quatro ciclos de produção em Arapiraca/AL. Médias seguidas de mesma letra pertencem ao mesmo grupo pelo teste Scott-Knott (P>0,05)

Pode se observar que no 2º experimento há obtenção das maiores produtividades. Durante

esse período experimental houve precipitação pluviométrica de 53,3 mm (Tabela 1). A demanda hídrica das plantas de alface é estimada em 124 mm durante o ciclo de cultivo (Magalhães et al. 2015), que foi suplementada pela irrigação. As temperaturas mínimas e máximas, 18,7 e 28,4 °C, respectivamente, associada a luminosidade pode explicar a melhor performance da cultivar nesse período, permitindo altas produtividades (Figura 3).

Nesse período experimental, o cultivar Veneranda mostrou-se mais estável em relação aos tratamentos, provavelmente devido às condições climáticas mais amenas, que favorecem a espécie, que apresenta metabolismo fotossintético C₃ (Zhou et al., 2020). Alface é uma espécie de metabolismo fotossintético C₃ que, apesar da existência de genes que conferem termotolerância (Yoong et al. 2016) e a cultivar Veneranda é tolerante ao pendoamento, típico de locais com altas temperaturas, onde o aumento de temperaturas acima de 30 °C associado com radiação solar global, comum em regiões de clima semiárido, podem proporcionar fotorrespiração e estresse térmico, refletindo em alto gasto de energia e redução das características avaliadas nos 3º e 4º experimentos.

No 3º experimento, em geral, o mulching branco também apresentou resultados superiores (P<0,05), principalmente em relação a manta geossintética. No 4º período experimental, mulching branco e solo descoberto apresentaram características similares, provavelmente devido a menor temperatura do solo, com reflexo no stand e, conseqüentemente, na produtividade.

Como estratégia de manejo em regiões tropicais, é importante que o cultivo de alface esteja associado à prática de irrigação, com lâminas próximo a 100% da evapotranspiração da cultura (ET_c), considerando que a água perdida pelas folhas no processo de transpiração promove seu resfriamento.

CONCLUSÕES

A temperatura é a variável resposta que mais exerce influência sobre os caracteres morfoagronômicos da alface, nas condições edafoclimáticas de Arapiraca/AL.

A manta geossintética Soiltain DW[®] poderá ser utilizada como mulching alternativo na alface cv. Veneranda, não sendo indicada no período de verão.

A plasticultura, a partir do mulching branco, consiste em uma alternativa tecnicamente viável ao cultivo de alface em Arapiraca/AL.

O mulching preto de polietileno não é indicado para o cultivo de alface cv. Veneranda em Arapiraca/AL.

O solo descoberto, pode de ser uma alternativa para cv. Veneranda nas condições edafoclimáticas de Arapiraca/AL, devendo o produtor considerar os custos com as capinas, bem como irrigação suplementar.

AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Ambientais – PPGTEC

Ao produtor Edvan Barbosa de Melo e família pela parceria e disponibilização da área para os experimentos

A empresa Agreste Saneamento S/A pela disponibilização das Mantas geossintéticas

A Prefeitura Municipal de Arapiraca/AL (Secretaria de Desenvolvimento Rural)

REFERÊNCIAS

ABRELPE: Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Sólidos. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil**. 1ª Ed. São Paulo: ABRELPE, 2020. 52p.

ALMEIDA, W.F.; LIMA, L.A.; PEREIRA, G.M. Drip pulses and soil mulching effect on american crisphead lettuce yield. **Revista Engenharia Agrícola**. v. 35, n. 6, p. 1009-1018, 2015. <https://doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v35n6p1009-1018/2015>.

AZIZ, A.; ASHRAF, M.; ASIF, M. 2019. Impact of mulching materials on weeds dynamics, soil biological properties and lettuce (*Lactuca sativa* L.) productivity. **International Journal of Botany Studies**, v. 4, n. 4, p. 128-134, 2019.

BARBOZA, I.O.; I.O.; PINTO, L.C.T.; PESSOA, S.R.N. **Estudo sobre a agricultura familiar em Alagoas**. 1ª Ed. Maceió: SEPLAG. 2016. 56p.

BRASIL: Casa Civil. **Lei Federal nº 12.305 de 02/08/2010**. 2010. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm>. Acesso em: 18 Mar. 2021.

CAVALCANTI, F.J.A. **Recomendação de adubação para o Estado de Pernambuco: 2ª aproximação**. Recife: Instituto Agrônomico de Pernambuco, 2008. 212p.

EMBRAPA: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5ª Ed. Brasília: Embrapa Solos, 2018. 355p.

FRANQUERA, E; MABESA, R. Colored plastic mulch effects on the yield of lettuce (*Lactuca sativa* L.) and soil temperature. **Journal of Advanced Agricultural Technologies**, v. 3, n. 3, p. 155-159, 2016. <https://doi.org/10.18178/joaat.3.3.155-159>.

GHESHM, R; BROWN, R N. Compost and black polyethylene mulches improve spring production of romaine lettuce in Southern New England. **American Society for Horticultural Sciences**, v. 30, n. 4, p. 510-518, 2020. <https://doi.org/10.21273/HORTTECH04594-20>.

GONÇALVES, A.O.; FAGNANI, M.A.; PERES, J.G. Efeitos da cobertura do solo com filme de polietileno azul no consumo de água da cultura da alface cultivada em estufa. **Engenharia Agrícola**, v. 25, n. 3, p. 622-631, 2005. <https://doi.org/10.1590/S0100-69162005000300007>.

IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Agropecuário**. 2020. Disponível em: <<https://censos.ibge.gov.br/agro/2017/>>. Acesso em: 07 Mar. 2021.

INMET: Instituto Nacional de Meteorologia. **Dados históricos anuais**. 2021. Disponível em: <<https://portal.inmet.gov.br/dadoshistoricos>>. Acesso em: 10 Jun. 2021

JAHAN, M.S.; SARKAR, D.M.; CHAKRABORTY, R.; SOLAIMAN, A.H.M.; AKTER, A.; SHU, S.; GUO, S. Impacts of plastic filming on growth environment, yield parameters and quality attributes of lettuce. **Notulae Scientia Biologicae**, v. 10, n. 4, p. 522-529. 2018. <https://doi.org/10.25835/nsb10410342>.

MAGALHÃES, F.F.; UNHA, F.F.; GODOY, A.R.; SOUZA, E.J.; SILVA, T.R. Produção de cultivares de alface tipo crespa sob diferentes lâminas de irrigação. *Water Resources and Irrigation Management*, v.4, n1, p.41-50, 2015. <https://doi.org/10.19149/2316-6886/wrim.v4n1-3>.

MENESES, N.B.; MOREIRA, M.A.; SOUZA, I.M.; BIANCHINI, F.G. Crescimento e produtividade de alface sob diferentes tipos de cobertura do solo. **Revista Agro@ambiente**, v. 10, n. 2, p. 123-129, 2016. <https://doi.org/10.18227/1982-8470ragro.v10i2.3009>.

OLIVEIRA, S.S.; CAVALCANTE, M.; BARROS, J.A.S. Technical feasibility of geotextile blanket in bell pepper production under different irrigation levels. **Gaia Scientia**, v. 15, n. 2, p. 153-166, 2021. <https://dx.doi.org/10.22478/ufpb.1981-1268.2021v15n2.57597>.

RIBAS, G.G.; STRECK, N.A.; SILVA, S.D.; ROCHA, T.S.M.; LANGNER, J.A. Temperatura do solo afetada pela irrigação e por diferentes coberturas. **Revista Engenharia Agrícola**, v. 35, n. 5, p. 817-828, 2015. <https://doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v35n5p817-828/2015>.

SILVA, E.M.N..C.P.; FERREIRA, R. L. F.; RIBEIRO, A. M. A. S.; ARAÚJO NETO, S.E.; HUSDRA, J.F. Desempenho agrônômico de alface orgânica influenciado pelo sombreamento, época de plantio e preparo de solo no Acre. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 50, n. 6, p.468-474, 2015. <https://doi.org/10.1590/s0100-204X2015000600005>.

SHOAIB, M.; AHMAD, M.Z.; ATIF, M.; PARVAIZ, M.; KAUSAR, N.; TAHIR, A. Review: Effect of temperature and water variation on tomato (*Lycopersicon esculentum*). **International Journal of Water Resources and Environmental Sciences**, v. 1, n. 3, p. 82-93, 2012. <https://dx.doi.org/10.5829/idosi.ijwres.2012.1.3.1113>.

TOSIC, IVANA.; MIROSAVLJEVIC, M.; PRZULJ, N.; TRKULJA, V.; PESEVIC, D.; BARBIR, J. Effect of geotextile and agrotexile covering on productivity and nutritional values in lettuce. **Chilean Journal of Agricultural Research**, v. 79, n. 4, p. 523-530, 2019. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-58392019000400523>.

VARGAS, P.F.; ZECCHINI, A.C.; SOARES, R.S.; DUARTE, L.R.; SILVA, E.H.C. Performance of crispy lettuce cultivars in different soil covers. **Comunicata scientiae**, v. 8, n. 4, p. 514-520, 2017. <https://dx.doi.org/10.14295/CS.v8i4.1942>.

YOONG, F. Y.; O'BRIEN, L. K.; TRUCO, M. J.; HUO, H.; SIDEMAN, R.; HAYES, R.; MICHEMORE, R. W.; BRADFORD, K. J. B. Genetic variation for thermotolerance in lettuce seed germination is associated with temperature-sensitive regulation of ETHYLENE RESPONSE FACTOR1 (ERF1). **Plant Physiology**, v. 170, n. 5, p.472-488, 2016. <https://dx.doi.org/10.1104/pp.15.01251>.

ZHOU, J.; WANG, J.Z.; LI, P.P. Photosynthetic characteristics and growth performance of lettuce (*Lactuca sativa* L.) under different light/dark cycles in mini plant factories. **Photosynthetica**, v. 58, n. 3, p. 740-747, 2020. <https://dx.doi.org/10.32615/ps.2020.013>.

ANEXOS

Anexo I. Plantas de alface em estágio inicial de desenvolvimento vegetativo na área experimental:
Manta geossintética, Mulching preto, Mulching branco e Solo descoberto



Anexo II. Alface em fase final de desenvolvimento vegetativo na área experimental: Manta geossintética, Mulching preto, Mulching branco e Solo descoberto.



MANUAL TÉCNICO

**ANÁLISE ECONÔMICA DA CULTURA DA ALFACE EM SISTEMA ORGÂNICO DE
PRODUÇÃO CULTIVADA EM DIFERENTES COBERTURAS DO SOLO NA REGIÃO
SEMIÁRIDA DE ALAGOAS**

**José Anderson Soares Barros
Marcelo Cavalcante
José Wandson Lourenço de Souza**

PROJETO AGRESTE RURAL

Projeto Agreste Rural, criado no ano de 2018, quando do início da parceria entre a iniciativa privada, através da Empresa Agreste Saneamento S/A e o serviço público com a Prefeitura Municipal de Arapiraca/AL, através da Secretaria Municipal de Desenvolvimento Rural. Inicialmente trabalhou-se com alface em campo, posteriormente com pimentão, pepino japonês, abobrinha, todos os trabalhos sem resultados científicos, os quais se iniciaram a partir do ano de 2019.

A disponibilização das mantas geossintéticas ocorre de forma gratuita, para agricultores da região agreste de Alagoas, por intermédio da Prefeitura de Arapiraca, que cadastra os agricultores interessados, fornece a orientação técnica de preparo e utilização, bem como, fornece a assistência técnica gratuita para os agricultores da região de Arapiraca.

As mantas podem ser adquiridas, entrando-se em contato com a Prefeitura de Arapiraca, através do e-mail institucional smdr@gestao.arapiraca.al.gov.br, bem como, se dirigindo até o centro administrativo Antônio Pereira Rocha, localizado na rua samaritana nº 1.185, bairro Santa Edwiges, na secretaria de desenvolvimento rural.

CONTEXTUALIZAÇÃO

O município de Arapiraca, conhecido nacionalmente pela fumicultura, vem se destacando no cenário regional pela produção diversificada de hortaliças, iniciado pelo projeto APL Horticultura e, em seguida, Cinturão Verde, abastecendo o mercado interno, exportando ainda para os Estados de Pernambuco, Sergipe e Bahia (Barboza et al., 2016). Entre as hortaliças, destaca-se a alface (*Lactuca sativa* L.), em que o município é responsável por 50,3% (2.178 Mg) da produção estadual, com predominância da agricultura familiar (88,5%), segundo o Censo Agro do IBGE (2020).

A avaliação econômica objetiva subsidiar informações para auxiliar na tomada de decisão quanto à escolha de realização ou não de determinado investimento (Begiato & Meneghini, 2015). Em termos econômicos, os componentes do custo de produção são agrupados de acordo com sua função no processo produtivo, nas categorias de custos variáveis, custos fixos, custo operacional e custo total (CONAB, 2010). São agrupados nos custos variáveis, todos os custos que participam do processo produtivo, ou seja, esses custos somente incorrem se houver atividade produtiva. Enquadram-se nesse custo os itens de custeio, as despesas de pós-colheita e as despesas financeiras, constituindo-se, em curto prazo, condição necessária para o que o produtor continue na atividade.

Os custos fixos são compostos pelos elementos de despesas que são mantidos pelo produtor, independente do volume de produção, entre eles, depreciação, seguro e outros. O custo operacional engloba todos os itens dos custos variáveis (despesas diretas) e parcela dos custos fixos que estão associadas diretamente à implementação das lavouras, não contemplando a renda dos fatores fixos. O custo total de produção compreende a soma dos custos operacionais e a remuneração dos fatores

de produção. Em uma perspectiva de longo prazo, tais itens devem ser considerados na formulação de políticas para o setor (CONAB, 2010).

Para estimar os custos de produção utilizou-se a metodologia do Custo Operacional Total (COT), que é o somatório do Custo Operacional Efetivo (COE) e das demais despesas inclusas na condução da lavoura, as quais aplicam uma percentagem com outros custos, juros de custeio e custo com a oportunidade de uso da terra, demonstrando que o custo total que pode ser desembolsado pelo produtor para a condução da cultura. O COE é constituído do somatório das despesas com operações manuais, mecanizadas, mão de obra e insumos utilizados pelo produtor durante a implantação da cultura (Rambo et al., 2015).

Os custos de produção e os preços de vendas dos produtos auxiliam na análise financeira da atividade produtiva. Levam-se em consideração a remuneração obtida com comercialização, cobertura de custeio, de custos variáveis, operacional e total. Nesse contexto, os custos de produção elaborados pela CONAB podem ser utilizados para análise econômica simplificada. A partir disso, pode-se observar se a atividade está obtendo retornos maiores, menores ou compatíveis com as melhores alternativas do emprego do capital, levando em consideração a receita e os custos da espécie em estudo (Reis, 2007).

Erbano et al. (2014) definiram fluxo de caixa como um controle de entradas e saídas do capital, permitindo a análise de movimentação financeira de um determinado período. A partir de investimento inicial e dos fluxos de caixas gerados por meio da diferença entre as entradas e saídas de caixa, possibilitam uma tomada de decisão mais assertiva e segura ao investidor. Silva (2014) definiu que os principais métodos e técnicas mais empregados para avaliação econômica de investimentos são a taxa interna de retorno (TIR), o Índice de lucratividade (IL), o payback e o payback descontado.

O uso do mulching poderá influenciar positiva ou negativamente a cultura, dependendo das condições climáticas da região e da variedade cultivada. Estas informações evidenciam que há a necessidade de estudos que validem o uso de tecnologias agrícolas. Portanto, esta pesquisa objetivou avaliar a viabilidade econômica da manta geossintética Soiltain DW[®] como mulching alternativo e de agrofílmicos na produção de alface cv. Veneranda em Arapiraca, região semiárida de Alagoas, Brasil.

METODOLOGIA

A pesquisa foi realizada entre os anos de 2020 e 2021 em propriedade comercial, localizada no povoado Flexeirias (9° 47' 50,92" S; 36° 36' 14,63" O), zona rural de Arapiraca, região semiárida do Estado de Alagoas, com 237 m de altitude. O solo da área experimental foi classificado como

LATOSSOLO AMARELO Acriférico (Embrapa, 2018). As temperaturas, mínima e máxima, foram de 18,7 e 34,8 °C, respectivamente (INMET, 2021).

Foram realizados quatro experimentos: 1) 13/06 a 17/07/2020 (final do outono - início da estação de inverno); 2) 07/08 a 14/09/2020 (final da estação de inverno); 3) 02/12/2020 a 05/01/2021 (verão); e 4) 04/02 a 10/03/2021 (final da estação de verão). As informações climáticas durante o período experimental estão na tabela 1.

Tabela 1. Dados climáticos médios dos períodos experimentais de Arapiraca/AL.

| Variáveis | Experimentos | | | |
|--|--------------|------|------|------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Precipitação pluvial (mm) ¹ | 131,5 | 53,3 | 4,3 | 14,0 |
| Temperatura mínima (°C) ¹ | 19,2 | 18,7 | 21,9 | 22,7 |
| Temperatura máxima (°C) ¹ | 27,9 | 28,5 | 33,3 | 34,8 |
| Radiação solar global (Mj m ⁻²) ² | 1,16 | 1,32 | 1,65 | 1,66 |

Fonte: ¹Secretaria Municipal de Desenvolvimento Rural (2021); ²INMET (2021).

A área, sem histórico de uso agropecuário, após sistematizada, não se observou fatores promotores de variação externa, observando solo uniforme visualmente, sem manchas que caracterizem mudança textural ou físicas do mesmo, sendo, portanto, considerada homogênea, instalando-se o experimento no delineamento inteiramente casualizado, com quatro tratamentos (manta geossintética Soiltain DW[®], mulching de polipropileno branco, mulching polipropileno preto e solo descoberto), com cinco repetições. Por ser área comercial, a parcela experimental foi composta por 42 plantas, das quais 22 foram bordadura. Utilizou-se a alface cv. Veneranda, tipo crespa, verde clara, por ser amplamente cultivada na região.

Foi realizada a análise química do solo (0 a 20 cm), apresentando as seguintes características: pH 6,8 (H₂O); P: 106 mg dm⁻³; Na, K, Ca + Mg e H + Al: 0,22, 0,23, 5,7 e 0,6 cmol_c dm⁻³, respectivamente; matéria orgânica: 21,8 g kg⁻¹; Fe, Cu, Zn e Mn: 162,7, 7,23, 45,55 e 75,94 mg dm⁻³, respectivamente. Seguindo as recomendações de Cavalcanti (2008), foram aplicados 30 e 40 kg de N ha⁻¹ no plantio e em cobertura, respectivamente, e 60 kg K₂O ha⁻¹, no plantio, para atender a demanda da cultura, utilizando-se composto orgânico constituído de torta de mamona e esterco bovino curtido (1:1), que apresentou as seguintes características químicas: matéria orgânica: 428,0 g kg⁻¹; N: 3,12%; P₂O₅: 0,57%; K₂O: 0,43%; Ca: 1,36%; Mg: 0,81%; Fe, Zn, Cu, Mn com concentrações de 5.200, 93, 25 e 105 mg dm⁻³, respectivamente.

O preparo do solo foi realizado com auxílio de enxada rotativa acoplada ao tratorite de 6.5 CV, a uma profundidade de 0,15 m. Posteriormente, os canteiros foram nivelados e preparados nas

dimensões de 1,0 x 2,8 m, e 0,10 m de altura, adotando-se o espaçamento entre plantas de 0,25 x 0,25 m, equivalente ao stand inicial de 123.200 plantas ha⁻¹. As mudas foram produzidas em bandejas de 200 células, em substrato comercial Bioplant 401[®]. O transplântio para o campo ocorreu aos 25 dias após o plantio das sementes, nos quatro ciclos de avaliação.

A adubação de fundação foi realizada a lanço sobre os canteiros, apenas antes do primeiro plantio. O sistema de irrigação foi por gotejamento, com duas fitas de polietileno com 16 mm de espessura, distribuídas nos canteiros, com emissores espaçados com 0,2 m e vazão de 1,6 L h⁻¹, duas vezes ao dia (manhã e tarde), durante 20 minutos, exceto em dias de ocorrência de chuva. As fitas de irrigação ficaram sob as coberturas do solo. O controle de plantas daninhas foi manual, no tratamento controle, sem cobertura do solo.

Foi realizada a avaliação econômica para as coberturas de solos e períodos experimentais, considerando os custos totais (custos fixos + custos variáveis + despesas com depreciação e manutenção de máquinas e equipamentos), calculado conforme adaptação da CONAB (2010), e as projeções de receitas, calculada pela seguinte fórmula: Receita Bruta = alface colhida (kg) x preço do kg (R\$). O preço do kg da alface foi estabelecido em R\$ 5,00 tomando como base o valor de comercialização do Programa de Aquisição de Alimentos de Arapiraca/AL, ano base 2020.

A receita líquida (R\$) foi calculada pela fórmula: receita bruta - custo operacional total. O índice de lucratividade (%) foi calculado: $IL = (receita\ líquida / receita\ bruta) \times 100$. A taxa mínima de atratividade (TMA) foi estabelecida em 10,25% ao ano, sendo 2,25% destinados a cobrir o custo de oportunidade e 8% referentes ao prêmio pago pelo risco. O percentual definido para o custo de oportunidade equivale à meta da taxa referencial do Sistema Especial de Liquidação e de Custódia (SELIC), estabelecida pelo Comitê de Política Monetária (COPOM) do Banco Central do Brasil em 16/06/2020. A taxa mínima de atratividade foi calculada em relação ao custo total de cada tratamento, segundo a fórmula: $TMA\ (\%) = 10,25 / (366 \times 100)$, obtida para cada ciclo de 35 dias (período experimental). Esse valor é comparado ao índice de lucratividade obtido com a comercialização, para cada tratamento, sendo o indicativo de atratividade econômica para a atividade explorada. Haverá atratividade econômica quando o lucro obtido for maior ou igual à taxa mínima de atratividade.

A taxa interna de retorno (TIR) foi calculada através da relação entre receita bruta e custo operacional total. O *payback* descontado foi calculado pela relação entre o valor do investimento inicial dividido pela relação entre receita líquida/(1+0,1)ⁿ, em que *n* é o número de cada experimentos. Sendo *n* o primeiro período experimental, o valor de *n* = 1; sendo 2 para o segundo experimento, *n* = 2, e assim sucessivamente, até o número de *n* = 4. Essa relação expressa a quantidades de ciclos de produção são necessários para retornar economicamente o investimento inicial.

O investimento inicial considerado foi o valor de um hectare de sistema de irrigação por gotejamento e a aquisição de caixas plásticas utilizadas para comercialização das plantas. O custo de

produção foi calculado para cada tratamento calculado para cada experimento. Foram consideradas como operações de custeio o preparo de solo (gradagens) e levantamento dos canteiros, a aplicação de cobertura de solo, perfuração da manta geossintética, transplântio de mudas, aplicação do adubo em fundação, a realização de capina manual, manejo de irrigação e a operação de colheita.

Foram considerados insumos e materiais a aquisição das fontes orgânicas de adubação (esterco bovino e torta de mamona), amostragem e análise de solo, enviadas ao laboratório, consumo de energia elétrica (kwh), aquisição de mudas de alface (R\$), análise química do composto orgânico, em reais (mistura do esterco bovino e torta de mamona), aquisição das bobinas de mulchings (R\$) e sua instalação (hora homem) e descarte do mulching, em hora homem para retirada e descarte dos mesmos (para tratamentos mulching branco e mulching preto) e frete de comercialização (R\$ por caixa comercializada), de acordo com o stand final de cada tratamento, para cada experimento. A manta geossintética, por ser gratuita, não possuiu valor de aquisição das mesmas. No entanto, os custos com energia elétrica (kwh) para perfuração do material para acondicionamento na área foram considerados (hora homem).

Em função do desgaste natural e facilidade de danos, o fabricante do produto recomenda um percentual de 30%, em média, de renovação da cobertura plástica a cada novo plantio. Portanto, para efeito de custos, nos períodos experimentais dois, três e quatro, foram adicionados um quantitativo de duas bobinas de mulchings para cada período, para os tratamentos mulching branco e mulching preto, que correspondem ao percentual recomendado pelo fabricante em função do quantitativo adotado neste estudo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A produção de alface cv. Veneranda em uma área de 1,0 ha apresentou custo operacional total (COT), para manta geossintética, de R\$ 37.766,15, R\$ 33.859,52, R\$ 33.784,52 e R\$ 33.779,52, estimado a partir do 1º ao 4º experimento, respectivamente (Tabela 2). Vendruscolo et al. (2019) estudando análise econômica de alface tipo crespa em diferentes espaçamentos de plantios e coberturas de solos, observaram COT de R\$ 17.049,60 ha⁻¹. Os custos observados pelos autores são menores, pois não consideram os custos com fretes para comercialização dos produtos, que, nesta pesquisa, contribuiu com, aproximadamente, 42,75% dos custos, em média, para os quatro experimentos.

A manta geossintética apresentou os menores COTs nos quatro experimentos, em relação aos demais tratamentos em função de ser gratuita, diferente das coberturas sintéticas, que houve necessidade de aquisição de bobinas de mulching e previsão de custos relacionados ao seu descarte após uso.

Tabela 2. Custos com as operações, insumos e materiais, custo operacional efetivo (COE), depreciações, custo operacional total (COT) nos quatro experimentos com alface cv. Veneranda em Arapiraca, AL - Brasil, em Reais (R\$).

| Operações (R\$) | Experimento | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|-------------|----------|----------|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | 1 | | | | 2 | | | | 3 | | | | 4 | | | |
| | MG | MB | MP | SD | MG | MB | MP | SD | MG | MB | MP | SD | MG | MB | MP | SD |
| Aplicação da cobertura de solo (E) | 250,00 | 250,00 | 250,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Colheita (F) | 3.400,00 | 3.400,00 | 3.400,00 | 3.400,00 | 3.400,00 | 3.400,00 | 3.400,00 | 3.400,00 | 3.400,00 | 3.400,00 | 3.400,00 | 3.400,00 | 3.400,00 | 3.400,00 | 3.400,00 | 3.400,00 |
| Levantamento de Caneteiro (F) | 600,00 | 600,00 | 600,00 | 600,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Manejo de irrigação (F) | 1.200,00 | 1.200,00 | 1.200,00 | 1.200,00 | 1.200,00 | 1.200,00 | 1.200,00 | 1.200,00 | 1.200,00 | 1.200,00 | 1.200,00 | 1.200,00 | 1.200,00 | 1.200,00 | 1.200,00 | 1.200,00 |
| Preparo do solo (gradagem) (F) | 750,00 | 750,00 | 750,00 | 750,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Transplântio das mudas (F) | 800,00 | 800,00 | 800,00 | 800,00 | 800,00 | 800,00 | 800,00 | 800,00 | 800,00 | 800,00 | 800,00 | 800,00 | 800,00 | 800,00 | 800,00 | 800,00 |
| Trato cultural (aplicação de adubo) (F) | 1.600,00 | 1.600,00 | 1.600,00 | 1.600,00 | 1.600,00 | 1.600,00 | 1.600,00 | 1.600,00 | 1.600,00 | 1.600,00 | 1.600,00 | 1.600,00 | 1.600,00 | 1.600,00 | 1.600,00 | 1.600,00 |
| Trato Cultural (capina) (F) | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 3.900,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 2.600,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 2.600,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 2.600,00 |
| A - Custo das Operações | 8.600,00 | 8.600,00 | 8.600,00 | 12.250,00 | 7.000,00 | 7.000,00 | 7.000,00 | 9.600,00 | 7.000,00 | 7.000,00 | 7.000,00 | 9.600,00 | 7.000,00 | 7.000,00 | 7.000,00 | 9.600,00 |
| Insumos e materiais | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Adubo orgânico - Esterco bovino | 369,90 | 369,90 | 369,90 | 369,90 | 369,90 | 369,90 | 369,90 | 369,90 | 369,90 | 369,90 | 369,90 | 369,90 | 369,90 | 369,90 | 369,90 | 369,90 |
| Adubo orgânico - Torta mamona | 2.772,00 | 2.772,00 | 2.772,00 | 2.772,00 | 2.772,00 | 2.772,00 | 2.772,00 | 2.772,00 | 2.772,00 | 2.772,00 | 2.772,00 | 2.772,00 | 2.772,00 | 2.772,00 | 2.772,00 | 2.772,00 |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|----------|
| Análise de solo (uni.) | 35.00 | 35.00 | 35.00 | 35.00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Análise do composto orgânico | 240.00 | 240.00 | 240.00 | 240.00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Energia elétrica (R\$) | 1.287,92 | 1.287,92 | 1.287,92 | 1.287,92 | 1.287,92 | 1.287,92 | 1.287,92 | 1.287,92 | 1.287,92 | 1.287,92 | 1.287,92 | 1.287,92 | 1.287,92 | 1.287,92 | 1.287,92 | 1.287,92 | 1.287,92 |
| Frete de comercialização | 15.320,00 | 14.065,00 | 13.830,00 | 15.870,00 | 14.850,00 | 14.695,00 | 15.560,00 | 16.265,00 | 14.775,00 | 16.345,00 | 15.560,00 | 15.635,00 | 14.770,00 | 16.110,00 | 14.930,00 | 15.480,00 | |
| Manta geossintética (m²) | 8400 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Mudas alface | 7.453,60 | 7.453,60 | 7.453,60 | 7.453,60 | 7.453,60 | 7.453,60 | 7.453,60 | 7.453,60 | 7.453,60 | 7.453,60 | 7.453,60 | 7.453,60 | 7.453,60 | 7.453,60 | 7.453,60 | 7.453,60 | 7.453,60 |
| Perfuração manta | 11,63 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Mulching Bobina | 0,00 | 4.550,00 | 4.550,00 | 0,00 | 0,00 | 1.300,00 | 1.300,00 | 0,00 | 0,00 | 1.300,00 | 1.300,00 | 0,00 | 0,00 | 1.300,00 | 1.300,00 | 0,00 | 0,00 |
| Descarte Mulching | 0,00 | 100,00 | 100,00 | 0,00 | 0,00 | 100,00 | 100,00 | 0,00 | 0,00 | 100,00 | 100,00 | 0,00 | 0,00 | 100,00 | 100,00 | 0,00 | 0,00 |
| B - Insumos e materiais (R\$) | 27489,75 | 30.638,12 | 30.638,12 | 28.028,12 | 26733,12 | 27.978,12 | 30.638,12 | 28.148,12 | 26.658,12 | 29.628,12 | 28.843,12 | 27.518,12 | 26653,12 | 29.393,12 | 28.213,12 | 27.363,12 | |
| COE (A+B) | 35.639,75 | 39.023,12 | 38.788,12 | 39.828,12 | 33733,12 | 34.978,12 | 38.638,12 | 37.748,12 | 33.658,12 | 36.628,12 | 35.843,12 | 37.118,12 | 33653,12 | 36.393,12 | 35.213,12 | 36.963,12 | |
| Custo de depreciação | 126,40 | 126,40 | 126,40 | 126,40 | 126,40 | 126,40 | 126,40 | 126,40 | 126,40 | 126,40 | 126,40 | 126,40 | 126,40 | 126,40 | 126,40 | 126,40 | 126,40 |
| COT (R\$/ha) | 37.766,15 | 39.149,52 | 38.914,52 | 39.954,52 | 33.859,52 | 35.104,52 | 38.914,52 | 37.874,52 | 33.752,96 | 36.754,52 | 35.969,52 | 37.244,52 | 33.779,52 | 36.519,52 | 35.339,52 | 37.089,52 | |

MB = manta geossintética; MB = mulching branco; MP = mulching preto; SD = solo descoberto; E = mão de obra externa; F = mão de obra familiar.

O investimento inicial para implantação de 1,0 hectare totalizou R\$ 42.918,00 correspondente a aquisição de sistema de irrigação por gotejamento, conjunto motobomba e de caixas para comercialização das plantas.

A operação que mais impactou o COT foi o custo de frete para comercialização para todos os tratamentos em todos os experimentos, variando de 35,1% para mulching preto e 43,9% para manta geossintética. Esses resultados divergiram dos encontrados por Silva et al. (2008) em plantio de alface cv. Verônica, em que o item com maior participação no custo foi mão de obra, representando 30,5%, seguido pelos custos de aquisição mudas, com 17,2%. Cecílio Filho et al. (2010), estudando análise econômica de plantio intercalado de alface e tomate em diferentes estações do ano sob cultivo protegido, observaram que o item que mais onerou o COT em alface foi mão de obra, representando 28,5% e 29,5% para o primeiro e segundo cultivos, respectivamente.

A aquisição de mulchings sintéticos representou 11,7%. As operações de frete e aquisição e reposição de mulching, somados, representaram mais de 50% do COT. Os mulchings de polietileno podem sofrer degradação térmica; fotodegradação, devido a foto-oxidação promovida pelos raios ultravioletas; degradação mecânica, devido a danos causados pelo manejo, vento; e degradação química, causada por compostos a base de enxofre e cloro, bem como pelo excesso de água (Faria Júnior & Hora, 2018). Por estas razões, em regiões tropicais e semiáridas, sua validade é de, em média, quatro ciclos de produção, segundo o fabricante. Por esta razão, torna-se necessária a aquisição de 30% de agrofilme para reposição em cada ciclo de produção, impactando os custos de produção, bem como, o descarte do resíduo plástico ambientalmente adequada.

A partir do segundo período experimental, houve diminuição geral no valor dos custos de produção para os quatro tratamentos, pois, foram reduzidos os custos com preparo do solo, aplicação dos mulchings e com análise de solo, principalmente para os tratamentos com coberturas de solos. No entanto, para o tratamento solo descoberto, a redução não foi acentuada, devido aos custos com capina manual, correspondendo a 9,7, 6,9, 7,0 e 7,0% do 1º ao 4º experimento, respectivamente (Tabela 2). Para as demais coberturas, não houve necessidade de realizar a capina manual e, conseqüentemente, não houve incremento no custo de produção.

As capinas manuais são tratos culturais indispensáveis para o desenvolvimento da cultura, principalmente em manejo agroecológico, onde não se pode fazer uso de herbicidas, onerando o custo de produção. Em Sargodha/Paquistão, Aziz et al. (2019) testaram mulching sintético e orgânico em comparação ao solo descoberto e observaram custo total de produção de US\$ 1.051,34 ha⁻¹ no solo descoberto e US\$ 862,79 quando utilizada a palhada de trigo, em que a mão de obra para as capinas manuais aumentou expressivamente os custos de produção.

De uma maneira geral, no somatório dos quatro experimentos, a manta geossintética promoveu menores COT, RB e RL. No entanto, promoveu IL semelhante ao mulching preto e superior ao solo descoberto (Tabela 3).

Tabela 3. Resumo de Produtividade (Prod.), custo operacional total (COT), receita bruta (RB), receita líquida (RL), índice de lucratividade (IL), taxa mínima de atratividade (TMA), taxa interna de retorno (TIR) e Payback descontado da alface cultivada em diferentes coberturas do solo nos quatro experimentos.

| Coberturas de Solo | Prod. | COT | RB | RL | IL | TMA (Experimentos) | TIR | Payback descontado |
|--------------------|---------------------|--------------------|------------|------------|-------|--------------------|--------|--------------------|
| | Mg ha ⁻¹ | ----- R\$/ha ----- | ----- | ----- | % | % | % | Experimento |
| MG | 73.031,75 | 137.189,71 | 365.158,75 | 227.969,04 | 62,43 | 0,98 | 114,23 | 0,193 |
| MB | 83.207,85 | 147.528,09 | 416.039,25 | 268.511,16 | 64,54 | 0,98 | 118,18 | 0,164 |
| MP | 78.685,20 | 146.193,09 | 393.426,00 | 247.232,91 | 62,84 | 0,98 | 110,80 | 0,178 |
| SD | 76.268,50 | 152.163,09 | 381.342,50 | 229.179,41 | 60,10 | 0,98 | 102,56 | 0,192 |

MG: manta geossintética; MB: Mulching branco; MP: Mulching preto; SD: Solo descoberto.

Manta geossintética apresentou TIR inferior somente ao mulching branco, tratamento que se destacou em relação aos demais parâmetros (COT, RB, RL, IL e TIR). Solo descoberto apresentou maior COT, RB inferior aos mulchings branco e preto e superior à manta geossintética. Promoveu IL e TIR inferiores às demais coberturas de solo e necessita do mesmo número de ciclos de produção que a manta geossintética para obter retorno econômico do investimento inicial somado à taxa mínima de atratividade.

A manta geossintética apresentou resultados inferiores em produtividade em relação aos demais tratamentos em função da redução no stand nos experimentos três e quatro, que foram as épocas do ano que apresentaram maiores temperaturas de solo (Tabela 1), ocasionando mortalidades, afetando diretamente a produtividade, com impactos na RB, RL.

Pelos critérios do IL e TIR, observou-se viável economicamente em virtude de a manta ser gratuita. Com isso, há redução no custo operacional total, possibilidade de reutilização por diversos cultivos sucessivos, armazenamento, mudança de local de cultivo sem descaracterização de suas propriedades físicas, beneficiando diretamente agricultores familiares, principalmente em cultivo orgânico de produção.

LINK DE ACESSO À PLANILHA DE CUSTOS DE PRODUÇÃO

Todas as informações referentes à análise econômica estão disponíveis no link abaixo, em que o interessado poderá fazer as alterações que julgar necessária, adequando-a as suas demandas. Com isso, será possível obter informações sobre os custos de produção.

<https://forms.gle/XYjYcz33oAgqTAho7>

CONCLUSÕES

1. As quatro coberturas de solos são economicamente viáveis, destacando-se o mulching branco.
2. Manta geossintética promove menor custo operacional total, receita líquida intermediária e taxa interna de retorno inferior somente ao mulching branco no somatório dos quatro experimentos.

AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Ambientais – PPGTEC

Ao produtor Edvan Barbosa de Melo e família pela parceria e disponibilização da área para os experimentos

A empresa Agreste Saneamento S/A pela disponibilização das Mantas geossintéticas

A Prefeitura Municipal de Arapiraca/AL (Secretaria de Desenvolvimento Rural)

Ao colega José Wandson Lourenço de Souza, pelo auxílio na elaboração e interpretação dos dados da avaliação econômica.

REFERÊNCIAS

AZIZ, A.; ASHRAF, M.; ASIF, M. 2019. Impact of mulching materials on weeds dynamics, soil biological properties and lettuce (*Lactuca sativa* L.) productivity. **International Journal of Botany Studies**, v. 4, n. 4, p. 128-134, 2019.

BARBOZA, I.O.; I.O.; PINTO, L.C.T.; PESSOA, S.R.N. **Estudo sobre a agricultura familiar em Alagoas**. 1ª Ed. Maceió: SEPLAG. 2016. 56p.

BEGIATO, G.F.; MENEGHINI, R.C.M. Oportunidades de investimento em agroindústria de beneficiamento de Castanha-do-Brasil. **Custos e @gronegocio on-line**, 11; 13-55. 2015.

CAVALCANTI, F.J.A. **Recomendação de adubação para o Estado de Pernambuco: 2ª aproximação**. Recife: Instituto Agrônomo de Pernambuco, 2008. 212p.

CECÍLIO FILHO, A.B.; REZENDE, B.L.; COSTA, C.C. Economic analysis of intercropping of lettuce and tomato in different seasons under protected cultivation. **Horticultura Brasileira**, v. 28, n. 3, 2010. <https://doi.org/10.1590/S0102-05362010000300015>.

CONAB: Companhia Nacional de Abastecimento. 2010. **Custos de produção agrícola: a metodologia da CONAB**. Brasília: CONAB. 60p.

EMBRAPA: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5ª Ed. Brasília: Embrapa Solos, 2018. 355p.

ERBANO, B.L.; THEISEN, D.G.; VEBER, E.E.; SOUZA, M.E.S.; SOUZA, A.; APEL, R. **Fluxo de caixa. Maiêutica – Estudos Contemporâneos em gestão organizacional**, v. 1, n. 1, p. 131-134. 2014.

FARIA JÚNIOR, M.J.A.; HORA, R.C. Cultivo Protegido. In: BRANDÃO FILHO, J.U.T.; FREITAS, P.S.L.; BERIAN, L.O.S.; GOTO, R. **Hortalças-fruto**. Maringá: EDUEM, 2018, p. 451-487. <https://doi.org/10.7476/9786586383010.0016>.

IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Agropecuário**. 2020. Disponível em: <<https://censos.ibge.gov.br/agro/2017/>>. Acesso em: 07 Mar. 2021.

INMET: Instituto Nacional de Meteorologia. **Dados históricos anuais**. 2021. Disponível em: <<https://portal.inmet.gov.br/dadoshistoricos>>. Acesso em: 10 Jun. 2021

RAMBO, J.R.; TARSITANO, M.A.A; KRAUSE, W.; LAFORGA, G.; SILVA, C, Análise financeira e custo de produção de banana-maçã: um estudo de caso de Tangará da Serra, Estado de Mato Grosso. **Informações Econômicas**, v. 45, n. 5, p. 29-39, 2015.

REIS, R.P. **Fundamentos de economia aplicada**. Lavras: UFLA/FAEPE, 152 p. 2007.

SILVA, E.C. **Como administrar o fluxo de caixa das empresas**. 8ª. ed. São Paulo: Atlas. 2014, 332p.

SILVA, G.S.; REZENDE, B.L.A.; CECÍLIO FILHO, A.B.C.; BARROS JÚNIOR, A.P.B.; MARTINS, M.I.E.G; PORTO, D.R.Q. Viabilidade econômica do cultivo de alface crespa em monocultura e em consórcio com pepino. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 5, p. 1516-1523, 2008. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542008000500024>.

VENDRUSCOLO, E.P.; ALCÂNTARA R.A.H.; CORREIA, S.R.; OLIVEIRA, P.R.; CAMPOS CARDOSO, L.F.; SELEGUINE, A. Economic analysis of crisp lettuce production in different planting spacing and soil cover. **Advances in Horticultural Science**, v. 33, n 4, p. 449-455, 2019. <https://dx.doi.org/10.13128/ahsc-8098>.

O uso do *Mulching* no cultivo de alface: Revisão de Literatura

Artigo submetido e publicado pela Revista Diversitas Journal

Disponível em: https://diversitasjournal.com.br/diversitas_journal/article/view/1825

O uso do *Mulching* no cultivo de alface: Revisão de Literatura

The *Mulching* use in Lettuce cultivation: Review Literature

José Anderson Soares Barros⁽¹⁾; Marcelo Cavalcante⁽²⁾

⁽¹⁾ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5194-9297>; Instituição Federal de Alagoas/Discente do Programa de Mestrado Profissional em Tecnologias Ambientais, BRAZIL, E-mail: anderson.eng.agro@hotmail.com;

⁽²⁾ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0722-0618>; Instituição Federal de Alagoas/Docente, pesquisador permanente do Programa de Mestrado Profissional em Tecnologias Ambientais, BRAZIL, E-mail: marcelo.cavalcante@ifal.edu.br.

Todo o conteúdo expresso neste artigo é de inteira responsabilidade dos seus autores.

Recebido em: dia mês e ano de submissão; Aceito em: dia mês e ano; publicado em dia mês e ano. Copyright© Autor, 2021.

RESUMO: A alface é uma espécie folhosa que apresenta importantes características nutricionais, as quais promovem alta aceitabilidade pelos consumidores, sendo cultivada em vários países do mundo, em diferentes agroecossistemas. Entre as práticas de manejo do solo, o *Mulching*, sintético e orgânico, surge como alternativa, pois pode promover melhorias nos atributos do solo e no desenvolvimento das plantas, porém, esta técnica ainda é pouco explorada pelos agricultores. Por esta razão, esta revisão de literatura objetivou analisar os efeitos do *Mulching* sobre a temperatura, umidade e microorganismos do solo, bem como sobre as plantas daninhas, e suas limitações. Foram pesquisados artigos científicos nas bases de dados Periódicos Capes, SciELO, Google Scholar e Scopus, em que ficou evidenciado o efeito do *Mulching* escuro (sintético e orgânico) sobre a temperatura do solo, com reflexos no aumento do aquecimento, na umidade, na atividade microbiana e na produtividade da alface. Atua na redução da incidência de plantas daninhas e de organismos patogênicos. Apresenta-se como limitações a dificuldade de aquisição ao *Mulching* sintético, sua espessura, que facilita danos, e o seu descarte pós uso. Os orgânicos, a dificuldade na aquisição, facilidade na mineralização e a mão de obra associada ao manejo, fatores que aumentam os custos de produção. Observa-se, portanto, que a prática do *Mulching* poderá ser promissora. Porém, há a necessidade de pesquisas, principalmente em regiões tropicais e semiáridas, visando a disseminação dessa tecnologia no meio rural.

PALAVRAS-CHAVE: *Lactuca sativa*, Temperatura do solo, Polietileno, Cobertura orgânico.

ABSTRACT: Lettuce is a leafy species that has important nutritional characteristics, which promote high acceptability by consumers, being grown in several countries in the world, in different agroecosystems. Among the soil management practices, *Mulching*, synthetic and organic, appears as an alternative, as they can promote improvements in soil properties and plant development, however, this technique is still little explored by farmers. For this reason, this literature review aims to explore the effects of *Mulching* on soil temperature, humidity and microorganisms, as well as on weeds, and their limitations. Scientific articles were searched in the Capes, Scielo, Google Scholar and Scopus databases, in which was evidenced the effect of dark *Mulching* (synthetic and organic) on soil temperature, with reflexes in the increase of the heating, in the humidity, in the activity microbial and lettuce productivity. Act to reduce the incidence of weeds and to pathogenic organisms. Limitations are the difficulty in acquiring synthetic *Mulching*, its thickness, which facilitates damage, and its disposal post use. In the organic, difficulty in acquisition, ease in mineralization and associated labor in handling, factors that increase production costs. It should be noted, therefore, that the practice of *Mulching* can be promising. However, there is a need for research, mainly in tropical and semiarid regions, aiming at the dissemination of this technology in rural areas.

KEYWORDS: *Lactuca sativa*, Soil temperature, Polyethylene mulch, Organic mulch.

INTRODUÇÃO

O gênero *Lactuca* spp. (Asteraceae) apresenta aproximadamente 100 espécies que se destacam pelas folhas comestíveis, a exemplo da alface (*L. sativa* L.), que tem sua origem no continente asiático. Por ser uma espécie herbácea de ciclo curto (40 a 70 dias do plantio a colheita), pode ser cultivada em ambientes protegidos ou em campo (VRIES, 1997), possibilitando seu cultivo em quase todo o mundo, destacando-se a China, Estados Unidos da América e Índia como os maiores produtores, com 16,3, 3,7 e 1,3 milhões de toneladas em 2019 (FAO, 2021).

O Brasil conta com 108,4 mil estabelecimentos que cultivam alface, com produção de 671,5 mil toneladas, em que 82,2% dos produtores são classificados como agricultores familiares, destacando-se as regiões Sudeste, Sul e Nordeste por concentrar 64,1, 16,2 e 10,5% da produção nacional, respectivamente. Em Alagoas, a produção é de 4.329 toneladas em que o município de Arapiraca é responsável por 50,3% da produção (IBGE, 2020).

O que torna a alface uma espécie cultivada e consumida mundialmente são suas propriedades nutricionais. Segundo a Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TBCA, 2021), em 100 g de folha crua existem 96,4 g de umidade, 8,0 kcal, 1,76 g de carboidratos, 1,01 g de proteínas, 1,87 g de fibras, e 37,5, 0,75, 26,0 e 311,0 mg de cálcio, ferro, fósforo e potássio, respectivamente, além das vitaminas A (364 µg) e C (18,5 µg), importantes na dieta alimentar.

No Brasil existem um número variado de cultivares de alface, classificadas em crespas, lisas ou frisadas, sub agrupadas em repolhuda crespa ou americana, repolhuda lisa, solta crespa, solta lisa e tipo romana, com coloração das folhas que varia do verde, vermelho ao roxo (HENZ; SUINAGA, 2009). Os cultivares, o sistema de produção e o manejo adotado varia com a região e com o nível tecnológico da propriedade, podendo-se adotar os sistemas convencional, orgânico ou agroecológico de produção, em cultivos protegidos (túneis cobertos com malhas, telados, estufas) ou aqueles em nível de campo.

O manejo do ambiente agrícola poderá favorecer ou não o desenvolvimento da espécie cultivada. Em regiões de clima quente, a exemplo da região Nordeste, caracterizada pelas irregularidades na distribuição de chuvas e altas temperaturas, a elevada evapotranspiração pode tornar o balanço hídrico negativo, de modo que o manejo da água de irrigação e o emprego de técnicas que visam minimizar as perdas de água consistem em fatores chave para garantir a produtividade (SANTOS; BRITO, 2016). Em regiões de clima frio, como a região Sul, a temperatura é o principal fator limitante, de modo que o uso de técnicas que possam favorecer o desenvolvimento das culturas é essencial para tornar a atividade agrícola sustentável.

O uso do *Mulching* agrícola ou cobertura do solo vem sendo amplamente utilizado na agricultura, com o objetivo de aumentar a temperatura do solo, diminuir as perdas de água por

evaporação, controlar as ervas daninha, facilitar a colheita e a comercialização, uma vez que o produto é mais limpo e sadio (GONÇALVES et al., 2005). O *Mulching* pode ser sintético, destacando-se os de polietileno de diferentes colorações (transparente, preto, branco, verde, marrom, vermelho, prata, azul e amarelo) ou orgânico, a partir de resíduos vegetais de diferentes composições, a depender dos materiais disponíveis na propriedade ou na região, a exemplo da casca de arroz, palhada de milho, sorgo ou capim elefante (QUEIROGA et al., 2002).

A alface é cultivada em uma ampla variedade de ambientes, em sistemas intensivos de produção, com o uso de tecnologias, e nos extensivos, de baixo nível tecnológico. Apesar de a prática do *Mulching* não ser recente, principalmente os orgânicos, é pouco difundida pela comunidade agrícola, especialmente os sintéticos, utilizados em larga escala em regiões de clima temperados, porém, pouco utilizados em regiões de clima tropical. Portanto, essa revisão de literatura objetiva apresentar os efeitos do uso do *Mulching* na produção de alface, destacando-se suas vantagens e limitações nos diferentes agroecossistemas de produção.

PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

A pesquisa, de natureza qualitativa, foi realizada a partir de um levantamento em artigos científicos nas bases de dados Periódicos Capes, do Google Scholar, do Scientific Electronic Library (SciELO) e Scopus. Adotou-se o seguinte processo de trabalho: aplicação das *strings* de busca nas bases de dados, leituras de títulos que tivessem correlação com o tema, leitura dos resumos de artigos, síntese dos resultados publicadas, priorizando-se os mais recentes.

Para a coleta dos artigos foram utilizadas as seguintes palavras-chaves: (cobertura de solo OR plástico) AND (alface); (cobertura de solo OR plástico) AND (alface) AND (avaliação econômica); (cobertura de solo OR plástico) AND (alface); (*Mulching*) AND (alface); (*Mulching* OR plastic) AND (*Lactuca* OR lettuce); (*Mulching* OR plastic) AND (*Lactuca* OR lettuce); (soil cover) AND (lactuca OR lettuce); (*Mulching* OR plastic) AND (lettuce); (plastic) AND (lettuce).

As palavras foram usadas em todas as bases de dados definidas e os filtros adotados para a inclusão dos artigos foram: o idioma (português e inglês), e os artigos deveriam possuir, no título ou resumo, ou no decorrer do texto, algumas das palavras-chave utilizadas. Neste estudo foram excluídos trabalhos de conclusão de cursos, dissertações, teses e resumos de congressos. Foram incluídos apenas artigos científicos disponíveis em texto completo, com informações referentes ao efeito do *Mulching* sobre a temperatura, umidade e microorganismos do solo (benéficos e patogênicos) e sobre plantas daninhas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Efeito do *Mulching* sobre a temperatura e umidade do solo

A temperatura é um importante fator ligado a produção e está relacionada às unidades térmicas ou graus-dia, que correspondem a soma térmica diária necessária para alterações fenológicas da planta. Segundo Silva et al. (1999) são necessários, em média, 900°C durante o ciclo de vida da alface. Por ser uma espécie de clima temperado, com metabolismo fotossintético C₃ (ZHOU et al., 2020), a temperatura ideal de cultivo varia entre 15 e 18°C (BUNINI et al., 1976). Em geral, temperaturas superiores estimulam o florescimento precoce, o alongamento do caule e a produção de látex, sendo estas características indesejáveis (AQUINO et al., 2014).

O tipo e a cor do *Mulching* influenciam a temperatura do solo a depender do grau de reflexão, absorção e transmissão da energia solar da cobertura (FRANQUERA; MABESA, 2016). Por meio da maior absorção de calor, as cores mais escuras aumentam a temperatura do solo, enquanto as cores mais claras refletem mais radiação solar, resultando em menor temperatura, aumentando a irradiância sob a copa das plantas (JAHAN et al., 2018).

Os resultados de Franquera & Mabesa (2016) evidenciaram que o *Mulching* de cor vermelha apresentou a maior temperatura do solo (31°C; $P < 0,05$) quando comparado ao laranja, prata, verde e amarelo. Vargas et al. (2017), em São Paulo, observaram que o *Mulching* branco apresentou 62,0% a mais na massa seca das folhas quando comparado ao preto e prata (temperatura média de 26,5°C). Já Jahan et al. (2018), em Sher-e-Bangla/Blangadesh, evidenciaram que o *Mulching* sintético preto versus solo descoberto, promoveu maior temperatura do solo (25,9 versus 22,1°C), com reflexos no pH (8,2 versus 6,1), no número, comprimento e largura foliar (1,3 vezes maior), na massa de raiz (23% maior), nos teores das clorofilas 'a' e 'b' e na produtividade (32% maior). O *Mulching* preto foi superior na concentração de compostos antioxidantes, podendo ser utilizado para se obter plantas com maiores concentrações de vitamina C, fenóis, antocianinas e carotenoides.

Já os orgânicos de coloração clara (palhadas) tendem a reduzir as flutuações diárias de temperatura e mantêm-na estável durante o dia, devido a baixa condutividade térmica e alta refletividade dos raios solares (COELHO et al., 2013), como observado por Cardoso et al. (2020), em Campo Grande/MS, em que o *Mulching* com milheto (*Pennisetum glaucum* L. R. Br.), além de reduzir a temperatura do solo em 7,0°C, promoveu a maior produtividade (21,7 t ha⁻¹). Resíduos orgânicos também favorecem a retenção de água pela redução da evaporação, como observado por Longhini et al. (2019), ao cultivar alface com resíduos orgânicos, destacando-se a palha de *Brachiaria brizantha* (Hochst) Stapf, com retenção de 87,1% de umidade do solo.

Com o objetivo de aumentar a eficiência no uso da água de irrigação (EUAI), a partir da redução da evaporação pelo uso de *Mulching*, Almeida et al. (2015) constataram que o *Mulching* plástico foi eficiente em manter a umidade do solo, reduzindo a necessidade de irrigação em 50%. Do mesmo modo, Mostafa et al. (2019), em Assuit/Egito, relataram que a irrigação a 60% da evapotranspiração da cultura (ETc) associada com a cobertura de polietileno preta apresentou a maior EUAI (16,8 kg alface m⁻³ água).

O uso do *Mulching* sintético em regiões tropicais aumenta a temperatura do solo, como observado por Meneses et al. (2016), em Itabaiana/SE, em que o *Mulching* transparente aumentou a temperatura em 8,6°C quando comparado ao solo sem cobertura. Em regiões temperadas o aumento da temperatura poderá ser benéfico às plantas, por aquecer o solo, favorecendo a relação solo-planta, com reflexos no desenvolvimento radicular e absorção de nutrientes. Neste sentido, Ribas et al. (2015), em Santa Maria/RS, observaram que o uso do plástico transparente aumentou em 9,0°C a temperatura quando comparado ao solo sem cobertura.

Segundo Gheshm & Brown (2020), em Kingston/Estados Unidos da América, região fria, os *Mulching* de cor escura (polietileno preto e composto orgânico) aumentaram a temperatura do solo, permitindo que os cultivares de alface romana ‘Ridgeline’ e ‘Coastal Star’ obtivessem área foliar máxima, alcançando 95% de cobertura do solo pelo dossel aos 40 dias após o transplântio, antecipando o período de colheita. A produtividade foi de 10,4 e 7,6 kg m⁻² para os tratamentos *Mulching* preto e solo descoberto, respectivamente.

Resultados semelhantes foram observados por Yordanova & Nikolov (2017), em Sofia/Bulgária, em que o esterco de cavalo de cor escura promoveu o aquecimento do solo na primavera (estação fria), melhorando a umidade, a disponibilidade de nutrientes e a produtividade (3,2 t ha⁻¹) da alface romana cv. ‘Yellow Beauty’, quando comparada ao tratamento com palhada de cevada que, segundo os autores, refletiu a radiação solar, sem impacto no aquecimento do solo. Portanto, o uso do *Mulching* poderá influenciar positiva ou negativamente a cultura, dependendo das condições climáticas da região e da variedade cultivada.

Apesar de o estresse térmico conduzir a redução de atividades enzimáticas, do transporte de elétrons nos cloroplastos e da condutância estomática, e ao aumento da fotorrespiração em espécies C₃ (SHOIB et al., 2012), têm-se observado efeito positivo na alface, a exemplo do estudo de Tasic et al. (2019) que, mesmo atingindo 35,9°C, o *Mulching* preto promoveu a maior produtividade (84,2 t ha⁻¹; média dos cultivares Nizzi e Devonia), em Lazarevo/Bósnia. Em Sergipe/NE, Meneses et al. (2016) observaram que, mesmo aumentando a temperatura em 8,6°C, o *Mulching* transparente elevou a produtividade da alface cv. Vera em 189,8% (49,0 t ha⁻¹) em comparação ao solo descoberto (25,8 t ha⁻¹).

A presença de genes termotolerantes dentro do germoplasma da alface, os quais atuam na promoção da biossíntese de giberelinas e inibição dos efeitos do ácido abscísico (YOONG et al., 2016), permite que variedades sejam cultivadas fora da faixa ideal de temperatura. Permite ainda que o melhoramento genético desenvolva cultivares para regiões tropicais, a exemplo da BRS Leila e BRS Mediterrânea, lançadas pela Embrapa Hortaliças em 2017.

Como estratégia de manejo em regiões tropicais, é importante que o cultivo de alface esteja associado à prática de irrigação, com lâminas próximo a 100% da ET_c, considerando que a água perdida pelas folhas no processo de transpiração promove seu resfriamento. Sob condições de estresse hídrico, ocorre o fechamento estomático e superaquecimento das folhas, de modo que as reações bioquímicas da fotossíntese e integridade de membranas dos cloroplastos são afetadas, com danos irreversíveis a proteína D1 do PSII (TAIZ et al. 2017).

Efeito do *Mulching* sobre a microbiota do solo

Os organismos do solo são responsáveis pela mineralização da matéria orgânica, atuando diretamente na ciclagem de nutrientes, no processo de fixação biológica do nitrogênio, na solubilização do fósforo, na formação de bioporos, responsáveis pela drenagem da água e trocas gasosas. Fatores como pH, temperatura, umidade, nível de matéria orgânica e o manejo exercem influência direta sobre sua sobrevivência dos microorganismos. Portanto, práticas de manejo adotadas, como o *Mulching*, poderão influenciar a biota do solo, positiva ou negativamente.

A atividade enzimática é estudada como indicadora efetiva da qualidade do solo, por atuar na ciclagem de nutriente, a exemplo da desidrogenase, β -glicosidase (BG) e urease, responsáveis, respectivamente, pela oxidação de substâncias orgânicas, degradação da celulose e ureia. Entre as coberturas testadas por Aziz et al. (2019), a palhada de trigo promoveu a maior atividade enzimática, com valores de 20,0 $\mu\text{g TPF g}^{-1}$ solo h^{-1} , 34,22 $\mu\text{g PNP g}^{-1}$ solo h^{-1} e 5,29 $\mu\text{g NH}_4^+ \text{g}^{-1}$ solo h^{-1} para as enzimas supracitadas, respectivamente. Quando centeio (*Secale cereale* L.) e ervilhaca (*Vicia craca* L.) foram utilizadas como cobertura, aumentou a biomassa microbiana e a atividade da BG, aumentando em 47,5% a eficiência da absorção de nitrogênio pela alface, devido a mineralização (CHINTA et al., 2020).

Na pesquisa desenvolvida por Ziech et al. (2014), os sistemas com cobertura morta do solo apresentaram atividade respiratória superior ao manejo sem cobertura, destacando-se o sistema de plantio direto, com maior atividade (3,5 $\text{mg CO}_2 \text{g solo}^{-1}$). Já os autores Jardim & Araújo (2017) observaram maior biomassa microbiana (47,7 $\mu\text{g g}^{-1}$), respiração basal do solo (8,02 $\text{mg de C-CO}_2 \text{kg}^{-1}$ solo dia^{-1}) e atividade da enzima desidrogenase (3,83 mg TPF g^{-1} solo $^{-1} 24\text{h}^{-1}$) com a cobertura de casca de amendoim, considerada pelos autores matéria orgânica de melhor qualidade para alface cv. Vanda.

A redução de doenças e lesões foliares, refletindo em plantas mais pesadas e de melhor aparência comercial, foi obtida a partir do uso de *Mulching* plástico, dupla face prata/preto, que promoveu barreira física entre a planta e o solo, em Presidente Figueiredo/AM (BLIND; SILVA FILHO, 2015). Organismos patogênicos à saúde humana também poderão ser reduzidos quando sob *Mulching*. Sena et al. (2020) observaram redução em 100% dos patógenos *Escherichia coli* (Theodor Escherich) e coliformes termotolerantes quando utilizados *Mulching* dupla face preto/branco e casca de arroz associado a irrigação (85% da ET_c), sem diferença estatística entre esses tratamentos

A solarização é uma técnica de baixo custo que objetiva reduzir a população de plantas daninhas, mas também, de fitopatógenos e pragas do solo, por meio do uso de *Mulching* plástico transparente em solo úmido, antes do plantio, com o objetivo de aumentar a temperatura a partir da energia solar. Os nematoides (*Meloidogyne* spp.) são doenças de difícil controle que

lesionam o sistema radicular das plantas, reduzindo a capacidade de absorção de água e nutrientes. Porém, com a adoção da solarização, utilizando *Mulching* plástico 60 dias antes do plantio, Ijoyah & Koutatouha (2009), em Seychelles/Irlanda, observaram redução, aos 28 dias após o transplante, de 20,5 para 5,6 galhas nas raízes de alface no tratamento sem e com solarização, respectivamente, evidenciando sua eficiência.

Efeito do *Mulching* sobre as plantas daninhas

Um dos benefícios do uso do *Mulching* na agricultura é a redução de plantas daninhas, devido ao microclima, que desfavorece o desenvolvimento das plantas, e/ou pela obstrução da radiação solar fotossinteticamente ativa que incide sobre o solo. As coberturas orgânicas (capim, palhada de arroz e café, e serragem) testadas por Carvalho et al. (2005), reduziram significativamente ($P < 0,05$) a incidência de plantas daninhas (média 15,2 g m⁻² massa seca) quando comparada ao solo descoberto (548,2 g m⁻² massa seca). Do mesmo modo, Cardoso et al. (2020) observaram redução de 88,9% da espécie *Gamochaeta coarctata* (Willd.) quando utilizado *P. glaucum* como cobertura morta.

Na pesquisa desenvolvida por Jardim & Araújo (2017) em Álvares Machado/SP, as parcelas com solo descoberto apresentaram um total de 791 plantas daninhas, predominando os capins pé de galinha (*Eleusine indica*) e colchão (*Digitaria horizontalis*), com 522 e 135 plantas, respectivamente. O uso das coberturas casca de amendoim e cana triturada reduziram a população de daninhas para 5 e 6 plantas, respectivamente. Os capins pé de galinha e colchão foram reduzidos em 99,8 e 92,7%, respectivamente. Do mesmo modo, Reghin et al. (2002) evidenciaram que a utilização do *Mulching* preto e a palhada de arroz reduziram a massa de plantas daninhas, mono e dicotiledôneas.

Sabe-se que a tiririca (*Cyperus rotundus* L.) é uma planta daninha de difícil controle, que afeta negativamente o desenvolvimento da cultura agrícola por competir por água e nutrientes, mas também pela liberação de substâncias alelopáticas. Neste sentido, Aduan Júnior et al. (2019) observaram que o *Mulching* de serragem de eucalipto foi eficaz em reduzir a população de tiririca em 64% que, quando comparado ao tratamento sem cobertura, houve acréscimo no número de plantas em 566%, reduzindo a produção da alface cv. Mimososa em 11,5%. Oliveira et al. (2008) também observaram redução significativa ($P < 0,05$) do número de plantas de tiririca quando utilizado *Mulching* orgânico (43 plantas m⁻²) em comparação ao solo descoberto (189 plantas m⁻²), com redução em 67,7% da produção da alface cv. Regina.

Em Sargodha/Paquistão, Aziz et al. (2019) testaram *Mulching* sintético e orgânico em comparação ao solo descoberto e observaram que a cobertura com casca de arroz foi a menos eficiente em controlar plantas daninhas por ser menos eficiente em bloquear a luz solar para as

daninhas. Os autores contabilizaram custo total de produção de US\$ 1.051,34 ha⁻¹ no solo descoberto e US\$ 862,79 quando utilizada a palhada de trigo, em que a mão de obra para as capinas manuais aumentou expressivamente os custos de produção.

Semelhantemente, Gheshm & Brown (2020) concluíram que o uso de *Mulching* (sintético e orgânico) foi eficaz em controlar plantas daninhas. Porém, no solo descoberto houve a necessidade de duas capinas manuais durante a estação de crescimento. Além dos problemas descritos acima, o controle de plantas daninhas aumenta os custos de produção pelo incremento de mão de obra. Considerando que no Brasil 64,4% da alface produzida (432,4 mil t) vem de agricultores familiares (IBGE, 2020), a prática de *Mulching* poderá reduzir custos, melhorar a qualidade do produto comercial, que não entra em contato com o solo, aumentando a lucratividade e a possibilidade de investimentos na propriedade rural.

Limitações do uso do *Mulching* agrícola

Apesar de o uso do *Mulching* não ser uma técnica recente, é pouco utilizada pelos agricultores, principalmente os de base familiar, de baixo grau de escolaridade (22,9% não sabem ler e escrever) e ausentes de assistência técnica em 81,2% dos estabelecimentos agropecuários brasileiros (IBGE, 2020). Estas informações podem justificar a resistência dos produtores à adoção de novas tecnologias, bem como ao uso inadequado das mesmas (Landini, 2015), com reflexos no desuso e resistência em voltar a usá-las.

O *Mulching* plástico não é encontrado com facilidade em estabelecimentos comerciais. Porém, com o advento do mercado *e-commerce*, é possível sua aquisição, com dimensões e cores variadas. Porém, o custo com o frete poderá inviabilizar a aquisição. A lona apresenta espessura de 25 µm e pode ser facilmente danificada. Resiste a poucos ciclos de produção, dificulta a aplicação de corretivos (calagem e adubos) e uma vez instalado o sistema de irrigação por gotejamento por fitas, sob a lona, não há possibilidade de manejo sem danificá-la. Após o uso, uma preocupação adicional está no descarte. Por não ser reciclável, causam poluição ambiental, sendo, muitas vezes, descartados ou queimadas pelo produtor (Ghimire et al., 2018), sendo esta uma prática ecologicamente incorreta.

O uso do *Mulching* orgânico poderá ser uma alternativa viável, mas que depende da disponibilidade da matéria prima na propriedade ou na região, do preço, do manejo do produto (inteiro, picado, misturado), da disponibilidade de mão de obra. Estes são importantes fatores que acrescentarão os custos de produção e afetará a lucratividade. O uso de esterco curtido poderá ser uma opção. Porém, poderá estar contaminado com sementes de plantas daninhas.

O uso de resíduos orgânicos de elevada relação C/N, como casca de arroz, serragem ou palhada de gramíneas, poderá ser uma alternativa em regiões tropicais, por dificultar a

mineralização da matéria orgânica pelos microrganismos. Porém, poderá causar sintomas de deficiência nutricional nas plantas, principalmente do nitrogênio, sequestrado do solo pelos microrganismos decompositores. Os de baixa relação C/N, como restos de leguminosas ou esterco, poderão ser rapidamente mineralizados, deixando o solo descoberto, problema que poderá ser superado pelo crescimento do dossel das plantas e sombreamento do solo.

CONCLUSÃO

A alface é uma espécie que vem sendo cultivada em variados sistemas de produção, do intensivo ao extensivo, com diferentes níveis tecnológicos e práticas de manejo, em agroecossistemas que variam do clima temperado ao tropical.

O uso do *Mulching* agrícola como ferramenta tecnológica, sintético ou orgânico, exerce influência sobre o solo, a partir do seu aquecimento, retenção de umidade, aumento da atividade microbológica ou diminuição de pragas, doenças e plantas daninhas, podendo seu uso ser positivo ou negativo sobre o desenvolvimento e produtividade da alface, dependendo do clima da região, da variedade cultivada e do sistema de produção adotado.

Nos estabelecimentos agropecuários brasileiros há deficiência no grau de alfabetização do produtor, bem como ausência de assistência técnica, considerando-se fatores limitantes ao uso do *Mulching*, principalmente os sintéticos, pois quando utilizados, poderá apresentar resultados desfavoráveis, podendo causar resistência do produtor à tecnologia.

As pesquisas em regiões tropicais e semiáridas que avaliem o efeito do *Mulching* sobre a temperatura e umidade do solo e suas propriedades químicas, físicas e biológicas, bem como aspectos ecofisiológicos no desenvolvimento da alface e ainda, aspectos econômicos de produção são temas relevantes que poderão contribuir com a difusão desta tecnologia, orientando sobre a possibilidade de uso dentro do sistema de produção local.

REFERÊNCIAS

1. ADUAN JÚNIOR, René. et al. 2019. Organic methods of control of the invasive plant *Cyperus rotundus* L. in culture of *Lactuca sativa* L. (mimosa var) in an ecological agrosystem. ***O Mundo da Saúde***, v. 43, n. 1, p. 9-24. DOI: 10.15343/0104-7809.20194301009024.
2. ALMEIDA, Willian. et al. 2015. Drip pulses and soil mulching effect on american crisphead lettuce yield. ***Revista engenharia agrícola***. v. 35, n. 6, p. 1009-1018. DOI: 10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v35n6p1009-1018/2015.
3. AQUINO, Cárita Rodrigues de. et al. 2014. Produção e tolerância ao pendoamento de alface-romana em diferentes ambientes. ***Revista Ceres***, v. 61, n. 4, p. 558-566. DOI: 10.1590/0034-737X201461040016.

4. AZIZ, Ahsan. et al. 2019. Impact of mulching materials on weeds dynamics, soil biological properties and lettuce (*Lactuca sativa* L.) productivity. *International Journal of Botany Studies*, v. 4., n. 4, 128-134.
5. BLIND, Ariel Dotto; SILVA FILHO, Danilo Fernandes. 2015. Desempenho de cultivares de alface americana cultivadas com e sem mulching em período chuvoso da Amazônia. *Revista Agro@ambiente*, v. 9, n. 2, p. 143-151. DOI: 10.18227/1982-8470ragro.v9i2.2183.
6. BRUNINI, O. et al. 1976. Temperatura-base para alface cultivar "white boston", em um sistema de unidades térmicas. *Bragantia*, v. 35, n. 1, p. 213-219. DOI: 10.1590/S0006-87051976000100019.
7. CARDOSO, Deise Lúcia. et al. 2020. Soil mulch in control of soil temperature and incidence of weeds in the production of crisphead lettuce. *Research, Society and Development*, v. 9, n. 11, e1869119729. DOI: 10.33448/rsd-v9i11.9729.
8. CARVALHO, Jimmy Elízio de. et al. 2005. Cobertura morta do solo no cultivo de alface cv. Regina 2000, em Ji-Paraná/RO. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 29, n. 5, p. 935-939, 2005. DOI: 10.1590/S1413-70542005000500003.
9. CHINTA, Yufita Dwi. 2020. Availability of nitrogen supply from cover crops during residual decomposition by soil microorganisms and its utilization by lettuce (*Lactuca sativa* L.). *Scientia Horticulturae*, v. 270, n. 1, e109415. DOI: 10.1016/j.scienta.2020.109415.
10. COELHO, Maria Eliane Holanda. 2013. Coberturas do solo sobre a amplitude térmica e a produtividade de pimentão. *Planta Daninha*, v. 31, n. 2, p. 369-378. DOI: 10.1590/S0100-83582013000200014.
11. FAO: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2019. *Production quantities of Lettuce and chicory by country*. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize>>. Acesso em: 24 fevereiro. 2021.
12. FRANQUERA, Edson; Mabesa, Renato. 2016. Colored plastic mulch effects on the yield of lettuce (*Lactuca sativa* L.) and soil temperature. *Journal of Advanced Agricultural Technologies*, v. 3, n. 3, p. 155-159. Doi: 10.18178/joaat.3.3.155-159.
13. FOWLER, J., DUKE, M., SCHMIDT, M. L., CRABTREE, B., BAGBBY, R. M. & ETRAINER, E. **Dewatering sewage sludge and hazardous sludge with geotextile tubes**. Proceedings of the 7th International Conference on Geosynthetics, Nice, France.2002, p. 1007–1012.
14. GHESHM, Rahmatalla; BROWN, Rebecca Nelson. 2020. Compost and black polyethylene mulches improve spring production of romaine lettuce in Southern New England. *American Society for Horticultural Sciences*, v. 30, n. 4, p. 510-518. DOI: 10.21273/HORTTECH04594-20.

15. GONÇALVES, Alexandre Oliveira. et al. 2005. Efeitos da cobertura do solo com filme de polietileno azul no consumo de água da cultura da alface cultivada em estufa. *Engenharia Agrícola*, v. 25, n. 3, p. 622-631. DOI: 10.1590/S0100-69162005000300007.
16. GHIMIRE, Shuresh. et al. 2018. The use of biodegradable mulches in pie pumpkin crop production in two diverse climates. *HortScience*, v. 53, n. 3, p. 288-294. DOI: 10.21273/HORTSCI12630-17.
17. HENZ, Gilmar Paulo; SUINAGA, Fábio. 2009. *Tipos de alface cultivados no Brasil*. Brasília: Embrapa Hortaliças. 7p.
18. IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2020. *Censo Agropecuário*. Disponível em: <<https://censos.ibge.gov.br/agro/2017/>>. Acesso em: 07 Março. 2021.
19. IJOYAH, Michael Ojore; KOUTATOUKA, Mohamed. 2009. Effect of soil solarization using plastic mulch in controlling root-knot nematode (*Meloidogyne* spp.) infestation and yield of lettuce at Anse Boileau, Seychelles. *African Journal of Biotechnology*, v. 8, n. 24, p. 6787-6790.
20. JAHAN, Mohammad Shah. et al. 2018. Impacts of plastic filming on growth environment, yield parameters and quality attributes of lettuce. *Notulae Scientia Biologicae*, v. 10, n. 4, p. 522-529. DOI: 10.25835/nsb10410342.
21. JARDIM, Heloísa Maria da Cruz; ARAÚJO, Fábio Fernando de. 2017. Alterações na microbiologia do solo e cultivo de alface (*Lactuca Sativa* L.), em função da cobertura do solo com palhadas. *Colloquium Agrariae*, v. 13, n. 3, p. 22-29. DOI: 10.5747/ca.2017.v13.nesp.000166.
22. LANDINI, Fernando Pablo. 2015. Problemas enfrentados por extensionistas rurais brasileiros e sua relação com suas concepções de extensão rural. *Ciência Rural*, v. 45, n. 2, p. 371-377. DOI: 10.1590/0103-8478cr20140598.
23. LONGHINI, Kléber Lopes. et al. 2019. Avaliação do reaproveitamento de resíduos vegetais na produção de alface, visando o aumento de atributos biométricos. *Revista Brasileira de Agroecologia*, v. 14, n. 4, p. 120-125. DOI: 10.33240/rba.v14i4.22977.
24. MENESES, Natália Barreto. et al. 2016. Crescimento e produtividade de alface sob diferentes tipos de cobertura do solo. *Revista Agro@ambiente*, v. 10, n. 2, p. 123-129. DOI: 10.18227/1982-8470ragro.v10i2.3009.
25. MOSTAFA, Hossan. et al. 2019. Enhance of water use efficiency, productivity and quality of lettuce (*Lactuca sativa* L.). *Middle East Journal of Applied Sciences*, v. 9, n. 2. p. 464-473.
26. OLIVEIRA, Fábio de. et al. 2008. Avaliação de coberturas mortas em cultura de alface sob manejo orgânico. *Horticultura Brasileira*, v. 26, n. 2, p. 216-220. DOI: 10.1590/S0102-05362008000200017.

27. QUEIROGA, Roberto Cleiton. et al. 2002. Utilização de diferentes materiais como cobertura morta do solo no cultivo do pimentão. *Horticultura Brasileira*, v. 20, n. 3, p. 416-418. DOI: 10.1590/S0102-05362002000300003.
28. REGHIN, Marie Yamamoto. et al. 2002. Produção de alface utilizando coberturas do solo e proteção de plantas. *Scientia Agraria*, v. 3, n. 1-2, p. 69-77. DOI: 10.5380/rsa.v3i1.1033.
29. RIBAS, Giovana. et al. 2015. Temperatura do solo afetada pela irrigação e por diferentes coberturas. *Revista Engenharia Agrícola*, v. 35, n. 5, p. 817-828. DOI: 10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v35n5p817-828/2015.
30. SANTOS, Marcelo Rocha; BRITO, Cleiton Fernando Barbosa. 2016. Irrigação com água salina, opção agrícola consciente. *Revista Agrotecnologia*, v. 7, n. 1, p. 33-41. DOI: 10.12971/5175.
31. SATYAMURTHY, R. & BHATIA, S. K. Experimental evaluation of geotextile dewatering performance. *Proceedings of Geosynthetics '09*, Utah, USA, p. 464–473, 2009.
32. SENA, Carolina Carvalho Rocha. et al. 2020. Soil mulching and deficit irrigation with wastewater in the quality of Italian zucchini. *Journal of Neotropical Agriculture*, v. 7, n. 3, p. 73-80. DOI: 10.32404/rean.v7i3.4411.
33. SHOAIIB, Muhammad. et al. 2012. Review: Effect of temperature and water variation on tomato (*Lycopersicon esculentum*). *International Journal of Water Resources and Environmental Sciences*, v. 1, n. 3, p. 82-93. DOI: 10.5829/idosi.ijwres.2012.1.3.1113.
34. SILVA, Elio da. et al. 1999. Relação entre coeficientes de cultura e graus-dia de desenvolvimento da alface. *Horticultura Brasileira*, v. 17, n. 2, p. 134-142. DOI: 10.1590/S0102-05361999000200012.
35. TAIZ, Lincoln. et al. 2017. *Fisiologia e desenvolvimento vegetal*. 6ª Ed. Porto Alegre: Artmed, 888p.
36. TBCA: Tabela Brasileira de Composição de Alimentos. 2021. *Alface, crua, Lactuca sativa L.* Disponível em: <http://www.tbca.net.br/base-dados/int_composicao_estatistica.php?cod_produto=C0009B>. Acesso em: 02 março. 2021.
37. TOSIC, Ivana. et al. 2019. Effect of geotextile and agrotexile covering on productivity and nutritional values in lettuce. *Chilean Journal of Agricultural Research*, v. 79, n. 4, p. 523-530. DOI: 10.4067/S0718-58392019000400523.
38. VARGAS, Pablo Forlan. et al. 2017. Performance of crispy lettuce cultivars in different soil covers. *Comunicata scientiae*, v. 8n. 4, p. 514-520. DOI: 10.14295/CS.v8i4.1942.
39. VRIES, I.M. Origin and domestication of *Lactuca sativa* L. *Genetic Resources and Crop Evolution*, v. 44, n. 2, p. 156-174. DOI: 10.1023/A:1008611200727.

40. YOONG, Fei-Yian. et al. 2016. Genetic variation for thermotolerance in lettuce seed germination is associated with temperature-sensitive regulation of ETHYLENE RESPONSE FACTOR1 (ERF1). *Plant Physiology*, v. 170, n. 5, p. 472-488. DOI: 10.1104/pp.15.01251.
41. YORDANOVA, Milena; NIKOLOV, Asen. 2017. Influence of plant density and mulching on growth and yield of lettuce (*Lactuca sativa* var. Romana L.). *International Journal of Environmental & Agriculture Research*, v. 3, v. 10, p. 10-14. DOI: 10.25125/agriculture-journal-IJOEAR-OCT-2017-1.
42. ZHOU, Jing. et al. 2020. Photosynthetic characteristics and growth performance of lettuce (*Lactuca sativa* L.) under different light/dark cycles in mini plant factories. *Photosynthetica*, v. 58, n. 3, p. 740-747. DOI: 10.32615/ps.2020.013.
43. ZIECH, Ana Regina Dahlem. et al. 2014. Cultivo de alface em diferentes manejos de cobertura do solo e fontes de adubação. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 18, n. 9, p. 948-954. DOI: 10.1590/1807-1929/agriambi.v18n09p948-954.

**Estimate of the number of experiments and importance of
morphoagronomic characters in lettuce**

*Artigo submetido e publicado pelo periódico Amazonian Journal of Agricultural and
Environmental Sciences*

Disponível em: <https://ajaes.ufra.edu.br/index.php/ajaes/article/view/3508>

Estimate of the number of experiments and importance of morphoagronomic characters in lettuce

Estimativa do número de experimentos e importância de caracteres morfoagronômicos em alface

José Anderson Soares Barros¹, Marcelo Cavalcante^{2*}

^{1,2} Instituto Federal de Alagoas (IFAL), Programa de Mestrado Profissional em Tecnologias Ambientais (PPGTEC), Rua Lourival Alfredo, 176, Poeira, 57160-000, Marechal Deodoro, Alagoas, Brasil.

¹<https://orcid.org/0000-0002-5194-9297>

²<https://orcid.org/0000-0002-0722-0618>

*Corresponding author: marcelo.cavalcante@ifal.edu.br

ABSTRACT: In scientific research, the repetition of the experiment and the selection of variables-response improve the precision of the results and make the conclusions more assertive, allowing generalizations from the joint analysis. However, there are no official rules about how many times experiment should be repeated, as well as which variables best discriminate the evaluated treatments. For this reason, this research aimed to estimate the number of repetitions of experiments and indicate the importance of morphoagronomic characters of lettuce cv. 'Veneranda'. Data from four experiments were considered, in which four soil covers were evaluated (SoilTain DW[®] geosynthetic blanket, white and black polypropylene mulching and uncovered soil) in the completely randomized design, with five replications. The number of experiments was estimated by the repeatability coefficient and the importance of the characters, estimated by Singh criteria. In general, the repeatability coefficients were of medium magnitude, in which the number of measurements ranged from 1 to 9 experiments and, for yield, four experiments are enough to accurately indicate the best treatments. The most discriminant variables were the number of leaves (39.47%) and their length (20.79%) and plant height (17.06%); leaf width and root mass variables may be discarded in future studies (0% contribution). The results indicate that the execution of a single experiment, common in lettuce researches, does not allow accurate conclusions, and should be a criterion to be considered in the experimental planning.

Keywords: *Lactuca sativa* L., principal components, repeatability coefficient, soil covers.

RESUMO: Na pesquisa científica, a repetição do experimento e a seleção das variáveis-resposta melhoram a precisão dos resultados e tornam mais assertiva as conclusões, possibilitando generalizações a partir da análise conjunta. Porém, não há informações quanto ao número de vezes que o experimento deverá ser conduzido, nem quais as variáveis que melhor discriminam os tratamentos avaliados. Por esta razão, nesta pesquisa, objetivou-se estimar o número de repetições de experimentos e indicar a importância de caracteres morfoagronômicos da alface cv. Veneranda. Foram considerados os dados de quatro experimentos, em que foram avaliadas quatro coberturas do solo (manta geossintética SoilTain DW[®], mulching de polipropileno branco e preto, e o solo descoberto) no delineamento inteiramente casualizado, com cinco repetições. O número de experimentos foi estimado pelo coeficiente de repetibilidade e a importância dos caracteres, pelo critério de Singh. Em geral, os coeficientes de repetibilidade foram de média magnitude, em que o número de experimentos variou de 1 a 9, sendo que, para a produtividade, quatro experimentos são suficientes para indicar, com acurácia, os melhores tratamentos. As variáveis mais discriminantes foram o número de folhas (39,47%) e seu comprimento (20,79%) e a altura da planta (17,06%); largura foliar e massa da raiz poderão ser descartadas em futuros estudos em cultivos de alface (0% de contribuição). Os

resultados indicam que a execução de um único experimento, comum em pesquisas com alface, não permite conclusões acuradas, devendo ser um critério a ser considerado no planejamento experimental.

Palavras-chaves: *Lactuca sativa* L., componentes principais, coeficiente de repetibilidade, coberturas do solo.

1 Introduction

Lettuce (*Lactuca sativa* L.), an annual herbaceous species, can be cultivated in a protected environment or at open field, allowing its cultivation in almost the whole world, with China, United States of America and India standing out as the largest producers, with 16.3, 3.7 and 1.3 million megagrams (FAO, 2021). Brazil has 108.4 thousand establishments that grow lettuce, with production of 671.5 thousand megagrams, highlighting the Southeast, South and Northeast regions, for concentrating 64.1, 16.2 and 10.5% of the national production, respectively (IBGE, 2020).

Considering the increasing demand, the development of new cultivars adapted to different agroecosystems (Carvalho *et al.*, 2020), with more attractive nutritional properties and tolerant to diseases (Jacinto *et al.*, 2020) are objectives of the breeding program. The evaluation of cultivars in different production systems (Silva *et al.*, 2011, Souza *et al.*, 2020) and also, the use of soil covers (Frias *et al.*, 2017) are management practices that have been researched. However, the short experimental period of the researches does not lead to accurate information, considering the environmental variations within and between years.

In scientific research, the repetition of the experiment allows to evaluate the influence of environmental variation on morphoagronomic characters of plants. It also allows to increase the experimental precision, because, in the joint analysis, the residual degrees of freedom are increased, making the F-calculated values more precise. However, carrying out experiments demands physical, human and financial resources that, in most cases, are scarce (Diel *et al.*, 2020). Therefore, it is important, in the experimental planning phase, to define the number of repetitions of the experiment, associating precision in the results and efficiency in carrying out the research.

Despite its importance, there are no official rules about how many times experiment must be repeated. By allowing the estimation of the number of measurements that should be carried out in each experimental unit, the repeatability analysis has been used in annual and perennial species (Resende, 2002). However, it can be useful in estimating the number of experiments that should be performed. With this, trustworthy results are obtained, passive to generalizations, time and labor reduction and the optimization of financial resources.

Few studies were dedicated to indicating the number of repetitions of experiments, highlighting the one by Cargnelutti Filho *et al.* (2006), who evaluated the effectiveness of nine

experiments with *Phaseolus vulgaris* L. cultivars, in which seven would already be enough to identify superior ones; by Benin *et al.* (2014), who evaluated 285 experiments of *Triticum* spp. installed in 31 locations, showing that the number of trials, 8 to 14, depending on the location, would be sufficient; and Mendes & Ramalho (2018), who evaluated 25 *P. vulgaris* lines in 36 environments, different growing seasons and years, in which they recommended a minimum of 12 environments to observe the phenotypic stabilization of the genotypes. In relation to the lettuce crop, there are no references in the national or international literature with the use of repeatability analyses.

The selection of the variables-response is one of the main steps, because problems related to the type of variable (quali-quantitative), the presence of correlation and multicollinearity, heterocedasticity can derail the use or reduce the efficiency of biometric models, with reflections on the conclusions. Therefore, the selection of discriminatory variables reduces time and resources (human, physical and financial) to the project, making it more efficient. Singh's criterion informs the relative importance of the variable, indicating those that are less discriminating, enabling its discard (Cruz *et al.*, 2020). When associated with the analysis of correlation and multivariate method, such as Tocher, it will allow a more accurate decision.

Despite the edaphoclimatic differences in the producing regions and the various types of lettuce cultivated, our results may awaken in researchers the need to repeat the experiment, making the project more efficient, with precise and accurate results. This research aimed to estimate the number of experiments and the importance of morphoagronomic variables-response of lettuce cv. 'Veneranda'.

2 Materials and Methods

The research was conducted between 2020 and 2021 on a commercial property under the organic production system (MAPA n° 13966), located in the village of Flexeiras (9° 47' 50.92" S; 36° 36' 14.63" W), with 237 m a.s.l, rural area of Arapiraca, BSh Köppen climate, semi-arid region of the State of Alagoas, Brazil. The soil of the experimental area was classified as Acriferric Yellow Latosol.

The experimental area, flat topography, homogeneous color, without a history of agricultural use, after systematized, no factors responsible for external variation were found, being therefore considered homogeneous, installing the experiments under the completely randomized design, with four treatments (SoilTain DW[®] geosynthetic blanket, white and black polypropylene mulching, and uncovered soil) and five repetitions. The experimental plot consisted of 42 plants, of which 20 were considered as working area and the others, border.

Four experiments were carried out: 1) 13/Jun to 17/Jul/2020 (autumn-winter); 2) 07/Aug to 14/Sep/2020 (winter); 3) 02/Dec/2020 to 05/Jan/2021 (summer); and 4) 04/Feb to 10/Mar/2021 (summer end). All experiments were installed in the same area. The climate data during the experimental period is shown in Table 1.

Table 1. Mean climate data from the experimental periods in Arapiraca/AL, Brazil.

Tabela 1. Dados médios climáticos dos períodos experimentais em Arapiraca/AL, Brasil.

| Variables | Experiments periods | | | |
|---|---------------------|------------------|------------------|------------------|
| | Jun- Jul/2020 | Aug- Sep/2020 | Dec- Jan/2021 | Feb- Mar/2021 |
| Rainfall (mm) ¹ | 131.5 | 53,3 | 4,3 | 14.0 |
| Minimum temperature (°C) ² | 19.2 | 18.7 | 21.9 | 22.7 |
| Maximum temperature(°C) ² | 27.9 | 28.5 | 33.3 | 34.8 |
| Global solar radiation (Mj m ⁻²) ² | 1.16 | 1.32 | 1.65 | 1.66 |

Source: ¹Arapiraca Department of Agriculture; ²Inmet (2021).

Fonte: ¹Secretaria de Agricultura de Arapiraca; ²Inmet (2021).

Lettuce cv. ‘Veneranda’, crispy type, light green, was used because it is widely cultivated in the region. The SoilTain DW[®] geosynthetic blanket, used in water filtration in water treatment plants, has a black color, 14 mm thickness, high strength and tenacity, with UV protection, inert to biological degradation and resistant to chemical attack, it is a solid residue that one wishes to test its viability as an alternative mulching. Synthetic mulchings, white and black, waterproof, 20 µm thickness, have been used by producers without prior research. Uncovered soil, as a control treatment, predominates in the region’s crops.

The result of the chemical analysis of the soil (0 to 20 cm) presented the following characteristics: pH 6.8 (H₂O); P: 106 mg dm⁻³ (Mehlich); Na and K (Mehlich), Ca + Mg and Al (1N KCl), and H (calcium acetate, pH 7.0): 0.22, 0.23, 5.7, 0 and 0.6 cmol_c dm⁻³, respectively; organic matter: 2.18%; Fe, Cu, Zn and Mn (Mehlich): 162.7, 7.23, 45.55 and 75.94 mg dm⁻³, respectively. Following the recommendations of Cavalcanti (2008), 30 and 40 kg of N/ha were applied at planting and in topdressing, respectively, and 60 kg K₂O/ha at planting, to meet the demand of the crop, using compost organic consisting of castor bean cake and tanned cattle manure (1:1), which presented the following chemical characteristics: organic matter: 42.8%; N: 3.12%; P₂O₅: 0.57%; K₂O: 0.43%; Ca: 1.36%; Mg: 0.81%; Fe, Zn, Cu, Mn with concentrations of 5,200, 93, 25 and 105 mg dm⁻³, respectively.

Soil preparation was carried out with the aid of a rotating hoe coupled to a 6.5 CV tractor, at a depth of 0.15 m. Subsequently, the beds were leveled and prepared in dimensions

of 1.0 x 2.8 m, and 0.10 m in height, adopting a spacing between plants of 0.25 x 0.25 m, equivalent to the initial stand of 123,200 plants/ha. The seedlings were produced in 200-cell trays, with volume of 18 cm³ each, manually placing one seed per cell, in commercial substrate Bioplant 401[®]. The transplanting to the field took 25 days after germination in each experiment.

The foundation fertilization was carried out over the beds. The irrigation system was drip irrigation, with two 16 mm thick polyethylene tapes distributed in the beds, with emitters spaced 0.2 m and flow rate of 1.6 L/h, twice a day (morning and afternoon), for 20 minutes, except on rainy days, following the management adopted by the producer. The irrigation tapes were placed under the ground covers. Weed control was manual, in the control treatment, without soil cover.

The analyzed variables were obtained at the end of each experiment, in which the stand (plants/ha), height (in cm, determined from the collar to the outermost leaf of the plants, with the aid of graduated ruler), the number of commercial leaves/plant, the length and width of all commercial leaves (in cm, using graduated ruler), from three randomly selected plants in the working area of the plot. Shoot fresh mass, root mass (in kg, determined with the aid of a digital scale) and yield for each treatment (in Mg/ha, stand of each treatment x average shoot fresh mass) were evaluated using all the plants in the working area of the plot.

The individual analysis of variance was performed, aiming to evaluate the homoscedasticity of the experiments. From the Hartley test, F-maximum, which assesses the relationship between the highest and the lowest mean square error, a maximum ratio of 4.66 was obtained for shoot mass, which, according to Ferreira (2018), indicates homogeneity of variances residuals, and the four experiments should be included in the joint analysis.

The statistical model $Y_{ij} = \mu + (R/a)_{ik} + t_i + a_j + ta_{ij} + \varepsilon_{ijk}$ was adopted, in which: Y_{ij} corresponds to the phenotypic value of treatment i in environment j ; μ : general mean; $(R/a)_{jk}$: effect of repetitions ($k = 1, 2, \dots, r$) inside environments ($j = 1, 2, \dots, q$); t_i : treatment effect ($i = 1, 2, \dots, p$); a_j : environment effects ($j = 1, 2, \dots, q$); $(ta)_{ij}$: effect of the treatment \times environments interaction; ε_{ijk} : experimental error.

Analysis of variance was performed for each variable between the experiments, adopting the Scott-Knott test in the grouping of means ($p < 0.05$). From the repeatability analysis, through the principal components analysis (covariance and correlation methods), the coefficients and the number of experiments were determined, setting a determination coefficient of 0.85. According to Resende (2002), this parameter varies from 0 to 1 and, when ≥ 0.60 , it has a high magnitude; between ≥ 0.30 and < 0.60 , mean magnitude; and < 0.30 , low magnitude. For the relative contribution (%), the method of Singh, described by Cruz *et al.* (2020), was adopted using the generalized Mahalanobis distance (D^2) as a dissimilarity

measure. Pearson's correlations were performed between the morphoagronomic variables. The similarity between the treatments (soil covers) was determined by the Tocher cluster method using D^2 distance, to assist in discarding variables.

3 Results and Discussion

There was a significant effect ($p < 0.05$) for the interaction soil cover \times experiments for all variables, except for root mass, indicating that these factors, together, promote changes in the behavior of lettuce cv. 'Veneranda' (Anova data not shown). The CV ranged from 1.7% for leaf width to 18.2% for yield (Table 2). According to Lúcio *et al.* (2011), when considering the green mass of plants, there is greater variability within the experimental unit due to the variation in the water content of each plant, directly influencing the coefficient of variation. This information is corroborated by Paixão *et al.* (2016), in which there was reduction in 10.7% in the CV between green mass and dry mass of lettuce.

Table 2. Average values of each variable evaluated in lettuce cv. 'Veneranda' in each of the experiments. Average of four treatments and five repetitions.

Tabela 2. Valores médios de cada variável avaliada na alface cv. Veneranda em cada período experimental. Média de quatro tratamentos e cinco repetições.

| Variables | Experiments periods | | | | CV (%) |
|-----------------------|---------------------|-------------|---------------|-------------|--------|
| | Jun-Jul/20 | Aug-Sep/20 | Dec/20-Jan/21 | Feb-Mar/21 | |
| Stand (plants/ha) | 103,400.0 b | 107,387.5 a | 109,037.5 a | 106,287.5 a | 2.4 |
| Height of plants (cm) | 19.2 b | 23.5 a | 18.8 b | 18.9 b | 6.7 |
| N° leaves | 13.9 c | 18.4 a | 17.1 b | 19.1 a | 8.2 |
| Leaf length (cm) | 16.2 b | 17.7 a | 15.5 c | 14.5 d | 2.6 |
| Leaf width (cm) | 13.9 c | 15.5 a | 14.3 b | 13.5 d | 1.7 |
| Shoot mass (g) | 129.3 d | 233.2 a | 171.2 b | 147.8 c | 16.7 |
| Root mass (g) | 9.3 b | 12.3 a | 10.2 b | 8.9 b | 11.4 |
| Yield (Mg/ha) | 13.4 d | 25.0 a | 18.7 b | 15.9 c | 18.2 |

Means followed with the same letter horizontally belong to the same group by the Scott-Knott test ($p < 0.05$). CV: coefficient of variation.

Médias seguidas com letras iguais na horizontal pertencem ao mesmo grupo pelo teste Scott-Knott ($p < 0,05$). CV: coeficiente de variação.

The execution of the four experiments allowed observing the environmental effect on the morphoagronomic characters of lettuce (Table 2). It was observed that the 2nd experiment promoted the highest mean values in all variables. During this experimental period, 53.3 mm

of rainfall was recorded (Table 1), so that the crop's water demand, estimated at 124 mm during the cycle (Magalhães *et al.* 2015), was supplied by irrigation. The minimum and maximum temperatures, 18.7 and 28.4°C, respectively, associated with luminosity can explain the better performance of the 'Veneranda' cultivar in this period, allowing a high yield (Table 2).

In the 1st experiment rained 131.5 mm, however, poorly distributed, in which, in the first four days, precipitation of 53% (66 mm) was observed, reflecting in the reduction of the stand (seedlings dead), shoot mass and yield (Table 2). According to the sigmoid growth curve, the phenological phase of vegetative development, which presents greater leaf area, photosynthesis and transpiration, corresponds to the moment of greater water demand.

The stadium starts to the 16th day after planting (crop coefficient, Kc: 1.0), according to Santana *et al.* (2016), which evaluated the 'Vera' cultivar in Uberaba/MG. Silva *et al.* (2015) observed reduction of 91.3% and 66.6% in the yield of the 'Vera' and 'Babá de Verão' cultivars, in the rainy and dry periods, respectively. The authors attributed this effect to excess water, for altering the chemical, physical and biological balance of the soil, in addition to promoting physical damage to leaves due to drops and splashes of rain, and greater susceptibility to the onset of diseases.

Lettuce is a species of C₃ photosynthetic metabolism which, despite the existence of genes that confer thermotolerance (Yoong *et al.* 2016) and the 'Veneranda' cultivar is tolerant to bolting, typical at high temperatures, it is possible that the increase in temperature above 30°C associated with global solar radiation (Table 1), common to the region's semi-arid climate, may have promoted photorespiration and thermal stress, reflecting in higher energy expenditure and reduction of the characters evaluated in the 3rd and 4th experiment.

Considering that this is an organic production system, without the addition of synthetic fertilizers, it is possible that the low mineralization of organic matter has not met the nutritional demand of the 'Veneranda' cultivar. Also in the organic system, Silva *et al.* (2015) observed yield in the dry period of 5.9 and 7.6 Mg/ha of 'Vera' and 'Babá de Verão' cultivars, respectively. Higher yields were observed by Meneses *et al.* (2016), in Sergipe/Brazil, using mineral and organic fertilizers and black mulching, with yield of 49.0 Mg/ha for 'Vera' cultivar.

In general, the repeatability coefficients were of medium magnitude, according to the classification by Resende (2002). Using the covariance method, the coefficients ranged from 0.31 for shoot mass to 0.86 for root mass. By the correlation method, it ranged from 0.25 (low magnitude) for the number of leaves to 0.81 for the root mass (Table 3). The lower the repeatability coefficient, the lower the regularity of the variable studied between production cycles (experiments). Therefore, the variables root mass and plant height showed greater regularity (Table 2), reflecting in the high magnitude repeatability coefficients and in the low

number of measurements (Table 3). This information is in agreement with Cargnelutti Filho *et al.* (2006), who observed an inverse relationship between the repeatability coefficient and the number of experiments.

Table 3. Estimates of repeatability (R) and determination (R^2) coefficients and number of experiments by principal component analysis using covariance and correlation methods.

Tabela 3. Estimativas dos coeficientes de repetibilidade (R) e de determinação (R^2) e número de experimentos pela análise dos componentes principais usando os métodos da covariância e correlação.

| Variables | Principal component analysis | | | | | |
|------------------|------------------------------|-------|----------------|-------------|-------|----------------|
| | Covariance | | | Correlation | | |
| | R | R^2 | Nº experiments | R | R^2 | Nº experiments |
| Stand | 0.40 | 0.73 | 5.7 | 0.41 | 0.73 | 5.7 |
| Height of plants | 0.75 | 0.92 | 1.8 | 0.43 | 0.75 | 7.5 |
| Nº leaves | 0.61 | 0.84 | 4.9 | 0.25 | 0.77 | 16.9 |
| Leaf length | 0.57 | 0.84 | 4.2 | 0.53 | 0.82 | 4.9 |
| Leaf width | 0.39 | 0.72 | 6.1 | 0.48 | 0.78 | 4.2 |
| Shoot mass | 0.31 | 0.75 | 8.8 | 0.30 | 0.73 | 9.3 |
| Root mass | 0.86 | 0.96 | 0.6 | 0.81 | 0.95 | 0.9 |
| Yield | 0.50 | 0.80 | 3.9 | 0.46 | 0.77 | 4.7 |

According to the coefficients of determination associated with the estimates of the repeatability coefficients, all presented high magnitude ($R^2 > 0.72$), regardless of the method used and the variable analyzed (Table 3), indicating that the number of experiments will allow us to indicate, with accuracy, the best treatment (soil cover).

The yield is the most important response-variable. Using the covariance method, a repeatability coefficient of 0.5 (mean magnitude) was obtained, indicating average regularity between production cycles (Table 2), in which 3.9 (4.0) experiments are sufficient to indicate the best treatment, with 80% reliability (R^2). Increasing the number of experiments will imply little gain in accuracy. However, it will reflect an increase in project costs and labor.

The ‘Veneranda’ cultivar consists of a genetically stable material. Although, in cases where the genotypes are still in the breeding phase, with genetic variability, it is expected that the values of the repeatability coefficient have a low magnitude, reflecting a greater number of measurements and experiments, since this parameter (R) varies with the environmental

conditions and with the genetic properties of the population studied.

The most important characters in the discrimination of treatments were the number of leaves, leaf length and plant height, respectively, accumulating 77.32% of the total data variation, according to Singh's criteria (Table 4).

Table 4. Relative importance (%), according to Singh's criteria, and Pearson correlations of morphoagronomic characters of lettuce cv. 'Veneranda'.

Tabela 4. Importância relativa (%), segundo critério de Singh, e correlações de Pearson de caracteres morfoagronômicos da alface cv. Veneranda.

| | Stand | Height | Leaves | | | Mass | | Yield |
|--------|-------------------------|--------------|--------------|--------------|-------------|--------------|-------------|-------------|
| | | | N° | Length | Width | Shoot | Root | |
| Stand | 1.98¹ | 0.25 | 0.29 | 0.23 | 0.28 | 0.30 | 0.38 | 0.47 |
| Height | | 17.06 | 0.41 | 0.77** | 0.75** | 0.81* | 0.92* | 0.80* |
| NL | | | 39.47 | 0.04 | 0.28 | 0.62* | 0.22 | 0.64* |
| Length | | | | 20.79 | 0.88** | 0.67* | 0.86** | 0.66* |
| Width | | | | | 0.00 | 0.82* | 0.99** | 0.81* |
| SM | | | | | | 11.58 | 0.96** | 0.98* |
| RM | | | | | | | 0.00 | 0.94* |
| Yield | | | | | | | | 9.12 |

¹Relative importance in diagonal (bold). ** and *: significant to 1 and 5%, respectively. NL: number of leaves; SM: shoot mass; RM: root mass.

¹Importância relativa na diagonal (negrito). ** e *: significativo a 1 e 5%, respectivamente. NL: Número de folhas; SM: massa da parte aérea; RM: massa da raiz.

The leaf width and root mass variables presented zero contribution values (Table 4), in agreement with Azevedo *et al.* (2013), which also obtained a low relative contribution for the variables shoot mass (1.85%) and root mass (4.64%), however, similar for plant height (26.7%). For the number of leaves, Silveira *et al.* (2019) observed a contribution of 25.3%, similar to the results of this research, indicating that this is an important variable when evaluating morphoagronomic characters of lettuce.

Using Tocher's multivariate clustering method, three dissimilar groups were formed: I: geosynthetic blanket and black mulching; II: white mulching; and III: uncovered soil. The 1st group, both dark covers, had a similar influence on the morphoagronomic characters of lettuce cv. 'Veneranda', mainly due to the effect on soil temperature, making it higher, as observed by Oliveira *et al.* (2021), also in Arapiraca/AL, with soil temperature of 41.5°C (geosynthetic

blanket), observed reduction of stand and yield of *Capsicum annuum* L. This temperature increase occurs due to less reflection and greater absorption and transmission of solar energy on dark surfaces (Jahan *et al.*, 2018).

When performing the Tocher cluster, discarding the leaf width and root mass variables, there was no change in the formation and original composition of the groups, indicating that these characters could be discarded in future studies of soil cover. In addition to this aspect, the variable leaf width is directly related to by shoot mass and yield; root mass is directly related to plant height, leaf length, shoot mass and yield, considering that these variables have a high magnitude and positive linear correlation (Table 4).

Despite the edaphoclimatic conditions of the producing regions and the diversity of types of lettuce that are cultivated in the World, the results showed that the interaction of soil cover \times experiments influence the morphoagronomic characters of the ‘Veneranda’ cultivar, with reflections on the number of repetitions of the experiments and also, on the importance of the variables-response. This information may help researchers during the experimental planning, by demonstrating the need to repeat the experiments and that the selection of variables will be able to discriminate, more assertively, the evaluated treatments, maximizing physical, human and financial resources.

4 Conclusion

The estimated number of experiments varies from 1 to 9, according to the studied response-variable. For yield, four experiments are enough. The most discriminating variables are the number of leaves, leaf length and plant height. Leaf width and root mass may be discarded in future evaluations. The results show that a single evaluation cycle (experiment) is not enough to promote accurate estimates of morphoagronomic variables in lettuce cv. ‘Veneranda’. This information can be useful when experiments planning with lettuce.

Acknowledgments: The authors would like to thank the partnership between the Municipal Administration of Arapiraca, from the Rural Development Secretariat, by technical support; the Agreste Saneamento S/A, by Soiltain DW[®] geotextile blanket donation; and the family rural producer, Edvan Barbosa de Melo, for the availability of the physical, logistical and human structure, essential to the execution of this research.

Author’s contribution: José Anderson Soares Barros: Conceptualization, Formal analysis, Writing – original draft and editing; Marcelo Cavalcante: Data curation, Supervision, Project administration and Writing – review.

Financing source: There was no financial support from funding agencies to conduct the research.

Conflict of interest: The authors declare no conflict of interest.

Associate editor: Allan Klynger da Silva Lobato.

References

AZEVEDO, A. M.; ANDRADE JÚNIOR, V. C.; OLIVEIRA, C. M.; FERNANDES, J. S. C.; PEDROSA, C. E.; DORNAS, M. F. S.; CASTRO, B. M. C. Seleção de genótipos de alface para cultivo protegido: divergência genética e importância de caracteres. **Horticultura Brasileira**, v. 31, n. 2, p. 260-265, 2013. DOI: 10.1590/S0102-05362013000200014.

BENIN, G.; STORCK, L.; MARCHIORO, V. S.; FRANCO, F. A.; TREVIZAN, D. M. Número ótimo de ensaios de competição de trigo em diferentes regiões de adaptação. **Ciência Rural**, v. 44, n. 2, p. 247-252, 2014. DOI: 10.1590/S0103-84782013005000152.

CARGNELUTTI FILHO, A.; RIBEIRO, N. D.; JOST, E. Número necessário de experimentos para a comparação de cultivares de feijão. **Ciência Rural**, v. 36, n. 6, p. 1701-1709, 2006. DOI: 10.1590/S0103-84782006000600006.

CARVALHO, P. H. M. S.; OLIVEIRA, G. M.; ROCHA, R. C.; PEREIRA, J. E.; CARVALHO, T. S.; PEREIRA, A. L. L. V. Performance of lettuce cultivars under different production environments. **Journal of Experimental Agriculture International**, v. 42, n. 9, p. 48-55, 2020. DOI: 10.9734/jeai/2020/v42i930586.

CAVALCANTI, F. J. A. **Recomendação de adubação para o Estado de Pernambuco: 2ª aproximação**. 2ª Ed. Recife: Instituto Agrônomo de Pernambuco, 2008. 212 p.

CRUZ, C. D.; FERREIRA, F. M.; PESSONI, L. A. **Biometria aplicada ao estudo da diversidade genética**. 1ª Ed. Viçosa: UFV, 2020. 626 p.

DIEL, M. I.; LÚCIO, A. D.; OLIVOTO, T.; PINHEIRO, M. V. M.; KRYSCZUN, D. K.; SARI, B. G.; SCHMIDT, D. Repeatability coefficients and number of measurements for evaluating traits in strawberry. **Acta Scientiarum.Agronomy**, v. 42, n. 1, e43357, 2020. DOI: 10.4025/actasciagron.v42i1.43357.

FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Production quantities of Lettuce and chicory by country**. 2021. Available at: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize>. Access on: 10 Jun. 2021.

FARIAS, D. B. S.; LUCAS, A. A. T.; MOREIRA, M. A.; NASCIMENTOS, L. F. A.; SÁ FILHO, J. C. F. Cobertura do solo e adubação orgânica na produção de alface. **Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v. 60, n. 2, p. 173-176, 2017. DOI: 10.4322/rca.2493.

FERREIRA, P. V. **Estatística experimental aplicada às Ciências Agrárias**. 1ª Ed. Viçosa: Editora UFV, 2018. 590 p.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Agropecuário**. 2020. Available at: <https://censos.ibge.gov.br/agro/2017>. Access on: 07 Mar. 2021.

INMET - INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Dados históricos anuais**. 2021. Available at: <https://portal.inmet.gov.br/dadoshistoricos>. Access on: 10 Jun. 2021.

JACINTO, A. C. P.; SILVEIRA, A. J.; SILVA, I. G.; CASTOLDI, R.; FRANCO, C. A.; FINZI, R. R.; MARIN, M. V.; BRAZ, L. T.; MACIEL, G. M. Comparison of methods to evaluate resistance of lettuce genotypes against *Bremia lactucae*. **Australian Journal of Crop Science**, v. 14, n. 8, p. 1283-1287, 2020. DOI: 10.21475/ajcs.20.14.08.p2435.

JAHAN, M. S.; SARKAR, D.; CHAKRABORTY, R.; SOLAIMAN, A. H. M.; AKTER, A.; SHU, S.; GUO, S. Impacts of plastic filming on growth environment, yield parameters and quality attributes of lettuce. **Notulae Scientia Biologicae**, v. 10, n. 4, p. 522-529, 2018. DOI: 10.25835/nsb10410342.

MAGALHÃES, F. F.; CUNHA, F. F.; GODOY, A. R.; SOUZA, E. J.; SILVA, T. R. Produção de cultivares de alface tipo crespa sob diferentes lâminas de irrigação. **Water Resources and Irrigation Management**, v. 4, n. 1, p. 41-50, 2015. DOI: 10.19149/2316-6886/wrim.v4n1-3p41-50.

MENDES, M. H. S.; RAMALHO, M. A. P. Repeatability of some phenotypic stability parameters - a resampling approach. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 18, n. 2, p. 139-147, 2018. DOI: 10.1590/1984-70332018v18n2a20.

MENESES, N. B.; MOREIRA, M. A.; SOUZA, I. M.; BIANCHINI, F. G. Crescimento e produtividade de alface sob diferentes tipos de cobertura do solo. **Revista Agro@ambiente**, v. 10, n. 2, p. 123-129, 2016. DOI: 10.18227/1982-8470ragro.v10i2.3009.

OLIVEIRA, S. S.; CAVALCANTE, M.; BARROS, J. A. S. Technical feasibility of geotextile blanket in bell pepper production under different irrigation levels. **Gaia Scientia**, v. 15, n. 2, p. 153-166, 2021. DOI: 10.22478/ufpb.1981-1268.2021v15n2.57597.

RESENDE, M. D. V. **Genética biométrica e estatística no melhoramento de plantas perenes**. 1ª Ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. 975 p.

SANTANA, M. J.; MANCIN, C. A.; RIBEIRO, A. A. Evapotranspiração e coeficiente de cultura para o alface e a rúcula cultivadas em Uberaba-MG. **Revista Inova Ciência e Tecnologia**, v. 1, n. 2, p. 7-13, 2016.

SILVA, E. M. N. C. P.; FERREIRA, R. L. F.; RIBEIRO, A. M. A. S.; ARAÚJO NETO, S. E.; HUSDRA, J. F. Desempenho agrônomico de alface orgânica influenciado pelo sombreamento, época de plantio e preparo do solo no Acre. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 50, n. 6, p. 468-474, 2015. DOI: 10.1590/S0100-204X2015000600005.

SILVA, E. M. N. C. P.; FERREIRA, R. L. F.; ARAÚJO NETO, S. E.; TAVELLA, L. B.; SOLINO, A. J. S. Qualidade de alface crespa cultivada em sistema orgânico, convencional e hidropônico. **Horticultura Brasileira**, v. 29, n. 2, p. 242-245, 2011. DOI: 10.1590/S0102-05362011000200019.

SILVEIRA, A. J.; FINZI, R. R.; CABRAL NETO, L. D.; MACIEL, G. M.; BELOTI, I. F.; JACINTO, C. P. Genetic dissimilarity between lettuce genotypes with different levels of carotenoids biofortification. **Nativa**, v. 7, n. 6, p. 656-660, 2019. DOI: 10.31413/nativa.v7i6.7331.

SOUZA, S. V.; ALMEIDA, M. G. A.; OLIVEIRA, L. E. N.; SABBAG, O. J. Análise do crescimento de alface sob diferentes sistemas de cultivo. **Revista Agricultura Familiar**, v. 14, n. 2, p. 107-120, 2020. DOI: 10.18542/raf.v14i2.8282.

YOONG, F. Y.; O'BRIEN, L. K.; TRUCO, M. J.; HUO, H.; SIDEMAN, R.; HAYES, R.; MICHEMORE, R. W.; BRADFORD, K. J. B. Genetic variation for thermotolerance in lettuce seed germination is associated with temperature-sensitive regulation of ETHYLENE RESPONSE FACTOR1 (ERF1). **Plant Physiology**, v. 170, n. 5, p.472-488, 2016. DOI: 10.1104/pp.15.01251.