

SANTINO SEABRA JÚNIOR

PERFIL BIOQUÍMICO DE COUVES CULTIVADAS EM DIFERENTES AMBIENTES EM
CONDIÇÕES DE ALTAS TEMPERATURAS

Relatório de Pós-doutorado realizado na
Universidade Estadual Paulista (UNESP),
Instituto de Biociências (IBB), Botucatu.

Supervisor(a): Prof. Dr. Giuseppina Pace
Pereira Lima

Botucatu

2023

SUMÁRIO

Resumo.....	4
Resumo das atividades desenvolvidas.....	5
1. Atividades desenvolvidas durante a vigência do projeto.....	5
1.1 Breve relato de atividades desenvolvidas no estágio de pós-doutorado.....	5
1.2 Publicações:.....	6
1.3 Comissões julgadoras.....	7
1.3.1 Doutorado.....	7
1.3.2 Mestrado.....	8
1.3.3 Qualificação de doutorado.....	9
1.3.4 Qualificação de mestrado.....	9
1.4 Participação de evento.....	9
1.5 Docência	9
1.5.1 Disciplinas.....	10
1.6 Orientações	10
1.6.1 Mestrado.....	10
1.6.2 Doutorado.....	11
1.6.3 trabalho de conclusão de curso em agronomia.....	11
2 PESQUISA DESENVOLVIDA NA UNESP – BOTUCATU: Perfil bioquímico de couves cultivadas em diferentes ambientes em condições de altas temperaturas.....	12
2.1. Introdução.....	12
2.2. Objetivos.....	13
2.2.1. Geral.....	13
2.3.2. Específicos.....	14
2.4. Revisão bibliográfica.....	14
2.4.1 couves.....	14
2.4.2 Cultivo protegido	19
2.5. Material e métodos.....	19
2.5.1. Local do desenvolvimento da fase de campo do experimento de cultivo de couve sob diferentes túneis baixo e campo aberto.....	19
2.5.2. Tratamentos e delineamento experimental.....	19
2.5.3. Monitoramento ambiental.....	22
2.5.4. Avaliação dos parâmetros produtivos de couve.....	24
2.5.5. Análises laboratoriais da couve.....	24
2.5.6. Análise estatística dos resultados.....	25
2.6. Resultados e discussão.....	25
2.6.1. Análise microclimática de diferentes ambientes tipo telado e campo aberto para o cultivo da couve.....	25
2.6.2. Análise dos parâmetros produtivos de couve cultivada em diferentes ambientes tipo telado e campo aberto.....	31
2.6.3. Análise dos parâmetros produtivos de couve cultivada em campo aberto e túneis baixos cobertos com malhas de sombreamento.....	32
2.6.4 Análise dos parâmetros bioquímicos de couve cultivada em campo aberto e túneis baixos cobertos com malhas de sombreamento.....	33
2.3. Discussão	43

2.3.1. Parâmetros microclimática dos diferentes ambientes tipo telado e campo aberto.....	43
2.3.2. Parâmetros produtivos de couve cultivada em diferentes ambientes tipo telado e campo aberto.....	46
2.3.3. Clorofila <i>a</i> , clorofila <i>b</i> , antocianina, carotenoides, fenóis totais e flavonoides.....	47
2.3.4. Antioxidantes e enzimas.....	49
2.3.5. Carotenoides.....	50
2.3.6. Aminoácidos.....	52
2.4. Conclusões.....	54
2.5. Referências bibliográficas.....	54

RESUMO

Os fatores ambientais e as técnicas de cultivo podem influenciar na produção, na qualidade e na biossíntese de compostos bioativos de produtos hortícolas. Com isso, o objetivo desta pesquisa é avaliar a influência de diferentes ambientes, tipo túnel baixo coberto com malhas e campo aberto, no conteúdo dos compostos bioquímicos em folhas de couve cultivada sob condições de altas temperaturas. Foram avaliados seis tratamentos, sendo um o cultivo de couve folha sob campo aberto e cinco sob ambientes protegido tipo túnel coberto com malhas preta, prata e vermelha (sombreamento 30%), agrotêxtil e tecido tipo organza. Foram analisadas folhas e quantificados via espectrofotometria: os compostos fenólicos totais, flavonoides, pigmentos (clorofila *a* e *b*, carotenoides e antocianinas), antioxidante pelo DPPH, FRAP, SOD, POD, PPO e proteínas. Foram analisadas através de Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (HPLC) as poliaminas, vitamina C e carotenoides. Foi obtido menor produtividade nos tuneis cobertos com tela vermelha e no agrotêxtil, onde obteve-se aumento da temperatura do ar no agrotêxtil e mudança do espectro de luz na tela vermelha. A tela vermelha proporcionou redução nos teores de clorofila *b*, antocianina, fenóis, na atividade antioxidante DPPH, FRAP nas atividades enzimáticas de POD, PPO e SOD, nos teores de ácido ascórbico, nas aminas biogênicas cadaverina, espermina, triptamina, tiramina e agmatina. Já no agrotêxtil reduziu clorofila *b*, atividade antioxidante DPPH, FRAP, nas atividades enzimáticas de POD, PPO e SOD, nos teores de ácido ascórbico, nos teores de luteína, criptoxantina, α caroteno nas aminas biogênicas cadaverina, espermina, triptamina e agmatina. A malha organza apresentou a melhor produtividade em relação as malhas e confere proteção contra pragas, além de apresentar maiores teores de clorofila *a* e *b*, fenóis, flavonoides, atividade enzimática PPO e SOD, na maioria dos carotenoides e aminas biogênicas. No entanto, para os parâmetros produtivos e indicadores bioquímicos não foram obtidas diferenças quando comparado ao cultivo a campo aberto.

Palavras-chave: *Brassica oleracea* var. *acephala*, atividade antioxidante, poliaminas, fenóis totais, compostos bioativos.

RESUMO DAS ATIVIDADES DESENVOLVIDAS

No período de outubro de 2017 a fevereiro de 2019, foram desenvolvidas atividades de ensino, pesquisa, participação em eventos e treinamento no laboratório. Participei e ministrei aulas na disciplina de bioquímica vegetal em nível de graduação e participei como ouvinte na disciplina de Bioquímica e Fisiologia de Vegetais Pós-Colheita da Pós-Graduação em Horticultura/Agronomia da FCA/UNESP. Além de participar de evento e comissões julgadoras em nível de mestrado e doutorado. Outras atividades realizadas foram a redação de um capítulo de livro e de artigos que foram publicados e outros estão em fase final de redação. Às atividades de pesquisa propostas foram cumpridas, seja no campo ou nas análises laboratoriais. Das análises, somente o glicosilatos e a glutatona apresentaram dificuldades de serem realizados e foram substituídos pela POD, PPO e SOD.

1. ATIVIDADES DESENVOLVIDAS DURANTE A VIGÊNCIA DO PROJETO

1.1 BREVE RELATO DE ATIVIDADES DESENVOLVIDAS NO ESTÁGIO DE PÓS-DOCTORADO

As atividades desenvolvidas no período de estágio de pós-doutorado consistiram no desenvolvimento da pesquisa com foco nas análises de compostos bioquímicos em couve-folhas produzidas em diferentes ambientes tipo túnel. Porém, também foram realizadas diversas atividades de pesquisas estudando os compostos funcionais no tomate e outras hortaliças. Ambas as atividades contribuíram na minha formação como pesquisador, possibilitaram um treinamento para atuação em análises laboratoriais, sejam físico-químicas ou bioquímicas. Também participei como estagiário na disciplina de graduação intitulada 'Bioquímica vegetal' do curso de Engenharia Florestal e na pós-graduação 'Bioquímica e Fisiologia de Vegetais Pós-colheita'. Além disso, foi realizada oficinas de treinamento com a equipe do laboratório. Após o estágio obtivemos êxito na aprovação de diversos projetos para instituição onde atuo como professor no curso de agronomia e nos cursos de pós-graduação (PPGBIOAGRO e PPGASP). Quanto a produção científica tivemos foram publicados de diversos artigos em revistas de alto impacto, produzimos também um capítulo de livro e estamos em fase de redação de outros artigos sob orientação da professora Dra. Giuseppina Pace Pereira Lima. Outras atividades que desenvolvi na UNESP, foi a coorientação de dissertação e tese no programa PPG Horticultura e ainda orientei mestrados nos programas de mestrado em que atuo.

1.2 PUBLICAÇÕES:

a) Artigos científicos

-Publicados:

1- SEABRA JÚNIOR, Santino; CASAGRANDE, J. G.; TOLEDO, C. A. L.; PONCE, F. S.; FERREIRA, F. S.; ZANUZO, M. R.; DIAMANTE, M. S.; LIMA, G. P. P.. Selection of thermotolerant Italian tomato cultivars with high fruit yield and nutritional quality for the consumer taste grown under protected cultivation. *SCIENTIA HORTICULTURAE*, v. 291, p. 110559, 2022.

2- LIMA, GIUSEPPINA PACE PEREIRA ; GÓMEZ, HÉCTOR ALONZO GÓMEZ ; Seabra Junior, Santino ; MARASCHIN, MARCELO ; TECCHIO, MARCO ANTONIO ; BORGES, CRISTINE VANZ . Functional and Nutraceutical Compounds of Tomatoes as Affected by Agronomic Practices, Postharvest Management, and Processing Methods: A Mini Review. *FRONTIERS IN NUTRITION*, v. 9, p. 1-7, 2022.

3- TOLEDO, C. A. L. ; OLIVEIRA, M. D. ; PONCE, F. da S. ; AIRES, E. S. ; SEABRA JÚNIOR, S. ; LIMA, G. P. P. ; OLIVEIRA, R. C. . Does the physiological trade-off between reproduction and defense affect the physiological and biochemical parameters of tomato plants infested with *Bemisia tabaci* MED and MEAM1?. *Arthropod-Plant Interactions*, p. 1-9, 2022.

4- DE LIMA TOLEDO, CLAUDIA APARECIDA ; DA SILVA PONCE, FRANCIELY ; OLIVEIRA, MOISÉS DANIEL ; AIRES, EDUARDO SANTANA ; Seabra Júnior, Santino ; LIMA, GIUSEPPINA PACE PEREIRA ; DE OLIVEIRA, REGIANE CRISTINA . Change in the Physiological and Biochemical Aspects of Tomato Caused by Infestation by Cryptic Species of *Bemisia tabaci* MED and MEAM1. *INSECTS*, v. 12, p. 1105-13, 2021.

5- CAMPOS, R. A. S. ; SEABRA JÚNIOR., S. ; LIMA, G. P. P. ; GONCALVES, G. G. ; NEVES, L. G. ; GUSMAO, S. A. ; VIANELLO, F. . Changes in bioactive compounds in spiny coriander leaves in response to inflorescence pruning at different growth stages. *SCIENTIA HORTICULTURAE*, v. 245, p. 250-257, 2019.

6- DA SILVA, MÔNICA BARTIRA ; RODRIGUES, LUAN FERNANDO ORMOND SOBREIRA ; MONTEIRO, GEAN CHARLES ; MONAR, GIOVANA RAFAELA STELZER ; GOMEZ GOMEZ, HECTOR ALONZO ; Seabra Junior, Santino ; MINATEL, IGOR OTAVIO ; LIMA, GIUSEPPINA PACE PEREIRA . Evaluation of biogenic amines and nitrate in raw and pickled jurubeba (*Solanum paniculatum* L.) fruit. *JOURNAL OF FOOD SCIENCE AND TECHNOLOGY-MYSORE*, v. 10, p. 1-9, 2019.

7- JÚNIOR, SANTINO SEABRA; PONCE, FRANCIELY DA SILVA; TOLEDO, CLAUDIA APARECIDA DE LIMA; ZANUZZO, MÁRCIO ROGGIA; DALLACORT, RIVANILDO; LIMA, GIUSEPPINA PACE PEREIRA. Does Knitted Shade Provide Temperature Reduction and Increase Yield Kale?. *Journal of Agricultural Science*, v. 11, p. 103-111, 2019.

- Em fase de redação e tramitação:

- 1- Insights into the performance and fruit composition of Italian tomato hybrids in grown without guiding polyethylene mulches
- 2- Maior produtividade e atributos de qualidade de frutos de tomate italiano proporcionada por mudanças microclimáticas sob malhas em túnel baixo
- 3- Cultivo protegido de tomateiro e sua influência no perfil bioquímico e capacidade antioxidante dos frutos
- 4- Produtividade e atributos de qualidade e capacidade antioxidante de couve-folhas produzidas sob diferentes malhas de túneis baixos

b) Capítulo de Livro:

BORGES, C. V.; SEABRA JUNIOR, S.; PONCE, F. S.; LIMA, G. P. P. Agronomic factors influencing Brassica productivity and phytochemical quality. In: Mohamed A. El-Esawi. (Org.). *Brassica*. 1ed. London: Intechopen limited, 2018, v. 1, p. 75-87.

1.3 COMISSÕES JULGADORAS

1.3.1 DOUTORADO

CARDOSO, A. I. I.; VILLAS BOAS, R. L.; SEABRA JUNIOR, S.; JOVCHELEVICH, P.; SOUZA, J. M. A.. Participação em banca de Joara Secchi Candian. Doses e épocas de aplicação de torta de mamona na produção e na qualidade de couve-flor em manejo orgânico. 2018. Tese (Doutorado em Agronomia (Horticultura)) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho.

LIMA, G. P. P.; MANI, F.; CAMACHO, C. R. C.; SILVA, M. B. da; SEABRA JÚNIOR., S.. Participação em banca de Milena Galhardo. Perfil bioquímico de maracujá sanitizado em função do tempo de refrigeração. 2018. Tese (Doutorado em Agronomia-Horticultura)

- Faculdade de Ciências Agrônômicas-UNESP.

LIMA, G. P. P.; Corrêa C.R.; Seabra Jr, S.; JACOMINO, A. P.; Purgatto, E.. Participação em banca de Cristine Vanz Borges. Perfil bioquímico de acessos de *Musa* spp. na pós-colheita. 2018. Tese (Doutorado em Agronomia (Horticultura)) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho.

LIMA, G.P.P; Seabra Jr, S.; Corrêa, C. R.; DA SILVA, MÔNICA BARTIRA; PRECZENHAK, A. P.. Participação em banca de Marla Silvia Diamante. Produtividade e características bioquímicas de couves-flores coloridas submetidas a tratamento térmico. 2019. Tese (Doutorado em Agronomia (Horticultura)) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho.

BONFIM, F. P. G.; GONCALVES, G. G.; SEABRA JUNIOR, S.; FONTANETTI, A.; HONORIO, I. C. G.. Participação em banca de Sthefani Gonçalves de Oliveira. Sustentabilidade de sistemas de produção em sucessão entre hortaliças e plantas medicinais. 2017. Tese (Doutorado em Agronomia-Horticultura) - Faculdade de Ciências Agronômicas-UNESP.

1.3.2 MESTRADO

SEABRA JUNIOR, S. (Orientador); MÁRCIO, ROGGIA ZANUZO; ANDREA, M. C. S.. Participação em banca de Franciely da Silva Ponce. Análise ambiental, produtiva e de lucratividade do cultivo de couve de folhas sob diferentes ambientes. 2018. Dissertação (Mestrando em Ambiente e Sistemas de Produção Agrícola) - Universidade do Estado de Mato Grosso.

ZANUZO, M. R.; VIEIRA, C. V.; SEABRA JÚNIOR, S. Desenvolvimento de cultivares de couve-flor em função de telas de sombreamento e épocas de cultivo. Participação em banca de Filipe Mizobe Bortoluzzi. 2018. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Mato Grosso.

1.3.3 QUALIFICAÇÃO DE DOUTORADO

CARDOSO, A. I. I.; NAKAGAWA, J.; SEABRA JUNIOR, S.. Participação em banca de Bruno Novaes Menezes Martins. Doses de enxofre em cobertura com e sem adubação com composto orgânico no plantio na produção e qualidade de sementes de alface. 2018. Exame de qualificação (Doutorando em Agronomia (Horticultura)) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho.

LIMA, G. P. P.; SOUZA, J. M. A.; Seabra Jr, S.. Participação em banca de Marla Silvia Diamante. Produtividade e características bioquímicas de couves-flores coloridas submetidas a tratamento térmico. 2019. Exame de qualificação (Doutorando em Agronomia (Horticultura)) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho.

1.3.4 QUALIFICAÇÃO DE MESTRADO

SEABRA JUNIOR, S.; MÁRCIO, ROGGIA ZANUZO; ANDREA, M. C. S.. Participação em banca de Franciely da Silva Ponce. Manejo cultural de couve visando o menor uso de agrotóxicos. 2017. Exame de qualificação (Mestrando em Ambiente e Sistemas de Produção Agrícola) - Universidade do Estado de Mato Grosso.

PEREIRA, M. J. B.; SEABRA JUNIOR, S.; PITTA, R. M.. Participação em banca de Jeniffer Stefany Queiroz Bastos. Controle da traça do tomateiro: manejo adotado por produtores e as perspectivas da utilização de fitoinseticida. 2017. Exame de qualificação (Mestrando em Ambiente e Sistemas de Produção Agrícola) - Universidade do Estado de Mato Grosso.

1.4 PARTICIPAÇÃO DE EVENTO

I Workshop sobre Manejo de Tomate e Folhosas: Novas Tecnologias Aplicadas à Nutrição e Combate a Estresses. ESALQ, Piracicaba SP, 10 e 11/03/2018.

1.5 DOCENCIA

Foram ministradas aulas no primeiro semestre de 2018 na disciplina de Bioquímica Vegetal, no curso de Engenharia Florestal, sob coordenação da professora Doutora Giuseppina Pace Pereira Lima.

1.5.1 DISCIPLINAS

Participação como ouvinte na disciplina de graduação em Bioquímica vegetal do curso de Engenharia Florestal ofertada no primeiro semestre de 2018 e na disciplina de Pós-Graduação de Bioquímica e Fisiologia de Vegetais Pós-Colheita ofertada no segundo semestre de 2017, ambas ministradas pela professora Doutora Giuseppina Pace Pereira Lima.

1.6 ORIENTAÇÕES

1.6.1 MESTRADO (FINALIZADAS)

Jéssica Gawski Casagrande. PRODUÇÃO E COMPOSTOS BIOATIVOS EM CULTIVARES TERMOTOLERANTES DE TOMATE SALADETE DETERMINADO. 2017. Dissertação (Mestrado em Ambiente e Sistemas de Produção Agrícola) - Universidade do Estado de Mato Grosso, Fundação de Amparo à Pesquisa do Mato Grosso. Orientador: Santino Seabra Júnior.

Simone Aparecida Domiciano. GENÓTIPOS E SISTEMAS DE CONDUÇÃO DO TOMATEIRO NA AMAZÔNIA MATOGROSSENSE: PRODUTIVIDADE, ASPECTOS ANATÔMICOS E CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS. 2019. Dissertação (Mestrado em Biodiversidade e Agroecossistemas Amazônicos) - Universidade do Estado de Mato Grosso, . Orientador: Santino Seabra Júnior.

Fabiano da Rocha. AGRICULTURA DO POVO KAIABI DO BAIXO TELES PIRES: CULTIVO E COLETA DE PLANTAS ALIMENTÍCIAS. 2018. Dissertação (Mestrado em Biodiversidade e Agroecossistemas Amazônicos) - Universidade do Estado de Mato Grosso, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico. Orientador: Santino Seabra Júnior.

Franciely da Silva Ponce. Análise ambiental, produtiva e de lucratividade do cultivo de couve folha sob diferentes ambientes. 2018. Dissertação (Mestrado em Ambiente e Sistemas de Produção Agrícola) - Universidade do Estado de Mato Grosso, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Mato Grosso. Orientador: Santino Seabra Júnior.

Fernanda Lourenço Dipple. Análise produtiva e econômica de sistemas de condução e espaçamentos de tomateiro italiano de crescimento determinado. 2019. Dissertação (Mestrado em Ambiente e Sistemas de Produção Agrícola) - Universidade do Estado de Mato Grosso, Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior. Orientador: Santino Seabra Júnior.

Daiane Andréia Trento. Análise ambiental, produtiva e compostos funcionais de tomate cultivado sob diferentes ambientes. 2020. Dissertação (Mestrado em Ambiente e Sistemas de Produção Agrícola) - Universidade do Estado de Mato Grosso, Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior. Orientador: Santino Seabra Júnior.

Alessandro Bandeira Dalbianco. Plantio direto de tomateiro rasteiro. 2019. Dissertação (Mestrado em Ambiente e Sistemas de Produção Agrícola) - Universidade do Estado de Mato Grosso, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Mato Grosso. Orientador: Santino Seabra Júnior.

Claudia Aparecida De Lima Toledo. Alterações bioquímicas de plantas de tomate (*Solanum esculentum* L.) e pimentão (*Capsicum annuum* L.) infestadas com as espécies crípticas de *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae) MEAM1 e MED. 2021. Dissertação (Mestrado em Agronomia-Horticultura) - Faculdade de Ciências

Agronômicas-UNESP, Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior.
Coorientador: Santino Seabra Júnior.

1.6.2 DOUTORADO

Franciely da Silva Ponce. MANEJO DE LEPIDÓPTEROS-PRAGA EM BRÁSSICAS COM USO DE *Trichogramma pretiosum* Riley (HYMENOPTERA: TRICHOGRAMMATIDAE). 2021. Tese (Doutorado em Agronomia-Horticultura) - Faculdade de Ciências Agronômicas-UNESP, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico. Coorientador: Santino Seabra Júnior.

1.6.3 TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO EM AGRONOMIA

Vitória Zanette Mengato Assunção. Viabilidade econômica e produtiva do cultivo de tomate de hábito determinado sob diferentes tutoramentos. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso. (Graduação em Agronomia (1330625)) - Universidade do Estado de Mato Grosso. Orientador: Santino Seabra Júnior.

Claudia Aparecida de Lima Toledo. viabilidade do cultivo de alface sob túnel baixo utilizando diferentes coberturas em condições de alta pluviosidade e temperatura. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso. (Graduação em Agronomia (1330625)) - Universidade do Estado de Mato Grosso. Orientador: Santino Seabra Júnior.

Edmilson Francisco Rodrigues. produção de rúcula em função do ambiente de cultivo e épocas de colheita. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso. (Graduação em Agronomia (1330625)) - Universidade do Estado de Mato Grosso. Orientador: Santino Seabra Júnior.

Douglas dos Santos. Ocorrência de plantas daninhas em plantio direto de hortaliças. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso. (Graduação em Agronomia (1330625)) - Universidade do Estado de Mato Grosso. Orientador: Santino Seabra Júnior.

Emerson Ramos da Silva. Ponto de colheita de "baby leaf" de manjerição em função da densidade de plântulas. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso. (Graduação em Agronomia) - Universidade do Estado de Mato Grosso. Orientador: Santino Seabra Júnior.

Danilo Calixto Lopes. Consócio de cravo e alface visando o controle de nematoides. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso. (Graduação em Agronomia) - Universidade do Estado de Mato Grosso. Orientador: Santino Seabra Júnior.

Darley Tiago Antunes. Desempenho de brócolis tipo inflorescência única sobre plantio direto e faixa circundante. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso. (Graduação em Agronomia) - Universidade do Estado de Mato Grosso. Orientador: Santino Seabra Júnior.

Daiane Andréia Trento. Desempenho de cultivares de tomate de hábito determinado sob ambiente protegido, em condições de altas temperaturas. 2017. trabalho de Conclusão de

Curso. (Graduação em Agronomia) - Universidade do Estado de Mato Grosso. Orientador: Santino Seabra Júnior.

Marcelo Grapégia Lopes. Aplicação de boro e biorregulador de crescimento na cultura do brócolis. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso. (Graduação em Agronomia) - Universidade do Estado de Mato Grosso. Orientador: Santino Seabra Júnior.

2 PESQUISA DESENVOLVIDA NA UNESP – BOTUCATU: Perfil bioquímico de couves cultivadas em diferentes ambientes em condições de altas temperaturas.

2.1. INTRODUÇÃO

A couve (*Brassica oleracea* var. *acephala*) está entre as hortaliças mais consumidas no país (CEAGESP, 2018). Pertencente à família Brassicaceae, o consumo desta hortaliça tem aumentado devido ao seu reconhecimento como um superalimento (ŠAMEC, URLIĆ, SALOPEK-SONDI, 2018). Estudos relatam que uma dieta rica em brássicas proporciona menor risco de diversos tipos de câncer e doenças crônicas (ŠAMEC; SALOPEK-SONDI 2018). A couve apresenta elevado teor de fibras, vitaminas A, vitaminas do complexo B como a tiamina e niacina, cálcio, ferro, fósforo, flavonoides, glucosinolatos e vitamina C, altos teores de compostos fenólicos e atividade antioxidante (RIGUEIRA et al., 2016).

O cultivo de couve é influenciado não somente por fatores abióticos como temperatura, luminosidade e umidade, mas também pela ocorrência de insetos praga, aos quais afetam diretamente o produto a ser comercializado proporcionando perdas de até 100%. A manipulação do ambiente de cultivo das plantas é comumente usada para otimizar a produção e maximizar o aproveitamento dos fatores de produção no sentido de aumentar a qualidade das plantas (DUECK et al., 2016). O uso de malhas na cobertura de ambientes de cultivo de hortaliças proporciona redução de temperatura e atenuação no impacto das gotas das chuvas, propiciando o cultivo em regiões tropicais ou em épocas desfavoráveis de cultivo. Além disso, pode ser também uma alternativa para o controle de insetos, auxiliando tanto na produção, quanto na redução do uso de agrotóxicos.

O uso de telas de sombreamento fotoseletivas influencia no desempenho das culturas, uma vez que a luz é o componente mais importante no ambiente produtivo (DEMOTES-MAINARD et al., 2016). A utilização de malhas modifica a qualidade e quantidade de luz transmitida para as plantas, modificando o comprimento de luz transmitido ao ambiente de cultivo em algumas telas coloridas. Esta modificação na

qualidade de luz implica em respostas na produção de fotoquímicos das plantas (ILIĆ et al., 2011).

A concentração de fitoquímicos nas espécies vegetais pode ser influenciada por fatores genéticos, fisiológicos e ambientais as quais são submetidas (MELO et al., 2009). No cultivo de brássicas os fatores de cultivo como luminosidade, adubação, excesso ou déficit hídrico, salinidade, temperatura e até mesmo a presença de pragas podem influenciar na expressão de alguns compostos como teor glucosinolatos (BORGES, et al., 2018).

Apesar do uso de telas ser uma técnica amplamente utilizada em regiões tropicais, pouco se sabe sobre a influência do tipo de cobertura nos componentes fotoquímicos das plantas produzidas. O conhecimento dessas respostas é de grande valor, pois auxilia na compreensão das respostas fisiológicas da planta, e também na produção de plantas mais nutritivas, com auxílio da manipulação ambiental. No sentido de agregar novas tecnologias ao cultivo de couve, faz-se necessário o estudo da viabilidade produtiva da utilização de materiais como o agrotêxtil e outros tipos de telas na proteção da cultura, , visando também elucidar a influência destes materiais no perfil bioquímico das plantas.

2.2. OBJETIVOS

2.2.1. Geral:

Avaliar a influência de diferentes ambientes, como o túnel baixo coberto com malhas e campo aberto, no conteúdo dos compostos bioquímicos em folhas de couve cultivada sob condições de altas temperaturas.

2.3.2. Específicos:

- Correlacionar aspectos produtivos e ambientais no perfil bioquímico da couve cultivada em diferentes ambientes.
- Determinar e quantificar compostos fenólicos, carotenoides, vitamina C e poliaminas por meio de cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC);
- Avaliar se os ambientes alteram as características bioquímicas das folhas de couve;
- Verificar se há influência dos ambientes na atividade antioxidante em folhas de couve;

2.4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.4.1 Couves

A couve (*Brassica oleracea* var. *acephala*) é uma das hortaliças folhosas de maior importância econômica e alimentar no Brasil. A produção desta hortaliça folhosa atingiu as 93.551 toneladas em 2006, sendo o estado de São Paulo o maior produtor do país (, 2006). No ano de 2011, foram cultivados 1.287,82 ha de couve no estado de São Paulo (IEA, 2012) ocupando o 7º lugar entre as hortaliças mais vendidas no estado. De acordo com o CEAGESP, foram vendidas 8.000 toneladas da hortaliça, gerando um montante de aproximadamente R\$ 11.000.000,00 (HORTIBRASIL, 2013).

Além disso, a espécie apresenta importantes características nutracêuticas, como o elevado teor de fibras, vitaminas A, vitaminas do complexo B como a tiamina e niacina, cálcio, ferro, fósforo e flavonoides (FILGUEIRA, 2008), glucosinolatos e vitamina C. A composição centesimal na porção de 100 g de folha de couve “*in natura*” apresentam 27,1 Kcal, 4,3 g de carboidratos, 2,9 g de proteínas, 0,1 g de gorduras saturadas, 0,1 g de gorduras poli-insaturadas, 3,1 g de fibra alimentar, 130,9 mg de cálcio, 96,7 mg de vitamina C, vitamina B6 0,1 mg, 48,7 mg de fósforo, 1,0 mg de manganês, 34,7 mg de magnésio, 0,6 g de lipídeos e 0,5 mg de ferro, 403,5 mg de potássio, 0,1 ug de cobre, 0,4 mg de zinco, 2,3 mg de niacina, 0,2 mg tiamina B1 e 0,3 mg de riboflavina (TACO, 2011).

A *Brassica oleracea* L. é originária da região do Mediterrâneo e a partir daí disseminou-se por toda a Europa. A hipótese mais aceita sobre a origem das variedades de brássicas cultivadas na atualidade é que sejam derivadas de uma única espécie selvagem, a *B. oleracea* var. *sylvestris* e a couve de folha é a que mais se assemelha a esse ancestral (SOUZA, 1983). Os ancestrais primitivos da *B. oleracea*, foram cultivados por vários milênios desde a Grécia e Roma antiga. Ao longo do tempo, a seleção genética feita pelo homem resultou em diversidade morfológica em órgãos específicos das plantas (SPOONER, HETTERSCHEID; VAN DEN BERG; BRANDENBURG, 2003). A família Brassicaceae compreende inúmeras espécies de importância econômica no mundo, tais como a couve de folha (*Brassica oleracea* var. *acephala*), couve-flor (*Brassica oleracea* (L.) var. *botrytis*), repolho (*Brassica oleracea* var. *capitata* L.), brócolis (*Brassica oleracea* (L.) var. *italica*) dentre outras (AL-SHEHBAZ et al., 2006).

As brássicas são consideradas um alimento básico em muitas partes do globo, fornecendo 14% do biocombustível do mundo e é terceira fonte mais importante de óleo

comestível depois da soja e palma (OECD, 2012). A produção mundial estimada de brássicas no ano de 2021 foi de 97 milhões toneladas, sendo 71,7 milhões de toneladas correspondentes à produção de repolho e 25,8 milhões de toneladas correspondentes à couve-flor e brócolis, equivalente a 3,8 milhões de hectares cultivados (FAOSTAT, 2023).

No Brasil, as brássicas possuem importância econômica devido ao expressivo cultivo de variedades tais como o repolho, a couve-manteiga, couve-flor e brócolis. Ocupando lugar de destaque entre as hortaliças mais cultivadas e consumidas no país (ALBUQUERQUE NETO; ALBUQUERQUE, 2008). Desenvolve-se melhor em temperaturas amenas de 16 a 22° C, no entanto apresenta certa tolerância ao calor e em alguns locais pode ser cultivada durante todo o ano (FILGUEIRA, 2008). Trata-se de uma cultura altamente exigente em água e o ciclo produtivo dura vários meses (HUSSAR et al., 2004). De acordo com Vilar et al. (2008), a couve possui certa rusticidade e não necessita de grandes tecnologias para ser cultivada.

Entretanto, fatores como a alta precipitação, temperaturas elevadas e ataque de pragas, podem afetar a consideravelmente a produção da couve-de-folhas, podendo afetar a oferta. Principalmente em regiões tropicais que são desafiadoras para o cultivo de hortaliças, devido às condições climáticas em regiões tropicais, principalmente o excesso de calor e precipitação, pois são os fatores que mais se destacam por influenciar negativamente na produção das mesmas (AMARO et al., 2007), sendo necessária a adoção de técnicas que facilitem o cultivo nessas regiões, como o ambiente protegido, pois este propicia a formação de um microclima onde é possível o controle de algumas condições ambientais (ROMANINI et al., 2010).

2.4.2 Cultivo protegido

Produzir hortaliças em clima tropical é um desafio devido as condições climáticas, a temperatura, umidade e incidência luminosa são fatores que influenciam diretamente na produção de hortaliças. O excesso de calor e precipitação são os fatores que mais se destacam por influenciar negativamente na produção das mesmas (AMARO et al., 2007). Sendo assim, é necessária a adoção de técnicas que facilitem o cultivo de espécies hortícolas nessas regiões.

O ambiente protegido tem sido utilizado amplamente no intuito de facilitar o cultivo de hortaliças por propiciar a formação de um microclima em que é possível o controle

das condições edafoclimáticas (ROMANINI et al., 2010). De acordo com Purqueiro e Tivelli (2006), ambiente protegido pode ser túnel baixo, estufa, túnel alto, estruturas com ou sem pé direito, casa de vegetação, entre outros. Ainda segundo os autores esse tipo de estrutura quando usada de maneira correta proporciona ganhos na produção com relação ao campo aberto devido às condições microclimáticas, proporcionando o cultivo em épocas desfavoráveis.

Ainda segundo os autores esse tipo de estrutura quando usada de maneira correta proporciona ganhos na produção com relação ao campo aberto devido às condições edafoclimáticas, proporcionando o cultivo em épocas desfavoráveis.

O uso deste tipo de estrutura no Brasil vem desde os anos 60 onde foram feitos os primeiros relatos sobre a utilização desta técnica, no entanto somente a partir dos anos 90 passou a ser amplamente difundida (GRANDE et al., 2003). O emprego de ambiente protegido proporciona inúmeras vantagens tais como o melhor aproveitamento de componentes produtivos, como a água, adubação e insumos, aumento da produtividade melhora da qualidade das folhas e uma maior disponibilidade da hortaliça em épocas de entressafra, influenciando a competitividade do produto.

A utilização de telas de sombreamento, termorrepletoras e Chromatnets® (telas coloridas) têm sido amplamente utilizadas na cobertura de ambientes de cultivo no cultivo de hortaliças. Diversos estudos destacam incremento na produtividade de alface (SEABRA JÚNIOR et al., 2009), rúcula (COSTA et al., 2011), apresentando maior resistência a pendoamento na produção de cultivares de alface (DIAMANTE et al., 2013), aumento do número, tamanho e área foliar de plantas de alface (SALES et al., 2014) devido ao cultivo sob telas.

O agrotêxtil é um material confeccionado a partir de longos filamentos de polipropileno que proporciona resistência (BARROS JUNIOR et al., 2004). O uso deste material tem se mostrado favorável ao estabelecimento de algumas culturas, como é o caso do meloeiro em que o uso de agrotêxtil como barreira de proteção das plantas até o florescimento é efetivo no controle das principais pragas [(*Lyriomizas ativae* (Diptera: Agromyzidae), *Bemisia tabacia* (Hemiptera: Aleyrodidae) biotipo B, *Aphis gossipii*)] e do amarelão do meloeiro. Além disso, há um ganho com relação à diminuição da aplicação de inseticidas, economia de água, diminuição do número de capinas tornando o cultivo menos oneroso, além de proporcionar a produção de frutos com melhor qualidade físico-química e ambiental (EMBRAPA, 2010).

Segundo Sá (1998), o uso do agrotêxtil proporciona vantagens como a modificação no período de cultivo, o aumento na precocidade e produção, proteção da cultura contra chuvas e granizo, aumento na porcentagem de germinação de sementes e conservação da umidade do solo. Outros autores citam a melhora no enraizamento de rizomas (REGHIN; OTTO; SILVA, 2000), proteção contra geadas (OTTO et al., 2000b).

Apesar de ter obtido menor rendimento nos tratamentos usando o agrotêxtil, Furiatti et al. (2008) obteve resultados positivos quanto ao uso da cobertura visando a redução de aplicações de inseticidas uma vez que o agrotêxtil foi capaz de reduzir a incidência de mosca minadora (*Liriomyza huidobrensis*) no cultivo de batata. Otto e Rechin (1999) obtiveram um incremento de até 124% na massa de raízes de beterraba cultivadas sob agrotêxtil. Em cultivo de alface sob a proteção de manta de agrotêxtil, Borosic et al. (1994) observaram ganhos de até 82% na produtividade quando comparado ao cultivo sem proteção.

Otto et al. (2013), obtiveram resultados satisfatórios com relação a precocidade na colheita de alface americana quando cultivadas sob túneis cobertos por agrotêxtil, sendo observado uma diminuição de 21 dias no ciclo da cultura. Em cultivos de alface (FUELLO et al., 1993; OTTO et al., 2001), mandioquinha-salsa (REGHIN et al., 2000), morango (OTTO et al., 2000a), beterraba, espinafre (OTTO et al., 2000b) e couve-chinesa (COLTURATO et al., 2001), o uso da cobertura de agrotêxtil proporcionou inúmeros ganhos tais como a maior precocidade de colheita, maior produção, além de funcionar como barreira física proporcionando a obtenção de produtos com maior qualidade.

A manipulação do ambiente de cultivo através do uso de telas e filmes plásticos na composição de ambientes de cultivo tem auxiliado no cultivo de espécies hortícolas. A atenuação de altas temperaturas, diminuição da luminosidade propicia menor estresse e maior período de abertura estomática, auxiliando em um maior desenvolvimento das plantas em locais de alta disponibilidade energética. Fatores genéticos, fisiológicos e ambientais influenciam na estrutura química das espécies vegetais e na concentração de fitoquímicos (MELO et al., 2009). Plantas submetidas a estresse apresentam influência na acumulação de metabolitos secundários, como por exemplo os flavonóides (FALCONE FERREYRA et al., 2012), podendo contribuir para adaptação às condições ambientais (RAMAKRISHNA; RAVISHANKAR, 2011).

A temperatura e o fotoperíodo são fatores que influenciam no desenvolvimento das plantas, sendo importantes nas mudanças de estádios. Em algumas espécies a temperatura do ar é um fator determinante na emissão de folhas, flores e em estruturas de reserva

(TAIZ et al., 2017). Há efeitos também sobre a germinação de sementes (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012) e no metabolismo da planta, que responde reduzindo a fixação de CO₂ em condições de baixas temperaturas. Em temperaturas elevadas, há uma diminuição do rendimento fotossintético (LARCHER, 2000, KERBAUY, 2008).

A temperatura tem influência sobre diversos mecanismos fisiológicos das plantas e influenciam desde a germinação das sementes, florescimento, emissão de novos brotos, frutificação, fotossíntese, respiração, transpiração e crescimento. Sendo assim, uma planta sob estresse térmico tem seu desenvolvimento prejudicado, atrofiando ou provocando senescência programada em casos mais severos (THAKUR et al., 2010; SZABADOS et al., 2011).

Prado et al. (2008) verificaram que folhas danificadas por pragas (Lepidópteros) continham níveis inferiores de glucosinolato (25,8 $\mu\text{mol g}^{-1}$) em relação a folhas não danificadas (41 $\mu\text{mol g}^{-1}$). As quantidades de sinigrina, glucoiberina e glucobrassicina também foram menores nas folhas danificadas por insetos. Fatores ambientais, como as propriedades do solo e a temperatura, influenciaram o teor de glucosinolatodas nas folhas (NEUGART et al., 2013).

Chatterjee e Mahanta (2013) estudaram o cultivo de couve-flor no verão sob telado 50% de sombreamento e verificaram que a altura da planta, a produção de cabeça e o teor de vitamina C foram influenciados pelo sombreamento.

Essas características podem tornar as plantas com características mais atrativas ao consumidor, já que a couve tem seu consumo impulsionado atualmente, tanto pela sua versatilidade, quanto pelo alto valor nutricional (NOVO et al., 2010).

2.5. MATERIAL E MÉTODOS

2.5.1. Local do desenvolvimento da fase de campo do experimento de cultivo de couve sob diferentes túneis baixo e campo aberto

O experimento foi realizado em Nova Mutum - MT, na área experimental do Câmpus Universitário de Nova Mutum - Universidade do Estado de Mato Grosso, que está localizado na latitude Sul 13° 05' 04" e longitude Oeste 56° 05' 16" (Figura 1). O solo é Latossolo Vermelho Amarelo distrófico. O clima é do tipo Aw (Koppen), tropical, com chuvas concentradas no verão (outubro a abril). A precipitação média anual é de 1900 mm e a temperatura média é de 26°C (NOGUEIRA et al., 2010).



Foto: LOPES (2017)

Figura 1. Vista geral da área experimental do Câmpus de Nova Mutum da Universidade do Estado de Mato Grosso, viveiro de mudas (A) e cultivo de couve sob diferentes túneis baixo e campo aberto (B). Botucatu, FCA-UNESP, 2018.

As mudas do híbrido de couve Kobe F1 (Agristar®) foram produzidas no viveiro da área experimental de horticultura da UNEMAT, sob ambiente protegido coberto com filme plástico de polietileno, em bandejas de poliestireno expandido, de 72 células (formato de pirâmide invertida), preenchidas com substrato comercial (Figura 2).

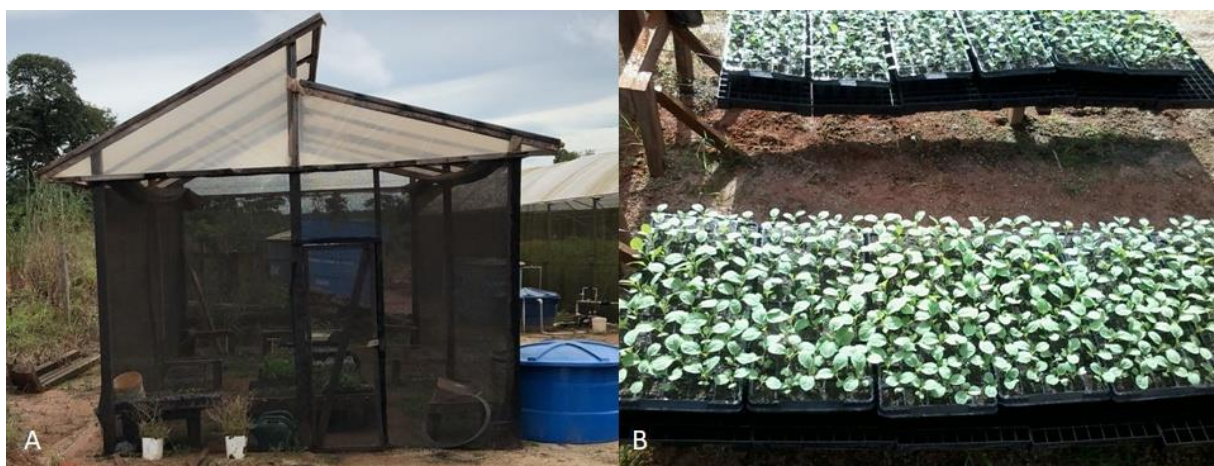


Foto: SEABRA (2017) (A); PONCE (2017) (B)

Figura 2. Vista geral do viveiro de mudas (A) e parcial das mudas (B). Botucatu, FCA-UNESP, 2018.

A calagem e a adubação de plantio para o cultivo da couve foram baseadas nos resultados da análise de solo (Tabela 1) e na recomendação de Trani et al. (1997). Para a

calagem, foi utilizado o calcário dolomítico calcinado (PRNT 100%; CaO 48% e MgO 16%) incorporado em área total cerca de 90 dias antes do plantio da couve, visando elevar a saturação de bases em 80% (1,66 t ha⁻¹), conforme recomendação de Trani e Raij, (1997). Na adubação foi utilizando 400 kg ha⁻¹ de P₂O₅, 160 kg ha⁻¹ de K₂O e 40 kg ha⁻¹ de N, tendo como fonte os adubos superfosfato simples, cloreto de potássio e ureia, além de 40 t ha⁻¹ de cama de frango. Foram realizadas adubações foliares quinzenalmente utilizando-se molibdato de amônio e ácido bórico a 1%. As adubações de cobertura foram realizadas via fertirrigação utilizando 40 kg de N e 20 kg de K₂O a cada cinco dias, tendo como fonte o sulfato de amônio e o nitrato de potássio.

Tabela 1. Análise química e física do solo da área, antes da implantação do experimento. Botucatu, FCA-UNESP, 2018.

pH	M.O.	H ⁺ Al ₊	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	SB	CTC	P	B	V%
CaCl ₃	%	-----cmolc dm ⁻³ -----						mg dm ⁻³		%
5,9	1,7	2,5	0,05	1,1	0,6	1,75	4,25	2,4	0,18	41
GRANULOMETRIA (g kg ⁻¹)										
ARGILA			SILTE			AREIA			TEXTURA	
120			50			830			Arenoso	

O espaçamento utilizado para o cultivo da couve foi de 1,3 m entre linhas duplas, 0,4 m entre linha dupla e 0,5 m entre plantas, o que corresponde a uma população de 23.400 plantas por hectare. O transplante das mudas foi realizado no dia 28/10/2017, quando estas apresentavam 30 dias após semeadura, quando estas apresentavam cerca de cinco folhas definitivas (Figura 3). Utilizou-se irrigação via gotejo com uma lâmina de irrigação de 172, 2 mm.

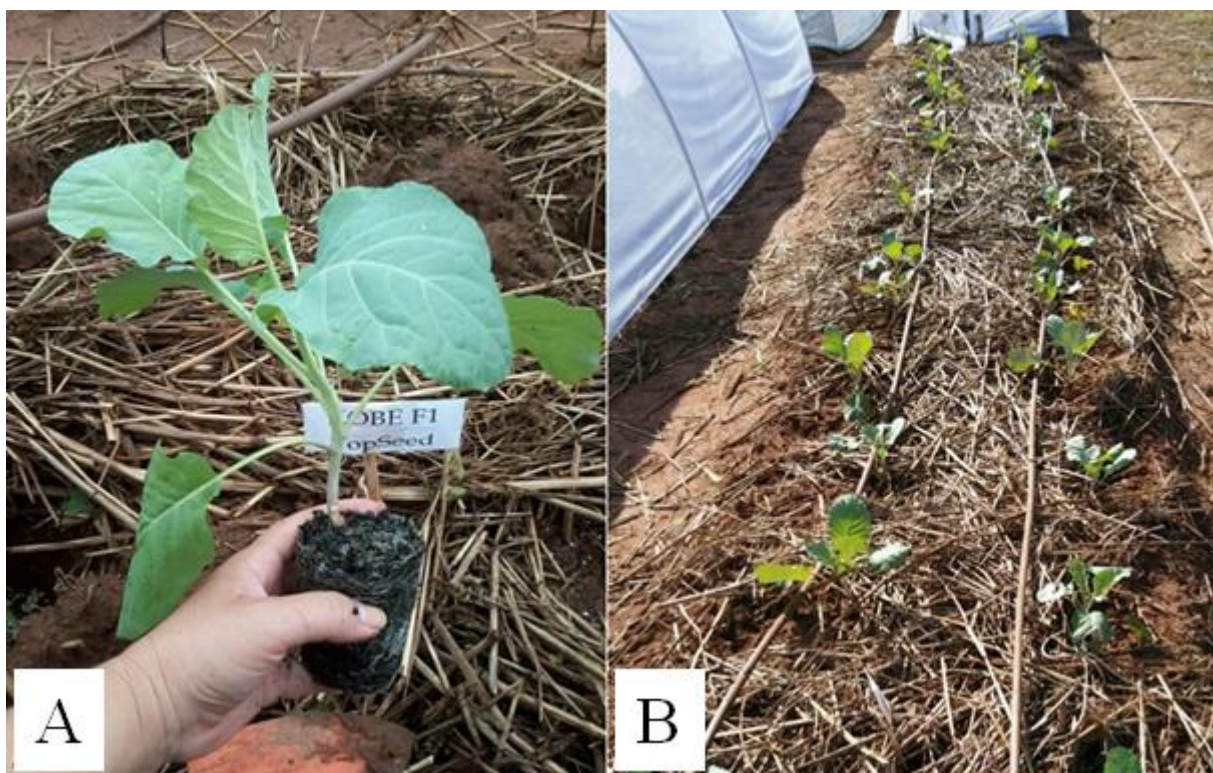


Foto: PONCE (2017)

Figura 3. Vista parcial da muda de couve no momento do transplante (A) e vista parcial de plantas de couve transplantadas (B). Botucatu, FCA-UNESP, 2018.

Aos 30 dias após o transplante foram coletadas seis plantas para mensuração dos parâmetros agrônômicos e de outras quatro plantas foram coletadas as folhas para análise bioquímica.

A coleta de material vegetal para a análise bioquímica foi realizada às 6 h, sendo colhidas as folhas jovens totalmente expandidas com tamanho superior a 0,15 m (Figura 4 A), de quatro plantas que se encontrarem no centro da parcela. Estas foram encaminhadas ao laboratório de química do Câmpus de Nova Mutum da Universidade do Estado de Mato Grosso, e posteriormente o material foi higienizado, homogeneizado e retirado uma amostra por parcela, a qual foi congelada em nitrogênio líquido e mantidas em gelo seco em caixa de poliestireno expandido (Figura 4 B) e transportado até o laboratório de bioquímica vegetal do Departamento de Química e Bioquímica, Instituto de Biociências, UNESP em Botucatu, SP. Em cada parcela do estudo, uma parte das amostras foi liofilizada e as amostras foram armazenadas em freezer (-20°C) para posterior análise.

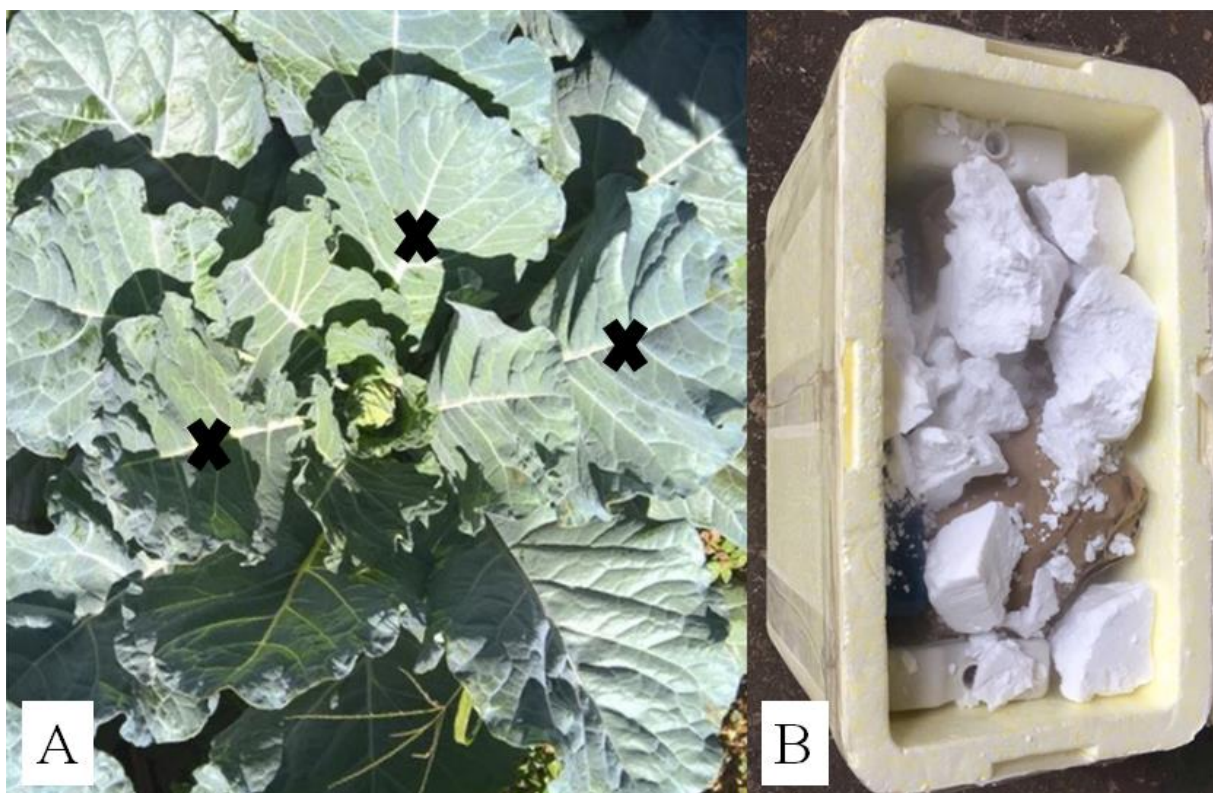


Foto: PONCE (2017) (A); SEABRA (2017) (B)

Figura 4. Vista parcial da planta de couve no momento da colheita e folhas coletadas marcadas com x (A) e vista parcial das amostras embaladas e organizadas em recipiente para o transporte (B). Botucatu, FCA-UNESP, 2018.

2.5.2. Tratamentos e delineamento experimental

Foram avaliados seis ambientes de cultivo, sendo cinco túneis baixo (Figura 5), coberto com diferentes malhas (Agrotêxtil branco com gramatura de 15 g/m², tecido tipo organza, tela de sombreamento de cor preta 30%, tela Chromatinet® vermelha, tela Aluminet® termorrefletora cor prata, e um ambiente sem proteção, intitulado campo aberto).

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com três repetições, contendo 10 plantas úteis por parcela.



Foto: SEABRA (2017)

Figura 5. Vista geral dos ambientes telados cobertos com diferentes malhas onde foi cultivada a couve. Botucatu, FCA-UNESP, 2018.

2.5.3. Monitoramento ambiental

As temperaturas do ar e do solo foram registradas por sensores utilizando termopares tipo K (Chromel⁺, Alumel⁻), conectados a um sistema de aquisição de dados Datalogger da Campbell Scientific, modelo CR-1000. Para a obtenção dos dados meteorológicos referentes à pluviosidade utilizou-se de uma estação automática Campbell Scientific, equipada com um pluviômetro CS 700 rain gauge, localizada a 10 metros da área do experimento. Os valores obtidos foram armazenados na memória do Datalogger modelo CR1000. Os dados foram organizados em Excel e expostos em gráficos.



Foto: PONCE (2017)

Figura 6. Vista geral da estação meteorológica (A) e vista parcial do datalogger (B) instalado entre os diferentes ambientes tipo telado e campo aberto para o cultivo da couve. Botucatu, FCA-UNESP, 2018.

2.5.4. Avaliação dos parâmetros produtivos de couve

Foram avaliados o número de folhas comerciais, massa total de planta (g planta^{-1}) e a produção (kg ha^{-1}), obtido pela massa fresca das folhas acima de 15 cm que não apresentava dano (g planta^{-1}).

2.5.5. Análises laboratoriais da couve

2.5.5.1 Preparo das amostras para a análise

Foram realizadas as análises bioquímicas utilizando as amostras de couve fresca e liofilizadas, ambas foram maceradas, acondicionadas sob tubo falcon envolvidos com papel alumínio e armazenadas em freezer -20°C .

Para liofilização, as amostras foram mergulhadas em nitrogênio líquido, embaladas em sacos de polietileno de alta densidade e liofilizadas a -56°C (Liofilizador modelo L101, marca Liotop) (Figura 7).



Foto: SEABRA (2017)

Figura 7. Vista geral do equipamento utilizado para liofilizar as amostras de couve. Botucatu, FCA-UNESP, 2018.

2.5.5.2. Análises via Espectrofotometria

Foram quantificados através de espectrofotometria os fenóis totais (SINGLETON; ROSSI JR, 1965), flavonoides (POPOVA et al., 2004), pigmentos (clorofila *a* e *b*,

carotenoides e antocianina) (LICHTENTHALER, 1987; SIMS; GAMON, 2002), antioxidante pelo DPPH (BRAND-WILLIAMS et al., 1995), FRAP (BENZIE ; STRAIN, 1996), Superóxido Dismutase-SOD (SUN et al., 1988), atividade da peroxidase-POD (LIMA et al., 1999), atividade da polifenoloxidase-PPO (KAR; MISHRA, 1976), proteínas solúveis totais (BRADFORD, 1976).

2.5.5.2. Análise via Cromatografia Líquida de Alta Eficiência-HPLC

Foram quantificados e identificados através de Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (HPLC) as poliaminas (DADÁKOVÁ et al., 2009), ácido ascórbico (MURADOR; MERCADANTE; DE ROSSO, 2016) e carotenoides (YEUM et al., 1996).

2.5.6. Análise estatística dos resultados

Os resultados foram comparados pelo teste de Tukey ($p > 0,05$), utilizando o programa (software) Assistat® Versão 7.7 Beta (PT) (SILVA et al., 2009).

2.6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

2.6.1. Análise microclimática de diferentes ambientes tipo telado e campo aberto para o cultivo da couve

Durante o período de condução do experimento, a pluviosidade acumulada foi de 139 mm, com chuvas bem distribuídas durante o período e médias diárias de 4,6 mm.

As temperaturas registradas às 2 e 6 horas foram pouco influenciadas entre os ambientes, proporcionando pouca variação (Figura 8A e 8B). No entanto, a maior temperatura ocorreu no ambiente túnel baixo coberto com agrotêxtil. Observou-se ainda, que as menores temperaturas foram obtidas nos ambientes cobertos com malhas e campo aberto.

Para o horário das 10 horas (Figura 8C) obteve-se as maiores temperaturas do ar nos túneis cobertos com agrotêxtil e organza, proporcionando aumento de temperatura de 7 °C em média, quando comparado aos demais ambientes. A mesma tendência foi observada para as temperaturas registradas para o horário das 14 horas (Figura 8D), onde os ambientes cobertos com agrotêxtil e organza proporcionaram um aumento de temperatura do ar, principalmente nos dias mais quentes. Porém, na média o agrotêxtil proporcionou um acréscimo de temperatura de 1,7 °C, quando comparado a organza.

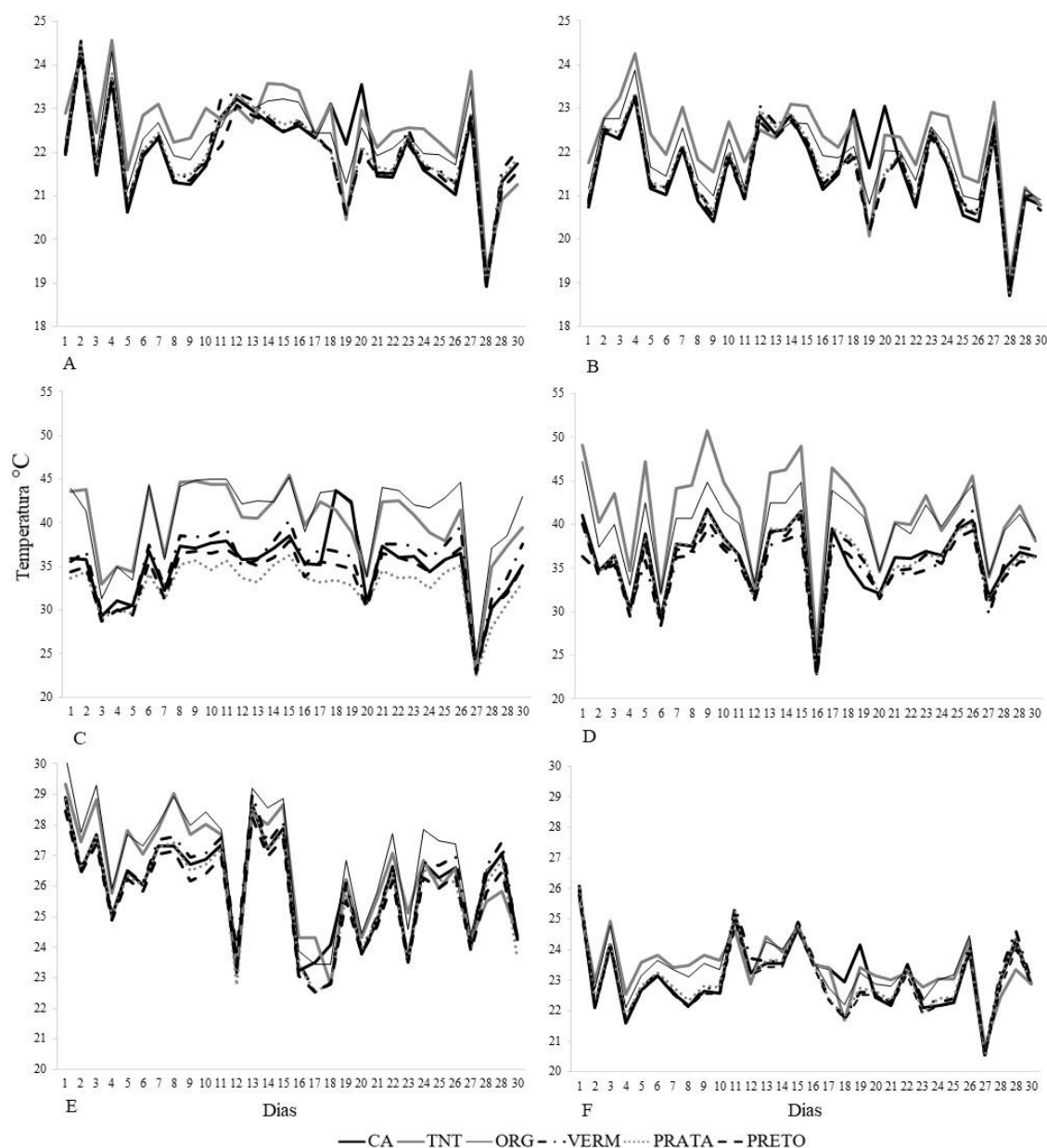


Figura 8. Temperaturas do ar diárias registradas as 2:00 (A), 6:00 (B), 10:00 (C), 14:00 (D), 18:00 (E) e 22:00 (F) nos ambientes campo aberto (CA), agrotêxtil (TNT), organza (ORG), malha vermelha (VERM), malha prata (PRATA) e malha preta (PRETO). Botucatu, FCA-UNESP, 2018.

Os ambientes cobertos com malhas apresentaram valores muito próximos ao campo aberto e, em média, 6 °C menor que as temperaturas registradas no túnel baixo coberto com agrotêxtil e 4,5° C menor que as médias registradas no túnel coberto com organza. Observa-se também que com a redução da temperatura local as temperaturas registradas dentro dos ambientes se igualam como foi registrado no 27º dia as 10 h (Figura 8 C) e no 16º dia as 14 h (Figura 8D).

Quanto à temperatura do solo, as maiores temperaturas nos ambientes cobertos com agrotêxtil, organza e malha vermelha foram registradas às 14 horas (Figura 9A), havendo, portanto, uma maior manutenção da temperatura do solo em comparação as demais coberturas que proporcionaram temperaturas em média de 1°C menores.

Observa-se que às 6 horas as menores temperaturas foram registradas nos túneis cobertos com malha prata, preta e campo aberto, havendo uma diferença média de 1,2 °C entre estes ambientes e os túneis cobertos com malha vermelha, agrotêxtil e organza, os quais apresentaram temperaturas mais elevadas (Figura 9B).

Durante as leituras referentes às 10 horas, (Figura 9C) observa-se uma elevação da temperatura do solo, sendo possível verificar os maiores valores no túnel baixo coberto com agrotêxtil. Verifica-se ainda, que os valores registrados para o túnel coberto por organza se equivaleram aos vistos no campo aberto, havendo uma diferença média de 1,3°C entre os ambientes citados. Ainda, observou-se que o túnel coberto com malha preta proporcionou as menores temperaturas do solo, em média 26°C, seguido pelo ambiente coberto com malha prata (26,4°C) e malha vermelha (26,8°C). Nos horários seguintes referentes às 18 e 22 h (Figura 8E e 8F, respectivamente) observa-se que as temperaturas foram mais baixas para todos os ambientes.

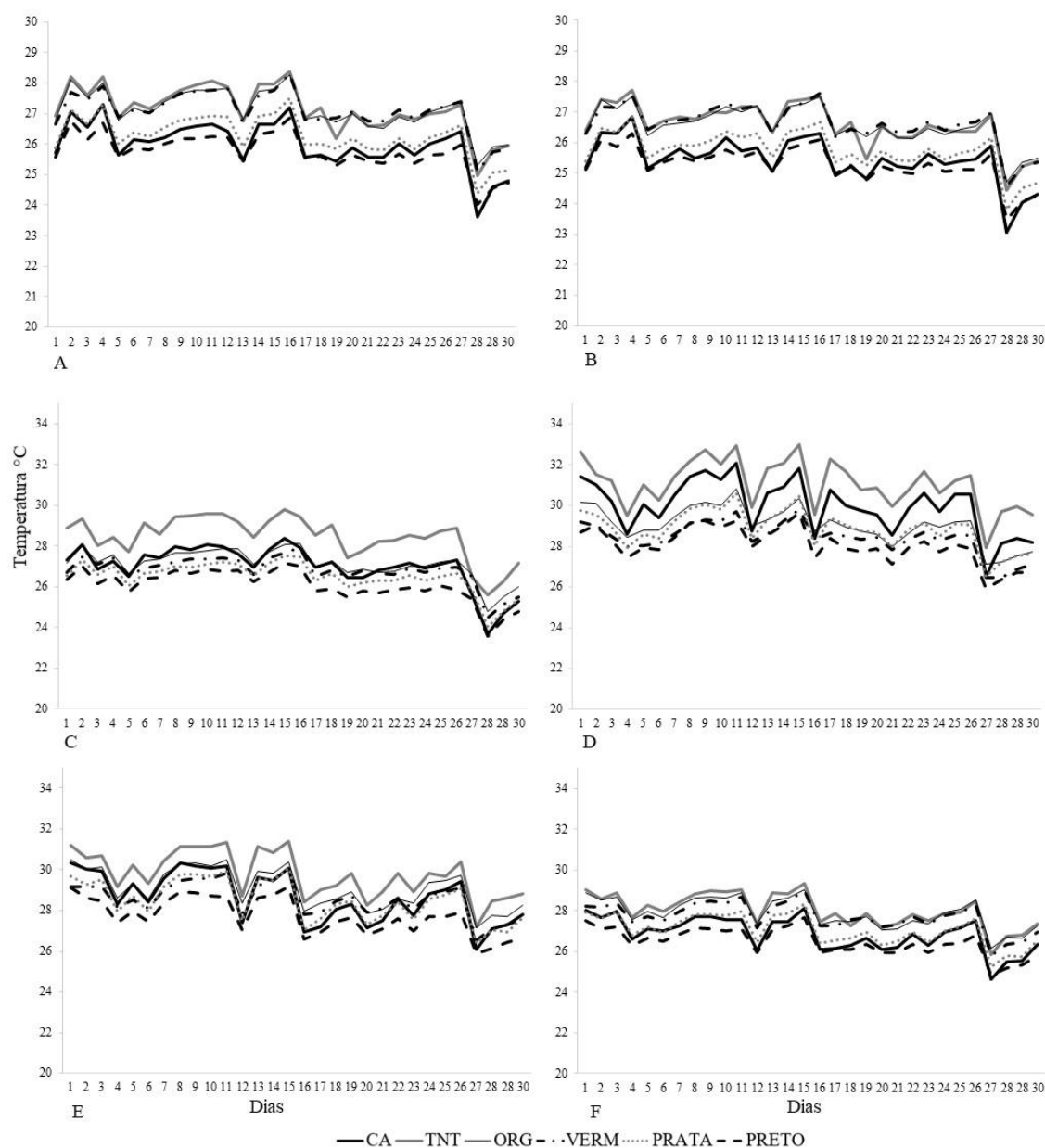


Figura 9. Temperaturas do solo diárias registradas as 2:00 (A), 6:00 (B), 10:00 (C), 14:00 (D), 18:00 (E) e 22:00 (F) nos ambientes campo aberto (CA), agrotêxtil (TNT), organza (ORG), malha vermelha (VERM), malha prata Aluminet® (PRATA) e malha preta (PRETO). Botucatu, FCA-UNESP, 2018.

No entanto, no horário mais quente do dia (14 h), o túnel coberto com malha vermelha manteve as menores temperaturas, assim como o coberto com malha preta. Sendo observada ainda, uma elevação na temperatura do ambiente campo aberto que manteve médias de 29,9°C, enquanto o túnel de agrotêxtil manteve médias de 31,0 °C, sendo este o que apresentou maiores temperaturas para o horário. Da mesma forma, no período das 18 horas observou-se a mesma tendência, onde o agrotêxtil apresentou as maiores temperaturas, no entanto, no campo aberto as temperaturas registradas foram

próximas as registradas no ambiente coberto com organza, malha vermelha e malha prata, sendo observadas as menores temperaturas sob malha preta, havendo uma diferença média de 2°C entre coberto com agrotêxtil e o coberto com malha preta e em média 1°C com os demais ambientes.

Às 22 horas foi registrada uma diminuição de em média um grau nos ambientes, no entanto, manteve-se a tendência de as maiores temperaturas serem observadas no túnel coberto com agrotêxtil, havendo manutenção da temperatura no túnel coberto com organza e malha vermelha. Da mesma forma das demais observações, obtiveram-se menores temperaturas de solo ao utilizar malha preta e valores muito próximos no túnel coberto com malha prata e campo aberto. Foram registradas diferenças médias de 1,5 °C entre os ambientes que apresentaram temperatura mais elevada (agrotêxtil, Organza e malha vermelha).

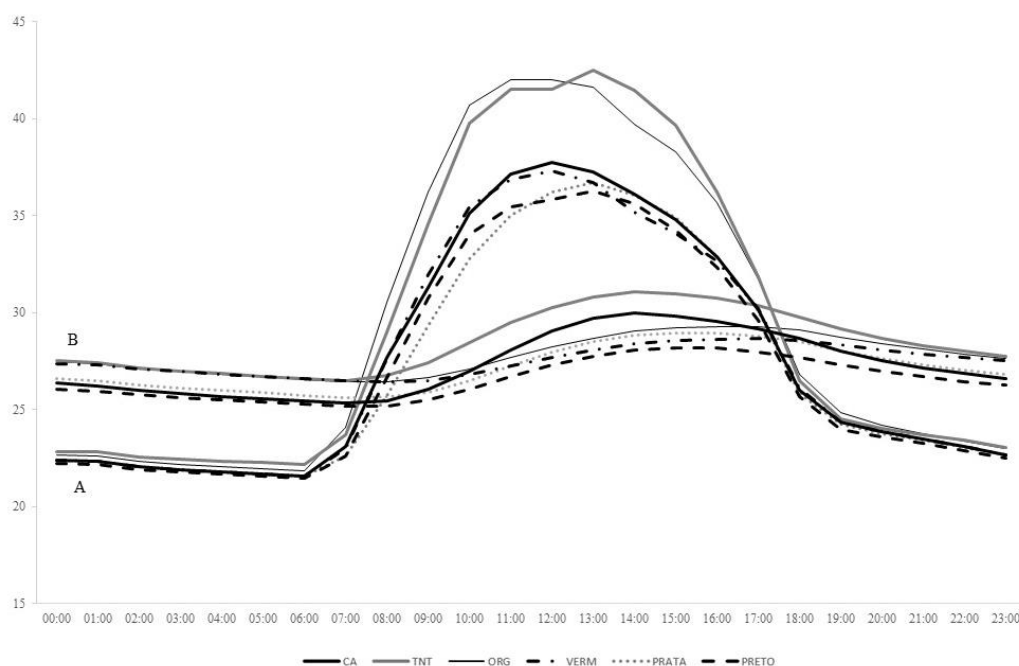


Figura 10. Médias de temperatura do ar (A) e temperatura do solo (B) em função das horas do dia nos ambientes: (CA), agrotêxtil (TNT), organza (ORG), malha vermelha (VERM), malha prata (PRATA) e malha preta (PRETA). Botucatu, FCA-UNESP, 2018.

Quanto à variação da temperatura do solo, no decorrer de 24 horas não registrou grandes variações, sendo observada uma elevação acentuada a partir das 9 horas, atingindo valor máximo as 14 horas (Figura 10). Onde o túnel baixo coberto com agrotêxtil proporcionou as maiores médias de temperatura do solo no período das 8 às 23 horas, a partir deste horário, observou-se que a temperatura se iguala ao ambiente coberto

com malha vermelha, enquanto os demais ambientes apresentam temperaturas médias muito próximas.

A menor média de temperatura do solo foi registrada no ambiente coberto com malha de sombreamento preta, sendo observada maior estabilidade com pouca elevação ao longo do dia, onde foram registradas temperaturas máximas de 28,7 e mínimas 25 °C. Da mesma forma, a malha vermelha proporcionou médias de temperatura do solo igualmente baixas às obtidas no túnel coberto malha preta nas horas mais quentes do dia, no entanto, a energia absorvida em forma de calor dentro deste ambiente tende a se dissipar com maior dificuldade, uma vez que no período entre as 18 e 7 horas foi possível observar que a temperatura do solo dentro do túnel coberto com malha vermelha manteve-se igual à registrada sob túnel de agrotêxtil, sendo cerca de 1,3°C maior que os demais ambientes.

Foi possível constatar que a temperatura do ar começa a elevar a partir das 7 horas em todos os ambientes, sendo possível observar que as maiores médias foram obtidas no túnel baixo coberto com organza até as 13 horas, onde as médias obtidas no túnel coberto com agrotêxtil passa a apresentar os maiores valores. Sendo obtidas diferenças médias de 4,2°C entre o ambiente coberto com organza e campo aberto e 5,3°C entre o túnel coberto com organza e o túnel coberto com malha preta que apresentou as menores temperaturas para o horário das 13 h.

As maiores médias de temperatura do ar foram obtidas sob túnel baixo coberto com agrotêxtil às 14 h, onde foram registradas médias de 41,4 °C, e as menores médias obtidas sob o túnel coberto com malha vermelha, onde registrou-se médias de 35,1°C, sendo observada uma diferença média entre eles de 6,2°C. Observa-se que a partir das 15 h há um acentuado declínio nos valores registrados dentro dos ambientes e a partir das 18 as temperaturas dentro deles passam a ser bem próximas.

O ambiente campo aberto apresentou maiores médias de luminosidade como era esperado (Figura 11). Dentre os ambientes protegidos avaliados, as telas vermelha, preta e prata foram as que apresentaram menores valores de luminosidade (LUX).

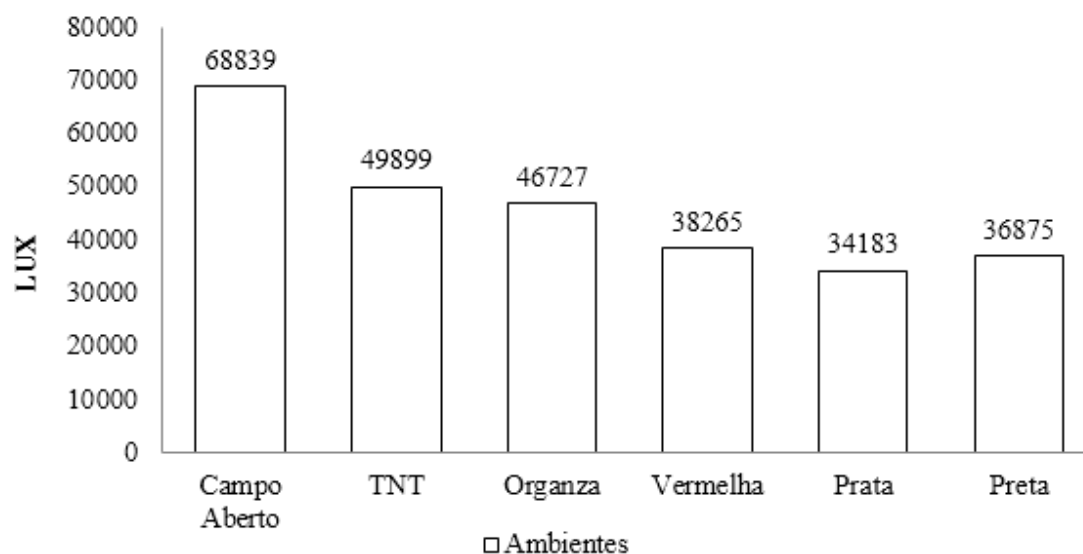


Figura 11. Luminosidade média em Lux registradas nos ambientes: Campo Aberto, agrotêxtil (TNT), organza, malha vermelha, malha termorrefletora prata, malha de sombreamento preta. Botucatu, FCA-UNESP, 2018.

2.6.2. Análise dos parâmetros produtivos de couve cultivada em diferentes ambientes tipo telado e campo aberto

Os túneis baixos com diferentes coberturas não influenciaram a massa total da planta e número de folhas comerciais (Tabela 2). Porém, as plantas cultivadas a campo aberto, tela preta, prata e organza apresentaram maior produtividade (Figura 13), proporcionando produtividade de 33,4, 36,0, 34,2 e 38,7% quando comparada as cultivadas sob tela vermelha, respectivamente.

Tabela 2. Massa total e comercial, número de folhas totais e comerciais de plantas de couve cultivadas a campo aberto e sob túneis baixo com diferentes coberturas. Botucatu, FCA-UNESP, 2018.

Ambientes	Massa total g planta ⁻¹	Nº de folhas comerciais
Campo aberto	327,9 a	11,7 a
Organza	349,8 a	11,1 a
Agrotêxtil	336,7 a	11,6 a
Malha preta	355,1 a	11,7 a
Malha prata	306,7 a	11,5 a
Malha vermelha	226,5 a	11,3 a
DMS	141,6	2,94

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Visualmente, os aspectos de qualidade das folhas das folhas nos ambientes protegidos foram superiores, principalmente quando cultivado sob organza (Figura 12).

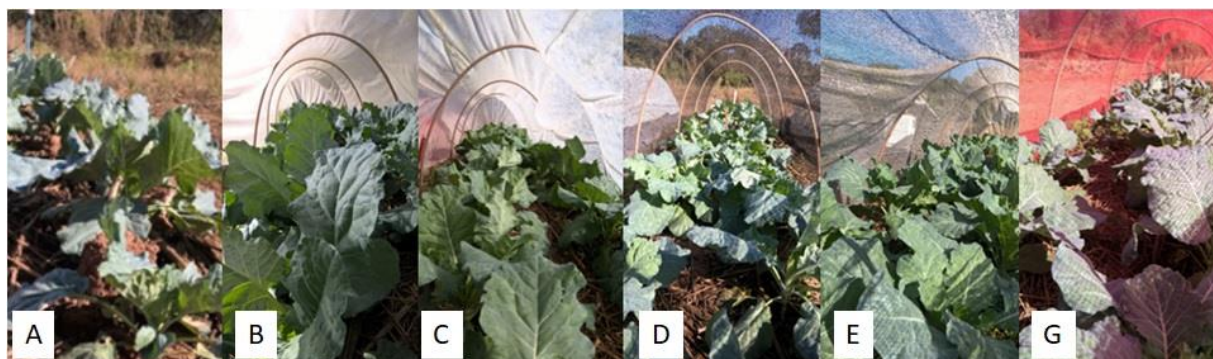


Foto: PONCE (2017)

Figura 12. Vista parcial das couves produzidas em campo aberto (A) e nos diferentes ambientes cobertos com diferentes tipos de malhas: organza (B), agrotêxtil (C), malha preta (D), vermelha (E), prata (F). Botucatu, FCA-UNESP, 2018.

2.6.3. Análise dos parâmetros produtivos de couve cultivada em campo aberto e túneis baixos cobertos com malhas de sombreamento

O ambiente de cultivo influenciou na produtividade das plantas de couve, sendo que as plantas cultivadas a campo aberto, tela preta, prata e organza apresentaram maior produtividade (Figura 13), proporcionando produtividade de 33,4, 36,0, 34,2 e 38,7% quando comparada as cultivadas sob tela vermelha, respectivamente.

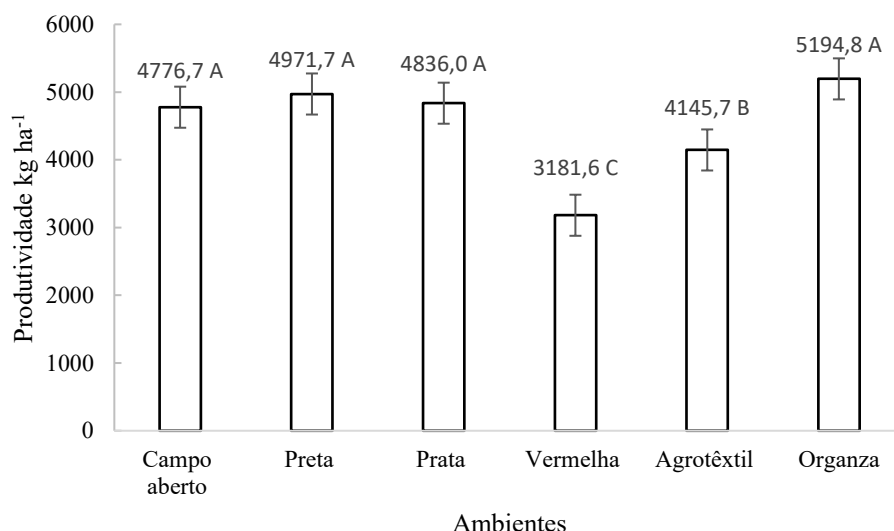


Figura 13. Produtividade de couve cultivada em campo aberto e nos diferentes ambientes cobertos com tela preta, tela prata, tela vermelha, agrotêxtil e organza. Botucatu, FCA-UNESP, 2018.

2.6.4 Análise dos parâmetros bioquímicos de couve cultivada em campo aberto e túneis baixos cobertos com malhas de sombreamento

A cobertura com os diferentes tipos de malhas de sombreamento não afetou os teores de clorofila *a*, carotenoides e proteínas nas folhas de couve. (Tabela 3 e 4). Plantas cultivadas sob o sombreamento de organza e das malhas preta e vermelha apresentaram teores superiores de clorofila *b*. A concentração de antocianinas foi maior em plantas cultivadas sob tela prata e agrotêxtil (Tabela 3). O conteúdo de fenóis totais foi menor sob tela preta e vermelha (Tabela 3), enquanto o conteúdo de flavonoides apresentou redução sob cultivo de tela preta.

Tabela 3. Clorofila *a*, clorofila *b*, antocianina, carotenoides, fenóis totais e flavonoides em mg g⁻¹ presentes em folhas de couve cultivadas em campo aberto e túneis baixos cobertos com tela preta, prata vermelha, agrotêxtil e organza.

Tratamento	Clorofila <i>a</i>	Clorofila <i>b</i>	Antocianinas	Carotenoides	Fenóis totais	Flavonoides
Campo aberto	495,79 a	225,15 b	56,34 b	144,79 a	205,38 a	65,94 a
Preta	508,51 a	245,27 a	49,71 b	137,14 a	182,65 b	50,37 b
Prata	470,30 a	200,79 b	64,74 a	131,13 a	195,87 a	67,20 a
Vermelha	513,50 a	242,64 a	56,41 b	150,40 a	180,87 b	66,95 a
Agrotêxtil	480,83 a	214,76 b	64,54 a	135,90 a	198,07 a	67,42 a
Organza	552,05 a	280,28 a	58,01 b	152,29 a	191,21 a	72,57 a
CV%	9,43	8,92	7,25	9,34	3,96	5,89

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).

As plantas cultivadas em campo aberto apresentaram maior atividade antioxidante nos ensaios de sequestro do radical DPPH e poder redutor (Tabela 4).

Tabela 4. Poder antioxidante DPPH, FRAP, Proteínas, POD, PPO, SOD (proteína) e SOD (massa fresca) presentes em couves cultivadas em campo aberto e túneis baixos cobertos com tela preta, prata vermelha, agrotêxtil e organza.

Tratamento	DPPH*	FRAP**	Proteínas	POD	PPO	SOD
Campo aberto	3,04 a	23,88 a	64,56 a	20,83 a	129,23 b	4,19 b
Preta	1,97 b	17,04 b	61,07 a	13,42 c	134,93 b	4,64 a
Prata	3,20 a	24,76 a	57,17 a	9,25 d	138,74 a	5,02 a
Vermelha	2,01 b	22,81 a	59,20 a	17,07 b	139,44 a	5,19 a
Agrotêxtil	1,68 b	15,42 b	65,04 a	7,34 e	126,22 b	3,94 b
Organza	2,30 b	15,81 b	58,60 a	10,11 d	148,54 a	5,17 a
CV%	9,51	4,06	8,89	6,73	4,47	6,53

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).

Dpph*: 2,2-difenil-1-picril- hidrazila (μM TE g⁻¹), **frap: habilidade de reduzir ferro (mM Fe²⁺+g⁻¹). proteínas totais, pod: peroxidase (μmol H₂O₂ min⁻¹g⁻¹), ppo: polifenoloxidase (μmol catecol min⁻¹g⁻¹).

Quanto às enzimas, o ambiente campo aberto proporcionou maior atividade da POD, a atividade da PPO foi maior em plantas cultivadas sob tela prata, vermelha e

organza (Tabela 4). A SOD apresentou maior atividade em plantas cultivadas sob tela preta, prata, vermelha e organza, sendo maior que o observado em ambiente sem proteção (Tabela 4).

Os carotenoides presentes nas plantas de couve foram afetados pelo ambiente de cultivo, apenas o conteúdo de β caroteno e vitamina A, indiferentes ao tratamento recebido (Tabela 5).

No túnel coberto com tela preta, as plantas apresentaram menor conteúdo de Luteína e de Zeaxantina. As telas prata e vermelha proporcionaram maior conteúdo de Luteína (Tabela 5). Já a Criptoxantina apresentou maiores concentrações em plantas cultivadas sob tela prata, vermelha e organza. A tela vermelha e a organza proporcionaram maior conteúdo de α Caroteno.

Tabela 5. Carotenoides presentes em folhas de couve, em $\mu\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$, cultivadas em campo aberto e túneis baixos cobertos com tela preta, prata vermelha, agrotêxtil e organza.

Tratamento	Luteína	Zeaxantina	Criptoxantina	α Caroteno	β Caroteno	Vitamina A
Campo aberto	3601,82 $\pm$ 304,60 b	73,79 $\pm$ 4,06 a	13,39 $\pm$ 1,95 b	489,89 $\pm$ 19,42 b	5568,37 $\pm$ 78,64 a	428,34 $\pm$ 6,05 a
Preta	2286,88 $\pm$ 269,76 c	38,31 $\pm$ 9,06 b	15,60 $\pm$ 3,44 b	579,08 $\pm$ 64,43 b	6030,87 $\pm$ 229,67 a	463,91 $\pm$ 17,66 a
Prata	5241,61 $\pm$ 739,49 a	66,66 $\pm$ 19,50 a	19,90 $\pm$ 3,65 a	562,28 $\pm$ 142,87 b	5960,26 $\pm$ 638,25 a	458,48 $\pm$ 49,10 a
Vermelha	4518,71 $\pm$ 642,74 a	93,86 $\pm$ 17,47 a	25,50 $\pm$ 3,43 a	788,68 $\pm$ 155,25 a	7201,34 $\pm$ 1194,93 a	553,98 $\pm$ 91,92 a
Agrotêxtil	3756,77 $\pm$ 568,11 b	76,46 $\pm$ 12,23 a	13,91 $\pm$ 0,71 b	386,50 $\pm$ 15,38 b	6772,97 $\pm$ 125,63 a	521,00 $\pm$ 9,66 a
Organza	4255,70 $\pm$ 182,09 b	64,37 $\pm$ 6,37 a	24,92 $\pm$ 5,22 a	715,19 $\pm$ 200,99 a	6326,89 $\pm$ 1190,69 a	486,69 $\pm$ 91,59 a
CV%	12,6	18,49	17,91	20,83	11,8	11,8

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

O conteúdo de ácido ascórbico foi influenciado pelo ambiente de cultivo, sendo maior nos ambientes campo aberto e tela prata (Figura 14). O cultivo de couve sobre túnel coberto com tela preta, vermelha, agrotêxtil e organza em proporcionou menor conteúdo de ácido ascórbico em 44,54%, 96,04% e 33,85% em comparação com o ambiente campo aberto, respectivamente.

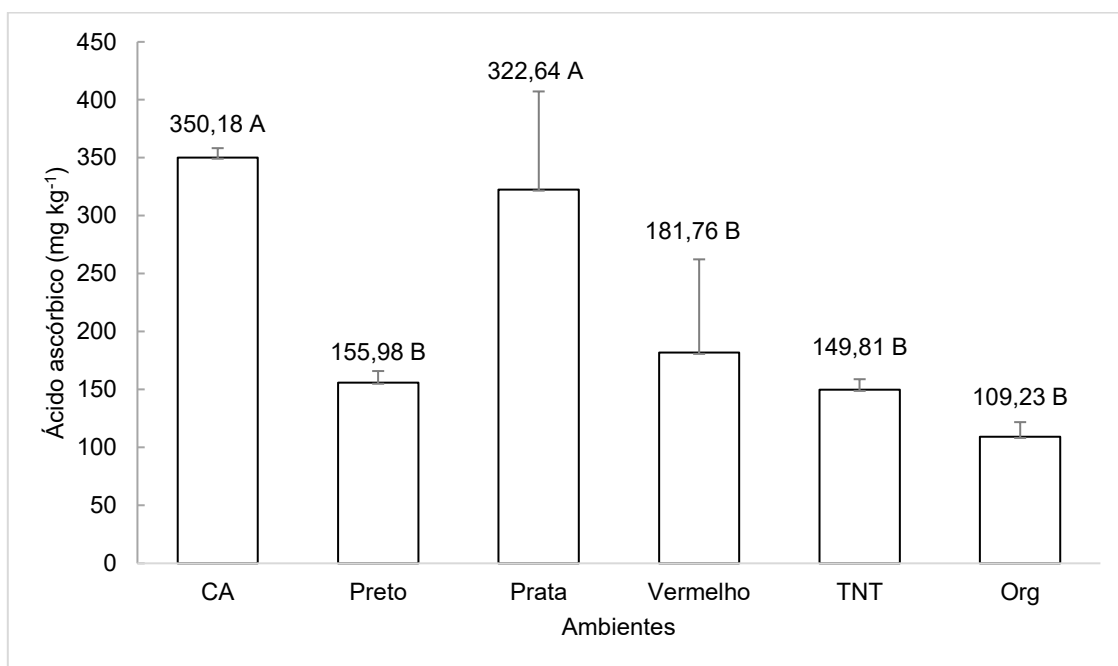


Figura 14. Ácido ascórbico em couve cultivada em campo aberto e nos diferentes ambientes cobertos com tela preta, tela prata, tela vermelha, agrotêxtil e organza. Botucatu, FCA-UNESP, 2018.

Quanto ao conteúdo de aminas, o ambiente de cultivo não interferiu nas concentrações de putrescína, triptofano, 5-hidroxitriptofano, espermidina, histamina e S1 (Tabela 6).

A cadaverina apresentou maior concentração em plantas cultivadas sob tela prata e organza. Enquanto a espermidina teve maior concentração em couves cultivadas sob tela prata, vermelha e organza. O uso da organza também proporcionou maior concentração de triptamina e tiramina. O cultivo em campo aberto afetou a produção de agnatina, em que a menor concentração desta amina foi obtida em plantas cultivadas sob tela preta e vermelha (Tabela 6).

Tabela 6. Aminas biogênicas presentes em folhas de couve, em $\mu\text{g g}^{-1}$, cultivadas em campo aberto e túneis baixos cobertos com tela preta, prata vermelha, agrotêxtil e organza.

Tratamento	Putrescina	Cadaverina	Espermina	Triptofano	Triptamina	Tiramina	5-hidroxitriptofano	Espermidina	Histamina	S1	Agmatina
Campo aberto	1,29 $\pm$ 0,14 a	0,134 $\pm$ 0,012 b	0,14 $\pm$ 0,036 b	5,87 $\pm$ 0,92 a	1,84 $\pm$ 0,58 b	0,036 $\pm$ 0,008 b	2,57 $\pm$ 0,52 a	1,73 $\pm$ 0,84 a	0,044 $\pm$ 0,007 a	0,14 $\pm$ 0,010 a	1,78 $\pm$ 0,045 a
Preta	1,21 $\pm$ 0,29 a	0,12 $\pm$ 0,011 b	0,15 $\pm$ 0,022 b	5,99 $\pm$ 1,03 a	2,09 $\pm$ 0,77 b	0,038 $\pm$ 0,009	2,50 $\pm$ 0,25 a	1,82 $\pm$ 0,47 a	0,062 $\pm$ 0,003 a	0,12 $\pm$ 0,039 a	0,17 $\pm$ 0,041 d
Prata	1,01 $\pm$ 0,15 a	0,17 $\pm$ 0,02 a	0,23 $\pm$ 0,044 a	7,31 $\pm$ 0,088 a	1,51 $\pm$ 0,40 b	0,032 $\pm$ 0,001 b	3,09 $\pm$ 0,37 a	1,64 $\pm$ 0,12 a	0,067 $\pm$ 0,002 a	0,17 $\pm$ 0,043 a	1,06 $\pm$ 0,008 b
Vermelha	1,56 $\pm$ 0,29 a	0,13 $\pm$ 0,02 b	0,20 $\pm$ 0,012 a	6,18 $\pm$ 1,06 a	2,24 $\pm$ 0,16 b	0,033 $\pm$ 0,003 b	2,69 $\pm$ 0,29 a	1,61 $\pm$ 0,27 a	0,068 $\pm$ 0,006 a	0,18 $\pm$ 0,019 a	0,22 $\pm$ 0,034 d
Agrotêxtil	1,44 $\pm$ 0,24 a	0,13 $\pm$ 0,02 b	0,12 $\pm$ 0,006 b	6,45 $\pm$ 0,16 a	2,36 $\pm$ 0,36 b	0,036 $\pm$ 0,009 b	3,18 $\pm$ 0,38 a	1,33 $\pm$ 0,34 a	0,072 $\pm$ 0,010 a	0,16 $\pm$ 0,063 a	0,43 $\pm$ 0,037 c
Organza	1,26 $\pm$ 0,12 a	0,21 $\pm$ 0,05 a	0,22 $\pm$ 0,022 a	7,11 $\pm$ 0,63 a	6,77 $\pm$ 0,79 a	0,081 $\pm$ 0,013 a	2,93 $\pm$ 0,39 a	2,26 $\pm$ 0,41 a	0,02 $\pm$ 0,021 a	0,18 $\pm$ 0,012 a	0,46 $\pm$ 0,078 c
CV%	16,8	20,75	15,2	11,7	19,9	20,2	13,3	26,9	16,8	22,8	6,4

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

A fim de estabelecer um modelo descritivo para agrupar os ambientes de cultivo com base na atividade antioxidante (DPPH, ABTS e FRAP), enzimas (Superóxido Dismutase-SOD, polifenoloxidase-PPO e peroxidase-POD), carotenoides (α Caroteno, Criptoxantina, Zeaxantina, β Caroteno e Vitamina A), perfis de amins biogênicas e compostos fenólicos e fenóis totais, PCA foram conduzidas (Figura 14, 15 e 16). Os resultados para capacidade antioxidante e perfil de compostos fenólicos mostraram que PC1 e PC2 foram responsáveis por 66,31% da variação dos dados (Figura 14). Houve clara separação entre os ambientes de cultivo, em que as plantas que apresentaram maiores poder redutor DPPH, FRAP, concentração de ácido ascórbico, fenóis totais, flavonoides e atividade da POD foram as cultivadas a campo aberto e sob tela prata. Sendo estas variáveis altamente correlacionadas (PC1⁻).

Os resultados para atividade da POD, PPO, carotenoides, clorofila *a* e clorofila *b* apresentaram clara separação, em que o ambiente coberto com organza e tela vermelha proporcionaram elevada concentração desses compostos (PC1), sendo as variáveis altamente correlacionadas.

O ambiente coberto por agrotêxtil ficou alocado na PC2, não sendo correlacionado com nenhuma das variáveis avaliadas, assim como o ambiente coberto com tela preta que foi alocado na PC2⁻ (Figura 15).

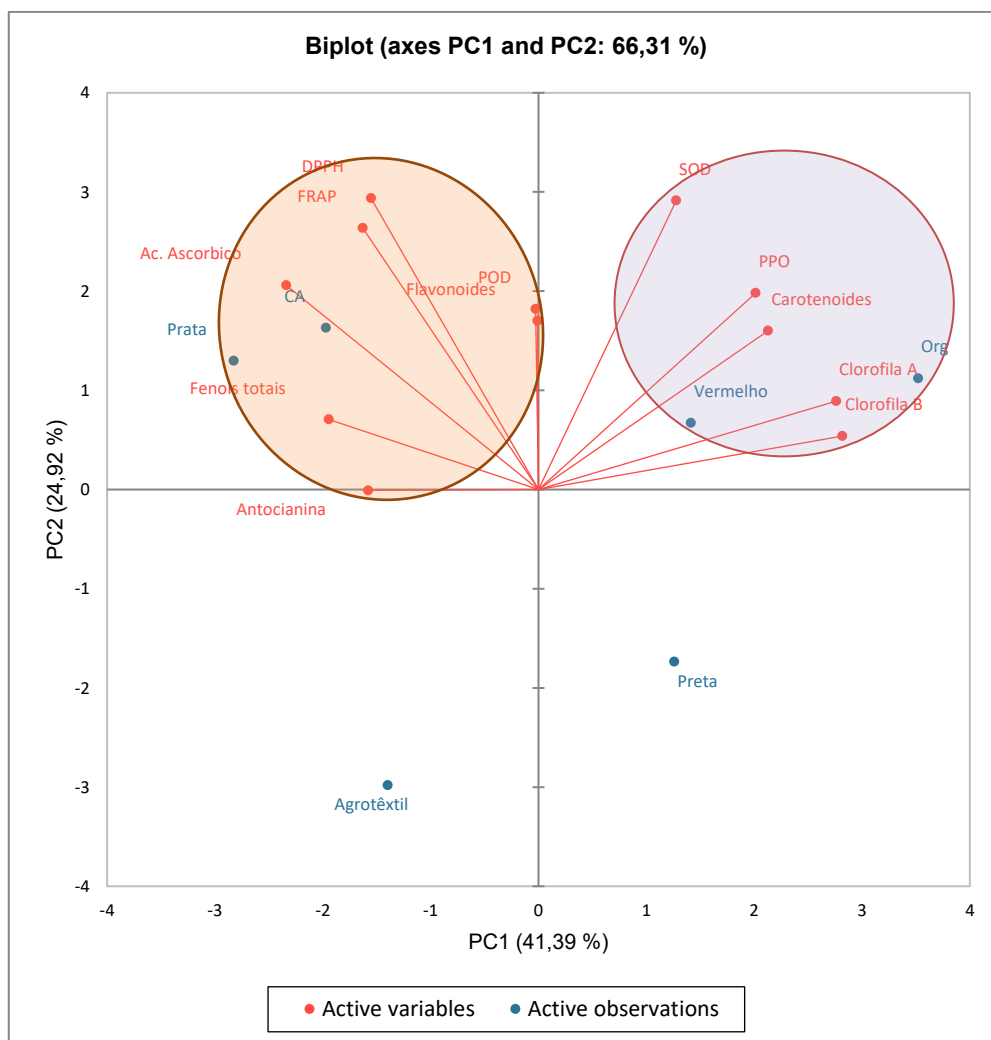


Figura 15. Análise de componentes principais (PCA) da capacidade antioxidante, compostos fenólicos individuais e totais em couves cultivadas sob diferentes malhas de sombreamento e campo aberto.

A fim de estabelecer um modelo descritivo para agrupar os ambientes de cultivo com base na concentração de carotenoides (α Caroteno, β Caroteno, Criptoxantina, Luteína, Zeaxantina e Vitamina A). Os resultados demonstram que a PC1 e a PC2 foram responsáveis por 78,36% da variação dos resultados. Houve uma separação quando a concentração de α Caroteno, Criptoxantina e Luteína, que apresentaram maior concentração nas plantas cultivadas sob cobertura de organza (PC1).

O ambiente coberto com tela vermelha proporcionou elevada concentração de Zeaxantina, β Caroteno e vitamina A nas plantas de couve (PC2). As plantas cultivadas em

campo aberto, túnel coberto com tela preta e prata foram alocados na PC1, não influenciando no conteúdo de carotenoides. Enquanto o ambiente coberto com agrotêxtil foi não foi alocado na PC2 (Figura 16).

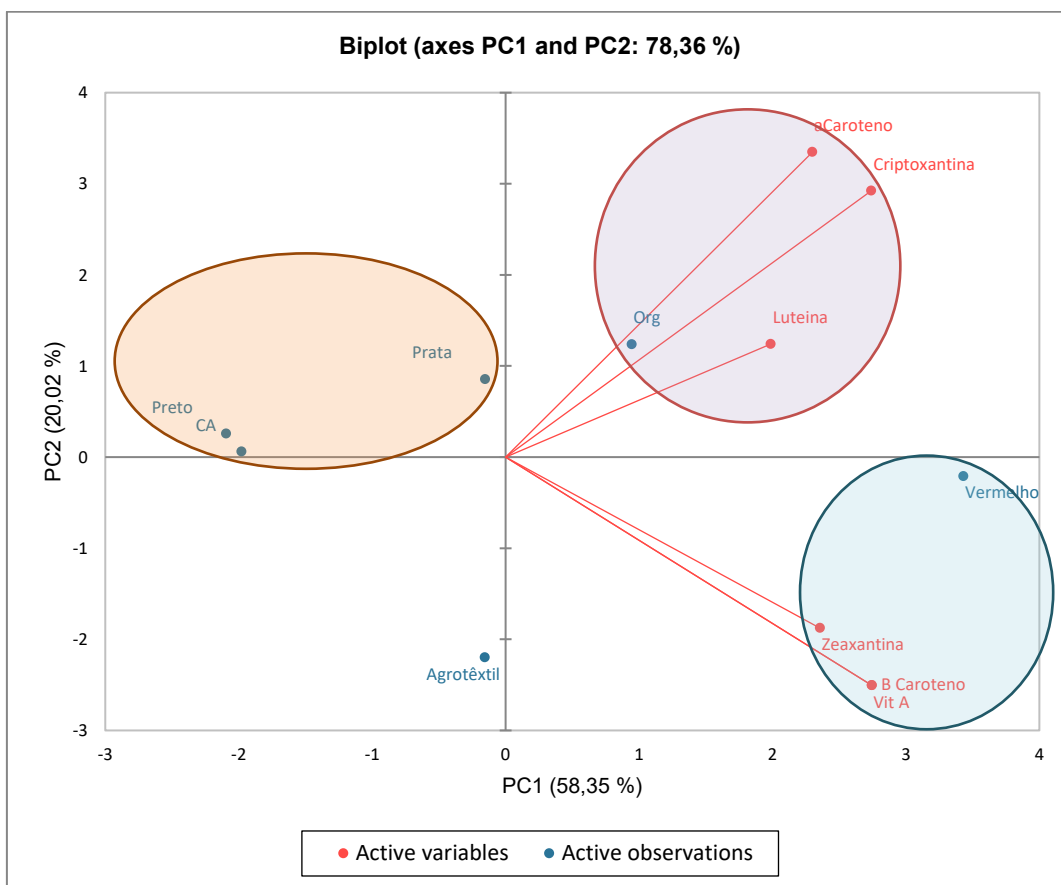


Figura 16. Análise de componentes principais (PCA) de carotenoides em couves cultivadas sob diferentes malhas de sombreamento e campo aberto.

Com o intuito de estabelecer um modelo descritivo para agrupar os ambientes de cultivo com base no perfil de aminas biogênicas, PCA foi conduzida (Figura 17). A PC1 e PC2 respondem a 68,02% da variação dos resultados. A utilização de tela prata no cultivo das plantas, proporcionou o agrupamento das aminas histamina, 5- hidroxitriptofano, S1, triptofano e espermina na PC1, sendo as variáveis altamente correlacionadas.

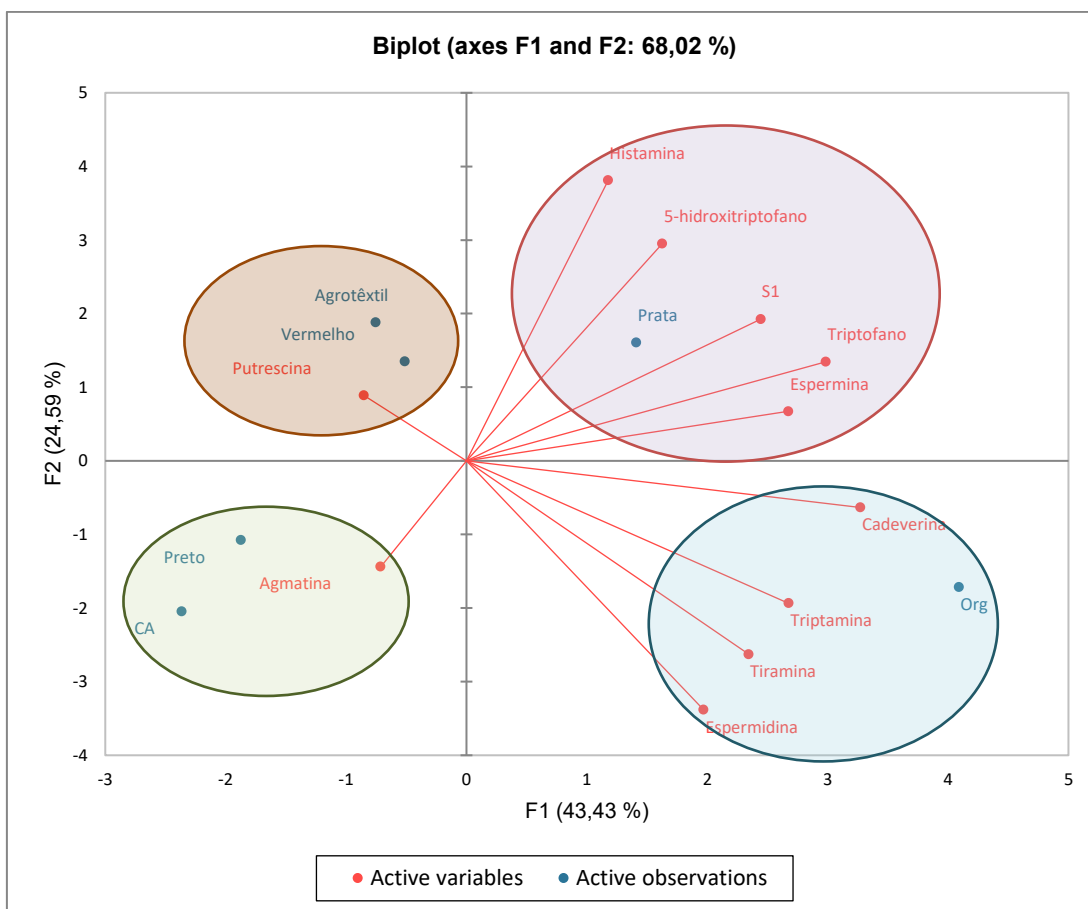


Figura 17. Análise de componentes principais (PCA) de perfis de aminas biogênicas em couves cultivadas sob diferentes malhas de sombreamento e campo aberto.

O ambiente coberto com organza proporcionou maior concentração de cadaverina, triptamina, tiramina e espermidina, sendo essas variáveis agrupadas no PC2⁻ (Figura 16), demonstrando que as variáveis altamente correlacionadas. Os ambientes cobertos com tela prata, vermelha e agrotêxtil proporcionou maior concentração de putrescina, sendo os valores agrupados no PC1⁺. O cultivo de couve a campo aberto e sobre tela preta favoreceu a concentração de agmatina, havendo o agrupamento dos dados no PC2 (Figura 17).

2.3. DISCUSSÃO

2.3.1. Parâmetros microclimática dos diferentes ambientes tipo telado e campo aberto

De maneira geral, as telas preta e prata são as mais eficientes para redução da temperatura nos ambientes, isso ocorre devido a redução da radiação dentro do ambiente. Porém, as malhas de organza e agrotêxtil apesar de reduzir a luminosidade (Figura 11) tem uma trama fechada e reduzem o fluxo de ar e proporcionam aumento da temperatura ambiental (Figura 8 e 10).

O uso de malhas é eficiente na redução da temperatura do solo e do ar dentro de ambientes de cultivo, melhorando desta forma as condições edafoclimáticas para o desenvolvimento das plantas. Isto foi observado por Rampazzo et al. (2014), onde ambientes cobertos com malha de sombreamento 40, 50% e malha termorrefletora 50% apresentaram maior eficiência na redução da temperatura do ar do solo, bem como na luminosidade em relação ao campo aberto.

No entanto, é importante enfatizar que há uma grande diferença ao se trabalhar com túneis, uma vez que são estruturas com menor volume de ar interno quando comparados aos telados. Harmanto et al. (2006), avaliando temperatura do ar em ambiente protegido tipo arco, coberto com plástico e janelas laterais cercadas com tela antiofídico em Bangkok, Thailand, observaram um aumento na temperatura de 1 a 3°C, sendo considerada pelos autores, como pequena e atribuída ao tamanho da estrutura bem como ao tamanho das janelas de ventilação que permitiram maior troca gasosa.

Médias superiores de temperatura do ar em ambientes cobertos com agrotêxtil foram observadas por Pires et al. (2013), enfatizando que o material proporciona temperaturas mais elevadas nas horas mais quentes do dia, sendo registradas médias mais elevadas até mesmo quando comparadas ao cultivo a campo aberto. Os resultados obtidos no presente trabalho demonstram que a organza proporciona temperatura do ar bem próximas as registradas no ambiente coberto com agrotêxtil (Figura 8), porém, não há relatos de estudos com esse material para fins agrícolas. No entanto, a composição sintética de 100% poliamida do tecido pode ter contribuído para elevação da temperatura do ar dentro do ambiente de cultivo.

De acordo com Li (2006), a malha vermelha altera a qualidade da radiação que é transmitida ao interior do ambiente. Seu efeito reduz a quantidade de ondas das faixas azul, verde e amarela do espectro enquanto incrementa as ondas das faixas do vermelho e vermelho-distante, que são ondas térmicas, elevando a temperatura do ar. Este efeito foi observado apenas

para a temperatura do ar às 10 horas, onde este material apresentou maior temperatura quando comparado com as demais telas e o campo aberto (Figura 10).

Malhas de sombreamento proporcionam uma diminuição na radiação incidente, desta forma, proporciona uma diminuição da temperatura no ambiente de cultivo, já em ambientes cobertos com malha termorrefletora, este efeito se deve a reflexão da radiação infravermelha (COSTA et al., 2011), explicando desta forma os resultados obtidos no presente estudo (Figuras 8, 9 e 10).

Durante todo o dia as maiores médias de temperatura de solo são obtidas no ambiente coberto com agrotêxtil, sendo registrada uma diferença média de $1,1^{\circ}\text{C}$ entre as temperaturas registradas no ambiente campo aberto (Figura 9). Observa-se ainda que as temperaturas de solo registradas entre as 18 e as 07 horas são mais elevadas que as temperaturas do ar registradas dentro dos ambientes. Isto se deve a baixa capacidade do solo em troca de calor, sendo o fluxo de calor no interior do solo mais lento quando comparado com o ar, onde o solo possui grande capacidade de retenção de calor, sendo o tempo de variação da temperatura em função da variação da radiação solar de aproximadamente uma hora (GEIGER, 1980).

O uso de ambiente protegido tem como função proporcionar um microclima que favoreça o desenvolvimento das plantas, desta forma, aumentando a produtividade, proporcionando o cultivo em épocas desfavoráveis, ou mesmo proteção contra intempéries climáticas, tais como granizo, geada, chuva e altas temperaturas. Por fim, pode ser utilizada no sentido de diminuir a infestação de insetos praga, agindo como barreira física. Além das variações microclimáticas que ocorrem no interior do ambiente protegido, faz-se necessária a avaliação das respostas produtivas das plantas, uma vez que o que se busca com a utilização deste tipo de tecnologia é obter ganhos na produção.

Apesar de o solo ter a capacidade de retenção de energia em forma de calor por um maior período de tempo (GEIGER, 1980), sendo mais estável que o ar em relação as temperaturas registradas, o material utilizado influenciou neste fluxo de calor dentro dos ambientes de cultivo, sendo possível afirmar que o material agrotêxtil proporciona um aumento na temperatura tanto do ar quanto do solo, ocasionando médias muito acima das registradas no ambiente sem cobertura, sendo um material não muito adequado para estas condições climáticas.

Apesar da organza proporcionar um aumento nas temperaturas do ar (Figura 8 e 10), observa-se que quanto a temperatura do solo, as médias obtidas se igualam as observadas no

ambiente coberto com malha termorrefletora, a mesma proporcionou resultados positivos quanto aos parâmetros massa total, comercial e área foliar, podendo assim ser um material interessante para futuros estudos.

Oliveira et al. (2011), ressaltam ainda, que o manejo da temperatura dentro do ambiente de cultivo é de extrema importância por se tratar da variável que melhor explica, estatisticamente, a duração fenológica das plantas. Desta forma, faz-se necessário a avaliação de parâmetros inerentes a planta que justifiquem ou não o uso de ambiente protegido ou de um dado material.

O ambiente campo aberto apresentou maiores médias de luminosidade como era esperado (Figura 11). Dentre os ambientes protegidos avaliados, o túnel baixo coberto com agrotêxtil apresentou maiores valores de luminosidade (LUX), sendo observados valores 6,35 % menores que os registrados no ambiente coberto com organza e 27,5% menor que os valores observados para o campo aberto. Observou-se uma redução de 44,4, 50,3 e 46,4 % na incidência luminosa nos ambientes cobertos com malha vermelha, malha prata e malha preta, respectivamente, em relação aos valores obtidos no ambiente campo aberto.

A radiação solar é um dos componentes principais do balanço energético, bem como do desenvolvimento das plantas. A luz é primordial para o crescimento, por fornecer energia para a realização da fotossíntese, mas também, por regular o desenvolvimento por meio de receptores de luz sensíveis a diferentes intensidades, qualidade espectral. Taiz et al. (2017) destacam que a fração visível da energia solar contém a irradiância fotossinteticamente ativa, sendo um dos mais importantes fatores determinantes da produtividade das plantas. O manejo de luminosidade dentro do ambiente de cultivo é muito importante, uma vez que os materiais utilizados na proteção destes ambientes possuem taxas de bloqueio de luminosidade variável.

Durante a condução do ensaio foram obtidos valores de luminosidade para cada ambiente utilizado, sendo estes valores registrados em Lux, sendo está uma medida da intensidade da luz, uma Lux é igual a um lúmen por metro quadrado. Uma Lux só mede a intensidade da luz a que o olho humano é mais sensível (verde) e um medidor de Lux não vai medir comprimentos de onda maiores que 580nm (GRANDJEAN, 1998).

A luz é um dos fatores abióticos que mais influenciam no desenvolvimento das plantas, sendo a principal fonte energética e seu manejo e controle influenciam diretamente no processo fotossintético, exercendo efeitos positivos ou negativos, sendo necessário conhecer as

necessidades fisiológicas de cada estágio fenológico das plantas para a escolha do material a ser empregado (POLYSACK, 2016). Em condições tropicais facilmente se atingem picos extremos de luminosidade. Taiz et al. (2017), ressaltam que em ambientes com radiação solar intensa e altas temperaturas, as plantas evitam o excesso de aquecimento das folhas reduzindo a absorção dessa radiação, desta forma, comprometendo a fotossíntese e consequentemente o seu desenvolvimento.

Desta forma, tanto o excesso quanto a quantidade insuficiente de luz influenciam no desenvolvimento das plantas, sendo necessário o monitoramento tanto da luminosidade, temperatura do ar e do solo dentro de ambientes protegidos para obtenção de aumento na produtividade, melhor adequação da utilização desta técnica na produção de plantas, uma vez que, as necessidades climáticas variam conforme a espécie.

A maior incidência luminosa está relacionada diretamente com as maiores temperaturas, isto se confirma neste ensaio, em que se obteve maiores temperaturas no ambiente coberto com agrotêxtil, organza e campo aberto e médias intermediárias foram obtidas nos ambientes cobertos com malhas de sombreamento.

2.3.2. Parâmetros produtivos de couve cultivada em diferentes ambientes tipo telado e campo aberto

A produtividade de couve pode ser influenciada por fatores como temperatura, luminosidade e infestação de pragas. Nesse contexto, os ambientes que obtiveram maior produtividade nas plantas cultivadas (Figura 13) sob túnel baixo foram os que apresentaram menor temperatura do ar (malha prata e prata) (Figuras 8 e 10), o coberto com organza pode ter ocorrido devido ao tamanho das folhas e menor presença de danos provocados por insetos e campo aberto.

O uso de malhas tem sido amplamente estudado na produção de hortaliças, sendo possível relatar um aumento nas características desejadas com o uso deste tipo de tecnologia. A produtividade de alface foi superior em ambiente coberto com malha prata (Seabra Júnior et al., 2009).

Seabra Júnior et al. (2009), trabalhando com alface, obteve maior produtividade no ambiente coberto com malha prata, sendo atribuído este resultado a diminuição da temperatura. Da mesma forma, Costa et al. (2011), ao trabalhar com rúcula sob telados obteve um incremento

na produtividade de 43% da mesma, cultivada sob malha preta, quando comparada ao obtido a campo aberto. Porém, este resultado pode ser dependente da localidade, época do ano e espécie a ser cultivada.

No presente estudo, a cobertura agrotêxtil não proporcionou ganhos na massa fresca da planta e nem no aumento do número de folhas (Tabela 2). Isto provavelmente ocorreu devido às altas temperaturas registradas para este material (Figura 10). Esses dados confirmam que a produção de biomassa de couve foi bastante afetada pelo estresse de alta temperatura.

Estes resultados divergem dos observados no cultivo de alface em condições de altas temperaturas no município de Mossoró, Ceará, em que o cultivo sob ambiente protegido com agrotêxtil apresentou rendimento superior da cultura (Oliveira et al., 2006), sendo observado maior produtividade, altura e diâmetro das plantas sob agrotêxtil de 40 g m⁻² (Barros Júnior et al., 2004).

A malha organza apresentou os melhores resultados para a produtividade (Figura 13), apesar de não ter apresentado as melhores médias para parâmetros como massa total da planta e número de folhas (Tabela 2), tornando-se favorável ao cultivo desta hortaliça folhosa. Porém, a utilização deste material em coberturas de ambientes de cultivo permanece inexplorada, apesar de ser um material promissor principalmente no manejo de pragas, sendo necessárias futuras pesquisas com o intuito de entender melhor as influências do mesmo sobre as plantas, além de investimentos quanto à melhoria da resistência do material.

2.3.3. Clorofila *a*, clorofila *b*, antocianina, carotenoides, fenóis totais e flavonoides

As clorofilas são pigmentos fotossintéticos das plantas, juntamente com as antocianinas e carotenoides, fazem parte do aparato fotossintético. Quando plantas de pleno sol são submetidas a algum grau de sombreamento ou fornecimento inadequado de luz, pode ocorrer uma maior concentração de clorofila *b* em relação a clorofila *a* (TAIZ et al., 2017). No presente estudo, o teor de clorofila *a* das folhas de couve não apresentaram influência do ambiente de cultivo. No entanto, houve influência sobre a clorofila *b* e antocianinas (Tabela 3).

As telas preta, vermelha e organza, proporcionaram o maior acúmulo de clorofila *b*, provavelmente devido ao nível de sombreamento. Seabra Júnior et al. (2019) relataram que o uso de tela preta, vermelha e prata proporcionaram redução de 44,4, 50,3 e 46,3% da luminosidade em cultivo de couve. A organza, proporcionou redução de apenas 33,8% da luz

incidente. O que faria com que o ambiente coberto com tela prata proporcionasse maior acúmulo de clorofila *b*, como as telas preta e vermelha. Contudo, além da redução da luminosidade, o material da tela prata proporciona a difusão da luz, o que afeta a direção e aproveitamento pelas plantas.

As antocianinas têm função protetiva contra os danos ocasionados ao sistema fotossintético devido ao excesso de luminosidade, modificando significativamente a qualidade e quantidade de luz absorvida pelas plantas (KROL et al., 1995; NTEFIDOU e MANETAS, 1996). Devido a modificação na difusão de luz no ambiente coberto com tela prata, pode ter havido estresse em decorrência da luminosidade, influenciando no conteúdo de antocianinas. O agrotêxtil é um material que tem sido utilizado principalmente no manejo de pragas (BARROS JÚNIOR et al., 2004), havendo uma grande lacuna quanto a modificação no ambiente de cultivo. O que encoraja mais estudos quando a mudança de espectro luminoso e qualidade da luz ao utiliza-se qualquer tipo de malha de sombreamento.

No caso de estresse luminoso, o ambiente campo aberto teria que expressar resultados próximos ao que foi obtido no cultivo sob tela prata e agrotêxtil, no entanto, este resultado não foi obtido. Seabra Júnior et al. (2019) observou que o cultivo utilizando as mesmas coberturas do presente estudo, proporcionaram modificação de luminosidade e temperatura. Sendo o agrotêxtil o material que menos interferiu na disponibilidade luminosa (27,6%), no entanto houve elevado incremento tanto na temperatura do solo quanto do ar (SEABRA JÚNIOR et al., 2019).

No ambiente coberto com tela prata, os mesmos autores relatam a diminuição de 50,3% da quantidade de luz, a menor média de temperatura do solo e a maior média de temperatura do ar entre as telas utilizadas (preta, prata e vermelha) (SEABRA JÚNIOR et al., 2019). O efeito mais constatado quanto ao uso de tela prata é referente a redução da temperatura e luminosidade (RAMPAZZO et al., 2014; SEABRA JÚNIOR et al., 2019). Porém, o fabricante relata a mudança no espectro de luz e refletância, o que pode explicar o acúmulo de antocianinas nas plantas (POLYSACK, 2023; KROL et al., 1995; NTEFIDOU e MANETAS, 1996).

A concentração de fenóis totais foi menor sobre os ambientes cobertos com tela preta e vermelha, sendo um reforço quanto a incidência luminosa. Os fenóis são muito influenciados pela luz e temperatura (QIAN et al., 2016). Tanto a síntese de flavonoides, fenóis totais e antocianinas são dependentes de luz (HAZRATI et al., 2016; QIAN et al., 2016).

2.3.4. Antioxidantes e enzimas

Os antioxidantes podem apresentar maior concentração em plantas submetidas a algum tipo de estresse. Isso ocorre para reduzir a concentração de espécies reativas de oxigênio (ERO's) que são geradas devido a fatores ambientais como estresse luminoso, alta temperatura, alagamento, entre outros (TAIZ et al., 2017; BANO et al., 2021). O cultivo a campo aberto proporcionou maior expressão do poder redutor DPPH e FRAP em plantas de couve, devido à a fatores microclimáticos como maior luminosidade e temperatura (Figuras 10 e 11). A tela prata também influenciou no conteúdo de DPPH e FRAP e a tela vermelha influente sob o poder redutor FRAP (Tabela 4). Apesar das telas serem utilizadas para reduzir a temperatura e a luminosidade no ambiente de cultivo, alguns materiais como o Aluminet® (tela prata) e Chromatinet® (tela vermelha) proporcionam modificação no comprimento de onda da luz. No caso da tela prata há aumento da difusão de luz, entretanto a tela vermelha proporciona a mudança do vermelho curto para o vermelho longo, ocasionando um aumento na temperatura dentro do ambiente de cultivo (SEABRA JÚNIOR et al., 2019).

A ativação enzimática também está ligada a estresse, que podem ser tanto abióticos como mudanças ambientais, como bióticas devido a infestação de pragas e incidência de fitopatógenos, o que pode justificar a maior expressão da POD nas plantas cultivadas a campo aberto (Tabela 4). A ação desta enzima está associada a síntese de lignina, sendo uma resposta a ataque de insetos, mas também uma forma de enrijecimento das paredes celulares afim de evitar a perda excessiva de água (STADNIK; BUCHENAUER, 2000).

As plantas cultivadas em campo aberto costumam apresentar maior rigidez de tecidos, ao contrário das cultivadas sob malhas de sombreamento. Ponce et al. (2021), trabalhando com o cultivo de couve, na mesma região destacaram que as plantas cultivadas em campo aberto tiveram mais danos devido a herbívora, o que desencadeia a produção de fitoquímicos de defesa. Toledo et al. (2021) trabalhando com plantas de tomate, observaram maior expressão da peroxidase (POD) em plantas infestadas por *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae), evidenciando a relação da enzima com respostas a defesa das plantas.

A atividade da polifenoloxidase- (PPO) foi mais expressiva nas plantas cultivadas sob tela prata, vermelha e organza. Esta enzima está ligada a biossíntese de lignina e suberina através da transformação de fenóis em quinona (LATOURNERIE-MORENO et al., 2015). A

modificação no comprimento e qualidade da luz tem efeito direto sobre as plantas (TAIZ et al., 2017) e devido aos efeitos proporcionados pelas telas prata e preta sobre a incidência da luz influenciou na atividade da polifenoloxidase. A peroxidase (POD), apresenta esta mesma função, no entanto, a campo aberto, além da alta temperatura, o maior ataque de herbívoros pode ter resultado na maior atividade de peroxidase.

O cultivo de plantas sob a cobertura de organza é inédito, sendo relatado aumento de produtividade (PONCE et al., 2021) e aumento na temperatura do solo e do ar (SEABRA et al., 2019). Estudos base referente a qualidade da luz, mudanças no comprimento de onda e melhorias do material ainda precisam ser realizados, no entanto, observa-se um efeito de estresse, que interferiu sob a atividade da polifenoloxidase, que pode ser atribuído a modificação na luz e temperatura do ambiente.

A Superóxido Dismutase-SOD é a primeira enzima de desintoxicação e o antioxidante mais poderoso da célula e atua no sistema de primeira linha contra espécies reativas de oxigênio (IGHODARO; AKINLOYE 2018). Nas plantas a SOD representa um atenuante do estresse oxidativo. O que pode ser visto como um empecilho para o cultivo de plantas devido ao estresse, a nível de saúde humana, pode representar uma qualidade a mais das plantas. Ao avaliar a atividade da SOD, observou-se que o uso do sombreamento aumentou a produção desta enzima, exceto no ambiente coberto com agrotêxtil (Tabela 4).

Os vegetais crucíferos (repolho, brócolis, couve, couve de Bruxelas entre outros) são indicados como uma ótima fonte de antioxidantes (KRISHNAMURTHY, P.; WADHWANI, 2012), contudo, o presente estudo demonstra que o acúmulo desses compostos pode ser influenciado em decorrência do ambiente de cultivo, onde um ambiente que proporciona maior estresse nas plantas como o campo aberto pode proporcionar maior atividade (Tabela 4).

2.3.5. Carotenoides

Os carotenoides são pigmentos lipossolúveis presentes nas plantas e fazem parte da estrutura fotossintética (TAIZ et al., 2017). Apresentam papel antioxidantes auxiliando na proteção das células das plantas contra o efeito das ERO's. A Luteína foi sintetizada em maior quantidade nas plantas cultivadas sob tela prata e vermelha (Tabela 5). No presente estudo, a concentração de luteína foi influenciada pelo tipo de cobertura, sendo a mudança na qualidade da luz promovida por ambas as telas, o responsável pelo maior acúmulo desse carotenoide. A

luteína está relacionada aos sistemas de captação de luz nas plantas, desta forma, apresenta relação direta com a eficiência fotossintética e manutenção dos fotossistemas (LI et al., 2009). Além disso, aumenta a estabilidade do sistema de antenas evitando danos oxidativos as proteínas que o formam (JAHRNS et al., 2001; STANDFUSS et al., 2005). Desta forma, observou-se uma maior necessidade de atuação da luteína em plantas cultivadas sob tela prata e vermelha devido a difusão da luz na prata e a mudança do espectro de luz na vermelha.

Quanto a zeaxantina, o maior sombreamento, proporcionado pela tela preta aliado a redução de temperatura, proporcionou o menor acúmulo. A zeaxantina é produzida pelas plantas e retida na função de proteger as folhas contra os danos luminosos (ASADA, 1999; TAIZ et al., 2017).

A criptoxantina é um importante carotenoide, que é mais bem assimilado pelo organismo humano, em especial a β Criptoxantina, quando comparado ao β Caroteno, (DHUIQUE-MAYER e AMIOT-CARLIN, 2009; O'CONNELL, RYAN e O'BRIEN, 2007). A maior concentração desse carotenoide encontra-se em frutas cítricas, no entanto, vegetais de coloração escura são fontes de criptoxantina, apesar de apresentar menor biodisponibilidade (O'CONNELL, RYAN e O'BRIEN, 2007). Ao avaliar a biodisponibilidade de criptoxantina em brócolis, O'Connell, Ryan e O'Brien (2007) não detectaram a presença do carotenoide. No presente estudo, obteve-se valores mínimos de 13,39 (campo aberto) e valores máximos de 25,5 em plantas cultivadas sob proteção de tela vermelha (Tabela 5).

Os carotenoides atuam como antioxidantes, inativando espécies reativas de oxigênio (ESCUREDO et al., 2018). Couves cultivadas durante o verão tendem a ter maior concentração de carotenoides que plantas cultivadas no inverno (DE AZEVEDO e RODRIGUEZ-AMOYA. 2005). Isso devido as condições climáticas de maior temperatura e luminosidade, aumentando a concentração de carotenoides. Além do período de cultivo, a idade das folhas de couve influencia na concentração de carotenoides, em que folhas mais velhas apresentam maior concentração de luteína e β caroteno (DE AZEVEDO e RODRIGUEZ-AMOYA. 2005).

A zeaxantina juntamente com a violaxantina e xantofila estão relacionadas a fotoproteção das plantas contra o excesso luminoso, exercendo um papel importante na proteção das plantas contra a oxidação e danos ao sistema fotossintético das plantas. A luz é um importante sinal envolvido na fotossíntese e biossíntese de carotenoides (QUIAN-ULLOA e STANGE, 2021).

2.3.6. Aminas

As aminas bioativas são bases orgânicas com cadeia alifáticas, alcíclicas ou heterocíclicas e são produzidas naturalmente a partir de atividades metabólicas de animais, vegetais e microrganismos (BARONE et al., 2018). A putrescina é marcador bioquímico de estresse vegetal (TORO-FUNES, et al., 2015), sendo um precursor de outras aminas como espermidina e da espermina. Todos os ambientes de cultivo foram igualmente estressantes, sendo um fator síntese de putrescina (Tabela 4). Os níveis de putrescina podem ser resultado da baixa conversão de espermidina, no entanto está poliamina teve maior concentração cobertos com tela prata, vermelha e organza (Tabela 6).

A conversão de putrescina em espermidina e espermina está relacionado a atenuação do estresse, eliminando as espécies reativas de oxigênio (KALAČ, 2014). Desta forma, as plantas cultivadas sob tela prata, vermelha e organza, tiveram como resposta ao estresse do ambiente, a conversão de putrescina em espermina. Além da inativação de ERO's, a conversão de putrescina em espermina, também está relacionado a processos celulares como diferenciação celular e expansão, além de síntese de proteínas (PAPAGEORGIOU et al., 2018), no entanto, não houve diferença entre os tratamentos quanto a concentração de proteínas (Tabela 4).

Em repolho cru cultivados na Espanha, foi detectada espermidina (22,3 mg/kg), sendo observado que em amostras do vegetal fermentado, foram observadas com putrescina (108,9 mg/kg), tiramina (60,66 mg/kg) e histamina (37,01 mg/kg) (MAYR e SCHIEBERLE, 2012). Demonstrando que o processamento dos alimentos pode influenciar no conteúdo de aminas. As poliaminas como espermidina, histamina, cadaverina e agmatina ocorrem naturalmente em alimentos e estão envolvidas com o crescimento e multiplicação das células (PAPAGEORGIOU et al., 2018).

A cadaverina está relacionada a qualidade dos alimentos, juntamente com a putrescina e histamina (PAPAGEORGIOU et al., 2018). Diamante et al. (2019) observaram que em couve-flor, os valores de histamina e cadaverina, correlacionam-se. Quando ocorre em grande quantidade, a concentração de cadaverina, pode indicar baixa qualidade do alimento (KAROVIČOVÁ e KOHAJDOVÁ, 2003), no entanto os níveis de putrescina e cadaverina

encontrados no presente estudo foram baixos e dentro dos limites de segurança impostos por Ruiz-Capillas e Herrero (2019).

Papageorgiou et al. (2018) descrevem que a serotonina e agmatina não foram detectados em vegetais frescos. No entanto, obteve-se no presente estudo resultados que contradizem esta informação, em que a agmatina foi encontrada em todas as plantas avaliadas, independente do tratamento (Tabela 4). Em que o cultivo a campo aberto, tela preta e vermelha proporcionaram maior concentração desta amina.

Em repolho, a concentração de aminas está ligada a hidrólise de glucosinolatos e são formadas por vias enzimáticas e não enzimáticas (ANDERNACH, WITZEL EHANSCHEN, 2023). O repolho e a couve têm um mesmo ancestral comum, sendo as plantas muito próximas, o que pode proporcionar reações metabólicas em comum, como a concentração de glucosinolatos. Os glucosinolatos podem ser produzidos em brássicas naturalmente e ter sua concentração aumentada devido a respostas ao estresse térmico, estresse por luz ultravioleta, estresse hídrico e ataque de pragas (GUO et al., 2016; WANG et al., 2011; SEO et al., 2017; CHHAJED et al., 2020).

A agmatina é produzida a descarboxilação da arginina pela arginina descarboxilase e é precursora da putrescina, como resposta a estresse abiótico (PATEL et al., 2017; JIMÉNEZ-BREMONT et al., 2004; LARCHER, 2000). Desta forma, o cultivo de couve a campo aberto proporcionou maior síntese de agmatina, sendo o cultivo sob tela preta e vermelha as coberturas que proporcionaram a menor concentração desta amina (Tabela 4).

A formação de aminas em plantas ocorre através da ação de enzimas, no entanto pode ser via não enzimática (LATORRE-MORATALLA et al., 2008; ANDERNACH, WITZEL EHANSCHEN, 2023). Todas as aminas encontradas nas plantas de couve, independente do ambiente de cultivo, apresentaram baixa concentração, não representando risco a saúde humana. Ainda existem diversas lacunas quanto a fatores que influenciam na produção de aminas pelas plantas e como cada uma age na fisiologia.

2.4. CONCLUSÕES

Os tuneis cobertos com tela vermelha agrotêxtil proporcionaram apresentaram menor produtividade de couve, obtido pelo aumento da temperatura do ar no agrotêxtil e mudança do espectro de luz na tela vermelha. A tela vermelha proporcionou redução nos teores de clorofila *b*, antocianina, fenóis, na atividade antioxidante DPPH, FRAP nas atividades enzimáticas de POD, PPO e SOD, nos teores de ácido ascórbico, nas aminas biogênicas cadaverina, espermina, triptamina, tiramina e agmatina. Já no agrotêxtil reduziu clorofila *b*, atividade antioxidante DPPH, FRAP, nas atividades enzimáticas de POD, PPO e SOD, nos teores de ácido ascórbico, nos teores de luteína, criptoxantina, α caroteno nas aminas biogênicas cadaverina, espermina, triptamina e agmatina.

Porém, a malha organza apresentou a melhor produtividade em relação as malhas e que confere proteção contra pragas apresentou maiores teores de clorofila *a* e *b*, fenóis, flavonoides, atividade enzimática PPO e SOD, na maioria dos carotenoides e aminas biogênicas. No entanto, para os parâmetros produtivos e indicadores bioquímicos não foram obtidas diferenças quando comparado ao cultivo a campo aberto. A malha organza foi o melhor ambiente para o cultivo de couve em climas tropicais. Porém, esses dados confirmam que o cultivo da couve foi bastante afetada pelo estresse de alta temperatura, ocorrendo necessidade de futuros estudos que aprofundem a relação entre aspectos bioquímicos e eficiência produtiva ao utilizar malhas no cultivo protegido.

2.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMARO, G. B.; SILVA, D. M. da; MARINHO, A. G.; NASCIMENTO, W. M.;
Recomendações técnicas para o cultivo de hortaliças em agricultura familiar. (Embrapa Hortaliças. Circular técnica, 47). Brasília, DF, 2007. 16 P.
- ANDERNACH, L.; WITZEL, K.; HANSCHEN, F. S. Glucosinolate-derived amine formation in Brassica oleracea vegetables. Food Chemistry, v. 405, p. 134907, 2023.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.134907>
- ALBUQUERQUE NETO, A. A. R. de; ALBUQUERQUE, T. C. S. de. Cultivo da couve em substrato fertirrigado com aplicações de organominerais. In: Fertbio 2008: Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas, 28. Reunião Brasileira sobre Micorrizas, 12.

Simpósio Brasileiro de Microbiologia Londrina-PR: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2008.

AL-SHEHBAZ, I. A.; BEILSTEIN, M. A.; KELLOGG, E. A. Systematics and phylogeny of the Brassicaceae (Cruciferae): an overview. *PlantSystematicsandEvolution*, vol. 259 (2-4), p. 89–120, 2006.

ASADA, K. The water-water cycle in chloroplasts: scavenging of active oxygens and dissipation of excess photons. *Annual review of plant biology*, v. 50, n. 1, p. 601-639, 1999. <https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.50.1.601>

BANO, A.; GUPTA, A.; RAI, S.; FATIMA, T.; SHARMA, S.; PATHAK, N. Mechanistic role of reactive oxygen species and its regulation via the antioxidant system under environmental stress. *Plant Stress Physiology—Perspectives in Agriculture*, p. 1-18, 2021.

BENZIE, I.; STRAIN, J. The Ferric Reducing Ability of Plasma (FRAP) as a Measure of “Antioxidant Power: The FRAP Assay”. *AnalyticalBiochemistry*, 239, 70-76, 1996.

BORGES, C. V.; SEABRA JUNIOR, S.; PONCE, F. S.; LIMA, G. P. P. Agronomic factors influencing Brassica productivity and phytochemical quality. In: Mohamed A. El-Esawi. (Org.). *Brassica*. 1ed.London: Intechopenlimited, 2018, v. 1, p. 75-87.

BARONE, C.; BAREBERA, M.; BARONE, M.; PARISI, S.; ZACCHEO, A. Chemical Evolution of Nitrogen-based Compounds in Mozzarella Cheeses. *Springer International Publishing*, 2018. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-65739-4>

BARROS JÚNIOR, A. P.; GRANGEIRO, L. C.; BEZERRA NETO, F.; NEGREIROS, M. Z. D.; SOUZA, J. D. O.; AZEVEDO, P. E. D.; MEDEIROS, D. C. Cultivo da alface em túneis baixos de agrotêxtil. *Horticultura Brasileira*, v. 22, p. 801-803, 2004. <https://doi.org/10.1590/S0102-05362004000400028>

BRADFORD, M. M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *AnaliticalBiochemistry*, v. 72, p.248-254, 1976.

BRAND-WILLIAM, W.; CUVELIER, M. E.; BERSET, C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT - Food Sci. Technol.* 28(1):25-30. 1995.

CHHAJED, S.; MOSTAFA, I.; HE, Y.; ABOU-HASHEM, M.; EL-DOMIATY, M.; CHEN, S. Glucosinolate biosynthesis and the glucosinolate–myrosinase system in plant defense. *Agronomy*, v. 10, n. 11, p. 1786, 2020. <https://doi.org/10.3390/agronomy10111786>

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. 2012. Sementes: ciência, tecnologia e produção, 5. ed. FUNEP, Jaboticabal.

CHATTERJEE, R.; MAHANTA, S. Performance of Offseason Cauliflower (*Brassica oleracea* var. *botrytis* L.) under Agro Shade Net as influenced by Planting Dates and Nutrient source. Intl. J. of Advances in Agric. Sci. and Tech.,1(1):56-62. 2013.

COLTURATO, A. B.; JACCOUD FILHO, D. S.; OTTO, R. F., GASPERRINI, L. Avaliação da ocorrência de alternaria brassicae em couve chinesa cultivada sob agrotêxtil e ambiente na região de Ponta Grossa Paraná. Horticultura Brasileira, Brasília, v.19, n.2, Suplemento, 2001.CD-ROM.

DADÁKOVÁ, E.; KRÍZEK, M.; PELIKÁNOVÁ, T. Determination of biogenic amines in foods using ultra-performance liquid chromatography (UPLC). FoodChemistry. 116: 365–370.2009.

DADAKOVA, E.; NOVA, T. P.; KALAC, P. Content of biogenic amines and polyamines in some species of European wild-growing edible mushrooms. EuropeanFoodResearchand Technology. v. 230, p. 163–171, 2009.

DE AZEVEDO, C. H; RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Carotenoid composition of kale as influenced by maturity, season and minimal processing. Journal of the Science of Food and Agriculture, v. 85, n. 4, p. 591-597, 2005. <https://doi.org/10.1002/jsfa.1993>

DEMOTES-MAINARD, S.; PÉRON, T.; COROT, A.; BERTHELOOT, J.; GOURRIEREC, J.; LE TRAVIER, S.; SAKR, S. 2016. Plant responses toredandfar-redlights, applications in horticulture. Env. Exp. Bot. 121, 4-21.

DIAMANTE, M. S., BORGES, C. V., DA SILVA, M. B., MINATEL, I. O., CORRÊA, C. R., GOMEZ GOMEZ, H. A., & LIMA, G. P. P. Bioactive amines screening in four genotypes of thermally processed cauliflower. Antioxidants, v. 8, n. 8, p. 311, 2019. <https://doi.org/10.3390/antiox8080311>

DUECK, T.; VAN IEPEREN, W.; TAULAVUORI K., 2016. Light perception, signalling and plant responses to spectral quality and photoperiod in natural and horticultural environments. Env. Exp. Bot. 121, 1-3.

DHUIQUE-MAYER, C.; AMIOT-CARLIN, M. J. β -Cryptoxanthin from Citrus juices: bioaccessibility and uptake by Caco-2 cell culture model. Acta Horticulturae, n. 841, p. 129-134, 2009.

ESCARPA, A.; GONZÁLE, M. Fast separation of (poly) phenolic compounds from apples and pears by high-performance liquid chromatography with diode-array detection. J. Chromatogr. A. 830(2):301-309. 1999.

ESCUREDO, O., SEJO-RODRIGUEZ, A.; RODRÍGUEZ-FLORES, M. S.; MÍGUEZ, M.; SEJO, M. C. Influence of weather conditions on the physicochemical characteristics of potato tubers. Plant, Soil and Environment, v. 64, n. 7, p. 317-323, 2018. DOI: 10.17221/144/2018-PSE

FALCONE FERREYRA, M. L.; RIUS, S. P.; CASATI, P. (). Flavonoids: biosynthesis, biological functions and biotechnological applications. *Front. PlantSci.* 3:222. 2012.

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations, WHO - World Health Organization - Public Health Risks of Histamine and other Biogenic Amines from Fish and Fishery Products. (2012).

FAOSTAT (2015). [FAO Statistics database]. [online]. Available from: <<https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL/visualize>> [2023-06-06]

FIGUEIREDO, E. B. de.; MALHEIROS, E. B.; BRAZ, L.T. Avaliação de cultivares de alface em túnel baixo de cultivo reforçado, na região de Jaboticabal-SP. *Horticultura Brasileira*, v. 20, n. 2, Julho, 2001. Suplemento 2.

FILGUEIRA, F. A. R. Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. Viçosa, MG: UFV. 2008. 421 p.

FURIATTI, R. S.; PINTO JUNIOR, A. R.; LOPES, J. A. B. Estudo comparativo entre agrotêxtil e inseticidas no controle da mosca minadora da batata. *Revista Acadêmica, Ciências Agrárias e Ambiental*. Curitiba, v. 6, n. 1, p. 89-96, jan./mar. 2008.

GRANDE, L.; LUZ, J. M. Q.; MELO, B.; LANA, R. M. Q.; CARVALHO, J. O. M. O cultivo protegido de hortaliças em Uberlândia-MG. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 21, n. 2, p. 241-244, 2003.

GUO, L.; YANG, R.; ZHOU, Y.; GU, Z. HEAT and hypoxia stresses enhance the accumulation of aliphatic glucosinolates and sulforaphane in broccoli sprouts. *European Food Research and Technology*, v. 242, p. 107-116, 2016. <https://doi.org/10.1007/s00217-015-2522-y>

HORTIBRASIL. Instituto Brasileiro de Qualidade em Horticultura. Couve – serviços de alimentação, guia de variedades. Variedades de couve comercializadas na CEAGESP. 2011. Disponível em: <http://www.hortibrasil.org.br/jnw/index.php?option=com_content&view=article&id=1016:couve&catid=94:guia-de-variedades&Itemid=119>. Acesso em: 18 out. 2017.

HUSSAR, G. J.; PARADELA, A. L.; SERRA, W.; JONAS, T. C.; GOMES, J. P. R. Efeito do uso do efluente de reator anaeróbio compartimentado na fertirrigação da couve. *Revista Ecosistema*. São Paulo, v. 29, p.65-72, 2004.

ILIĆ, Z.; MILENKOVIC, L.; DUROVKA, M.; KAPOULAS, N. 2011. The effect of color shade nets on the greenhouse climate and pepper yield. In: *Sym. Proceed. 46th Croatia and 6th Inter Sym Agric. Opatija*, pp. 529-533.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. SIDRA: Sistema IBGE de recuperação automática. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2006. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br>>. Acesso em: novembro de 2017.

JAHNS, P.; WEHNER, A.; PAULSEN, H.; HOBE, S. De-epoxidation of violaxanthin after reconstitution into different carotenoid binding sites of light-harvesting complex II. *Journal of Biological Chemistry*, v. 276, n. 25, p. 22154-22159, 2001.
<https://doi.org/10.1074/jbc.M102147200>

JIMÉNEZ-BREMONT, J. F.; CAMACHO-VILLASANA, Y. M.; CABRERA-PONCE, J. L.; DE LA ROSA, A. B.; OCHOA-ALEJO, N. Sequence comparison of plant ornithine decarboxylases reveals high homology and lack of introns. *Biologia plantarum*, 48, 193-198. 2004. <https://doi.org/10.1023/B:BIOP.0000033444.17603.f2>

KALÁČ, P. Health effects and occurrence of dietary polyamines: A review for the period 2005–mid 2013. *Food Chemistry*, v. 161, p. 27-39, 2014.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.03.102>

KAR, M.; MISHRA, D. Catalase, peroxidase, and polyphenoloxidase activities during rice leaf senescence. *Plant physiology*, v. 57, n. 2, p. 315-319, 1976.

KRISHNAMURTHY, P.; WADHWANI, A. Antioxidant enzymes and human health. Antioxidant enzyme. Rijeka: InTech, 2012.

KROL, M.; GRAY, G. R.; HUNER, N. P. A.; HURRY, V. M.; ÖQUIST, G.; MALEK, L., 1995. Low-temperature stress and photoperiod affect an increased tolerance to photoinhibition in *Pinus banksiana* seedlings. *Canadian Journal of Botany*, 73(8), pp.1119-1127.
<https://doi.org/10.1139/b95-122>

LARCHER, W. *Ecofisiologia vegetal*. São Carlos, p.531, 2000.

LATORRE-MORATALLA, M.L.; VECIANA-NOGUÉS, T.; BOVER-CID, S. et al (2008) Biogenic amines in traditional fermented sausages produced in selected European countries. *Food Chem* 107:912–921. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.08.046>

LATOURNERIE-MORENO, L.; IC-CAAMAL, A.; RUIZ-SÁNCHEZ, E.; BALLINA-GÓMEZ, H.; ISLAS-FLORES, I.; CHAN-CUPUL, W.; GONZÁLEZ-MENDOZA, D. Survival of *Bemisia tabaci* and activity of plant defense-related enzymes in genotypes of *Capsicum annuum* L. *Chilean journal of agricultural research*, v. 75, n. 1, p. 71-77, 2015.
<http://dx.doi.org/10.4067/S0718-58392015000100010>

LICHTENTHALER, H. K. Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. *Met. Enzymol.* 148, 350–382. 1987.

LI, Z.; AHN, T. K.; AVENSON, T. J.; BALLOTTARI, M.; CRUZ, J. A.; KRAMER, D. M.; NIYOGI, K. K. Lutein accumulation in the absence of zeaxanthin restores nonphotochemical

quenching in the *Arabidopsis thaliana* npq1 mutant. The Plant Cell, v. 21, n. 6, p. 1798-1812, 2009. <https://doi.org/10.1105/tpc.109.066571>

LIMA, G. P. P.; BRASIL, O. G.; OLIVEIRA, A. M. de. Polyamines and peroxidase activity in bean (*Phaseolus vulgaris* L.) grown under saline stress. Scientia Agricola, v. 56, n. 1, p. 21-26, 1999.

MAYR, C. M.; SCHIEBERLE, P. Development of stable isotope dilution assays for the simultaneous quantitation of biogenic amines and polyamines in foods by LC-MS/MS. Journal of Agricultural and Food Chemistry, v. 60, n. 12, p. 3026-3032, 2012.

MELO, E. A.; MACIEL, M. I. S.; LIMA, V. L. A. G.; SANTANA, A. P. M. Capacidade antioxidante de hortaliças submetidas a tratamento térmico. Nutrire: rev. Soc. Bras. Alim. Nutr. J. Brazilian Soc. Food Nutr., São Paulo, SP, v. 34, n. 1, p. 85-95, 2009.

MURADOR, Daniella Carisa; MERCADANTE, Adriana Zerlotti; ROSSO, Veridiana Vera de. Cooking techniques improve the levels of bioactive compounds and antioxidant activity in kale and red cabbage. Food Chemistry, v. 196, p. 1101-1107, abr. 2016. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.10.037>.

NEUGART, S.; FIOL, M.; SCHREINER, M.; ROHN, S.; ZRENNER, R.; KROH, L. W. Low and moderate photosynthetically active radiation affects the flavonol glycosides and hydroxycinnamic acid derivatives in kale (*Brassica oleracea* var. *sabellica*) dependent on two low temperatures. Plant Physiol. Biochem. 72, 161–168. 2013.

NTEFIDOU, M.; YANNIS M. "Optical properties of hairs during the early stages of leaf development in *Platanus orientalis*." Functional Plant Biology 23, no. 4 (1996): 535-538. <https://doi.org/10.1071/PP9960535>

NOGUEIRA, S. F.; QUARTAROLI, C. F.; GREGO, C. R.; ANDRADE, R. G.; HOLLER, W. A.; VIDAL, D. M. 2010. Estimativa de estoque de carbono em sistemas de produção de soja na região norte Mato-Grossense. Disponível em <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/916485/1/SandraCBCS2.PDF>> . Acesso 01 set. 2016.

NOVO, M. C. S. S.; PRELA-PANTANO, A.; TRANI, P. E.; BLAT, S. F. Desenvolvimento e produção de genótipos de couve manteiga. Horticultura Brasileira v. 28, n. 3, p. 321-325, 2010.

O'CONNELL, Orla F.; RYAN, Lisa; O'BRIEN, Nora M. Xanthophyll carotenoids are more bioaccessible from fruits than dark green vegetables. Nutrition Research, v. 27, n. 5, p. 258-264, 2007. <https://doi.org/10.1016/j.nutres.2007.04.002>

OECD- Organisation for Economic Co-operation and Development. Consensus document on the biology of the Brassica crops (*Brassica* spp.). OECD Environment, Health and Safety Publications Series on Harmonisation of Regulatory Oversight in Biotechnology, No.

54. Paris: Environment Directorate, organisation for Economic Co-operation and Development (2012).

OTTO, R. F.; NIESING, P. C.; CORTEZ, M. G.; OLIVEIRA, A. E. Microclimatic modifications and productive responses of the Iceberg lettuce (*Lactuca sativa*) in protected environments. *Revista Ciência Agronômica*, v. 44, n. 4, p. 878-884, out-dez, 2013.

OTTO, R. F.; REGHIN, M. Y. Respostas produtivas da beterraba cultivada sob “não tecido” de polipropileno, durante o inverno de Ponta Grossa-PR. *Horticultura Brasileira*, v.17, n.3, p.311, Resumos, 1999.

OTTO, R. F.; REGHIN, M. Y.; TIMOTIO, P. C.; PEREIRA, A. V.; MADUREIRA, A. Respostas produtivas de duas cultivares de morango cultivadas sob “não tecido” de polipropileno no município de Ponta Grossa-PR. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v.18, n.3, 2000a. Suplemento. 1 CD-ROM.

OTTO, R. F.; REGHIN, M. Y.; TIMOTEO, P.; PEREIRA, A. V.; MADUREIRA, A. Eficiência do “não tecido” de polipropileno na proteção contra danos de geada na cultura do morangueiro, no município de Ponta Grossa – PR. *Horticultura Brasileira*, v. 18, p. 208-209, julho 2000b. (Suplemento).

PAPAGEORGIOU, M., LAMBROPOULOU, D., MORRISON, C., KŁODZIŃSKA, E., NAMIEŚNIK, J., & PŁOTKA-WASYLKA, J. Literature update of analytical methods for biogenic amines determination in food and beverages. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, v. 98, p. 128-142, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.trac.2017.11.001>

PATEL, J.; ARIYARATNE, M.; AHMED, S.; GE, L.; PHUNTUMART, V.; KALINOSKI, A.; MORRIS, P. F. Dual functioning of plant arginases provides a third route for putrescine synthesis. *Plant science*. 2017 1;262:62-73. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2017.05.011>

PEIXOTO, P. H. P. et al. Aluminum effects on lipid peroxidation and on the activities of enzymes of oxidative metabolism in sorghum. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, v. 11, n. 3, p. 137-143, 1999.

PERTUZATTI, P. B.; SGANZERLA, M.; JACQUES, A. C.; BARCIA, M. T.; ZAMBIAZI, R. C. Carotenoids, tocopherols and ascorbic acid content in yellow passion fruit (*Passiflora edulis*) grown under different cultivation systems. *LWT - Food Sci. Technol.* 65(1):259-263. 2015.

PICCHI, V.; MIGLIORI, C.; LO SCALZO, R.; CAMPANELLI, G.; FERRARI, V.; DI CESARE, L. F. Phytochemical content in organic and conventionally grown Italian cauliflower. *Food Chemistry*. 130: 501–509. 2012.

POLYSACK INDÚSTRIAS Ltda. A importância do manejo de luz e sua influência nas plantas em ambiente protegido. Disponível

em:<https://www.ginegar.com.br/galeria/201608111470959669_publicacao_pdf.pdf>Acessado em: 11/03/2023.

PONCE, F. DA S., TRENTA, D. A., DE LIMA TOLEDO, C. A., ANTUNES, D. T., ZANUZO, M. R., DALLACORT, R., OLIVEIRA, R. C.; SEABRA, S. Low tunnels with shading meshes: An alternative for the management of insect pests in kale cultivation. *Scientia Horticulturae*, v. 288, p. 110284, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2021.110284>

POPOVA, M.; BANKOVA, V.; BUTOVSKA, D.; PETKOV, V.; NIKOLOVA-DAMYANOVA, B.; SABATINI, A. G.; BOGDANOV, S. Validated methods for the quantification of biologically active constituents of poplar-type propolis. *Phytochem. Anal.* 15(4):235-240.2004.

PRADO, J. C.; RAGA-AS, M.; INOSANTOS, J. N. Growth and yield of broccoli in (*Brassica oleracea* Linn) as influenced by different layers of shading nets. *Philippine Journal of Crop Sci.* p. 37-38. 2008.

PURQUERIO, L. F. V.; TIVELLI, S. W. Manejo do ambiente em cultivo protegido. Informações Tecnológicas, Campinas, 2006. In: IAC, 2006 Disponível em: http://www.iac.sp.gov.br/Tecnologias/MANEJO_Cultivo_Protegido/Manejo_Cultivo_protegido.htm Acesso em: 21/10/09.

QIAN, H., LIU, T., DENG, M., MIAO, H., CAI, C., SHEN, W., & WANG, Q. Effects of light quality on main health-promoting compounds and antioxidant capacity of Chinese kale sprouts. *Food chemistry*, v. 196, p. 1232-1238, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.10.055>

QUIAN-ULLOA, R.; STANGE, C. Carotenoid biosynthesis and plastid development in plants: the role of light. *International Journal of Molecular Sciences*, 22(3), p.1184. 2021. <https://doi.org/10.3390/ijms22031184>

RAMAKRISHNA, A.; RAVISHANKAR, G. A. Influence of abiotic stress signals on secondary metabolites in plants. *PlantSignal. Behav.* 6, 1720–1731. 2011.

RAMPAZZO, R.; SEABRA, S. Jr.; NUNES, M. C. M.; NEVES, S. M. A. S.; FERREIRA, R. F. Eficiência de telas termo refletoras e de sombreamento em ambiente protegido tipo telado sob temperaturas elevadas. *Engenharia na Agricultura*. v. 22, n. 1, p. 33-42, 2014. <https://doi.org/10.13083/1414-3984.v22n01a04>

RE, R.; PELLEGRINI, N.; PROTEGGENTE, A.; PANNALA, A.; YANG, M.; RICE-EVANS, C. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Biology and Medicine*, New York, v.26, p.1231–1237, 1999.

REGHIN, M. Y.; OTTO, R. F.; SILVA, J. B. C. “StimulateMo” e proteção com “tecido não tecido” no pré-enraizamento de mudas de mandioquinha-salsa. *Horticultura Brasileira*, Campinas, v. 18, n. 1, p.53-56, 2000.

RIGUEIRA, G. D. J.; BANDEIRA, A. V. M.; CHAGAS, C. G. O.; MIRANDA MILAGRES, R. C. R. de. Atividade antioxidante e teor de fenólicos em couve-manteiga (*Brassica oleracea* l. var. *acephala*) submetida a diferentes sistemas de cultivo e métodos de preparo. *Semina: Ciências Biológicas e da Saúde*, Londrina, v. 37, n. 2, p. 3-12, jul./dez. 2016. DOI: 10.5433/1679-0367.2016v37n2p3.

ROMANINI, C. E. B.; GARCIA, A. P.; ALVARADO, L. M.; CAPPELLI, N. L.; UMEZU, C. K. Desenvolvimento e simulação de um sistema avançado de controle ambiental em cultivo protegido. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. v.14, n.11, p.1193-1201, 2010.

RUIZ-CAPILLAS, C.; HERRERO, A. M. Impact of biogenic amines on food quality and safety. *Foods*, v. 8, n. 2, p. 62, 2019. <https://doi.org/10.3390/foods8020062>

SÁ, G. D. Efeito da proteção com tecido “não tecido” sobre o desenvolvimento e produção da alface (*Lactuca sativa* L.). 94 f. Monografias. (Agronomia) – Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 1998.

ŠAMEC, D.; B. SALOPEK-SONDI. 2018. Cruciferous (*Brassicaceae*) vegetables. In *NonvitaminandNonmineralNutritionalSupplements*, edNabavi, S.M. andT.Sanches Silva, Elsevier, in press.

ŠAMEC, D.; URLIĆ, B.; SALOPEK-SONDI, B.(2018): Kale (*Brassica oleracea* var. *acephala*) as a superfood: review of the scientific evidence behind the statement, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, DOI: 10.1080/10408398.2018.1454400

SEO, MS.; KIM, J. S. Understanding of MYB transcription factors involved in glucosinolate biosynthesis in *Brassicaceae*. *Molecules*, v. 22, n. 9, p. 1549, 2017. <https://doi.org/10.3390/molecules22091549>

SILVA, F. de A. S. E.; AZEVEDO, C. A. V. Versão do programa computacional Assistat para o Sistema operacional Windows. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*. Campina Grande, v.4, n.1, p71-78. 2002.

SIMS, D. A.; GAMON, J. A. Relationships between leaf pigment content and spectral reflectance across a wide range of species, leaf structures and developmental stages. *Remote Sens. Environ.* 81(2-3):337-354. 2002.

SINGLETON, V.L.; ROSSI JR, A. J. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *Am. J. Enol. Vitic.* 16(3):144-158. 1965.

SINGLETON, V. L.; ROSSI, J. R. A. J. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *Am. J. Enol. Vitic.* 16(3):144-158. 1965. SOCIEDADE DE OLERICULTURA DO BRASIL. Couve. Brasília. Disponível em:<www.horticiencia.com.br/saude/>. Acesso em: 10 de out. 2007.

SOUZA, R. J. Origem e Botânica de Algumas Brássicas. Informe Agropecuário. v. 9, p. 10-12, 1983.

STADNIK, M. J.; BUCHENAUER, H. Inhibition of phenylalanine ammonia-lyase suppresses the resistance induced by benzothiadiazole in wheat to *Blumeria graminis* f. sp. *tritici*. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, v. 57, n. 1, p. 25-34, 2000.
<https://doi.org/10.1006/pmpp.2000.0276>

STANDFUSS, J.; TERWISSCHA VAN SCHELTINGA, A. C.; LAMBORGHINI, M.; KÜHLBRANDT, W. Mechanisms of photoprotection and nonphotochemical quenching in pea light-harvesting complex at 2.5 Å resolution. *The EMBO journal*, v. 24, n. 5, p. 919-928, 2005. <https://doi.org/10.1038/sj.emboj.7600585>

SUN, Y. I.; OBERLEY, LARRY W.; LI, Ying. A simple method for clinical assay of superoxide dismutase. *Clinical chemistry*, v. 34, n. 3, p. 497-500, 1988.

SZABADOS, L.; KOVÁCS, H.; ZILBESTEIN, A.; BOUCHEREAU, A. Plants in extreme environments: importance of protective compounds in stress tolerance. *Advances in Botanical Research*. London, v. 57, p. 106-133, 2011.

TACO. Tabela brasileira de composição de alimentos. 4.ed. Campinas: NEPA-UNICAMP, 2011. 161p.

THAKUR, P.; KUMAR, S.; MALIK, J. A.; BERGER, J. D.; NAYYAR, H. Cold stress effects on reproductive development in grain crops: An overview. *Environmental and Experimental Botany*. Elmsford, v. 67, p. 429-443, 2010.

TOLEDO, C. A. de L., PONCE, F. da S., OLIVEIRA, M. D., AIRES, E. S., SEABRA JÚNIOR, S., LIMA, G. P. P., & DE OLIVEIRA, R. C. Change in the Physiological and Biochemical Aspects of Tomato Caused by Infestation by Cryptic Species of *Bemisia tabaci* MED and MEAM1. *Insects*, v. 12, n. 12, p. 1105, 2021.
<https://doi.org/10.3390/insects12121105>

TORO-FUNES, N.; BOSCH-FUSTE, J.; LATORRE-MORATALLA, M.L.; VECIANA-NOGUÉS, M.T.; VIDAL-CAROU, M. C. Biologically active amines in fermented and non-fermented commercial soybean products from the Spanish market. *Food chemistry*, v. 173, p. 1119-1124, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.10.118>

TRANI, P. E.; PASSOS, F. A.; NAGAI, H.; MELO, A. M. T. Boletim 100. Campinas, 2ª edição, 1997.

VILAR, M.; CARTEA, M. E.; PADILLA, G. The potential of kales as a promising vegetable crop. *Euphytica*. v.159, p.153–165, 2008.

VOLDEN, J.; BORGE, G. I.; BENGTSSON, G. B.; HANSEN, M.; THYGESEN, I. E; WICKLUND, T. Effect of thermal treatment on glucosinolates and antioxidant-related parameters in red cabbage (*Brassica oleracea* L. ssp. *capitata* f. *rubra*). *Food Chemistry*. 109: 595–605. 2008.

WANG, Yin; XU, Wen-Jia; YAN, Xiu-Feng. Glucosinolate content and related gene expression in response to enhanced UV-B radiation in *Arabidopsis*. *African Journal of Biotechnology*, v. 10, n. 34, p. 6481-6491, 2011.

Botucatu, 13 de junho de 2023



Documento assinado digitalmente

SANTINO SEABRA JUNIOR

Data: 15/01/2026 15:28:27-0300

Verifique em <https://validar.it.gov.br>

- Candidato -

De acordo



Documento assinado digitalmente

GIUSEPPINA PACE PEREIRA LIMA

Data: 16/01/2026 10:35:10-0300

Verifique em <https://validar.it.gov.br>

- Orientador -