

**UNIVERSIDADE CATÓLICA DOM BOSCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO STRICTO SENSU EM CIÊNCIAS
AMBIENTAIS E SUSTENTABILIDADE AGROPECUÁRIA**

**FATORES DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS SOBRE A
FENOLOGIA DE ESPÉCIES VEGETAIS NA PERSPECTIVA
DA SUSTENTABILIDADE PRODUTIVA**

Autora: Jeniffer Narcisa de Oliveira

Orientador: Reginaldo Brito da Costa

Coorientador: Vitor Hugo dos Santos Brito Salentim



UCDB

Campo Grande
Mato Grosso do Sul
Maio - 2023

**UNIVERSIDADE CATÓLICA DOM BOSCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO STRICTO SENSU EM CIÊNCIAS
AMBIENTAIS E SUSTENTABILIDADE AGROPECUÁRIA**

**FATORES DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS SOBRE A
FENOLOGIA DE ESPÉCIES VEGETAIS NA PERSPECTIVA
DA SUSTENTABILIDADE PRODUTIVA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Ciências Ambientais e Sustentabilidade Agropecuária da Universidade Católica Dom Bosco - Área de concentração: “Sustentabilidade Ambiental e Produtiva” Aplicada ao “Agronegócio e Produção Sustentável”, para obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais e Sustentabilidade Agropecuária.

Autora: Jeniffer Narcisa de Oliveira

Orientador: Reginaldo Brito da Costa

Coorientador: Vitor Hugo dos Santos Brito Salentim



Campo Grande
Mato Grosso do Sul
Maio – 2023

O48f Oliveira, Jeniffer Narcisa de

Fatores das mudanças climáticas sobre a fenologia de espécies vegetais na perspectiva da sustentabilidade produtiva/ Jeniffer Narcisa de Oliveira sob orientação do Prof. Dr. Reginaldo Brito da Costa e Prof. Dr. Vitor Hugo dos Santos Brito Salentim.-- Campo Grande, MS : 2023.

90 p.

Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Sustentabilidade Agropecuária) - Universidade Católica Dom Bosco, Campo Grande- MS, 2023

Bibliografia: p. 69- 90

1. Crescimento. 2. Desenvolvimento. 3. Escala BBCH. 4. Fisiologia. 5. Cambio climáticoI.Costa, Reginaldo Brito da. II.Salentim, Vitor Hugo dos Santos Brito. III. Título.

CDD: 577.4



UNIVERSIDADE CATÓLICA DOM BOSCO
Inspira o futuro

Fatores das Mudanças Climáticas sobre a Fenologia de Espécies Vegetais na Perspectiva da Sustentabilidade Produtiva

Autora: Jeniffer Narcisa de Oliveira

Orientador: Prof. Dr. Reginaldo Brito da Costa

Coorientador: Prof. Dr. Vitor Hugo dos Santos Brito

TITULAÇÃO: Mestre em Ciências Ambientais e Sustentabilidade Agropecuária

Área de Concentração: Sustentabilidade Ambiental e Produtiva

APROVADA em 26 de abril de 2023.

A presente defesa foi realizada por webconferência. Eu, Reginaldo Brito da Costa, como presidente da banca assinei a folha de aprovação com o consentimento de todos os membros, ainda na presença virtual destes.

Prof. Dr. Reginaldo Brito da Costa – UCDB

Prof. Dr. Vitor Hugo dos Santos Brito – UCDB

Prof. Dr. Filipe Martins Santos – UCDB

Prof. Dr. João Henrique de Souza Barros – UEMS

*" O futuro não é um lugar para onde estamos indo; é um lugar que estamos criando. O caminho para ele não é encontrado, mas construído. E o ato de fazê-lo, muda, tanto o realizador, quanto o destino."
- Antoine de Saint-Exupéry*

Dedico esta dissertação à minha mãe, cujo amor incondicional, apoio incansável e sabedoria constante me guiaram ao longo desta jornada acadêmica. Sua presença e incentivo foram fundamentais para que eu alcançasse este momento. Dedico também ao meu pai, mesmo não estando mais fisicamente presente, seu espírito perseverante e seu legado de determinação continuam a inspirar-me. Sua memória vive em cada passo que dou e em cada conquista que alcanço. A ambos, minha gratidão eterna.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de expressar meus sinceros agradecimentos ao meu orientador, Dr. Reginaldo Costa, pela sua orientação, apoio e dedicação ao longo deste processo de pesquisa. Agradeço por sua disponibilidade em compartilhar seu tempo e experiência, além do constante encorajamento e orientação que me ajudaram a superar desafios e alcançar resultados significativos.

Também desejo agradecer ao meu coorientador, Dr. Vitor Salentim, por sua contribuição valiosa na minha formação acadêmica e profissional desde a Iniciação Científica. Sua expertise na área e sua disposição em compartilhar conhecimento foram essenciais para o aprofundamento da pesquisa e enriquecimento do trabalho.

Ambos acreditaram em meu potencial, dedicaram seu tempo e energia para me orientar, forneceram observações construtivas e compartilharam sua paixão pela pesquisa. A oportunidade de trabalhar com profissionais tão competentes e comprometidos foi um privilégio. Expresso minha profunda gratidão a vocês, por terem sido mentores exemplares e por terem desempenhado um papel crucial nesta jornada acadêmica.

Muito obrigada membros da banca de avaliação, Doutores Filipe Martins Santos e João Henrique de Souza Barros, por seu tempo, esforço e contribuições significativas, fundamentais para o sucesso desta etapa da minha jornada acadêmica.

Desejo estender meu agradecimento especial à secretária do programa de pós-graduação, Daiane Delavalentina Oliveira, pela sua dedicação e prontidão em responder às minhas dúvidas, fornecer informações e auxiliar em questões administrativas foi fundamental para o andamento tranquilo desta dissertação.

Também gostaria de agradecer aos membros do corpo docente do programa. Agradeço por compartilharem seus conhecimentos, experiências e orientações ao longo do meu percurso acadêmico. Suas aulas enriqueceram minha formação e contribuíram para o desenvolvimento desta dissertação. Sou gratoa por fazer parte

desta instituição acadêmica e por ter tido a oportunidade de aprender profissionais tão dedicados e competentes.

Expresso minha profunda gratidão à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro concedido na forma de bolsa de mestrado que desempenhou um papel fundamental na viabilização deste projeto, permitindo que eu me dedicasse integralmente aos estudos, pesquisa e produção desta dissertação.

Finalmente, porém não menos relevante, sou grata aos meus amigos, em especial, à Renata Santos, ao Vitor Brito, à Beatriz Machado, ao Bruno Nantes, ao Vitor Godoy, à Nataly Torres e ao João Victor Santana, que foram uma fonte constante de apoio e encorajamento ao longo desta jornada acadêmica. Suas palavras de estímulo, gestos de amizade e presença constante foram essenciais para minha motivação e bem-estar durante todo o processo de pesquisa. Agradeço por compartilharem alegrias e desafios, por ouvirem minhas ideias e preocupações, e por sempre estarem dispostos a oferecer seu suporte incondicional.

SUMÁRIO

| | |
|------------------------------------|----|
| INTRODUÇÃO | 1 |
| OBJETIVO GERAL | 3 |
| OBJETIVO ESPECÍFICO | 3 |
| REVISÃO BIBLIOGRÁFICA | 4 |
| REFERÊNCIAS | 13 |
| CAPÍTULO I | 26 |
| CONSIDERAÇÕES FINAIS | 74 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1 - Esquema da escala fenológica principal e secundária de BBCH (Biologische Bundesanstalt, Bundessortenamt und CHEmische Industrie). | 29 |
| Figura 2 - Exemplo de aplicação da escala fenológica BBCH (<i>Biologische Bundesanstalt, Bundessortenamt und CHEmische Industrie</i>) em araruta (<i>Maranta arundinacea</i> L.) (BRITO et al., 2019). | 30 |
| Figura 3 - Esquema da escala fenológica Fehr e Caviness (1977), adaptada Ritchie (1977). | 31 |
| Figura 4 - Exemplo de aplicação da escala fenológica Fehr e Caviness (1977) em cultura da soja (<i>Glycine max</i> L. Merr.)..... | 31 |

LISTA DE ABREVIATURAS

| | |
|-----------------|--|
| BBCH | <i>Biologische Bunde-Sanstalt, Bundessortenamt and Chemical Industry</i> |
| CO ₂ | Dióxido de carbono |
| EVI | <i>Enhanced Vegetation Index</i> (Índice de Vegetação Aprimorado) |
| GA | Giberelinas |
| IAA | Ácido indolacético |
| NDVI | <i>Normalized Difference Vegetation Index</i> (Índice de Vegetação de Diferença Normalizada) |
| VANT | Veículo aéreo não tripulado |

RESUMO

As mudanças climáticas têm um impacto significativo nos vegetais, representando uma ameaça à segurança alimentar global. O aumento das temperaturas, alterações nos padrões de precipitação e eventos climáticos extremos afetam negativamente o crescimento, desenvolvimento e produtividade das plantas. O estresse hídrico resultante de períodos prolongados de seca ou chuvas intensas e irregulares pode prejudicar o suprimento de água para as plantas, reduzindo assim a produção de alimentos. Além disso, as mudanças climáticas também podem favorecer o surgimento de pragas e doenças mais agressivas, que comprometem a saúde e produtividade das culturas. Esses impactos combinados ameaçam a disponibilidade de alimentos, colocando em risco a segurança alimentar global e destacando a necessidade urgente de medidas de adaptação e mitigação das mudanças climáticas. Para compreender e analisar como as mudanças climáticas afetam a fenologia das espécies vegetais, as escalas fenológicas são ferramentas importantes. Essas escalas permitem observar e registrar as diferentes fases do desenvolvimento das plantas ao longo do tempo, fornecendo informações valiosas sobre o ciclo de vida das plantas e como ele pode ser influenciado pelas mudanças climáticas. As observações fenológicas de campo são realizadas por meio de visitas regulares a áreas de estudo, nas quais são registradas as datas e descrições das diferentes fases fenológicas das plantas. Essas observações diretas oferecem informações detalhadas sobre a ocorrência e a duração de cada fase fenológica, além de identificar possíveis alterações ao longo do tempo. No entanto, elas possuem limitações, como a necessidade de visitas frequentes, o risco de variações individuais entre plantas e a cobertura limitada de áreas extensas. Para superar esses desafios, o sensoriamento remoto tem se mostrado uma ferramenta eficiente. As observações fenológicas baseadas em sensoriamento remoto utilizam imagens de satélite e sensores específicos para monitorar as mudanças na vegetação ao longo do tempo. Essas imagens capturam informações sobre a cor, textura e biomassa das plantas, que podem ser usadas para identificar e caracterizar diferentes estágios fenológicos. O sensoriamento remoto oferece a vantagem de fornecer uma visão abrangente e contínua de grandes áreas, permitindo uma análise espacial e temporal mais precisa das mudanças fenológicas. Além das observações fenológicas de campo e baseadas em sensoriamento remoto, os experimentos manipulativos das respostas fenológicas às mudanças climáticas são realizados em condições controladas, onde as variáveis ambientais são manipuladas para simular diferentes cenários climáticos. Esses experimentos permitem compreender como as plantas respondem a alterações nas condições climáticas, como temperaturas mais elevadas, aumento da concentração de CO₂ ou mudanças nos regimes de precipitação. Dessa forma, é possível investigar os mecanismos subjacentes às respostas fenológicas e prever como as plantas podem se adaptar ou sofrer impactos diante das mudanças climáticas. Essas diferentes abordagens - escalas fenológicas, observações de campo, observações

baseadas em sensoriamento remoto e experimentos manipulativos - são complementares e contribuem para uma compreensão mais completa das mudanças na fenologia das espécies vegetais em resposta às mudanças climáticas. A integração dessas abordagens permite que cientistas e pesquisadores forneçam percepções e entendimentos importantes para a tomada de decisões em agricultura, conservação da biodiversidade e gestão dos recursos naturais. Portanto, esta dissertação objetivou realizar um levantamento bibliográfico dos efeitos dos fatores ambientais sobre as propriedades fenológicas de espécies vegetais na perspectiva dos impactos das mudanças climáticas, a fim de fornecer informações cruciais para a tomada de decisões em diferentes áreas, como agricultura, conservação da biodiversidade e gestão dos recursos naturais.

Palavras-chave: Crescimento; Desenvolvimento; Escala BBCH; Fisiologia; Cambio Climático.

ABSTRACT

Climate change has a significant impact on vegetables, posing a threat to global food security. Rising temperatures, changes in precipitation patterns and extreme weather events negatively affect plant growth, development and productivity. Water stress resulting from prolonged periods of drought or heavy, erratic rainfall can disrupt the water supply to plants, thereby reducing food production. In addition, climate change may also favor the emergence of more aggressive pests and diseases, which compromise the health and productivity of crops. These impacts combined threaten food availability, jeopardizing global food security and highlighting the urgent need for climate change adaptation and mitigation measures. To understand and analyze how climate change affects the phenology of plant species, phenological scales are important tools. These scales make it possible to observe and record the different stages of plant development over time, providing valuable information about the life cycle of plants and how it can be influenced by climate change. Field phenological observations are carried out through regular visits to study areas, in which the dates and descriptions of the different phenological phases of the plants are recorded. These direct observations provide detailed information about the occurrence and duration of each phenological phase, in addition to identifying possible changes over time. However, they have limitations, such as the need for frequent visits, the risk of individual variations between plants and limited coverage of large areas. To overcome these challenges, remote sensing has proven to be an efficient tool. Phenological observations based on remote sensing use satellite images and specific sensors to monitor changes in vegetation over time. These images capture information about plant color, texture and biomass, which can be used to identify and characterize different phenological stages. Remote sensing offers the advantage of providing a comprehensive and continuous view of large areas, allowing for more accurate spatial and temporal analysis of phenological changes. In addition to field and remote sensing-based phenological observations, manipulative experiments of phenological responses to climate change are performed under controlled conditions, where environmental variables are manipulated to simulate different climate scenarios. These experiments allow us to understand how plants respond to changes in climatic conditions, such as higher temperatures, increased CO₂ concentration or changes in precipitation regimes. In this way, it is possible to investigate the mechanisms underlying phenological responses and predict how plants can adapt or be impacted

by climate change. These different approaches - phenological scales, field observations, observations based on remote sensing and manipulative experiments - are complementary and contribute to a more complete understanding of changes in the phenology of plant species in response to climate change. The integration of these approaches allows scientists and researchers to provide important insights and understandings for decision-making in agriculture, biodiversity conservation and natural resource management. Therefore, this dissertation aimed to carry out a bibliographic survey of the effects of environmental factors on the phenological properties of plant species in the perspective of the impacts of climate change, in order to provide crucial information for decision-making in different areas, such as agriculture, biodiversity conservation and management of natural resources.

Keywords: Growth; Development; BBCH scale; Physiology; Climate Change.