

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

MIKKEL CAMPOS DE ALMEIDA

Levantamento e identificação de nematoides em seringais no Triângulo Mineiro, e sua relação  
com NDVI

Uberlândia

2024

MIKKEL CAMPOS DE ALMEIDA

Levantamento e identificação de nematoides em seringais no Triângulo Mineiro, e sua relação com NDVI

Dissertação apresentada ao Instituto de Ciências Agrárias (ICIAG), da Universidade Federal de Uberlândia como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Agronomia.

Área de concentração: Produção Vegetal

Orientador: Prof. Lísias Coelho, Ph.D.

Coorientador: Prof. Dr. Fausto Antônio Domingos Jr.

Uberlândia

2024

Ficha Catalográfica Online do Sistema de Bibliotecas da UFU  
com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

A447 2024	<p>Almeida, Mikkel Campos de, 1997- Levantamento e identificação de nematoides em seringais no Triângulo Mineiro, e sua relação com NDVI [recurso eletrônico] / Mikkel Campos de Almeida. - 2024.</p> <p>Orientador: Lísias Coelho. Coorientador: Fausto Antônio Domingos Junior. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia, Pós-graduação em Agronomia. Modo de acesso: Internet. Disponível em: <a href="http://doi.org/10.14393/ufu.di.2024.514">http://doi.org/10.14393/ufu.di.2024.514</a> Inclui bibliografia.</p> <p>1. Agronomia. I. Coelho, Lísias, 1959-, (Orient.). II. Domingos Junior, Fausto Antônio, 1987-, (Coorient.). III. Universidade Federal de Uberlândia. Pós-graduação em Agronomia. IV. Título.</p> <p style="text-align: right;">CDU: 631</p>
--------------	---

Bibliotecários responsáveis pela estrutura de acordo com o AACR2:

Gizele Cristine Nunes do Couto - CRB6/2091  
Nelson Marcos Ferreira - CRB6/3074



## ATA DE DEFESA - PÓS-GRADUAÇÃO

Programa de Pós-Graduação em:	Agronomia				
Defesa de:	Dissertação de Mestrado Acadêmico, 009/2024, PPGAGRO				
Data:	Vinte e quatro de junho de dois mil e vinte e quatro	Hora de início:	14:00	Hora de encerramento:	17:50
Matrícula do Discente:	12122AGR009				
Nome do Discente:	Mikkel Campos de Almeida				
Título do Trabalho:	Levantamento e identificação de nematoides em seringais no Triângulo Mineiro, e sua relação com NDVI				
Área de concentração:	Produção Vegetal				
Linha de pesquisa:	Controle e Manejo Integrado de Doenças				

Reuniu-se na sala 1C 212A - Campus Glória, da Universidade Federal de Uberlândia, a Banca Examinadora, designada pelo Colegiado do Programa de Pós-graduação em Agronomia, assim composta: Professores Doutores: Silvino Intra Moreira - UFU; Fausto Antônio Domingos Júnior - IFTM; Luciana Nunes Gontijo- Pesquisadora; Lísias Coelho - UFU orientador do(a) candidato(a).

Iniciando os trabalhos o presidente da mesa, Dr. Lísias Coelho, apresentou a Comissão Examinadora e o candidato, agradeceu a presença do público, e concedeu ao discente a palavra para a exposição do seu trabalho. A duração da apresentação do discente e o tempo de arguição e resposta foram conforme as normas do Programa.

A seguir o senhor presidente concedeu a palavra, pela ordem sucessivamente, aos examinadores, que passaram a arguir o candidato. Ultimada a arguição, que se desenvolveu dentro dos termos regimentais, a Banca, em sessão secreta, atribuiu o resultado final, considerando o candidato:

Aprovado.

Essa dissertação possui mérito para ser indicada como destaque do Programa? ( )  
SIM NÃO ( x )

Esta defesa faz parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre.

O competente diploma será expedido após cumprimento dos demais requisitos, conforme as normas do Programa, a legislação pertinente e a regulamentação interna da UFU.

Nada mais havendo a tratar foram encerrados os trabalhos. Foi lavrada a presente ata que após lida e achada conforme foi assinada pela Banca Examinadora.



Documento assinado eletronicamente por **Lisias Coelho, Professor(a) do Magistério Superior**, em 24/06/2024, às 20:14, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Silvino Intra Moreira, Professor(a) do Magistério Superior**, em 24/06/2024, às 20:38, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Luciana Nunes Gontijo, Usuário Externo**, em 25/06/2024, às 21:58, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Fausto Antônio Domingos Júnior, Usuário Externo**, em 18/07/2024, às 11:37, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://www.sei.ufu.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://www.sei.ufu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **5484141** e o código CRC **8E9BC578**.

## RESUMO

A demanda mundial de borracha natural é expressiva, somado ao fato de conter polímeros que ainda não são sintetizados e à centenas de produtos de fabricação exclusiva por este material, devido suas características de elasticidade, resistência ao desgaste, permeabilidade, capacidade isolante, entre outras propriedades dinâmicas, tornam a seringueira (principal fonte de borracha natural no mundo) uma cultura estratégica. Originária da floresta amazônica do Brasil e levada para o mundo pelos ingleses, atualmente nos países onde é cultivada, a seringueira desempenha um papel primário na economia. Como todas as culturas agrícolas, a seringueira é acometida por uma série de patógenos de importância, que podem reduzir a produtividade e até mesmo causar morte de plantas. Dentre estes, o patógeno *Meloidogyne exigua* raça 3, encontrado associado à seringueira em seu local de origem, vem sendo um agente importante nos demais Estados onde é cultivada, considerados 'área de escape' do *Microcyclus ulei*, principal patógeno limitador da heveicultura em sua origem geográfica. O objetivo deste trabalho foi avaliar a infestação de seringais no Triângulo Mineiro e a relação com a origem das mudas; e a detecção deste patógeno utilizando sensoriamento remoto. Encontrou-se um percentual de infestação de 20% das áreas visitadas, com altas populações do patógeno. Além disto *Pratylenchus* spp. e *Aphelenchoides* spp. foram detectados também em alta frequência e altas populações nas amostras. Relativo à origem das mudas, observou-se que o patógeno chegou ao Triângulo Mineiro via mudas contaminadas produzidas em áreas que o problema já havia sido relatado como GO, e que viveiros estabelecidos localmente com plantas infectadas, produziram e disseminaram ainda mais o patógeno na região. Foi possível distinguir áreas infestadas de áreas livres de *M. exigua* utilizando sensoriamento remoto pelo índice de vegetação NDVI, com valores estatisticamente significativos.

**Palavras-chave:** nematoide; *Meloidogyne exigua* raça 3; sensoriamento remoto; seringueira; borracha natural.

## ABSTRACT

The global demand for natural rubber is remarkable, along with the fact that it contains polymers that have not yet been artificially synthesized, hundreds of products are manufactured exclusively using this material, due to its characteristics of elasticity, wear resistance, permeability, insulating capacity, among other dynamic properties, turning the rubber tree - the main source of natural rubber in the world - to be a strategic crop. Originally from the Amazon rainforest in Brazil, it was spread worldwide by the British. currently in the countries where it is cultivated, the rubber tree plays a primary role in their economy. Alike all crops, the rubber tree is affected by many important pathogens, which can reduce yield and even cause plant death. Among these, the pathogen *Meloidogyne exigua* race 3, found associated with the rubber tree in its place of natural occurrence, has been recognized as an important pathogen for the crop in the states out of the Amazon rainforest, considered as the 'escape area' for *Microcyclus ulei*, the main pathogen limiting rubber cultivation in the Amazon Forest region. This study evaluated the infestation of rubber tree forests in the Triângulo Mineiro region, and their relation to the seedling's origin; and detect this pathogen using remote sensing. An infestation percentage of 20% of the visited areas was found, at high populations. Furthermore, *Pratylenchus* spp. and *Aphelenchoides* spp. were also detected at high frequency and high populations in the samples. Regarding the origin of the seedlings, it was observed that the pathogen was introduced in Triângulo Mineiro via contaminated seedlings produced in areas where it had already been reported, such as the State of Goiás, where locally established nurseries with infected seedlings grew and disseminated the pathogen in the region. It was possible to distinguish infested areas from areas free of *M. exigua* with remote sensing using the NDVI vegetation index, expressing statistically significant values.

**Keywords:** nematode; *Meloidogyne exigua* race 3; remote sensing; rubber tree; natural rubber.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>9</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>13</b>
2.1	HISTÓRICO DA SERINGUEIRA NO MUNDO .....	13
2.2	CARACTERÍSTICAS BOTÂNICAS .....	14
2.3	CLIMA E ZONEAMENTO .....	15
2.4	ZONEAMENTO AGROCLIMÁTICO .....	15
2.5	LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA E ALTITUDE .....	16
2.6	CLONES .....	17
2.7	FITONEMATOLOGIA NA HEVEICULTURA.....	18
2.8	NDVI.....	22
<b>3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>24</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>28</b>
4.1	ANÁLISE NEMATOLÓGICA .....	28
4.2	NDVI.....	41
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>46</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>47</b>
	<b>APÊNDICE I – TABELA DE DADOS DE POPULAÇÕES</b> .....	<b>59</b>
	<b>APÊNDICE II – SCRIPTS</b> .....	<b>63</b>



## 1 INTRODUÇÃO

A seringueira (*Hevea brasiliensis* (Wild. Ex. Adr. de Juss) Müell Arg.) é uma espécie de hábito arbóreo nativa da região amazônica do Brasil, cujo látex, o principal subproduto, foi descoberto em meados do século XVIII, fazendo desta planta a principal fonte de borracha natural do mundo. Atualmente sua importância econômica e industrial tornam a cultura da seringueira estratégica em diversos países. Nas colônias inglesas na Ásia, a heveicultura foi introduzida em plantio comercial, diferentemente de sua exploração no Brasil, que nesta mesma época (início do século XX), era baseada no extrativismo. Este foi o principal fator para o sucesso da produção de borracha na Ásia, responsável por 90% da borracha natural do mundo. Além desse aspecto, a Ásia está livre de *Microcyclus ulei* (P. Henn) V. Arx (anamorfo: *Pseudocercospora ulei* Kuyper), fungo causador do mal-das-folhas, uma das doenças mais comuns nos seringais brasileiros e principal limitador do cultivo, sobretudo na região Amazônica (Alvarenga, 2021; Embrapa, 2019).

O interesse no látex foi despertado principalmente pela descoberta do tecido impermeável e bolas elásticas por Hancock em 1815, da vulcanização por Charles Goodyear em 1839, e pneus e câmaras de ar por R. W. Thomson em 1845 entre diversos outros, fazendo com que a borracha fosse estudada com maior relevância (Morceli, 2004). A invenção do processo de vulcanização utilizando borracha natural como matéria-prima no século XIX aumentou a demanda pelo látex. Isso levou o Brasil a explorar áreas nativas na Amazônia e a se tornar o maior produtor e exportador. Dados estes acontecimentos, a borracha natural começou a desempenhar um papel importante na economia nacional a partir de 1841 e atingiu seu auge entre 1880 e 1910, tornando-se o segundo produto mais importante, respondendo por 28% das exportações do Brasil neste período (Morceli, 2004; Alvarenga, 2021).

As primeiras tentativas de promover o florestamento racional de seringueiras concentraram-se em áreas com condições climáticas predominantes àquelas em que *H. brasiliensis* ocorre naturalmente, com precipitações abundantes e altas temperaturas em regiões equatoriais. Seguindo esse modelo climático foram estabelecidas plantações de seringueiras na Amazônia, na Mata Atlântica do sudeste da Bahia e no litoral de São Paulo. A elevada umidade nestas áreas promoveu a ocorrência de doenças foliares causadas por fungos, com destaque para o mal-das-folhas (agente: *M. ulei*) - considerada a doença mais grave que afeta a heveicultura nas Américas, que, ao causar desfolhas consecutivas, leva à morte das plantas (Pinheiro *et al.*, 2003).

Adaptando-se ao novo conceito de adequação climática para a heveicultura, no cerrado, o Brasil possui milhões de hectares de terras distribuídos na vasta área do Centro-Oeste e Sudeste (Ortolani *et al.*, 1983; Pinheiro, 1997). Estas novas regiões são climaticamente caracterizadas por uma estação chuvosa seguida de um longo período seco. Na fase adulta, as plantas mudam suas folhas todos os anos, ocorrendo o enfolhamento nestas regiões no meio da estação seca, quando as condições ambientais são menos propícias a surtos de *M. ulei*, que só afeta as folhas quando ainda são muito jovens. Por essa razão, estas áreas foram denominadas “áreas de escape” (Pinheiro, 1997).

Conforme dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística IBGE, (2024), no de 2022 o Brasil produziu em torno de 417 mil toneladas de borracha natural em uma área estimada de 182 mil hectares. No entanto, a produção no país ainda é insuficiente para atender a demanda interna e cerca de 70% da borracha processada no país é importada de países asiáticos, especialmente da Indonésia e Tailândia (CONAB, 2019). Entre as áreas consideradas zonas de escape, em termos de produção de florestas de cultivo, o estado de São Paulo é o maior produtor, com cerca de 90 mil hectares e produção estimada de 263 mil toneladas, cerca de 63% da produção nacional, seguido pelos estados de Minas Gerais (8,2%) e Goiás (7,3%), Mato Grosso (6,5%) e Bahia (5,6) e demais estados da federação (IBGE, 2022). O estado de Minas Gerais tem considerável impacto na produção nacional, respondendo por 7% das 417 mil toneladas produzidas no país no ano em florestas plantadas (IBGE, 2024). De acordo com dados da Federação da Agricultura e Pecuária de Minas Gerais (FAEMG), as principais regiões produtoras do estado são Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba, respondendo por 93% da produção estadual.

No ano de 2023 a alíquota de importação de borracha natural subiu de 3,2% para 10,8%, marco significativo para a cadeia produtiva, uma vez que o setor enfrenta dificuldades e perda de competitividade frente à borracha estrangeira, visto que, devido à baixa alíquota de importação, a borracha natural vinda de outros países era negociada a preços inferiores aos praticados no Brasil (ALESP, 2023). De acordo com a Federação da Agricultura e Pecuária do Estado de São Paulo (FAESP), (2023), mesmo com a atualização, a alíquota ainda não influenciou significativamente nos preços internos, estimando ainda que o valor ideal desta tarifa deveria ser de no mínimo 22%, com valor ideal de 29%. Isto evidencia a importância da cadeia produtiva da borracha natural e a situação econômica deste produto no Brasil.

Em termos globais, o país ocupa a 11ª posição no ranking mundial. Contudo, há espaço para a sua expansão. A produção nacional vem apresentando tendência de crescimento desde 2003, passando de 156,3 mil toneladas no ano referido para 399,8 mil toneladas em 2021

(aumento de 155,8%). Esse aumento ocorreu principalmente devido à expansão da área de seringais, que em 2021 atingiu 177,8 mil hectares, representando elevação de 84,0% em comparação com 2003 (FAEP, 2023).

Tal como em outras culturas, a heveicultura é acometida por uma série de patógenos que podem afetar a fitossanidade, impactando na produtividade, reduzindo-a, ou até mesmo inviabilizando o cultivo ou causar morte de plantas. Dentre estes, *Meloidogyne exigua* Goeldi é um fitonematoide exclusivo da seringueira, e tem se mostrado um agente de importância econômica na cultura, limitando a produtividade, atuando como porta de entrada para fungos como *Fusarium* spp. Link., e, em altas populações causando desfolha e morte de plantas (Muniz *et al.*, 2008; Campos, 2018; Santos, 1995; Gontijo, 2017). Este patógeno é de ocorrência natural na Amazonia, e foi introduzido nos estados considerados ‘zona de escape’ do mal das folhas (Carneiro *et al.*, 1985).

Índices de vegetação (IVs) são medidas radiométricas que destacam características espectrais da vegetação que estão correlacionados com a quantidade relativa de vegetação e parâmetros biofísicos, como biomassa, índice de área foliar (IAF), cobertura verde e conteúdo de clorofila (Jiang *et al.*, 2008). Estes índices podem ser caracterizados como fórmulas matemáticas derivadas de dados espectrais obtidos por sensores remotos, especialmente nas bandas do vermelho e do infravermelho próximo. Eles são usados para avaliar e estimar a cobertura vegetal de uma área, considerando parâmetros como área foliar, fitomassa, porcentagem de cobertura do solo e atividade fotossintética. Essas transformações matemáticas podem ser vistas como medidas semianalíticas da atividade da vegetação e são amplamente utilizadas por sua capacidade de representar com precisão as variações da folhagem verde, tanto sazonalmente quanto ao longo da superfície terrestre, visando detectar variabilidades espaciais (Formaggio; Sanches, 2017).

Dentro dos IVs, o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) é um índice amplamente empregado, explorado de forma diversa em estudos climáticos e nas culturas agrícolas e florestais. É amplamente utilizado para construir perfis sazonais e temporais das atividades da vegetação, permitindo comparações interanuais desses perfis. O perfil temporal do NDVI tem sido empregado para detectar atividades sazonais e fenológicas, determinar a duração do período de crescimento, identificar o pico de verde, analisar mudanças fisiológicas das folhas, caracterizar períodos de senescência, entre outras aplicações em culturas (Ponzoni, Shimabukuro; Kuplich, 2015).

Objetivou-se com este estudo investigar a presença e distribuição dos nematoides importantes na heveicultura (*Meloidogyne* spp. e *Pratylenchus* spp. Filipjev) em seringais na

região do Triângulo Mineiro e relacionar a presença de *Meloidogyne* spp. à reflectância espectral das plantas utilizando o NDVI. Este índice de vegetação foi empregado na avaliação da reflectância da vegetação nas áreas estudadas, de modo a diferenciar áreas infestadas de áreas não infestadas por nematoides, na cobertura vegetal ao longo do tempo. Espera-se que este estudo contribua para o entendimento dos padrões de distribuição dos nematoides em ambientes florestais.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 HISTÓRICO DA SERINGUEIRA NO MUNDO

De acordo com a Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), (2021), em 1887 as primeiras sementes de seringueira foram exportadas para o jardim botânico de Kew, na Inglaterra. Posteriormente as sementes foram enviadas para as colônias inglesas no sul da Ásia, incluindo o atual país Sri Lanka. Na época houve um grande incentivo para a expansão desta cultura por sua boa adaptação nesses territórios e pela falta do produto no mundo, além de nova geração de emprego nessas e outras colônias; bem como a preocupação dos ingleses com relação ao grande interesse dos Estados Unidos em borracha.

Linha do tempo da cultura da seringueira no mundo:

- Entre 1900 e 1910, a Ásia apresentava 1% da produção mundial e o Brasil 37%, apenas pelo extrativismo.
- Em 1912 entraram em produção os primeiros seringais comerciais plantados pelos ingleses no Sudeste Asiático e, então, o Brasil perdeu a supremacia mundial.
- Entre 1920 e 1930, a Companhia Ford tentou explorar comercialmente a seringueira no Pará, Bahia e Amazonas, com grande frustração em decorrência do mal-das-folhas, doença causada pelo fungo *M. ulei*, cujo único hospedeiro é a seringueira. Ocorrendo um somatório de epidemias e frustrações estruturais.
- Em 1951 o Brasil começou a importar borracha em consequência da pouca importância dada à cultura. Produzia apenas 30% das suas necessidades internas, o que permanece até os tempos atuais.
- Em 1965 o Brasil contava com apenas 30 mil hectares de seringueira comercial, enquanto na Ásia já havia 6 milhões de hectares de seringueira comercial e na África 500 mil hectares.
- A partir de 1972 foi criado pelo governo federal, o Programa de Incentivo à Produção de Borracha Natural (Probor I, II, III). Nessa época, 90% da produção nacional ainda era pelo sistema de extrativismo.
- Em 1979 a Ásia já participava com 89% da produção mundial e o Brasil com apenas 0,6%.
- Atualmente a participação mundial do Brasil na produção de borracha natural é de apenas 1,2%.

Em 1972 foi lançado o primeiro “Programa de Incentivo à Produção de Borracha Natural” – PROBOR I. Este programa previa a implantação de 18 mil hectares de seringais, a recuperação de 5 mil hectares de seringais de cultivo e recuperação de 10 mil hectares de seringais nativos. Cerca de 77% das metas do programa foram atingidas. Em outubro de 1977 foi instituído o segundo programa de incentivo, com fim previsto para 1982; o PROBOR II, com o objetivo de implantar 120 mil hectares, recuperar 10 mil hectares de seringais plantados e 15 mil hectares de seringais nativos, além de financiar viveiristas. Foi neste momento que a cultura se estendeu além das áreas tradicionais de cultivo na época (Amazonia Legal e Litoral sul da Bahia) para o estado do Espírito Santo. Uma vez constatada a impossibilidade de atingir as metas propostas dentro do prazo estabelecido e da crescente necessidade de expandir a produção, o prazo do PROBOR II foi antecipado para 1981 e instituiu-se no ano seguinte o terceiro programa, o PROBOR III com vigência 1984/1994 com objetivo de implantar mais de 250 mil hectares de seringais de cultivo, que deveriam propiciar ao Brasil, na época, autossuficiência em borracha natural até o final da década de 80 com excedente exportável de 148 mil toneladas a partir de 1985. Foi a partir de então que a cultura da seringueira chegou nos estados do Mato Grosso do Sul, Goiás e São Paulo (Arruda, 1986).

## 2.2 CARACTERÍSTICAS BOTÂNICAS

Pertencente ao gênero *Hevea*, a seringueira é uma representante da família Euphorbiaceae. Este gênero é composto por onze espécies, destacando a *Hevea brasiliensis*, pela maior capacidade produtiva e variabilidade genética para resistência a pragas e doenças. Todas as espécies deste gênero inter cruzam natural e artificialmente, atributo fundamental para a variabilidade genética e obtenção de novos clones para maior produtividade, resistência às doenças e maior adaptabilidade às condições edafoclimáticas, no melhoramento genético. A seringueira é uma dicotiledônea monoica, ou seja, possui flores masculinas e femininas em uma mesma inflorescência, com flores unissexuadas dispostas em racimo e inflorescência do tipo cacho. As folhas são longamente pecioladas e compostas trifoliadas (Alvarenga, 2021).

O fruto é uma cápsula grande normalmente tricoca (com três sementes). Todas as espécies são lenhosas e de hábitos decíduos, mais pronunciados em regiões onde os períodos secos são mais constantes, com sistema radicular pivotante e caule ereto. Possui sementes grandes, com tegumento brilhante e manchado, com perda acentuada de viabilidade, sugere-se que as sementes sejam semeadas imediatamente após serem colhidas. Estas sementes são

recalcitrantes, e perdem a viabilidade muito rápido ao desidratar, e para sua manutenção é necessário mantê-las em alta umidade. Imediatamente após a colheita, as sementes já perdem de 20% a 40% de porcentual de germinação. Mesmo realizando uma colheita adequada, a taxa de germinação das sementes fica em torno de 80%. Após 50 dias, a germinação pode chegar a no máximo 10% (Alvarenga, 2021).

### 2.3 CLIMA E ZONEAMENTO

O estado de Minas Gerais é considerado, em maior parte de seu território, como região apta para o cultivo da seringueira e pouco sujeito ao mal-das-folhas. Comercialmente a heveicultura se posiciona entre latitudes de 22° Norte e 25° Sul, o que evidencia aptidão a vários padrões climáticos, uma vez que os fatores relacionados ao clima são determinantes em heveicultura (Alvarenga, 2021). Temperatura, radiação solar, precipitação pluvial, umidade do ar e vento são decisivas em todas as etapas do cultivo da seringueira e na qualidade e produtividade do seringal, e resultam na seleção das áreas para implantação de viveiros, jardim clonal, plantio definitivo, tipo de muda, a taxa de crescimento e o período de imaturidade, o florescimento e a viabilidade da semente, o controle de doenças e pragas, e os sistemas de sangria (Gonçalves, 2010).

### 2.4 ZONEAMENTO AGROCLIMÁTICO

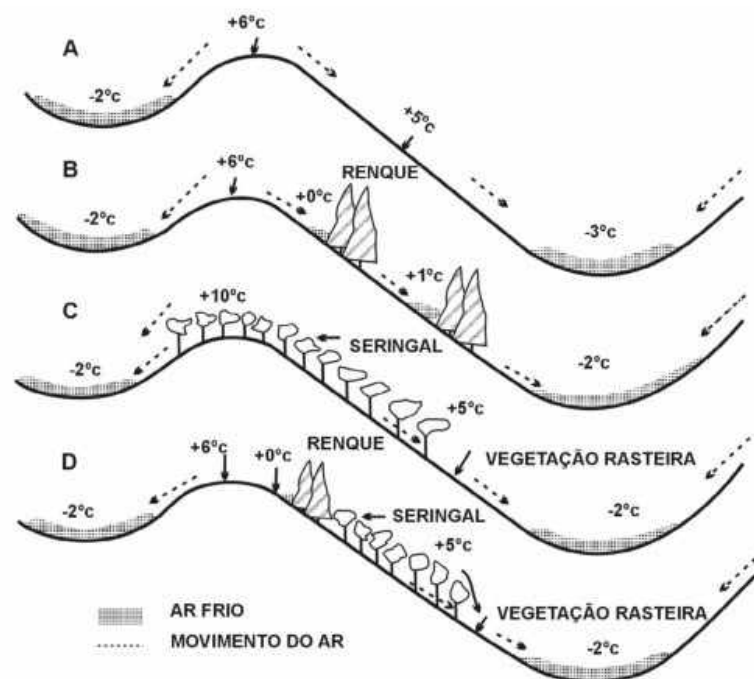
Nos estudos de Gonçalves (2010), o cultivo da seringueira no Brasil envolve consideráveis variáveis climáticas e índices resultantes do balanço hídrico, como armazenamento de 300 mm de água no solo para árvores adultas, e outros índices de importância para implantação, como:

- evapotranspiração real (ER) de 900 mm;
- deficiência hídrica anual (Da) de 0 a 300 mm;
- isoterma anual (Ta) de 18° C;
- isoterma do mês mais frio (Ef) de 20° C;
- Ocorrência de geadas;
- média da umidade relativa do ar do mês mais seco (urs);
- excedente hídrico anual (Exca) e índice hídrico (Im).

## 2.5 LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA E ALTITUDE

A aptidão climática para a cultura da seringueira não deve ser analisada apenas na perspectiva do zoneamento agroclimático na condição macro, mas principalmente na condição microclimática. Dentro de uma mesma região, inapta ou restrita, poderão ocorrer microrregiões favoráveis ao cultivo e vice-versa (EPAMIG, 2021). A temperatura, umidade do ar e precipitação são os aspectos climáticos que mais influenciam nos estádios de desenvolvimento das plantas, que se desenvolvem bem em regiões com temperatura média anual igual ou superior a 20 °C (Camargo; Schmidt 1975; Gonçalves, 2021). A ocorrência de geadas é mais propícia nas regiões continentais que nas áreas de influência oceânica. Este evento é observado mais frequentemente no Sul e Sudeste, e em regiões de elevada altitude. Regiões com altitude acima de 1000 metros, onde prevalece maior resfriamento noturno devem ser evitadas, pois registram altas incidências das geadas (Gonçalves, 2010). A seringueira é extremamente suscetível a geadas, especialmente na fase jovem, quando a ocorrência destas pode ser letal. O dano letal ocorre nas folhas em temperaturas de 0 °C a -1 °C, e a -3 °C já é letal à maioria dos clones. Locais de cultivo com temperaturas menores que 16 °C tem plantas com desenvolvimento nulo (Gasparotto, 1988). A Figura 1 abaixo representa esquematicamente a ocorrência de geadas nas baixadas e os limites para cultivo.

Figura 1: Esquema dos efeitos micro e topoclimático sobre a temperatura do ar em noites de ocorrência de geada.





## 2.6 CLONES

O sucesso da heveicultura está diretamente relacionado ao desenvolvimento de clones que sejam adaptados às várias regiões ecológicas. Clones tidos como produtivos em determinadas regiões podem ter comportamento completamente diferente em diversas outras áreas da mesma região que apresentem características edafoclimáticas diferentes. A variabilidade no comportamento dos clones é condicionada aos aspectos agroclimáticos como déficit hídrico, temperatura, e pluviosidade, que afetam o crescimento e produção (Gonçalves, 2010).

Existem várias vantagens na utilização de clones para a implantação de seringais, sendo a mais importante a uniformidade que estes apresentam por se tratarem do mesmo material genético. Florestas de cultivo formadas com um mesmo clone sob as mesmas condições ambientais, apresentam pouca variabilidade de produção, espessura de casca, vigor, propriedades químicas do látex, tolerância a doenças, senescência de folhas, dentre outros aspectos, favorecendo um manejo mais simples e mais econômico (IAC, 2011; Silva et al., 2017). A diversificação clonal é importante para assegurar a sustentabilidade da heveicultura nacional, que atualmente está calcada em poucos clones (GT 1, PB 217, PB 235, PR 255, Fx 3864 e RRIM 600), sendo o RRIM 600 largamente o mais plantado (Embrapa, 2020). É estimado que no Estado de São Paulo, o principal produtor, cerca de 80% de todas as florestas plantadas de seringueira sejam do clone RRIM 600, o que denota um plantio praticamente monoclonal. Este cenário é crítico em termos fitossanitários, devido à vulnerabilidade ao aparecimento e proliferação de pragas e doenças, pela restrita variabilidade genética (Scaloppi Junior; Gonçalves, 2011).

O clone RRIM 600 é o mais plantado nas Regiões Sudeste e Centro-Oeste do Brasil e tem apresentado um bom desempenho, podendo ser tomado como referência para fins de comparação e seleção de clones (Pereira, 1997; Pereira *et al.*, 2001). Este cenário é um reflexo do panorama mundial, em que o RRIM 600 é predominante; desta forma, ele é um parâmetro para a avaliação dos novos clones que vêm sendo desenvolvidos (Morais *et al.*, 2022). Neste estudo, cerca de 90% dos clones dos seringais cujas amostras foram coletadas correspondem ao RRIM 600. A Tabela 1 apresenta os principais clones presentes na heveicultura do Brasil.

Tabela 1: Clones de importância comercial plantados no Brasil.

Clones				
Orientais	Amazônicos	Paulistas	Baianos	Outros
RRIM 600	IAN 873	IAC 35	SIAL 893	CDC 312
RRIM 937	Fx 2261	IAC 40	SIAL 1005	FDR 5788
RRIM 938	Fx 3844	IAC 300		Michelin
RRIM 713	Fx 3864	IAC 301		Firestone
GT1		IAC 302		
PB 235 (alta incidência de oídio)		IAC 400		
PB 217		IAC 500		
PR 107		IAC 502		
PR 255		IAC 505		
PR 261		IAC 511		
PB 252				
PB 340				

Fonte: Adaptado de Alvarenga, (2021).

Legenda: RRIM - Rubber Research Institute of Malaysia; GT - Gondang Tapen; PB - Prang Besar; PR - Proefstation voor rubber; IAN - Instituto Agrônômico do Norte; Fx - Ford cruzamento; IAC - Instituto Agrônômico de Campinas; SIAL - Seleção do Instituto Agrônômico do Leste; CDC - Clavellina Dothidella Resistant; FDR - Firestone Dothidella Resistant.

Nos últimos anos, o Instituto Agrônômico de Campinas (IAC) lançou clones de seringueira com grande relevância em precocidade e produtividade. Os clones IAC 406, IAC 411, IAC 412, IAC 418, IAC 500, IAC 502, IAC 503, IAC 505 e IAC 511 são todos precoces e levam entre 5 e 6 anos para começar a produzir, destacando-se o clone IAC 505 cuja abertura de painel se dá em 5 anos; e os clones IAC 500 e IAC 502 com produção de látex muito superior ao clone tido como padrão de mercado (RRIM 600), com valores de 43 e 71% a mais respectivamente, comparada à média anual de RRIM 600, de 1250 kg.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup> (IAC, 2012).

## 2.7 FITONEMATOLOGIA NA HEVEICULTURA

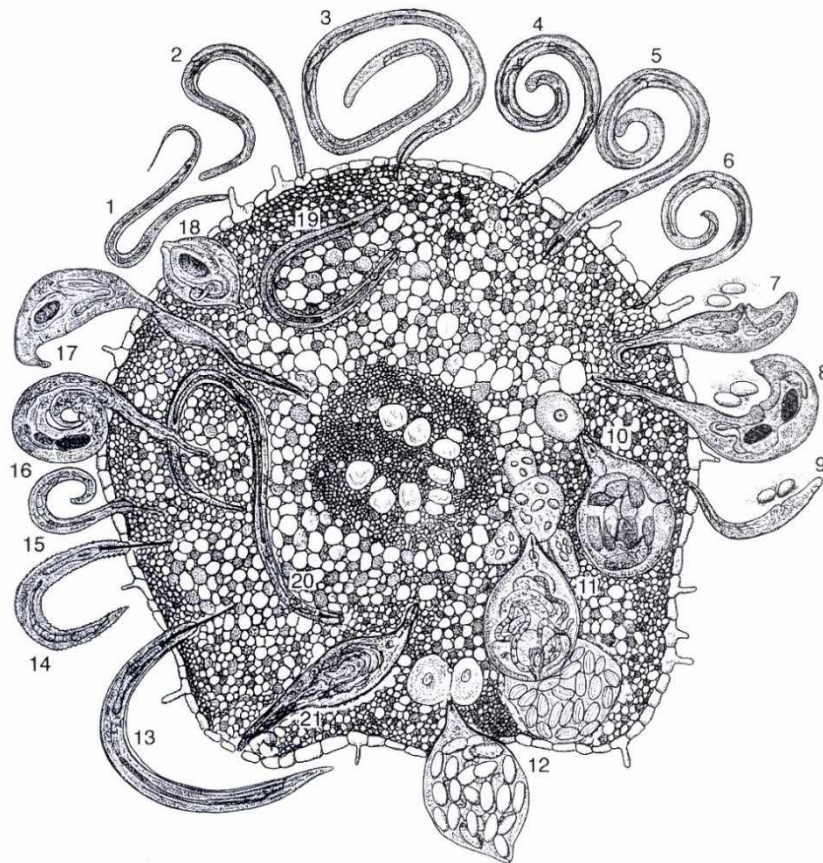
Entre os patógenos ocorrentes na seringueira, o fungo *M. ulei* é o agente causal do mal-das-folhas, sendo a principal doença do cultivo, é ainda um patógeno limitante à expansão da heveicultura no Brasil, e também uma ameaça constante para outros países produtores de borracha (Candeias *et al.*, 2014; Barreto *et al.*, 2016; Santos *et al.*, 2019). Em plantas jovens, o

fungo provoca desfolhamento e afeta o crescimento, enquanto que, nas árvores adultas, ocorre menor produção de látex e mortalidade (Gonçalves; Monteiro, 2007; Sousa *et al.*, 2020).

Além de agentes fúngicos e bacterianos, nematoides se tornaram pragas importantes na heveicultura. Os nematoides são vermes cilíndricos, sendo o corpo variável, mais comumente filiformes, ou seja, em forma de fio (o nome deriva do grego *nema*, que significa fio). São animais aquáticos, que podem ser encontrados nos oceanos e mares, nas coleções de água doce e no filme ou película de água existente entre as partículas de solo. Ocorrem em variados ambientes naturais desde que haja água suficiente para sobrevivência. Algumas espécies possuem a habilidade de subsistir em repouso em condições de baixa umidade por longos períodos, voltando às atividades biológicas quando as condições ambientais são favoráveis (Ferraz; Brown, 2016). “Certas espécies de fitonematoídeos possuem esta particularidade, o que as permite sobreviver em sementes (de arroz, a exemplo de *Aphelenchoides besseyi* Christie) ou em outros órgãos vegetais armazenados a seco por diversas semanas ou até durante meses (na "palha" de bulbilhos de alho, como *Ditylenchus dipsaci* Kühn)” (Ferraz; Brown, 2016). A Figura 2 apresenta a o hábito dos principais gêneros de nematoides parasitas de plantas.

Entre os gêneros que ocorrem no Brasil, associados à seringueira, são considerados de maior importância para a cultura *Meloidogyne* e *Pratylenchus*, pela alta disseminação e pelos danos econômicos (Gonçalves, 2010). A espécie com maior importância é *M. exigua* (Santos, *et al.*, 1992; Pezzoni Filho *et al.*, 2018). Espécies do gênero *Meloidogyne* provocam diversos sintomas nas plantas que vão desde a formação de galhas nas raízes, diminuição e deformação do sistema radicular, decréscimo da eficiência das raízes na absorção e translocação de água e nutrientes, até o surgimento de clorose e redução da parte aérea, resultando na redução da produção de látex (Sikora; Fernández, 2005; Pedroso, 2016). Em plantios no Estado de Mato Grosso foram observados *Meloidogyne* sp. e *M. incognita* Kofoid e White nos clones RRIM 600, e *M. exigua* nos clones PB 235 e PB 217. Em São Paulo, verificou-se a presença de *M. incognita* e *M. javanica* Treub; no Pará, de *M. javanica* e *M. arenaria* Neal e no Paraná *M. incognita* em híbridos Tjir 1 x Tjir 16 (Furtado, 2017).

Figura 2 – Ilustração esquemática de fitonematoides atacando raiz de planta.



Fonte: Siddiqi, (2000).

Legenda: 1 - *Cephalenchus*; 2 - *Tylenchorhynchus*; 3 - *Belonolaimus*; 4 - *Rotylenchus*; 5 - *Hoplolaimus*; 6 - *Helicotylenchus*; 7 - *Verutus*; 8 - *Rotylenchulus*; 9 - *Acontylus*; 10 - *Meloidodera*; 11 - *Meloidogyne*; 12 - *Heterodera*; 13 - *Hemicycliophora*; 14 - *Criconemoides*; 15 - *Paratylenchus*; 16 - *Trophotylenchulus*; 17 - *Tylenchulus*; 18 - *Sphaeronema*; 19 - *Pratylenchus*; 20 - *Hirschmanniella*; 21 - *Nacobbus*.

Dentre as raças do nematoide das galhas, *Meloidogyne exigua* raça 3 é específica de *H. brasiliensis*, tendo-a como única hospedeira. Muniz *et al.* (2008) classificaram *M. exigua* em raça 1, que infecta o pimentão e o cafeeiro; raça 2, que infecta o tomateiro, o pimentão e o cafeeiro; e a raça 3, que infecta apenas a seringueira. A caracterização da raça 3 se deu no trabalho de Carneiro e Almeida (2000), ao estudar nematoides de galha em cafeeiro no Brasil. As autoras analisaram amostras de solo e raízes de plantas de café de diferentes estados, e uma de seringueira provinda do Mato Grosso. O método utilizado foi a técnica do fenótipo das esterases, descrita por Carneiro *et al.*, (1996) associada ao método hospedeiros diferenciadores, proposto por Hartman e Sasser (1985). A Tabela 2 apresenta a relação de *M. exigua* raça 3 com as plantas hospedeiras, caracterizando sua diferenciação.

No caso de *Pratylenchus* sp., o caule se apresenta desidratado e as raízes com lesões marrom-escuras. *Pratylenchus* sp. e *P. brachyurus* foram observados nos Estados da Bahia, São Paulo e Espírito Santo. Sendo também constatada a espécie *P. zae* no estado do Espírito Santo (Furtado, 2017).

Tabela 2: Diferenciação de espécies e raças de *Meloidogyne* do cafeeiro e seringueira, utilizando o teste com hospedeiros diferenciadores (Hartman e Sasser, 1985).

<i>Meloidogyne</i> spp. e raças fisiológicas (R)	Plantas hospedeiras diferenciadoras						Hospedeiros naturais	
	Algodão	Tomate	Fumo	Pimenta	Melancia	Amendoim	Café	Seringueira
<i>M. incognita</i> R.1	-	+	-	+	+	-	+	-
<i>M. incognita</i> R.2	-	+	+	+	+	-	+	-
<i>M. incognita</i> R.3	+	+	-	+	+	-	+	-
<i>M. paranaensis</i>	-	+	+	-	+	-	+	-
<i>M. exigua</i> R.1	-	-	-	+	-	-	+	-
<i>M. exigua</i> R.2		+		+	-	-	+	-
<i>M. exigua</i> R.3	-	-	-	-	-	-	-	+
<i>M. coffeicola</i>	-	-	-	-	-	-	+	-

Fonte: Adaptado de Hartmann e Sasser, (1985); Carneiro e Almeida (2000).

\*Algodão, Deltapine 61; tomate, Rutgers; fumo, NC95; pimenta, Early California Wonder; melancia, Charleston Gray; amendoim, Florunner; (-) indica um não-hospedeiro, (+) indica um hospedeiro.

Wilcken *et al.* (2015) observaram em seus estudos que dentre as espécies *M. exigua*, *M. incognita* e *M. javanica*, a primeira se destaca em testes de patogenicidade pela agressividade. No campo, causa o descortçamento e a morte descendente de ramos, além de possibilitar o ataque de fungos secundários. Campos (2018), estudando a interação entre as lesões de *M. exigua* e a infecção de *Fusarium* sp. observou que as amostras de raízes com maiores quantidades de juvenis e ovos de *M. exigua* também foram correspondentes às maiores incidências de *Fusarium* sp.

Nas árvores, a infecção prejudica o desenvolvimento da planta de modo geral. Causa amarelecimento de folhas novas e ressecamento de galhos devido à diminuição da capacidade das raízes em absorver água e sais minerais do solo, fatores preponderantes da queda na produção de látex (Wilcken *et al.*, 2013; Pezzoni Filho, 2014). Os sintomas mais comuns causados pelos nematoides são as galhas, a seca, a morte das plantas e a presença de organismos oportunistas (Gontijo, 2017).

*Meloidogyne exigua* raça 3 foi encontrada em altas populações em seringais da Michelin em Rondonópolis, MT, e foi responsável pelo abandono da atividade na região (Fonseca *et al.*, 1999). Tanto espécies do gênero *Pratylenchus* quanto de *Meloidogyne* se encontram distribuídas em praticamente todos os seringais do estado de São Paulo em níveis populacionais

baixos (Wilcken *et al.*, 2015). Um grande problema que vem afligindo os heveicultores no Cerrado tem sido a rápida disseminação de *M. exigua* raça 3, principalmente por meio da produção de mudas de seringueira (Bernardo *et al.*, 2003; Paes-Takahashi *et al.*, 2015; Pezzoni Filho, 2014; Wilcken *et al.*, 2015; Domingos Junior, 2020).

Após *M. exigua* raça 3 ter sido encontrado no estado de Mato Grosso, Wilcken *et al.* (2015) também relataram que o patógeno estava presente em outros estados do Brasil onde a heveicultura é explorada. Além dos Estados de São Paulo e Mato Grosso, o patógeno foi identificado em plantações nos municípios de Prata e Nanuque em Minas Gerais, e Goianésia além de Cumari, Goiás (Lemes, 2017). Mudanças de seringueira produzidas em canteiros diretamente no solo, ou em sacos plásticos contendo terra sem tratamento, propiciam a disseminação de pragas e patógenos do sistema radicular (Gonçalves, 2010; Wilcken *et al.*, 2015), isto favoreceu a disseminação de fitopatógenos para diversas áreas. O controle de fitonematoides em heveicultura, e para a maioria de culturas perenes deve ser preventivo, recomendando-se a produção de mudas em bancadas suspensas, em canteiros elevados do solo e com substrato esterilizado. Todas as medidas para conter a disseminação do patógeno devem ser empregadas de forma integrada, uma vez que a presença de plantas infectadas na área atua como fonte de inóculo e podem comprometer todo o cultivo, bem como representarem um risco para plantações vizinhas.

De acordo com Wilcken *et al.* (2013, p. 01):

*Meloidogyne exigua*, é o nematoide das galhas da seringueira, que ocorre endemicamente em algumas regiões do Brasil como na Amazônia e no Mato Grosso. Esta espécie de *Meloidogyne* tem como característica a indução de galhas nas raízes, prejudicando a absorção de água e nutrientes pela planta, podendo levar esta a morte. Em 2012, plantas de seringueira (*Hevea brasiliensis*), da região do Prata em Minas Gerais, apresentaram seca e morte no campo. Raízes destas plantas foram coletadas e levadas para análises nos Laboratórios de Patologia Florestal e Laboratório de Nematologia da UNESP de Botucatu. As raízes foram processadas para análise da presença de fungos fitopatogênicos e para a presença de nematoides, visto que os sintomas que as raízes apresentavam eram de necroses e galhas. Nenhum fungo fitopatogênico foi isolado deste material, porém, foram extraídos e isolados nematoides de várias amostras. Estes foram identificados morfológicamente e através do sequenciamento da região do DNA ribossomal D2/D3. O fragmento do DNA sequenciado apresentou 99% de homologia com o DNA de *M. exigua* (AF435795.1) depositado no GenBank, isolado de *H. brasiliensis*. Deste modo este é o primeiro relato desta espécie de nematoide causando danos em plantas de seringueira na região de Minas Gerais.

## 2.8 NDVI

O emprego do sensoriamento remoto na agricultura conta com uma vasta quantidade de instrumentos que auxiliam na busca de maior produtividade, destacando-se entre estes os

diversos Índices de Vegetação (IVs), que auxiliam no monitoramento dos aspectos biofísicos da vegetação. Esses índices têm como característica evidenciar os parâmetros biofísicos de plantas por meio de informações de reflectância espectral captadas por sensores (Formaggio; Sanches, 2017; Silva *et al.*, 2023).

Devido às propriedades da reflectância das folhas das plantas nas bandas do vermelho e infravermelho próximo, suas informações são convertidas aritmeticamente em vários índices de vegetação (Tucker, 1979; Gürtler *et al.*, 2005; Ponzoni; Shimabukuro, 2007; Hird; Jensen, 2009; Mcdermid, 2009; Lemes, 2017). Essas bandas espectrais são reconhecidas por discriminar a vegetação de demais componentes presentes na superfície, por indicar processos fisiológicos, identificar a vegetação verde e sadia e distingui-la da vegetação sob condições estressantes (Basso *et al.*, 2004; Haboudane *et al.*, 2004; Jensen, 2009; Mahlein, 2016; Ponzoni; Shimabukuro, 2007; Wang *et al.*, 2012). Na última década o interesse sobre os índices de vegetação, com destaque ao NDVI, aumentou significativamente, especialmente em virtude deste índice representar um dos mais relevantes indicadores para a análise da cobertura de vegetação em diferentes períodos (Barros *et al.*, 2020). É uma ferramenta singular que se enquadra em diversas aplicações, incluindo monitoramento ambiental, estudos agrícolas, previsão de safra, detecção de mudanças na cobertura vegetal, entre outras (DigiFarmz, 2024).

Diversos trabalhos utilizam dos índices de NDVI para identificar e fazer diferentes associações a doenças e a fitonematoides em várias culturas como: soja (Cunha *et al.*, 2023), café (Abreu Junior *et al.*, 2020), milho (Suzin, 2022), cana-de-açúcar (Martins; Galo, 2015), seringueira (Rodrigues *et al.*, 2017; Lemes, 2017; Domingos Junior, 2020), entre outras.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

Foram coletadas 72 amostras contendo solo e raízes de seringueira, na região do Triângulo Mineiro (Figuras 3 e 4), nos municípios de Prata, Ituiutaba e Comendador Gomes, sendo a maioria das amostras coletadas no município de Prata, principal produtor de borracha natural de MG e maior município em extensão territorial, com área de 4.847,544 km<sup>2</sup> no Triângulo Mineiro. A amostragem foi realizada entre 04 e 10 de novembro, período chuvoso na região e época mais adequada para a coleta de amostras. Segundo a Sociedade Brasileira de Nematologia (2019), em culturas perenes, a melhor época de amostragem é o período de maior crescimento vegetativo e emissão de raízes, que ocorre de 40 a 50 dias após o início do período das chuvas; as datas de coleta foram determinadas de acordo com esta recomendação.

As amostras de solo e raízes foram coletadas de forma direcionada, ou seja, foram observadas plantas que aparentavam subdesenvolvimento em relação às demais no ranque, e entre as plantas ao redor. As amostras com aproximadamente 500 g de solo contendo raízes foram compostas de subamostras dos talhões e acondicionadas em saco plástico, em que, em cada área foi selecionado um talhão para amostragem composta, na profundidade de 0 a 20 cm preservando as características naturais do solo e das raízes. Foram coletadas amostras em talhões de plantios homogêneo com plantas de mesma idade, clone, e/ou vindas de uma mesma remessa de mudas. As amostras foram acondicionadas de acordo com as especificações “[...] devem-se coletar as subamostras de solo e raízes (ou outros órgãos vegetais, dependendo da espécie de nematoide) na profundidade de 0 a 20 cm, com umidade natural, evitando solos encharcados ou muito secos. Preferencialmente, coletar as raízes mais finas ou radículas, e solo da rizosfera das plantas. As subamostras coletadas deverão somar uma quantidade mínima de 500 ml de solo e 20 gramas de raízes, que serão enviados ao laboratório para processamento. Para a coleta de amostras deve-se usar sempre sacos plásticos, nunca de papel” (Sociedade Brasileira de Nematologia, 2019). As amostras foram enviadas ao laboratório Lab Zap, em Uberaba - MG para análise.



Figura 3: Mapa representativo da distribuição espacial dos pontos coletados no Triângulo Mineiro, pontos plotados no QGis.



Fonte: O autor. *Layers* Google hybrid e Google labels; *shapefile* de Minas Gerais, IBGE. (Importados no QGis).

Figura 4: Mapa representativo dos polígonos desenhados sobre os talhões de seringais no QGis.



Fonte: O autor. *Layers* Google hybrid e Google labels (importados no QGis).

Para a extração dos nematoides no solo seguiu-se a metodologia da flotação-centrifugação (Jenkins, 1964) indicada para extração de espécimes móveis, imóveis, ovos e até mesmo mortos; utilizando solução de sacarose seguida de centrifugação e peneiramento. Para a extração dos nematoides nas raízes, seguiu-se o método de Coolen e D'Herde, (1972), para tecidos vegetais, que consiste na trituração seguida de flotação e centrifugação. Estes são os métodos mais utilizados pelos laboratórios de nematologia no Brasil (Machado *et al.*, 2019).

No momento de coleta das amostras, as coordenadas dos locais de amostragem foram coletadas utilizando o aplicativo Avenza Maps®. O arquivo com as coordenadas geográficas das 72 amostras foi então importado no QGIS, onde foram marcados os pontos de amostragem, e todas as áreas de seringais visitadas, delimitadas em polígonos (Figura 4). A área total dos seringais (polígonos) foi de 1.767 hectares. Os arquivos foram salvos na forma *shape file* para as análises de NDVI, seguindo a metodologia proposta por Valle Junior (2019); e NDVI para a cultura da seringueira por Domingos Junior (2020). Desde modo, seguiu-se para a aplicação de NDVI, no Google Earth Engine (GEE) em linguagem de programação JAVA.

Para a aplicação da máscara de NDVI foram utilizadas imagens da coleção de título “Harmonized Sentinel-2 MSI: MultiSpectral Instrument, Level-2A”, do satélite Sentinel 2, que possui dados de imagens disponibilizados pela Agência Espacial Europeia (European Space Agency), de primeiras imagens em 28/03/2017. As imagens foram filtradas no período de 01/01/2023 a 31/12/2023 compreendendo um ano, ao filtro de nuvens e ruídos à 10%, e cortadas na geometria dos polígonos dos seringais amostrados, totalizando 29 imagens utilizáveis no período. A seguir no *script* foi efetuada a estatística zonal dos pontos, que é calculada sobre os valores médios e desvio padrão dos valores de NDVI de *pixels* de uma determinada área.

As áreas de interesse são os pontos georreferenciados, e sobre estes foi realizado o *buffer* de pontos, que se resume na determinação de um raio para cada ponto. O valor do *buffer* será determinado então pela média dos valores dos *pixels* no raio do *buffer*. Foi considerado um raio de 10 m, mesma resolução espacial do satélite Sentinel 2. O NDVI foi então calculado para todas as 29 imagens filtradas da coleção, e para o cálculo da estatística zonal, as amostras foram divididas em 2 grupos, criando-se dois arquivos para comparação: o arquivo contendo todos os pontos cujas amostras continham *M. exigua* (15 amostras) e o arquivo cujas amostras não continha *M. exigua* (57 amostras).

Para validação dos dados das imagens, da relação NDVI/nematoide, as tabelas contendo os valores dos pixels dos *buffers* foram submetidas ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk e teste de homogeneidade de variâncias de Levene, utilizando as bibliotecas *Pandas* e *Scipy* no Jupyter Notebook, com linguagem de programação em Python. Os scripts para o processamento dos dados constam no Apêndice II deste trabalho.

Os valores calculados foram significativos para ambos os testes à 0,05 de significância. Deste modo, para comparação entre as amostras (infectadas e não infectadas por *M. exigua*) foi calculado o teste T para amostras independentes. O valor  $p < 0,05$  apresenta diferença significativa entre os valores de NDVI das imagens na série temporal filtrada, indicando que existe diferença entre o NDVI de uma área infestada e de uma área não infestada. Nos

parâmetros do teste, o parâmetro “alternative” define a hipótese alternativa (hipótese nula: duas amostras independentes (X, Y) tem valores de variância iguais) que se divide em 3 opções: “alternative = ‘two-sided’” (bilateral, padrão) que compara as médias e assume que as médias das distribuições subjacentes às amostras não são iguais; “alternative = ‘less’” (menor que), que comprava se a média da distribuição subjacente à primeira amostra é menor que a média da distribuição subjacente à segunda amostra; e, “alternative = ‘greater’” (maior que) que compara se a média da distribuição subjacente à primeira amostra é maior que a média da distribuição subjacente à segunda amostra. Definiu-se o parâmetro “alternative = ‘greater’” para afirmar que as médias das áreas não infestadas são maiores que das áreas infestadas.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 ANÁLISE NEMATOLÓGICA

Neste estudo, nove gêneros distintos de nematoides importantes em diversas culturas foram identificados nas amostras de solo e raízes de seringueira (Tabelas 3 e 4). Com grande ênfase destacam-se os gêneros *Meloidogyne* e *Pratylenchus*, já esperados, por serem patógenos já identificados e que acometem a heveicultura; *Aphelenchoides* apresentou a maior disseminação, estando presente em 88,9% das amostras de solo e raízes coletadas (Tabela 4), mais que *Pratylenchus* e *Meloidogyne* (61,1 e 20,8%), com grande número de indivíduos no solo e/ou nas raízes, o que indica que este gênero pode ter importância na cultura além dos gêneros já conhecidos. Aos demais gêneros encontrados em porcentagem nas amostras estão: *Ditylenchus* Filipjev (30,6%), *Aphelenchus* Bastian (25,0%), *Helicotylenchus* Steiner (15,3%), *Criconemella* De Grisse e Loof (11,1%), *Rotylenchus* Filipjev (5,6%) e *Heterodera* Schmidt (1,4%). Todos os gêneros encontrados neste trabalho, exceto *Heterodera*, já haviam sido reportados em estudos nematológicos em *H. brasiliensis* (Freire, 1976; Wilcken *et al.*, 2014; Domingos Junior, 2020).

Os gêneros *Aphelenchoides*, *Aphelenchus* e *Ditylenchus* apresentaram porcentagem de infestação considerável nos seringais amostrados (88,9, 25,0, e 30,6% de infestação respectivamente) e são constituídos por espécies de nematoides que são em sua maioria micrófagos, sendo necessários mais estudos para confirmar se são patogênicos à heveicultura. Apesar da grande maioria ter hábito micrófago ou bacteriófago, algumas espécies dentro destes gêneros se comportam como fitonematoides e são de interesse econômico em diversas culturas (Ferraz; Brown, 2016).

Ao estudar a fitossanidade de sementes de gramíneas forrageiras, Favoreto (2008) encontrou espécies de nematoides dos gêneros *Aphelenchoides*, *Ditylenchus* e *Aphelenchus* associadas às sementes, afirmando ainda que há ampla distribuição de nematoides em sementes de forrageiras nas regiões produtoras, de forma que a técnica de colheita das sementes reflete no percentual de infestação. A associação destes gêneros à seringueira pode estar relacionada à alta densidade de *Urochloa* R. D. Webster spp. (homotipo *Brachiaria* Stapf spp.) e outras espécies de pastagens nas linhas e entre linhas, e especialmente ao fato de pelo menos 80% dos seringais visitados terem sido estabelecidos sobre áreas de pastagens, sobretudo pastagens degradadas (Tabela 3). Favoreto *et al.* (2011), estudando nematoides em sementes de gramíneas, identificaram *Aphelenchoides besseyi*, *A. bicaudatus*, *A. fragariae*, *A. sexlineatus*, *Ditylenchus myceliophagus*, *D. dipsaci*, *D. montanus* e *Aphelenchus* sp. associados às sementes

das principais forrageiras da agricultura no Brasil, estando presente em diferentes cultivares de *Uroclhoa brizantha*, *U. decumbens*, *U. humidicola*, *U. ruzizensis*, *Panicum maximum* Jacq, *Paspalum atratum* Swallen, *Setaria anceps* Stapf ex Massey e em milheto (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Brown), provindas dos estados de São Paulo, Minas Gerais, Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e Bahia. Este estudo evidencia a ampla distribuição desses fitonematoides no Brasil, especialmente sua associação a gramíneas.

A população de *Meloidogyne* spp. representou 24% de todos os nematoides encontrados nas amostras (Gráfico 1), em infestação de 20,8% dos seringais, estando presente em 15 das 72 amostras. Em sua maioria (80%), de mudas provenientes de viveiros do próprio município, o que sugere que o nematoide já havia sido introduzido na região, seja por equipamentos infestados, circulação de máquinas e implementos, ou mesmo via mudas – uma vez que a maioria das mudas plantadas no início heveicultura no Triângulo Mineiro, vieram do noroeste de São Paulo e de Goianésia, GO [ambos já reportaram a presença do patógeno em seu territórios (Gonçalves, 2010; Wilcken *et al.*, 2015)] – e, ao se tornar comum a cultura, viveiros locais foram estabelecidos. É importante ressaltar que *M. exigua* ocorre endemicamente na Amazônia e Pré-Amazônia (Santos, 1995.; Gonçalves, 2003), e chegou aos atuais estados produtores por mudas contaminadas, devido à grande velocidade de expansão da heveicultura, pouca ou nenhuma fiscalização fitossanitária ou mesmo pelo não conhecimento do potencial do patógeno na época. Ainda é possível destacar que 3 dos 6 dos seringais (50%) que tiveram mudas oriundas de um viveiro em Prata, MG, adjacente a um seringal formado com mudas provenientes de Goianésia, GO, estão infestados por *M. exigua* raça 3.

Tabela 3: Diferentes gêneros de nematoides identificados em 72 amostras enumeradas, coletadas em seringais do Triângulo Mineiro no mês de novembro de 2023.

Amostra N	Gêneros encontrados	Origem das mudas	Cultura anterior	Amostra N	Gêneros encontrados	Origem das mudas	Cultura anterior
N01	Aes, Aus, D, Hus	Prata - MG	Pastagem	N25	M, P	Prata - MG	-
N02	Aes, Aus, D, Hus	Prata - MG	Pastagem	N26	Aes, M, P	Prata - MG	-
N03	Aes, Aus, M, P	Prata - MG	Pastagem	N27	M, P	Prata - MG	Pastagem
N04	Aes, Aus, Hus, P	Prata - MG	Pastagem	N28	Aes, D, P	Prata - MG	Pastagem
N05	M	Prata - MG	Pastagem	N29	Aes, P, R	Prata - MG	Pastagem
N06	Aes, Aus, D, P,	Prata - MG	Pastagem	N30	Aes, M, P	EMATER MG	-
N07	Aes, C, Hus, P	Prata - MG	Pastagem	N31	Aes, P	Prata - MG	Pastagem
N08	Aes, Hus P,	Prata - MG	Pastagem	N32	Aes, D, P	Prata - MG	Pastagem
N09	Aes, D, Hus, Hra, P	Prata - MG	Pastagem	N33	Aes, D, P	Prata - MG	Pastagem
N10	Hus, P	Norte SP	-	N34	Aes, C, P	Prata - MG	Pastagem
N11	Aus, P	Norte SP	-	N35	Aes, D, P	EMATER MG	Pastagem
N12	Hus, P	Prata - MG	Pastagem	N36	Aes, P	EMATER MG	Pastagem
N13	Aes, M, P	Prata - MG	Pastagem	N37	Aes, D, M, P	Prata - MG	Pastagem
N14	-	Prata - MG	Pastagem	N38	M, P	Prata - MG	Pastagem
N15	Aes, Aus, P	Prata - MG	Pastagem	N39	Aes, P	Prata - MG	Pastagem
N16	Aes, P	Goianésia - GO	Pastagem	N40	Aes, P	Prata - MG	Pastagem
N17	Aes, P	Goianésia - GO	Pastagem	N41	Aes, D, P	Prata - MG	Pastagem
N18	Aes, Hus, M	Norte SP	Cerrado	N42	Aes, Aus, D, P	Prata - MG	Pastagem
N19	Aes, P	Norte SP	Cerrado	N43	Aes, M, P	Prata - MG	Pastagem
N20	Aes, P	EMATER MG	Pastagem	N44	Aes, P	Prata - MG	Pastagem
N21	Aes, C, Hus	Prata - MG	Cerrado	N45	Aes, Aus, D	Prata - MG	Pastagem
N22	Aes, Hus, P	Prata - MG	-	N46	Aes	Prata - MG	Pastagem
N23	Aes, D, P	Prata - MG	-	N47	Aes, P	Prata - MG	Pastagem
N24	Aes, M	Prata - MG	-	N48	Aes, Aus, D, P	Prata - MG	Pastagem

Continua...

## Conclusão.

Amostra N	Gêneros encontrados	Origem das mudas	Cultura anterior
N49	Aes, Aus	Prata - MG	Pastagem
N50	Aes, M	Prata - MG	Pastagem
N51	Aes, D, P	Prata - MG	Pastagem
N52	Aes, C, P	Prata - MG	Pastagem
N53	Aes, D	Prata - MG	Pastagem
N54	Aes, Aus	Prata - MG	Pastagem
N55	Aes, Aus	-	-
N56	Aes, Aus, D, M	-	-
N57	Aes, Aus	Norte SP	Pastagem
N58	Aes	-	-
N59	Aes, D, P	Norte SP	Pastagem
N60	Aes, D	-	-

Amostra N	Gêneros encontrados	Origem das mudas	Cultura anterior
N61	Aes	-	-
N62	Aes, Aus, C, M	Goianésia - GO	Pastagem
N63	Aes, C, D	Goianésia - GO	Pastagem
N64	Aes, R	Norte SP	Pastagem
N65	Aes, P	Norte SP	Pastagem
N66	Aes, C, R	Norte SP	Pastagem
N67	Aes, Aus, D	Norte SP	Pastagem
N68	Aes	Norte SP	Pastagem
N69	Aes, C	Norte SP	Pastagem
N70	Aes, Aus, P, R	Norte SP	Pastagem
N71	Aes, D	Norte SP	Pastagem
N72	Aes	Norte SP	Pastagem

Fonte: O autor.

Legenda: Aes: *Aphelenchoides* sp., Aus: *Aphelenchus* sp., C: *Criconemella* sp., D: *Ditylenchus* sp., Hus: *Helicotylenchus* sp., Hra: *Heterodera* sp., M: *Meloidogyne* sp., P: *Pratylenchus* sp., R: *Rotylenchulus* sp. Células destacadas indicam mudas provindas de um viveiro contaminado por *Meloidogyne exigua* raça 3, estabelecido com plantas de Goianésia.

Tabela 4: Distribuição dos gêneros encontrados nas 72 amostras e distribuição das populações nas amostras por gênero, dada pela frequência.

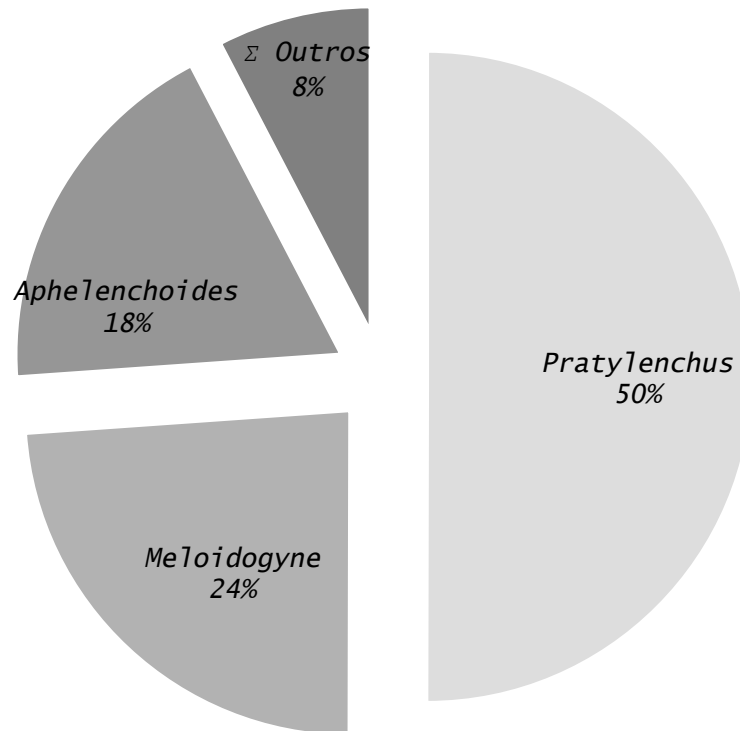
Gêneros	Frequência dos gêneros nas mostras*						Frequência das populações nas amostras					
	Solo		Raíz		Σ solo, raíz		Solo		Raíz		Σ solo, raíz	
	FA	FR (%)	FA	FR (%)	FA	FR (%)	FA	FR (%)	FA	FR (%)	FA	FR (%)
<i>Aphelenchoides</i>	60	83.33	54	75.00	64	88.89	6548	30.46	2816	10.42	9364	19.30
<i>Aphelenchus</i>	15	20.83	10	13.89	18	25.00	648	3.01	284	1.05	932	1.92
<i>Criconemella</i>	4	5.56	4	5.56	8	11.11	24	0.11	32	0.12	56	0.12
<i>Ditylenchus</i>	20	27.78	11	15.28	22	30.56	964	4.48	448	1.66	1412	2.91
<i>Helicotylenchus</i>	10	13.89	7	9.72	11	15.28	804	3.74	264	0.98	1068	2.20
<i>Heterodera</i>	0	0.00	1	1.39	1	1.39	0	0.00	92	0.34	92	0.19
<i>Meloidogyne</i>	15	20.83	15	20.83	15	20.83	4544	21.14	7028	26.01	11572	23.85
<i>Pratylenchus</i>	43	59.72	42	58.33	44	61.11	7901	36.75	15976	59.12	23877	49.21
<i>Rotylenchus</i>	2	2.78	3	4.17	4	5.56	64	0.30	84	0.31	148	0.31
Total	72	-	72	-	72	-	21497	100	27024	100	48521	100

Fonte: O autor.

\*Tabela de frequência absoluta (FA) e frequência relativa em porcentagem (FR %), adaptada para a variável 'frequência dos gêneros nas amostras' uma vez que uma mesma amostra pode conter mais de um gênero. Nesta variável, os gêneros são observações independentes entre si, dentro das amostras. Valores expressos em 150 cm<sup>3</sup> de solo e 50 g de raízes.



Gráfico 1: Distribuição das populações, por gênero de nematoide, quantificadas nas amostras de solo e raízes de *Hevea brasiliensis* no Triângulo Mineiro.



Fonte: O autor.

Uma das amostras contaminadas foi coletada em mudas provenientes de São Paulo e outra coletada em um seringal cujas mudas são de origem desconhecida, totalizando as amostras contaminadas. Os dados apontam que a presença de *M. exigua* na região pode ser expressa por parte vinda diretamente de outros estados (noroeste de São Paulo e especialmente Goiás), e parte disseminada a partir de seringais da própria região (que foram estabelecidos com mudas contaminadas), seja pelo manejo adotado, por utilização de máquinas e implementos, por viveiros com mudas destes seringais ou adjacentes a estes, ou mesmo pelo trânsito de veículos contaminados entre áreas de heveicultura. Gontijo (2017), estudando a distribuição espacial, nível de infestação e a mortalidade de plantas de seringueira em Prata, MG, encontrou *M. exigua* raça 3 em amostras de solo e raízes de seringueira, identificando o patógeno pela configuração perineal e confirmando posteriormente por análise molecular, que apresentou o fragmento específico de 562 pb (Muniz *et al.*, 2008), o que reafirma a presença do patógeno na região.

O plantio de mudas e sementes livres de nematoides fitoparasitas em solos não contaminados é essencial para manter estes patógenos fora da área de cultivo, pois se reduz a possibilidade de introduzi-los nestes locais (Embrapa, 2022). Máquinas e implementos

agrícolas podem disseminar nematoides juntamente com partículas de solo aderidas aos pneus e demais partes do maquinário, para áreas de cultivo não contaminadas (Pinheiro *et al.*, 2014). Bernardo *et al.* (2003), fazendo o levantamento de *M. exigua* na cultura da seringueira em São José do Rio Claro, MT, observaram que o nematoide estava amplamente distribuído em todo o município, e que as maiores populações foram encontradas em áreas gradeadas com equipamentos compartilhados entre produtores. Este estudo corrobora com as pesquisas de Sharma *et al.* (1992), que observaram maior dispersão e aumento do nível de infestação de nematoides em área gradeadas.

A considerável presença de *M. exigua* de 20,8% das áreas amostradas, em altas populações, relacionada à grande capacidade de causar danos à cultura, confirma a necessidade de controle deste patógeno na heveicultura. Para nematoides, o melhor meio de controle é a exclusão, que previne que o patógeno seja inserido em uma área em que este não ocorre, uma vez que a erradicação de nematoides é onerosa ou impraticável. A infestação no Triângulo Mineiro se deu devido à introdução de mudas contaminadas importadas de outros estados sem certificação de fitossanidade, uma vez que não houve fiscalização na entrada, saída, ou transporte geral de mudas de seringueira ou material propagativo na época, embora contasse na legislação o regulamento fitossanitário. Visando este cenário, o estado de São Paulo em 2013 criou a Resolução SAA - 154, de 22/11/2013 que dentre as seções listadas, estabelece exigências para cadastro de viveiros, jardins clonais, plantas matrizes produtoras de sementes e normas técnicas de defesa sanitária vegetal, para a produção, comércio e o transporte de mudas, borbulhas e sementes de seringueira (*Hevea* spp.). Dentre as exigências para a produção de mudas livres de patógenos, itens do artigo 8º exigem que as mudas sejam formadas em recipientes plásticos, com substrato inerte em bancada suspensa.

- [...] II. As mudas (mudas enxertadas) devem ser formadas em sacola, recipiente plástico ou material similar, com substrato, sobre bancadas com, no mínimo, 40 (quarenta) centímetros de altura do solo;
- III. O substrato deve ser armazenado e manipulado obrigatoriamente em local sem contato com o solo, e livre de águas invasoras;
- IV. O substrato deve apresentar boa porosidade, sem mistura com terra, estar isento de nematoides, fungos e outros patógenos nocivos à seringueira, que venha a ser determinado por legislação específica, estar livre de tiririca (*Cyperus* spp.) e de grama seda (*Cynodon* spp.); [...]
- [...] VIII. As mudas devem estar livres de pragas nocivas à cultura; [...]. (São Paulo, 2013, Resolução SAA - 154, art. 8).

A resolução passou por 4 alterações em 2015, 2018, 2021-1, 2021-2 até o fim de seu rigor inicial, tornando os artigos mais flexíveis, ou seja, menos exigências fitossanitárias relativas à propagação, transporte e estabelecimento geral na cadeia produtiva. O custo de produção de mudas e manutenção de viveiros é alto, o que tornou as medidas de controle

fitossanitário muito caras para a cultura, prejudicando monetariamente ou até mesmo inviabilizando o processo de produção de mudas nestas exigências, uma vez que o valor final da muda pode não pagar os custos para a construção da estrutura de crescimento e insumos de cultivo. Há relatos de vários viveiristas terem deixado a atividade devido à perda de competitividade e altos investimentos sem retorno relevante. A atualização de 2021, de fato, viabiliza e incentiva a expansão da heveicultura devido à diminuição dos custos de formação de mudas, porém, ao mesmo tempo, deixa de tratar com seriedade um importante problema fitossanitário atual da cultura.

Nematoides da família *Aphelenchoididae* são predominantemente de vida livre ou de hábito micófago. Os gêneros mais abundantes e amplamente distribuídos são *Aphelenchus* e *Aphelenchoides* (Hunt, 1993; Chen *et al.*, 2004 p. 169 - 170, tradução própria). *Aphelenchus avenae* é um nematoide de vida livre que já foi descrito tendo como hospedeiro a cultura da seringueira na região amazônica (Freire, 1976). Também naquele ano foram identificados *Helicotylenchus* e *Criconemela* pela primeira vez na seringueira, também em baixas populações, pelo mesmo autor.

Poucas espécies do gênero *Aphelenchoides*, como *A. fragariae*, *A. ritzemabosi* e *A. besseyi*, comportam-se como fitonematoides, parasitando a parte aérea de algumas plantas cultivadas e hospedeiras alternativas, sendo chamados de nematoides aéreos ou foliares. Dentre as culturas mais afetadas, destacam-se o arroz, o morango, as plantas ornamentais, as forrageiras e, mais recentemente, o feijão, a soja, o algodão e o feijão-caupi (Kohl, 2011; Chaves *et al.*, 2013; Meyer *et al.*, 2017; Favoreto e Meyer, 2018).

Domingos Junior (2020), estudando nematoides na cultura da seringueira, encontrou *Aphelenchoides* spp. em 94% de suas amostras coletadas em seringais no município de Prata, MG. Nematoides do gênero *Aphelenchoides* apresentam ampla distribuição mundial. Suas espécies alimentam-se, principalmente, de fungos, ou seja, são micófagas, embora umas poucas também possam parasitar plantas cultivadas, quase sempre causando danos na parte aérea. No Brasil, as principais espécies são *Aphelenchoides fragariae*, *A. besseyi* e *A. ritzemabosi* (Oliveira *et al.*, 2009).

Wilcken (2015), estudando fitonematoides parasitos de seringueira no estado de São Paulo, encontrou *Rotylenchulus* em uma proporção de 5,3% nas amostras, bem próximo dos valores encontrados neste trabalho (5,6% de infestação, Tabela 4). Do Universo amostral de 72 amostras, apenas uma foi positiva para *Heterodera*, e a população encontrada foi de 92 indivíduos nas raízes, não sendo encontrados no solo; não há registros deste gênero nesta cultura. Não há pesquisas relevantes que mostrem que os demais gêneros encontrados, exceto

*Pratylenchus* e *Meloidogyne*, sejam de importância econômica na cultura da seringueira até o momento.

O gênero *Ditylenchus* também apresentou expressiva infestação nas amostras, estando presente em 30,6% dos seringais amostrados, porém em populações muito inferiores às de *Pratylenchus*, *Meloidogyne* e *Aphelenchoides*. Semelhante às espécies dentro do gênero *Aphelenchoides*, a maioria das espécies de *Ditylenchus* são nematoides de vida livre no solo e/ou micófagos. As espécies de *Ditylenchus* conseguiram desenvolver-se em numerosos nichos ecológicos e, embora a maioria viva no solo e se alimente de micélio fúngico, *D. dipsaci*, *D. destructor* e *D. angustus* têm grande importância econômica como parasitas de plantas superiores (no mundo). Mais de 500 espécies de plantas entre dicotiledôneas e monocotiledôneas são citadas como hospedeiras de espécies de *Ditylenchus*. Outro nematoide de interesse, *D. myceliophagus*, é importante nas culturas de cogumelos. Ocasionalmente, algumas espécies de solo podem ser encontradas em grande número entre tecidos vegetais ou entre restos vegetais deixados por besouros em cavidades de árvores, porém não foi observado que causassem danos (Escuer, 1998, tradução própria).

Relativo às populações, os gêneros de nematoides *Criconemella*, *Helicotylenchus*, *Heterodera*, *Rotylenchus*, *Aphelenchus* e *Ditylenchus* foram quantificados no solo e/ou nas raízes em menor número de indivíduos, e até então não foram identificados como fitonematoides de importância na heveicultura. Esses nematoides são comuns nas áreas de cerrado e sobretudo em áreas de agricultura. Considerado um dos nematoides mais comuns nas análises de solo, *Helicotylenchus dihystera* se mostrou importante nos últimos anos, devido ao seu aumento populacional nas análises nematológicas, apesar da falta de informações relacionadas a perdas econômicas. Este gênero de nematoide possui mais de cem espécies. Entretanto, no Brasil destacam-se: *Helicotylenchus multicinctus* que ataca a cultura da bananeira, e *Helicotylenchus dihystera*, que ataca várias culturas, inclusive a da soja (Santos, 2022).

*Rotylenchulus reniformis* infecta mais de 140 espécies de plantas de mais de 115 gêneros, pertencentes a 46 famílias. Dessa larga faixa de hospedeiros, 57 espécies de mais de 40 gêneros e 28 famílias são consideradas de importância econômica (Jatala, 1991; Grigolli; Asmus, 2014). O algodão é a cultura mais afetada por *R. reniformis*. Entretanto, dependendo da cultivar e da população do nematoide no solo, também podem ocorrer danos na cultura da soja (Grigolli; Asmus, 2014).

Goulart *et al.* (2008), estudando a diversidade de nematoides em latossolo de cerrado, encontraram nematoides dos gêneros *Criconemella*, *Paratylenchus*, *Helicotylenchus*,

*Meloidogyne*, *Paratrichodorus* e *Pratylenchus*. Também identificaram e quantificaram no solo e nas culturas em estudo nematoides dos gêneros *Aphelenchoides*, *Aphelenchus*, *Ditylenchus* e *Tylenchus*, afirmando que esses gêneros são constituídos em sua maioria por espécies micófagas, que eventualmente são fitoparasitas. Suas análises envolveram modos de semeadura/plantio, no cerrado nativo, em pastagem (*Urochloa decumbens*, *Urochloa brizantha*), lavoura contínua de sorgo e soja em diferentes esquemas de rotação de cultura.

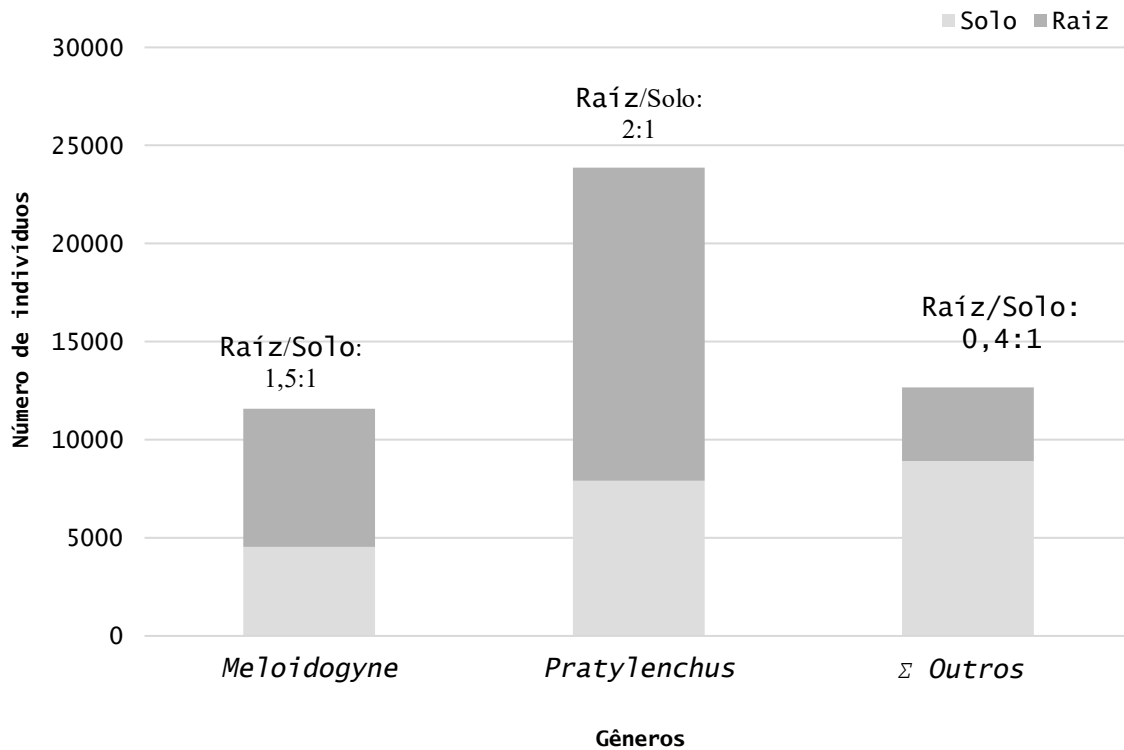
Nematoides microbiófagos (micófagos ou bacteriófagos), como *Aphelenchoides*, *Aphelenchus* e *Ditylenchus* podem apresentar populações elevadas sob condições de distúrbio ambiental, principalmente àquelas ligadas a atividades agrícolas (Goulart; Ferraz, 2003; Goulart *et al.*, 2008). Laurindo *et al.* (2020), esclarece que nematoides fungívoros (e.g., *Aphelenchoides*, *Aphelenchus*, *Ditylenchus* e *Tylenchus*) são aqueles que se alimentam de fungos. Ainda de acordo com Coutinho (2014), estudando a diversidade de nematoides em sistemas agrícolas no cerrado, afirmam que os gêneros *Acrobeles*, *Aphelenchus*, *Aphelenchoides*, *Aporcelaimus*, *Chiloplacus*, *Diploscapter*, *Ditylenchus*, *Dorylaimus*, *Helicotylenchus*, *Macroposthonia*, *Meloidogyne*, *Paratrichodorus*, *Pratylenchus*, *Prionchulus*, *Pungentus*, *Rhabditis*, *Tobrilus* e *Tylenchus* fazem parte da diversidade de nematoides em sistemas silviagrícolas.

Os gêneros *Meloidogyne* e *Pratylenchus* são considerados os mais importantes para a cultura da seringueira; entretanto, outros nematoides também são encontrados habitando seringais (Wilcken *et al.*, 2015, Domingos Junior, 2020). *Pratylenchus brachyurus* e *Meloidogyne incognita* foram descritos em seringueiras nos estados da Bahia, São Paulo e no Amazonas (Sharma, 1971; Martinez *et al.*, 1972; Sharma; Loof, 1972; Freire, 1976), em Minas Gerais, Espírito Santo e Goiás, causando danos em seringais (Wilcken *et al.*, 2015; Gontijo, 2017; Domingos Junior, 2020). No gênero *Pratylenchus*, a espécie *P. brachyurus* é a mais importante, enquanto no gênero *Meloidogyne*, as espécies *M. exigua* e *M. incognita* são as mais nocivas; entretanto, *M. exigua* é considerada a espécie de maior importância em função da sua disseminação nos seringais brasileiros (Gonçalves, 2010; Wilcken *et al.*, 2015).

Ao analisar a relação entre as populações de nematoides presentes no solo, nas raízes e o total (solo + raízes), verifica-se que as maiores populações são de *Pratylenchus* e *Meloidogyne*, e que estas estão presentes 1,5 e 2 vezes mais nas raízes que no solo (ambos são endoparasitas), enquanto as populações dos demais gêneros apresentam uma razão de 0,4 raiz:solo (Gráfico 2). Relativo às populações, *Pratylenchus* e *Meloidogyne* juntos representam 74% da quantidade total de nematoides quantificados nas amostras, o que mostra sua

importância e potencial em causar danos na cultura, seguido de *Aphelenchoides* (18%), e aos demais gêneros com apenas 8% (Gráfico 2).

Gráfico 2: Densidade populacional dos nematoides analisados nas amostras de solo e raízes de *Hevea brasiliensis* no Triângulo Mineiro.



Fonte: O autor

A população de *Pratylenchus* spp. foi a maior quantificada sendo representada por 50% de todos os nematoides presentes nas amostras de solo e raízes coletadas em seringueiras do Triângulo Mineiro (Gráfico 1). Nematoides do gênero *Pratylenchus* foram encontrados em diversos lugares associados às raízes de seringueira. No Brasil, Lordello *et al.* (1972) e Lordello e Veiga (1993) documentaram em seus estudos *Pratylenchus brachyurus* parasitando raízes de *H. brasiliensis* e causando redução do crescimento de plantas, bem como na Malásia por Suatmadji *et al.* (1977), e *Pratylenchus coffeae*, importante nematoide na cultura do café, foi reportado na Indonésia por Rao (1965).

Bernardes e Martins (2015), estudando *P. brachyurus* em linhagens de seringueira, constataram que todas as linhagens de porta enxerto em seu estudo são suscetíveis a este nematoide, de forma que o diâmetro do caule de mudas diminuiu significativamente em seus estudos de inoculação, parâmetro importante relacionado à brotação e ao crescimento, e, portanto, rendimento futuro das árvores. Ainda, estes autores destacaram que o clone RRIM

600 foi o que apresentou maiores sintomas visuais nas raízes. *Pratylenchus brachyurus* é um nematoide polífago; dentre as plantas suscetíveis, *Urochloa* spp. são importantes hospedeiros. Presume-se que as grandes populações deste nematoide nas amostras deve-se à sua presença anterior nas áreas, associado às gramíneas, antes dos seringais serem estabelecidos, uma vez que a quase totalidade das florestas analisadas foram plantadas em áreas de pastagem (Tabela 3). Ademais, observou-se que em todas as áreas amostradas neste trabalho, *Urochloa* spp. estava presente nas entrelinhas ou até mesmo nos espaços entre plantas e próximas às raízes. Muitos seringais mais jovens, onde o dossel ainda não estava formado, estavam consorciados com *Urochloa* spp. em altíssima população de plantas.

Carvalho *et al.* (2013), estudando populações de *Pratylenchus* spp. em pastagens de *Urochloa* spp., afirmam que *U. brizantha*, *U. decumbens* e *U. humidicola* são perenes e hospedam *P. brachyurus* e *P. zae*, e mostram tendência no aumento da população desses patógenos ao longo do tempo, podendo se tornar um sério problema fitossanitário. Ainda em seu estudo, afirmam: “Assim, há tendência no aumento da população dos referidos patógenos, podendo se tornar um sério problema direto para as espécies forrageiras em estudo, por serem plantas perenes, ou constituírem fonte de inóculo para outras culturas, como soja, milho e outras espécies vegetais que possam vir a ser semeadas na área, em rotação ou consórcio”. Este estudo evidencia a importância deste patógeno nas forrageiras e em outras culturas sucessoras, o que pode ser correspondente às altas populações encontradas na seringueira neste trabalho.

O gênero *Pratylenchus* inclui-se entre os mais importantes grupos de nematoides fitoparasitos em todo o mundo (Ferraz, 1999). *Pratylenchus* (nematoide das lesões radiculares) é um fitonematoide endoparasito migrador polífago, normalmente encontrado no interior das raízes das plantas (Tihohod, 1993; Pires *et al.*, 2011); estes nematoides se movem dentro do tecido radicular, intra ou intercelularmente, causando danos no tecido. Este dano é percebido por lesões de cor marrom nas raízes, comprometendo sua capacidade de absorção. No Brasil, *P. brachyurus* e *P. zae* são citados como parasitos de 160 hospedeiros, incluindo ervas daninhas, ornamentais, culturas anuais e perenes, hortaliças, essências florestais, gramíneas invasoras e cultivadas, especialmente milho e cana-de-açúcar (Pires *et al.*, 2011). Em um estudo realizado na Holanda por Oostenbrik *et al.* (1957, *apud* Ferraz, 1999, p. 171), foi verificado pelos autores que *P. penetrans* conseguiu se estabelecer e reproduzir em todas as 164 variedades de plantas cultivadas na área de experimento infestada. Todos os estádios juvenis, exceto o J1 e os adultos podem ser infectivos. Os ovos são mais comumente colocados no interior dos tecidos vegetais parasitados (Loof, 1991; Ferraz, 1999).

O típico ciclo de vida do nematoide das galhas apresenta massa de ovos na superfície da raiz. Quando em condições favoráveis os ovos eclodem, originando o juvenil J1, que sofre ecdise para o juvenil infectivo J2. Neste estágio o patógeno penetra a raiz até o cilindro vascular, onde induz a formação das células gigantes, caracterizando o sítio de alimentação. Neste local, *Meloidogyne* sofre ecdises do J2, J3 e J4, terminando o ciclo com a fêmea adulta depositando a massa de ovos na superfície da raiz (Williamson; Gleason, 2003; Pezzoni Filho, 2019), enquanto o macho assume a forma filiforme e retorna ao solo. Santos (1997) e Carneiro (2014), estudando *Meloidogyne* spp. no cafeeiro observaram que, ao contrário das outras espécies de *Meloidogyne* que infectam o cafeeiro, as massas de ovos de *M. exigua* são encontradas imersas nos tecidos das galhas. Esse detalhe das inter-relações de *M. exigua* com o cafeeiro tem implicações importantes para o controle biológico desse nematoide, uma vez que os agentes do controle biológico, usualmente, não colonizam os tecidos internos das raízes. Posteriormente, Souza *et al.* (2019) observaram o mesmo na seringueira, “*M. exigua* se aloja dentro da raiz da planta, sem expor sua parte posterior e sua massa de ovos, contribuindo para que ele esteja protegido contra a ação dos agentes nematicidas.”

Paes-Takahashi *et al.* (2016), estudando a reação de porta enxertos de seringueira a *M. exigua* e *P. brachyurus* observaram que os porta-enxertos GT 1, IAN 873, PB 217, PB 235, PR 255, RRIM 501, RRIM 600 e TJ 1 são intolerantes e suscetíveis a *M. exigua*, cujas plantas inoculadas apresentaram redução na altura e diâmetro de caule. Fonseca *et al.* (2003), estudando o parasitismo de *M. exigua* e *M. javanica* em seringueira, inocularam 1000 juvenis J2 em mudas do clone RRIM 600, e após 10 dias verificaram a presença de células gigantes. Fonseca *et al.* (1999) ainda observaram em seus experimentos que o clone RRIM 600 é suscetível a *M. exigua* e resistente a *M. javanica*, este último não apresentando multiplicação considerável. Pezzoni Filho *et al.* (2019), estudando infestações de *M. exigua* em clones de seringueira no Mato Grosso, contaram uma população máxima de 169.684 indivíduos em 10 g de raízes em clones de 13 a 30 anos de PB 235. Também constaram em seus estudos que os clones GT 1, PB 217, PB 235, PR 255 e RRIM 600 estavam infectados e eram suscetíveis a *M. exigua*.

O controle de nematoides na seringueira é uma prática onerosa por ser uma cultura perene, impossibilitando outros meios de controle eficazes, como a rotação de culturas, e uso de plantas antagonistas, pois, uma vez infestada uma determinada área, dificilmente consegue-se sua erradicação. Uchôa *et al.* (2019), estudando o nematoide de galha na cultura do café, afirmam que o controle mais eficiente para fitonematoides de solo é a exclusão, pois uma vez infestada a área, dependendo do nível de infestação, esta pode se tornar inviável economicamente para o cultivo de algumas espécies. Souza (2018), estudando o controle



biológico e químico de *M. exigua* na cultura da seringueira, enfatiza que a melhor tática de controle é a exclusão (prevenir a entrada do patógeno em área livre do mesmo), uma vez que eliminar o inóculo de nematoides em uma área contaminada é praticamente impossível. O autor ainda ressalta a importância do uso de várias práticas de manejo (manejo integrado) para controle populacional, uma vez que não constatou eficiência em seus experimentos testando produtos isolados em cada parcela.

#### 4.2 NDVI

O teste T indicou diferença significativa a 0,05 entre os dados analisados, sendo assim, a hipótese nula de variâncias iguais é descartada e assume-se que as áreas não infestadas por *M. exigua* possuem valores de refletância maiores, que podem ser identificadas pelos sensores de satélites de resolução espacial de 10 m, e diferidas pelo índice de vegetação NDVI. O comportamento dos valores médios de NDVI analisados na série temporal deste trabalho corrobora com o encontrado por Domingos Junior (2020), o que mostra que esta metodologia de monitoramento de fitonematoides pode ser de grande importância para a identificação de *M. exigua* na heveicultura, o que pode ser aplicado também a outros patógenos e outras culturas. Resultados similares foram encontrados por Lemes (2017), em que, ao estudar diferentes índices de vegetação na cultura da seringueira buscando encontrar relação com a infestação por *M. exigua* constatou que é possível diferenciar áreas infestadas de áreas não infestadas por meio do sensoriamento remoto, especialmente pelo índice NDVI. A Tabela 5 apresenta os valores numéricos médios dos *pixels* das áreas infestadas e não infestadas.

No Gráfico 3, são expressos os valores médios de NDVI das áreas contaminadas e não contaminadas por *M. exigua*. É nítido que os valores médios de NDVI em áreas não infestadas pelo patógeno são maiores que nas áreas que este está presente. *Meloidogyne exigua*, ao parasitar as plantas, causa danos que refletem no metabolismo vegetal, isto interfere na refletância das folhas das plantas, detectada no NDVI.

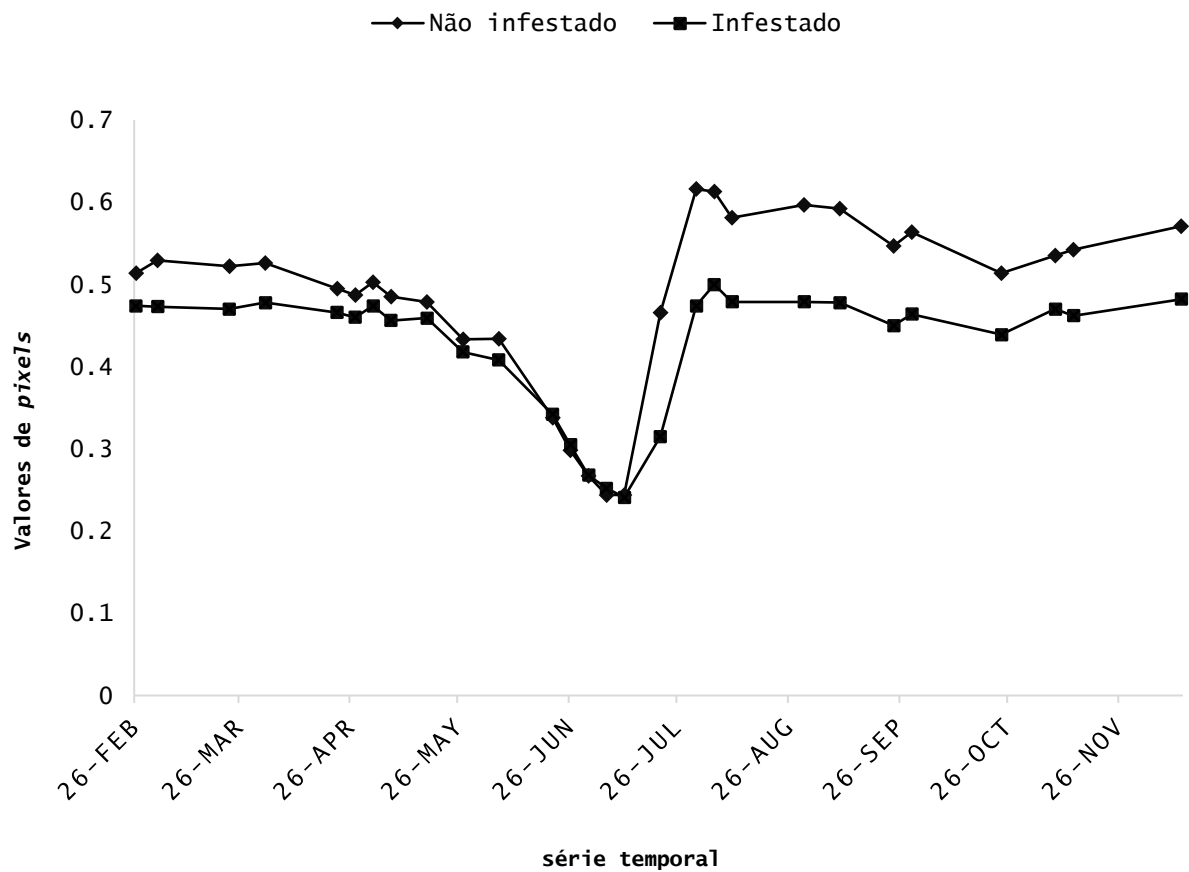
Tabela 5: Valores médios de pixels das imagens da coleção de NDVI calculado (0 - 1).

Imagem N	Data da imagem	Valores médios de pixels de NDVI	
		Áreas não infestada	Áreas infestada
01	16/02/2023	0.493	0.487
02	26/02/2023	0.514	0.474
03	03/03/2023	0.529	0.473
04	23/03/2023	0.522	0.470
05	02/04/2023	0.526	0.478
06	22/04/2023	0.495	0.466
07	27/04/2023	0.487	0.460
08	02/05/2023	0.503	0.474
09	07/05/2023	0.485	0.456
10	17/05/2023	0.479	0.459
11	27/05/2023	0.433	0.418
12	06/06/2023	0.434	0.408
13	21/06/2023	0.338	0.342
14	26/06/2023	0.298	0.305
15	01/07/2023	0.267	0.268
16	06/07/2023	0.244	0.252
17	11/07/2023	0.244	0.241
18	21/07/2023	0.466	0.315
19	31/07/2023	0.616	0.474
20	05/08/2023	0.613	0.500
21	10/08/2023	0.581	0.479
22	30/08/2023	0.597	0.479
23	09/09/2023	0.592	0.478
24	24/09/2023	0.547	0.450
25	29/09/2023	0.564	0.464
26	24/10/2023	0.514	0.439
27	08/11/2023	0.535	0.470
28	13/11/2023	0.542	0.462
29	13/12/2023	0.571	0.482
Shapiro-Wilk		p-valor: 0,00119**	p-valor: 0,00004**
Levene		p-valor: 0,18549**	
Teste T		p-valor: 0,01415*	

Fonte: O autor.

\*\* Significativo a 0,01 de significância. \* Significativo a 0,05 de significância.

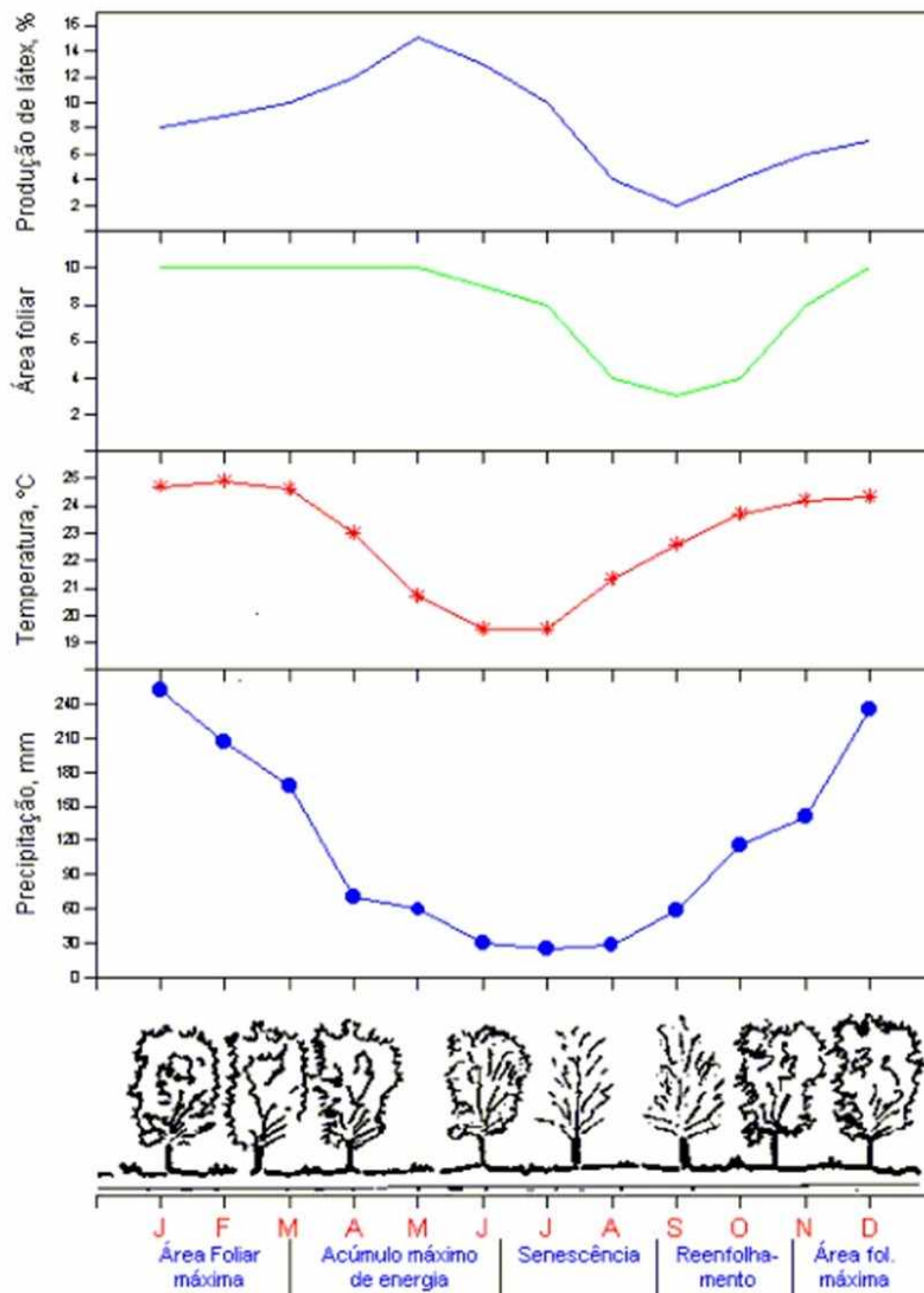
Gráfico 3: Valores médios de pixels das imagens da coleção de NDVI calculado (0 - 1).



Fonte: O autor.

É importante destacar que os valores de NDVI são baseados na reflectância das folhas, que, nesta espécie, podem apresentar comportamento caducifólio ou perene dependendo da região de cultivo; este fator vai determinar a forma da curva de NDVI de acordo com a época e extensão do período seco, quando as árvores perdem as folhas - ou outros fatores ambientais locais que influenciem na fenologia da planta e induzam a desfolha sazonal.

Figura V: Representação esquemática de elementos da fenologia da seringueira no ciclo anual no planalto paulista (Gonçalves *et al.*, 2001).



Fonte: Gonçalves, 2001.

O sensoriamento remoto e índice de NDVI já foram amplamente utilizados de modo a relacionar estresse biótico ou abiótico em culturas comerciais de importância econômica por vários autores, especialmente para nematoides. Cunha *et al.* (2023), utilizando NDVI mapearam e identificaram áreas de soja contaminadas por *P. brachyurus* e outros nematoides de raízes, e puderam, inclusive, estipular valores de densidade populacional de nematoides pela reflectância dos *pixels*, relacionando a reflectância à densidade. Na cultura do café, Abreu-Junior *et al.*

(2020), utilizando imagens multiespectrais obtidas por Aeronaves Remotamente Pilotadas (ARPs) mapeou e identificou com exatidão áreas infestadas por *Meloidogyne* spp. Na cultura da cana, Martins *et al.* (2015), pelo índice NDVI e outros, identificaram plantas infestadas por nematoides e *Migdolus fryanus*, tal que plantas infectadas apresentaram patamares de refletância consideravelmente menores que as saudáveis; ainda afirmam ter encontrado diferenças espectrais significativas entre a vegetação saudável e a vegetação infectada, como também foi encontrado e demonstrado neste estudo.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

*Meloidogyne exigua* raça 3 é um nematoide associado à seringueira em seu local de origem (Floresta Amazônica), e não é de ocorrência natural em solos do Triângulo Mineiro, chegando na região junto a mudas contaminadas de outros locais, especialmente vindas de Goianésia, GO e noroeste de São Paulo, onde a cultura da seringueira foi estabelecida anterior à Minas Gerais.

*Aphelenchoides* sp. não é tido como patógeno de importância na cultura da seringueira, e é comum em áreas de cerrado, especialmente em ambientes alterados devido à agricultura. Porém, neste e em outros estudos, este nematoide se encontrou amplamente distribuído nas áreas, em altas populações nas amostras de solo e raízes de seringueira, o que pode classificar como fitoparasitismo. Mais estudos devem ser realizados de modo a confirmar sua patogenicidade e classificar sua importância.

O uso de imagens remotas multiespectrais, devidamente filtradas, podem ser exploradas de diversas formas para o monitoramento de doenças. A aplicação do índice de NDVI às imagens evidenciou que áreas infestadas possuem menores valores de refletância quando comparadas a áreas não infestadas por nematoides, na série temporal anual. Como complemento de estudo, pode-se inclusive relacionar a refletância às densidades populacionais. Esta metodologia pode ser aplicada a outras culturas e até mesmo a outros agentes bióticos.

Para se ter melhor precisão recomenda-se o uso de imagens com maior resolução espacial, como imagens de veículos aéreos não tripulados (VANTs), de modo a gerar mapas mais representativos.

## REFERÊNCIAS

- ABREU JUNIOR, C. A. M.; VINHAL, G. P.; XAVIER, L. C. M.; MARTINS, G. D.; VIEIRA, B. S. Mapeamento de nematoides na cultura cafeeira a partir de imagens multiespectrais obtidas por aeronaves remotamente pilotadas. **Revista Caminhos De Geografia**. Uberlândia-MG v. 21, n. 76 Ago/2020 p. 72–84. 2020. DOI: <http://doi.org/10.14393/RCG217651255>. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/51255>. Acesso em 30 abr. 2024.
- ALVARENGA, A. P. Seringueira: novas tecnologias de produção. Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG). **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 28, n.:37, mar./abr. 2007.
- ALVARENGA, A. P.; CARMO, C. A. F. S. **Seringueira**. 2014. UFV - Universidade Federal de Viçosa. V. 1º. 2ª ed. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG.
- ALVARENGA, A. P.; **Seringueira**: Apostila. Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais. Belo Horizonte: EPAMIG, 2021.
- AMARAL, E. F.; MARTORANO, L. G.; BARDALES, N. G. Clima do Acre e cultivo da seringueira *in*: **Zoneamento Pedoclimático para a Seringueira no Estado do Acre**, p. 105 - 131. EMBRAPA. Acre, 2021.
- ANDRADE, Thiago Antonio Moretti de . **Atividade da biomembrana de látex natural da seringueira *Hevea brasiliensis* na neoformação tecidual em camundongos**. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto. Ribeirão Preto, SP. 2007. <https://doi.org/10.11606/D.17.2007.tde-08072008-143229>.
- ARRUDA, Silvia Toledo. **Análise econômica da produção da borracha natural no estado de São Paulo**. (Dissertação de mestrado). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – ESALQ/USP. Piracicaba, 1986.
- ARRUDA, S. T. **Análise econômica da produção de borracha natural no estado de São Paulo**. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz - ESALQ. Piracicaba, São Paulo. 1986.
- Avenza Maps**. Versão [Versão 3.7.3]. Avenza Systems Inc. Disponível em: Google Play Store / Apple app Store. [https://www.avenza.com/about/?campaignid=10104569451&adgroupid=123835928560&adid=516534831257&gad\\_source=1&gclid=EAIaIQobChMI-vvfqrPMhwMV1BCtBh17MjlMEAYASAAEgIeO\\_D\\_BwE](https://www.avenza.com/about/?campaignid=10104569451&adgroupid=123835928560&adid=516534831257&gad_source=1&gclid=EAIaIQobChMI-vvfqrPMhwMV1BCtBh17MjlMEAYASAAEgIeO_D_BwE). Acesso em: 30 set. 2023.
- BARDALES, N. B.; ARAÚJO, E. A.; MELO, A. W. F.; AMARAL, E. F.; LANI, J. L. Solos e Aptidão Pedoclimática para o Cultivo da Seringueira no Acre. Cap. 4. *in* **Zoneamento Pedoclimático para a Seringueira no Estado do Acre**. Acre. 2021.

BARDALES, N. B.; ARAÚJO, E. A.; MELO, A. W. F.; AMARAL, E. F.; LANI, J. L. AMARAL, E. F. Zoneamento Pedoclimático para a Seringueira no Estado do Acre. Cap. 7. *in* **Zoneamento Pedoclimático para a Seringueira no Estado do Acre**. Acre. 2021.

BARRETO, R. F.; MARUYAMA, W. I.; RODRIGUES, T. S.; SERAGUZI, E. F.; BARBOSA, A. V. Adubação de Porta – enxertos de Seringueira em Viveiro Suspenso. **Floresta**, v.46, n.1, p.1-9, 2016. DOI: <https://doi.org/10.5380/ufpr.v46i1.33885>. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/floresta/article/download/33885/27764>. Acesso em 20 maio 2024.

BARROS, A. S.; FARIEAS, L. M.; MARINHO, J. L. A. Aplicação do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) na Caracterização da Cobertura Vegetativa de Juazeiro Do Norte – CE. 2020. **Revista Brasileira de Geografia Física** v.13, n.06 (2020) 2885-2895. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v13.6.p2885-2895>.

BERNARDES, M. S.; MARTINS, A. N. Pathogenicity of *Pratylenchus brachyurus* to rubber rootstocks. **Summa Phytopathologica**, v.41, n.1, p.31-34, 2015. Disponível em: [www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11132/tde-20181127-161004/publico/ArrudaSilviaToledo.pdf](http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11132/tde-20181127-161004/publico/ArrudaSilviaToledo.pdf). Acesso em: 29 abr. 2024. <https://doi.org/10.1590/0100-5405/1956>.

BERNARDO, E. R. A.; SANTOS, J. M.; SILVA, R. A.; NETO, C. D.; SANTOS, S. S.; DELMADI, L.; ROCHA, V. F. Levantamento de *Meloidogyne exigua* na cultura da seringueira em São José do Rio Claro, MT, Brasil. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.33, n.1, jan-fev, p.157-159, 2003. Encontrado em: <https://www.scielo.br/j/cr/a/7MvwR9bNZF8tzXbT9mqqHrc/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 20 abr. 2024. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782003000100025>.

BORELLI, Karla. **Produção de mudas de seringueira em viveiro suspenso**. Dissertação (Mestrado em Silvicultura e Manejo Florestal) – Universidade de São Paulo. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". Piracicaba, 2016. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11150/tde-28032016-123413/pt-br.php>. Acesso em 29 abr. 2024. <https://doi.org/10.11606/D.11.2016.tde-28032016-123413>.

BRIGHENTI, A. M.; FONTES, J. R. A.; MARTINS, C. E.; SOBRINHO, F. S.; ROCHA, W. S. D.; STROPPA, G.M. Controle de vassourinha-de-botão na cultura da seringueira *in*: **XXVI CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS**. EMBRAPA, Sete Lagoas, MG. 2008.

BRISOLARA, C. S.; BARROS, E. M.; AMARAL, L. P. **Avaliação do mercado de borracha natural. Federação da Agricultura e Pecuária do Estado de São Paulo**. São Paulo, 2023. Disponível em: <https://www.cnabrazil.org.br/storage/arquivos/files/ESTUDO-SOBRE-MERCADO-DE-BORRACHA-NATURAL.pdf>. Acesso em 29 abr. 2024.

BRISOLARA, C. S.; BARROS, E. M.; AMARAL, L. P. **Avaliação do mercado de borracha natural**: Análise conjuntural. Federação de Agricultura e Pecuária do Estado de São Paulo (FAESP); Serviço Nacional de Aprendizagem Rural (SENAR). 2023. Encontrado em: <https://cnabrazil.org.br/storage/arquivos/files/ESTUDO-SOBRE-MERCADO-DE-BORRACHA-NATURAL.pdf>. Acesso em: 04 mar. 2024.



CAMARGO, A. P.; SCHIMIDT, N. C. Camargo, A.P. de, Schmidt, N.C.; Cardoso, Rosa M.G. (1975). South American leaf blight epidemics and rubber phenology in Sao Paulo. Proceedings International Rubber Conference, 1975, Kuala Lumpur, 3: 251-265 *in*: **International Rubber Conference**. Kuala Lumpur, Malaysia. 1975. ALumpur, 1975. p. 251-265. Bangkok, 2012.

CAMPOS, J. P. S. **Incidência de *Fusarium* sp. Em raízes de seringueira infectadas por *Meloidogyne exigua***. (Trabalho de Conclusão de Curso). Universidade Federal de Uberlândia. 2018. Uberlândia, MG. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/22971/1/Incid%c3%aaciaFusariumRa%c3%adzes.pdf> . Acesso em: 04 mar. 2024.

CANDEIAS, E. L.; LUZ, E. D. M. N.; NIELLA, G. R.; MIRANDA, J. J. C.; SANTOS, C. D. *Microcyclus ulei* na Bahia: base para estudo populacional. **Agrotropica**, v.26, n.1, p.5-16, 2014.

CARNEIRO, R. M. D. G., ALMEIDA, M. R. A.; QUÉNÉHERVÉ, P. Enzyme phenotypes of *Meloidogyne* spp. populations. **Nematology**. 2000.

CARNEIRO, R. M. D. G.; ALMEIDA, M. R. A. Caracterização isoenzimática e variabilidade intraespecífica dos nematóides de galhas do cafeeiro no Brasil. **Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil**. Poços de Caldas p. 280- 282, 2000.

CARNEIRO, R. M. D. G.; CARNEIRO, R. G.; ABRANTES, I. M. O.; SANTOS, M. S. N.; ALMEIDA, M. R. A. *Meloidogyne paranaensis* sp. (Nemata: Meloidogynidae) a root-knot nematode parasitizing coffee from Brazil. **Journal of Nematology** 28, 177 - 189. 1996 b.

CARNEIRO, R. M. D., ALMEIDA, A. R. A.; CARNEIRO, R. G. Enzyme phenotypes of Brazilian isolates of *Meloidogyne* spp. **Fundamental and applied Nematology**. [s.l.: s.n.].

CHATGPT. **OpenAI**, 2024. Versão GPT-4, 2023. Disponível em: <https://www.openai.com/chatgpt>. Acesso em: 20 jan. 2024.

CHEN, Z. X.; CHEN, S. Y.; DICKSON, D. W. **Nematology - Advances and Perspectives**. Volume II: Nematode Management and Utilization. v. 02. CAB1 Publishing. Tsinghua University Press, Xue Yan Building, Tsinghua University, Beijing, China. 2004.

CNA. **Seringais voltam a ser negócio atrativo em Minas Gerais**. Encontrado em: <https://cnabrasil.org.br/noticias/seringais-voltam-a-ser-neg%C3%B3cio-atrativo-em-minas-gerais>. Acesso em 06 mai. 2023.

**COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO**. Brasília: CONAB, 2019. Disponível em: [https://www.conab.gov.br/info-agro/analises-do-mercado-agropecuario-e-extrativista/analises-do-mercado/historico-mensal-de-borracha-natural/item/download/25313\\_c4ab0eae0fb20f2b59832beb2e170253](https://www.conab.gov.br/info-agro/analises-do-mercado-agropecuario-e-extrativista/analises-do-mercado/historico-mensal-de-borracha-natural/item/download/25313_c4ab0eae0fb20f2b59832beb2e170253). Acesso em: 8 jul. 2024.

CORDEIRO, E. R.; MORAES, L. A. C.; MORAES, V. H. F.; MOREIRA, A.; SILVA, T. A. C. Seleção de clones de copa de seringueira resistentes ao mal das folhas. Tropical Plant Pathology 37 (Suplemento), agosto 2012. **XLV Congresso Brasileiro de Fitopatologia - Manaus, AM**.

CORDEIRO, E. R.; MUNIZ, A. W.; Coleta de germoplasma de seringueira em Manicoré - Amazonas. **V Congresso Brasileiro de Heveicultura**. Goiânia, GO, outubro de 2017.

CUNHA, I. A.; GODOY, T. G.; OLIVEIRA, A. P. M. C.; WATANABE, F. S. Y.; IMAI, N. N.; AMARAL, L. R.; ARAÚJO, F. F.; SALVADOR, G. L. O. Mapeamento de áreas de soja contaminadas por nematoides a partir de imagens MSI sentinel-2. 2023. **Anais do XX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**. INPE – Florianópolis - SC, Brasil. Disponível em: <https://proceedings.science/p/164416?lang=pt-br>. Acesso em: 27 abr. 2024.

DOMINGOS JUNIOR, Fausto Antônio. **Identificação aprimorada de seringais infestados por fitonematoides no município de Prata, MG, por sensoriamento remoto**. Tese (Doutorado em Agronomia). Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia – MG. 2020.

DUARTE, Arthur Franco Teodoro. **Hospedabilidade de cultivares de melancia ao nematoide de galha (*Meloidogyne exigua* raça 3)**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia: Fitotecnia). Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia – MG. Março, 2020.

EARTH ENGINE DATA CATALOG. **Harmonized Sentinel-2 MSI: MultiSpectral Instrument, Level-2A**. European Union/ESA/Copernicus. 2024. Disponível em: [https://developers.google.com/earth-engine/datasets/catalog/COPERNICUS\\_S2\\_HARMONIZED](https://developers.google.com/earth-engine/datasets/catalog/COPERNICUS_S2_HARMONIZED). Acesso em: 05 mai. 2024.

EMBRAPA, 2019. **Embrapa e a Câmara Setorial da Borracha Natural discutem como aumentar a competitividade brasileira**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Parque Estação Biológica - PqEB, s/nº, Brasília, DF. Encontrado em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/43729267/embrapa-e-a-camara-setorial-da-borracha-natural-discutem-como-aumentar-a-competitividade-brasileira> . Acesso em: 23 mai. 2024.

ESCUER, M. Nematodos del género *Ditylenchus* de interés fitopatológico. 1998. **Bol. San. Veg. Plagas**, 24: 773-786. Dpto. de Agroecología, Centro de Ciencias Medioambientales, CSIC. Serrano 115 Dpdo, E-28006 Madrid.

ESPERANTE, D. **Estatísticas e Tendências da Borracha Natural**. ABRABOR - Associação Brasileira de Produtores e Beneficiadores de Borracha Natural. Brasília, 22 de junho de 2017. Encontrado em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/camaras-setoriais-tematicas/documentos/camaras-setoriais/borracha-natural/2017/38a-ro/app-abrabor-38ro-borracha.pdf>. Acesso em: 04 abr. 2024.

FAVORETO, Luciany. **Taxonomia, interação patógeno-hospedeiro, estudo fitossanitário e denematização de sementes de gramíneas forrageiras**. 2008. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias. Jaboticabal, SP. 2014.

FAVORETO, L.; MEYER, M. C. Diagnose, hospedeiros e manejo de *Aphelenchoides besseyi*. 2018. **XXXV Congresso Brasileiro De Nematologia**, Anais - Resumos e Palestras [s.l.]. 2018.

FAVORETO, L.; SANTOS, J. M.; CALZAVARA, S. A.; LARA, L. A. Estudo fitossanitário, multiplicação e taxonomia de nematoides encontrados em sementes de gramíneas forrageiras no Brasil. 2011. **Nematologia Brasileira**. Piracicaba, SP. 2011.

FERRAZ, L. C. C. B.; BROWN, D. J. F. **Nematologia de Plantas: Fundamentos e importância**. Sociedade brasileira de nematologia. 2016. Disponível em: <https://www.nematologia.com.br/files/livros/1.pdf>. Acesso em: 04 mar. 2024.

FERRIS, H. *Aphelenchus avenae*. [s.l.:s.n]. 2023. Encontrado em: <http://nemalex.ucdavis.edu/Taxadata/G012s1.aspx#Feeding>:. Acesso em: 20 abr. 2024.

FONSECA FILHO, Homero. **Perfil tecnológico e socioeconômico da cultura da seringueira no planalto paulista**. Dissertação (Mestrado). Escola Superior de Agronomia “Luiz Queiroz” – ESALQ. Piracicaba, 1993.

FONSECA, H. S.; FERRAZ, L. C. C. B.; MACHADO, S. R. Ultraestrutura comparada de raízes de seringueira parasitadas por *Meloidogyne exigua* e *M. javanica*. **Nematologia Brasileira**, Brasília, DF, 2003.

FONSECA, H. S.; JAEHN, A.; SILVA, M. F. A. Reações de porta enxertos de seringueira (*Hevea brasiliensis*) a *Meloidogyne javanica* e *M. exigua*. **Nematologia Brasileira**, Brasília, DF, 1999. Disponível em: <https://www.defesa.agricultura.sp.gov.br/www/gdsv/conteudoPalestras/DocumentosNematoides/07-Reacao-de-Porta-enxertos-de-Seringueira-Meloidogyne-exigua-Pratylenchus-brachyurus-UNESP-Jaboticabal.pdf>. Acesso em 25 abr. 2024.

FORMAGGIO, A. R.; SANCHES, I. D. A. Sensoriamento remoto em agricultura. São Paulo: **Oficina de Textos**, 2017. [s.l.: s.n.].

FRAZÃO, D. A. C.; CRUZ, E. S.; VIÉGAS, I. J.M. **Seringueira a Amazônia: Situação atual e perspectivas**. Embrapa. Belém, PA, 2003.

FURTADO, E. L. Nematoides associados à cultura da seringueira. Encontro Técnico Nacional de Heveicultura. **Palestras...** Barretos. 2017. Disponível em: <https://www.defesa.agricultura.sp.gov.br/www/gdsv/conteudoPalestras/DocumentosNematoides/02-Nematoides-Associados-a-Cultura-em-Seringueira.pdf>. Acesso em: 24 mai. 2024.

GASPAROTTO, Luadir. **Epidemiologia do mal-das-folhas (*Microcyclus ulei* (P.Henn) v. Arx) da seringueira (*Hevea sp.*)**. 1988. Tese (Doutorado em Fitopatologia) – curso (Ciências Agrárias), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1988. Encontrado em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/668661>. Acesso em 05 mar. 2024.

GASPAROTTO, L.; SANTOS, A. F.; PEREIRA, J. C. R.; FERREIRA, F. A. **Doenças da seringueira no Brasil**. Embrapa. Brasília - DF. 1997.

GONÇALVES, R. C.; CARDOSO, S. E. A.; CABRAL JÚNIOR, I.; Produção de Borracha Natural de Seringueira: Histórico e Caminho a Seguir. *in*: **Zoneamento Pedoclimático para a Seringueira no Estado do Acre**. Acre. 2021.

GONÇALVES, R. C.; SÁ, C. P.; DUARTE, A. A. F.; BAYMA, M. M. A. **Manual de Heveicultura para a Região Sudeste do Estado do Acre**. EMBRAPA Acre, Rio Branco, 2013.

GOMES, E. M.; ANTONIO, G. L.; OLIVEIRA, T.L.; PEREITO, D. M. ANJOS, L. V. S.; GONÇALVES, E. C. P.; FISCHER, I. H.; SCALOPPI-JUNIOR, E. J.; FURTADO, E.L.; FIRMINO, A. C. *Cladosporium* spp. associated with black crust on rubber trees in Brazil. **Summa Phytopathologica.**, Botucatu, v. 49, p. 1-3, 2023.

GONÇALVES, A. O.; MONTEIRO, L. L. Seringueira: novas tecnologias de produção. Aptidão climática para a cultura da seringueira no estado de Minas Gerais. **Informe Agropecuário**. v.28, n.237, p.39-43, 2007. <https://doi.org/10.1590/0100-5405/275421>.

GONÇALVES, E. C. P. A cultura da seringueira para o estado de São Paulo. **Manual Técnico CATI**. Campinas, n. 72. 2010. Disponível em: <https://www.cati.sp.gov.br/portal/themes/unify/arquivos/produtos-e-servicos/acervo-tecnico/Manual%20T%C3%A9cnico%2072%20-%20A%20CULTURA%20DA%20SERINGUEIRA%20PARA%20O%20ESTADO%20DE%20S%C3%83O%20PAULO.pdf> . Acesso em: 20 abr. 2024.

GONÇALVES, E. C. P. O que fazer após a ocorrência de geada nos seringais. 2021. **Pesquisa e Tecnologia**, v. 18, n. 2, Jul-Dez 2021.

GONTIJO, Luciana Nunes. **Meloidogyne exigua: Distribuição espacial, nível de infestação, mortalidade de seringueiras e controle com plantas antagonistas**. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) - Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia, 2017.

GOULART, A. M. C.; FERRAZ, L. C. C. B. Comunidades de nematoides em cerrado com vegetação original preservada ou substituída por culturas. 1. Diversidade trófica. **Nematologia brasileira**, 2003. V. 27 (2) : 123 – 128. ESALQ/USP. Piracicaba, SP.

**Grande conquista:** Governo anuncia aumento da alíquota de importação da borracha natural. Assembleia Legislativa do Estado de São Paulo (ALESP). 2023. Av. Pedro Álvares Cabral, 201 São Paulo. Disponível em:

<https://www.al.sp.gov.br/noticia/?id=457826#:~:text=O%20setor%20enfrenta%20dificuldade%20e,inferiores%20aos%20praticados%20no%20Brasil..> Acesso em: 04 mar. 2024.

GRIGOLLI, J. F. J.; ASMUS, G. L. Manejo de nematoides na cultura da soja. [*s.l.: s.n.*]. 2014. **Tecnologia e Produção:** Soja 2013/2014.

HARTMAN, K. M.; SASSER, J. N. (1985). Identification of *Meloidogyne* species on the basis of differential host test and perineal-pattern morphology. *in*: Barker, K.R., Carter, C.C. Sasser, J.N. (ed.). **An advanced treatise on Meloidogyne**. v. 2. Methodology. Raleigh, NC, USA, North Carolina State University Graphics, pp. 69-77.

JIANG, Z.; HUETE, A. R.; DIDAN, K.; MIURA, T. Development of a two-band enhanced vegetation index without a blue band. **Remote Sensing of Environment**, v.112, p.3833-3845, 2008.

KUBO, R. K., SILVA, R. A., TOMAZINI, M. D., OLIVEIRA, C. M. G., MAZZAFERA, P., INOMOTO, M. M. Patogenicidade de *Pratylenchus coffeae* em plântulas de cafeeiro cv. Mundo Novo. **Fitopatologia Brasileira** 28:041-048. 2002.

LANDAU, C. E.; SILVA, G. A.; HIRSCH, A.; GUIMARÃES, D. P. Dinâmica da produção agropecuária e da paisagem natural no Brasil nas últimas décadas. **Produtos de origem animal e da silvicultura**. Embrapa. Brasília, DF [s.n.]. 2020.

LAURINDO, L. K.; SOUZA, T. A. F.; SILVA, L. J. R.; KORMANN, S.; PIRES, K. J. C.; CASAL, T. B. **Indicadores da qualidade do solo em sistemas agroflorestais e ecossistemas associados**. Cap. 2: Nematoides. 2020, Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC. Encontrado em: [https://www.researchgate.net/publication/343290507\\_Capitulo\\_2\\_Nematoides/link/5f218997a6fdcccc439669bd/download?\\_tp=eyJjb250ZXh0Ijp7ImZpcnN0UGFnZSI6InB1YmxpY2F0aW9uIiwicGFnZSI6InB1YmxpY2F0aW9uIn19](https://www.researchgate.net/publication/343290507_Capitulo_2_Nematoides/link/5f218997a6fdcccc439669bd/download?_tp=eyJjb250ZXh0Ijp7ImZpcnN0UGFnZSI6InB1YmxpY2F0aW9uIiwicGFnZSI6InB1YmxpY2F0aW9uIn19) . Acesso em: 20/04/2024.

LEMES, Ernane Miranda. **Sensoriamento remoto para detecção de seringueiras infestadas por *Meloidogyne exigua***. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia, 2017. <http://dx.doi.org/10.14393/ufu.te.2017.46>.

LINHARES, A. C. C.; CORDEIRO, E. R.; SÁ, E. L. S.; MUNIZ, A. W. Carbono e atributos microbiológicos no cultivo de seringueira na Amazônia Ocidental. **Comunicado técnico 157**. Embrapa. Manaus, AM. 2021.

LORDELLO, L. G. E.; VEIGA, A. S. Nematoides em seringueira. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, SP, v.58, n.3, p. 203-207, 1983.

MACHADO, Tulio Vieira. **Alterações de componentes silviculturais e de produção de *Hevea brasiliensis* causados por *Meloidogyne exigua***. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) - Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia, 2018. Encontrado em: <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/21405>. Acesso em: 30 mar. 2024. <http://dx.doi.org/10.14393/ufu.di.2018.732>.

MARTINEZ, A. A.; LORDELLO, L. G. E.; LORDELLO, R. R. A. Nota sobre os nematoides que atacam a seringueira no Estado de São Paulo. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, SP, v. 47, n.3-4, p.159-160, 1972.

MARTINS, G. D.; GALO, M. L. B. Caracterização espectral da cana-de-açúcar infectada por nematoides e *Migdolus fryanus* por espectrorradiometria de campo. 2015. BCG - **Boletim de Ciências Geodésicas**, sec. Artigos, Curitiba, v. 21, no 4, p.783-796, out-dez, 2015.

Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/bcg/a/r4r49y3xjmrdbZLYsRZZjbm/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 27 abr. 2024. <http://dx.doi.org/10.1590/S1982-21702015000400046>.

MELO, J. O. F. Ciências agrárias: O avanço da ciência no Brasil. **Científica digital**. Guarujá - SP. 2021.

MELO, R. F.; OLIVEIRA, L. E. M.; MESQUITA, A.C.; DELÚ-FILHO, N. Variação sazonal de algumas características nutricionais e bioquímicas relacionadas com a produção de látex em clones de seringueira [*Hevea brasiliensis* (wild.) Muell. Arg.], Em Lavras-MG. **Ciênc.**

**agrotec.**, Lavras, v. 28, n. 6, p. 1326-1335, nov./dez., 2004. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542004000600015>.

MORAES, L. A. C.; GASPAROTTO, L.; MOREIRA, A. Fungos Micorrízicos Arbusculares em Seringueira em Latossolo Amarelo Distrófico da Amazônia Ocidental. **Revista Árvore**, v.34, n.3, p.389-397, 2010. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622010000300002>.

MORAIS, K. A. B.; MARTINS, SILVA, M. J.; FIALHO, J. F.; MARTINS, M. A. Efeito das condições de armazenamento nas propriedades da borracha natural. 2022. **Anais da XIV Jornada Científica** – Embrapa. São Carlos. Setembro de 2022.. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/doc/1147144/1/P-Efeito-das-condicoes-de-armazenamento-nas-propriedades-da-borracha-natural.pdf> . Acesso em: 04 mar. 2024.

MORCELI, P.; Borracha natural Perspectiva para a safra de 2004/05. **Política Agrícola**. n. 02. 2004.

MORENO, R. M. B.; FERREIRA, M.; GONÇALVES, P. S.; MATTOSO, L. H. C. Avaliação do látex e da borracha natural de clones de seringueira no Estado de São Paulo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.38, n.5, p.583-590, 2003. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2003000500005>.

MUNIZ, M. de F. S.; CAMPOS, V. P.; CASTAGNONE SERENO, P.; CASTRO, J. M. dá C.; ALMEIDA, M. R. A.; CARNEIRO, R. M. D. G. Diversity of *Meloidogyne exigua* (Tylenchida: Meloidogynidae) populations from coffee and rubber tree. **Nematology**, 2008, V. 10(6), 897-910. <https://doi.org/10.1163/156854108786161418>.

OLIVEIRA, M. G. C.; KANAZAWA, T. Y.; CONSOLI, E. A. **Identificação molecular de *Aphelenchoides besseyi* em sementes de forrageiras**. Instituto Biológico, São Paulo – SP. 2009. Disponível em: <http://www.biologico.agricultura.sp.gov.br/publicacoes/comunicados-documentos-tecnicos/comunicados-tecnicos/identificacao-molecular-de-aphelenchoides-besseyi-em-sementes-de-forrageiras>. Acesso em: 17 abr. 2024.

PAES-TAKAHASHI, V. S.; SOARES, P. L. M.; GUIDUCCI, E. P.; BRITO, P. F.; CARNEIRO, F. A.; FERREIRA JUNIOR, R. Reação de porta-enxertos de seringueira a *Meloidogyne exigua* e a *Pratylenchus brachyurus*. **Nematropica**, v.45, n.2, 2015. Disponível em: <http://journals.fcla.edu/nematropica/article/view/87385/84218>. Acesso em: 05 jan. 2023.

PEDROSO, Luma Alaís. **Torta de mamona é tóxica ao nematoide *Meloidogyne incognita* também pelos compostos orgânicos voláteis**. (Dissertação de mestrado). 2016. Universidade Federal de Lavras – UFLA. Lavras, MG. 2016. Disponível em: [http://repositorio.ufla.br/jspui/bitstream/1/11757/2/DISSERTA%3%87%83O\\_Torta%20de%20mamona%20%3%a9%20t%3%b3xica%20ao%20nematoide%20Meloidogyne%20in%20cognita%20tamb%3%a9m%20pelos%20compostos%20org%3%a2nicos%20vol%3%a1teis.pdf](http://repositorio.ufla.br/jspui/bitstream/1/11757/2/DISSERTA%3%87%83O_Torta%20de%20mamona%20%3%a9%20t%3%b3xica%20ao%20nematoide%20Meloidogyne%20in%20cognita%20tamb%3%a9m%20pelos%20compostos%20org%3%a2nicos%20vol%3%a1teis.pdf). Acesso em: 04 mar. 2024.

PEREIRA, J. P. Seringueira: Formação de mudas, manejo e perspectivas no Noroeste do Paraná. Instituto Agrônomo Do Paraná. Londrina: IAPAR, 1992. 60 p. (IAPAR. **Circular Técnica**, 70). Fevereiro de 1992.

PEZZONI FILHO, José Carlos. **Dinâmica espaço-temporal da ocorrência de nematoides em seringueira**. 2014. 125 f. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Ciências Agrônomicas de Botucatu, Botucatu. 2014. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/132170>. Acesso em: 18 mar 2024.

PEZZONI FILHO, J. C.; BRIDA, A. L. de; MORAES, D. A. de C.; ZIMBACK, C. R. L.; WILCKEN, S. R. S.; FURTADO, E. L. *Meloidogyne exigua* (Meloidogynidae) em clones de seringueira em duas épocas do ano. **Ciencia e Tecnología Agropecuaria**, v. 19, n. 3, 22 ago. 2018. DOI: 10.21930/rcta.vol19\_num3\_art:566. Disponível em: <http://revistacta.agrosavia.co/index.php/revista/article/view/566>. Acesso em: 18 mar. 2024.

PEZZONI FILHO, J. C.; BRIDA, A. L.; TAKATA, W. H. S.; WILCKEN, S. R. S.; FURTADO, E. L. Infestações de *Meloidogyne exigua* em clones asiáticos de seringueira no Mato Grosso, Brasil. **Summa Phytopathologica**, v.45, n.3, p.326-331, 2019.

PINHEIRO, E.; ARANTES, M. A. L. e; VIEGAS, I. de J. M. A **heveicultura nas áreas de escape da Amazônia Oriental**. EMBRAPA. 2003. Encontrado em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/385083/a-heveicultura-nas-areas-de-escape-da-amazonia-oriental>. Acesso em: 23 set. 2023.

PINHEIRO, E.; GONÇALVES, P. S. **A heveicultura nas "áreas de escape" do Brasil. Amazônia Oriental**. Embrapa. Belém, Pará. 1997.

PINHEIRO, J. B. **Nematoides**. Embrapa. 2022. [s./l.]. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/pimenta/producao/doencas-e-pragas/doencas/nematoides#:~:text=O%20plantio%20de%20mudas%20de,introduzir%20na%20lavoura%20estes%20pat%C3%B3genos>. Acesso em 23 mai. 2024.

PINHEIRO, J. B.; PEREIRA, R. B.; SUINAGA, F. A. Manejo de nematoides na cultura do tomate. Brasília, DF. Embrapa, **Circular técnica**. Outubro, 2014.

PONZONI, F. J.; SHIMABUKURO, Y. E.; KUPLICH, T. M. Sensoriamento remoto da vegetação. **Oficina de Textos**. 2. ed. São Paulo, 2015.

Produção de Borracha. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), 2022**. Encontrado em: <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/borracha-latex-coagulado/br>. Acesso em: 04 mar. 2024.

RAO, B.S. **Pest of Hevea plantations in Malaya**. Kuala Lumpur: Rubber Research Institute of Malaya, 1965. 98 p.

ROCHA, L. F.; FRANCISCO, B. S.; DUTRA, F. B.; SOUTO, L. S.; PIÑA-RORIGUES, F.C.; SILVA, J. M. S. Histology and induction of rooting in rubber tree cuttings (*Hevea brasiliensis* (Willd. Ex A.Juss.) Müll.Arg.). **Brazilian Journal of Biology**, 2023, v. 83, e274032. Encontrado em: <https://www.scielo.br/j/bjb/a/9nHwNzyWHVbbv5nKxPNwLzz/abstract/?lang=en>. Acesso em 25 mar. 2023. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.274032>.

SANDOVAL, V. J. C.; SILVA, F. F.; RESENDE, M. D. V.; MACEDO, L. R.; CECON, P. R. Regressão aleatória Bayesiana para avaliação genética da resistência ao mal das folhas em seringueiras. **Ciência Agrônômica** - ISSN 1806-6690. 2017. Ciências Agrárias: o avanço da ciência no Brasil - Volume 2. <https://www.editoracientifica.com.br/articles/code/210805871>.

SANTOS, F. L. Análise Econométrica da Demanda Brasileira de Importação de Borracha Natural, de 1964 a 2005. **Árvore**, v.32, n.6, p.1133-1142, 2008. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622008000600019>.

SANTOS, J. M. dos. *Meloidogyne exigua* e *Botryodiplodia theobromae*, principais componentes bióticos de uma doença complexa da seringueira em Mato Grosso. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 28, p.341, 1995.

SANTOS, P. S. **Aspectos técnicos do nematoide *Helicotylenchus dihystera***. Distrito Federal – DF. 2022. Encontrado em: <https://elevagro.com/blog/aspectos-tecnicos-do-nematoide-helicotylenchus-dihystera/>. Acesso em: 17 abr. 2024.

SANTOS, W. S.; MUNIZ, P. H. P. C.; MILAN, M. D.; SILVA, J. O.; CIRINNO, K. F. S.; CARVALHO, D. D. C. Análise cienciométrica das principais doenças da seringueira. **Biodiversidade** - n.18, v.2, 2019 - pág. 48 – 52.

São Paulo. **Resolução SAA - 154, de 22/11/2013**. Estabelece exigências para cadastramento de viveiros, jardins clonais, plantas matrizes produtoras de sementes e normas técnicas de defesa sanitária vegetal, para a produção, comércio e o transporte de mudas, borbulhas e sementes de seringueira (*Hevea* spp) no Estado de São Paulo. Coordenadoria de Defesa Agropecuária do Estado de São Paulo. Encontrado em: <https://www.defesa.agricultura.sp.gov.br/legislacoes/resolucao-saa-154-de-22-11-2013,982.html>. Acesso em: 23 abr. 2024.

São Paulo. **Resolução SAA - 18, de 03/04/2018**. Dá nova redação a dispositivos da Resolução SAA 23, de 26-06-2015, que estabelece exigências para cadastramento de viveiros, jardins clonais, plantas matrizes produtoras de sementes e normas técnicas de Defesa Sanitária Vegetal para a produção, comércio e o transporte de mudas, borbulhas e sementes de seringueira (*Hevea* spp.) no Estado de São Paulo. Encontrado em: <https://www.defesa.agricultura.sp.gov.br/legislacoes/resolucao-saa-18-de-03-04-2018,1155.html>. Acesso em: 23 abr. 2024.

São Paulo. **Resolução SAA - 23, de 26/06/2015**. Estabelece exigências para cadastramento de viveiros, jardins clonais, plantas matrizes produtoras de sementes e normas técnicas de Defesa Sanitária Vegetal para a produção, comércio e o transporte de mudas, borbulhas e sementes de seringueira (*Hevea* spp) no Estado de São Paulo. Encontrado em: <https://www.defesa.agricultura.sp.gov.br/legislacoes/resolucao-saa-23-de-26-06-2015,1035.html>. Acesso em: 23 abr. 2024.

São Paulo. **Resolução SAA - 46, de 03/07/2021**. Estabelece as exigências fitossanitárias para o cadastro, a produção, o comércio e o transporte de materiais de propagação de seringueira (*Hevea* spp.) no Estado de São Paulo. Coordenadoria de Defesa Agropecuária do Estado de São Paulo. 2021. Encontrado em: <https://www.defesa.agricultura.sp.gov.br/legislacoes/resolucao-saa-46-de-03-07-2021,1504.html>. Acesso em: 23 abr. 2024.



São Paulo. **Resolução SAA - 92, de 10/12/2021**. Altera a Resolução SAA-46, de 03-07-2021, e estabelece critérios para a produção de materiais de propagação de seringueira (*Hevea* spp.), para uso não-comercial, no Estado de São Paulo. Coordenadoria de Defesa Agropecuária do Estado de São Paulo. 2021. Encontrado em:

<https://www.defesa.agricultura.sp.gov.br/legislacoes/resolucao-saa-92-de-10-12-2021,1565.html>. Acesso em: 23 abr. 2024.

SCALLOPI JUNIOR, E. J. **Seringueira: panorama, pesquisa e perspectiva de clones**. Pesquisa e Tecnologia, v. 8, n. 47, set. 2011. Disponível em <http://www.aptaregional.sp.gov.br>. Acesso em: 17 mar. 2024.

SHARMA, R. D. *et al.* Efeitos de práticas culturais na incidência de *Meloidogyne* sp, em seringueira de cultivo. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.17, n.2, p.226, 1992.

SIKORA, R. A.; FERNÁNDEZ, E. Nematode parasites of vegetables. *in*: LUC, M.; SIKORA, R. A.; BRIDGE, J. (ed.). Plant parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture. Cambridge: **CABI Publishing**, 2005. p. 321-346.

SILVA, E. C.; TRENTIN, C. B.; SILVA, I. S. Índices de vegetação NDVI e EVI no monitoramento do cultivo da soja no município de Querência – MT, safra 2020/2021. Revista **Contexto Geográfico**, Maceió, AL v. 8. n.16 julho/2023 p. 90 – 99.

SILVA, J. C.; CORDEIRO, E. R.; MORAIS, R. R.; MATTOSO, L. H. C.; MARTINS, M. A. **Avaliação das propriedades tecnológicas da borracha natural de novos clones de seringueira da Amazônia**. 2017. Embrapa. Encontrado em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1083023/avaliacao-das-propriedades-tecnologicas-da-borracha-natural-de-novos- clones-de-seringueira-da-amazonia>. Acesso em: 20 abr. 2024.

SILVA, K. R.; CECÍLIO, R. A.; XAVIER, A. C.; PEZZOPANE, J. R. M.; GARCIA, G. O. Zoneamento Edafoclimático para Cultura da Seringueira no Espírito Santo. **Irriga**, v.18, n.1, p. 1-12, 2013. <https://doi.org/10.15809/irriga.2013v18n1p01>.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE NAMATOLOGIA. **Recomendações técnicas para amostragem, processamento de amostras e emissão de laudos**. Setembro de 2019. [s.l.: s.n.].

SOUZA, Ewander Cristovão. C. **Manejo de *Meloidogyne exigua* em seringueira com produtos biológicos e químicos**. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia. Uberlândia, 2018. Encontrado em: <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/21956>. Acesso em 03 mar 2024. <https://doi.org/10.1590/0100-5405/205581>.

SUATMADJI, R. W.; RAO, B. S. Os nuevos nematodos del caucho. **Boletim Fitossanitario de la FAO**, Roma, v.25, n.1, p.43-44, 1977.

SUZIN, Vilmar. **Avaliação e estimativa de correlação espectral de variáveis biofísicas e bioquímicas causada por fitonematoides na cultura do milho**. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UFTPR. Paraná, 2022.

TERRA, Maria Isabela da Costa. **Dinâmica de crescimento de clones de seringueira (*Hevea brasiliensis* (Willd. ex ADR. Jussieu) Muell. Arg.) na região noroeste de Minas Gerais**. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Universidade Federal de Lavras - UFLA. Lavras, MG. 2012. Encontrado em:

[http://repositorio.ufla.br/bitstream/1/571/1/DISSERTA%C3%87%C3%83O%20Din%C3%A2mica%20de%20crescimento%20de%20clones%20de%20seringueira%20\(Hevea%20brasileinsis%20\(Willd.%20ex.%20Adr.%20Jussieu\)%20Muell.%20Arg.\)%20na%20Regi%C3%A3o.pdf](http://repositorio.ufla.br/bitstream/1/571/1/DISSERTA%C3%87%C3%83O%20Din%C3%A2mica%20de%20crescimento%20de%20clones%20de%20seringueira%20(Hevea%20brasileinsis%20(Willd.%20ex.%20Adr.%20Jussieu)%20Muell.%20Arg.)%20na%20Regi%C3%A3o.pdf). Acesso em 07 mar. 2024.

TRINDADE, D. R.; SILVA, H. M. **12. Doenças da cultura da seringueira**. [s.l.: s.n.]. 1982. Encontrado em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/doc/395190/1/Doencas-da-cultura-da-seringueira.pdf>. Acesso em: 20 abr. 2024.

VIEIRA, M. R.; MORAES, M. L. T.; MARTINS, G. L. M.; MARQUES, J.; SILVA, A. C.; SILVA, R. G.; OIKAWA, C. T.; KURIYAMA, C. S.; NAZARENO, E. N. C.; ENNES, M. R.; BARROS, R. T.; BARROS, P. C.; BRASILIANO, R. A. P.; PRUCH, D. C.; PONTES, M. R.; CARVALHO, A. C.; BERTONI, L. H.; VITAL, A. L. A.; BEZERRA, M. M. **Manual Ilustrado de Pragas e Doenças Foliaves em Seringueira**. UNESP. Ilha Solteira, 2013.

WILCKEN, S. R. S.; FIRMINO, A. C.; FURTADO, E. L. Detecção de *Meloidogyne exigua* em plantas de seringueira em Prata-MG. **XXXVI Congresso Paulista de Fitopatologia. Departamento de Produção Vegetal, Defesa Fitossanitária, FCA, UNESP, Botucatu, SP. Instituto Biológico – São Paulo, SP. Fevereiro de 2013**. Encontrado em: [https://www.summanet.com.br/images/congressos/2013/Resumos/Resumo36CPFito\\_251.pdf](https://www.summanet.com.br/images/congressos/2013/Resumos/Resumo36CPFito_251.pdf). Acesso em: 25 abr. 2024.

WILCKEN, S. R. S.; FIRMINO, A. C.; FURTADO, E. L. Detecção de *Meloidogyne exigua* em plantas de seringueira em Prata-MG. **XXXVI Congresso Paulista de Fitopatologia. Departamento de Produção Vegetal, Defesa Fitossanitária, FCA, UNESP, Botucatu, SP. Fevereiro de 2013**.

WILCKEN, S. R. S.; GABIA, A. A.; BRITO, P. F.; FURTADO, E. L. Nematoides fitoparasitas em seringais do Estado de São Paulo. **Summa phytopathologica**, Botucatu, v. 41, n. 1, p. 54- 57. 2015. <https://doi.org/10.1590/0100-5405/2025>.

## APÊNDICE I – TABELA DE DADOS DE POPULAÇÕES

1. Tabela de dados de populações distribuídas nos gêneros.

Amostra	Gêneros de nematoides																										
	<i>Aphelenchoides</i>			<i>Aphelenchus</i>			<i>Criconemella</i>			<i>Ditylenchus</i>			<i>Helicotylenchus</i>			<i>Heterodera</i>			<i>Meloidogyne</i>			<i>Pratylenchus</i>			<i>Rotylenchus</i>		
	Solo	Raiz	Total	Solo	Raiz	Total	Solo	Raiz	Total	Solo	Raiz	Total	Solo	Raiz	Total	Solo	Raiz	Total	Solo	Raiz	Total	Solo	Raiz	Total	Solo	Raiz	Total
N01	112	20	<b>132</b>	180	8	<b>188</b>	0	0	<b>0</b>	60	28	<b>88</b>	112	20	<b>132</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>
N02	48	24	<b>72</b>	20	16	<b>36</b>	0	0	<b>0</b>	20	0	<b>20</b>	100	60	<b>160</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>
N03	124	0	<b>124</b>	20	16	<b>36</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	312	408	<b>720</b>	244	392	<b>636</b>	0	0	<b>0</b>
N04	100	8	<b>108</b>	40	0	<b>40</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	180	0	<b>180</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	280	372	<b>652</b>	0	0	<b>0</b>
N05	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	170	290	<b>460</b>	4	0	<b>4</b>	0	0	<b>0</b>
N06	128	12	<b>140</b>	0	4	<b>4</b>	0	0	<b>0</b>	20	0	<b>20</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	300	852	<b>1152</b>	0	0	<b>0</b>
N07	24	32	<b>56</b>	0	0	<b>0</b>	12	0	<b>12</b>	0	0	<b>0</b>	0	40	<b>40</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	424	340	<b>764</b>	0	0	<b>0</b>
N08	80	28	<b>108</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	56	0	<b>56</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	184	564	<b>748</b>	0	0	<b>0</b>
N09	40	0	<b>40</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	36	0	<b>36</b>	180	0	<b>180</b>	0	92	<b>92</b>	0	0	<b>0</b>	312	286	<b>598</b>	0	0	<b>0</b>
N10	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	28	44	<b>72</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	240	512	<b>752</b>	0	0	<b>0</b>
N11	0	0	<b>0</b>	60	0	<b>60</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	196	220	<b>416</b>	0	0	<b>0</b>
N12	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	40	0	<b>40</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	124	108	<b>232</b>	0	0	<b>0</b>
N13	20	8	<b>28</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	356	624	<b>980</b>	100	304	<b>404</b>	0	0	<b>0</b>
N14	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>
N15	60	0	<b>60</b>	20	0	<b>20</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	528	924	<b>1452</b>	0	0	<b>0</b>
N16	28	20	<b>48</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	144	424	<b>568</b>	0	0	<b>0</b>
N17	60	8	<b>68</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	256	436	<b>692</b>	0	0	<b>0</b>
N18	60	8	<b>68</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	28	60	<b>88</b>	0	0	<b>0</b>	656	748	<b>1404</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>
N19	28	48	<b>76</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	140	392	<b>532</b>	0	0	<b>0</b>

Continua...

## Continuação.

## Gêneros de nematoides

Amostra	<i>Aphelenchoides</i>			<i>Aphelenchus</i>			<i>Criconemella</i>			<i>Ditylenchus</i>			<i>Helicotylenchus</i>			<i>Heterodera</i>			<i>Meloidogyne</i>			<i>Pratylenchus</i>			<i>Rotylenchus</i>		
	Sol	Rai	Tota	Sol	Rai	Tota	Sol	Rai	Tota	Sol	Rai	Tota	Sol	Rai	Tota	Sol	Rai	Tota	Solo	Raiz	Tota	Sol	Rai	Tota	Sol	Rai	Tota
	o	z	l	o	z	l	o	z	l	o	z	l	o	z	l	o	z	l			l	o	z	l	o	z	l
N20	24	4	<b>28</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	180	392	<b>572</b>	0	0	<b>0</b>
N21	48	12	<b>60</b>	0	0	<b>0</b>	4	0	<b>4</b>	0	0	<b>0</b>	64	28	<b>92</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>
N22	104	0	<b>104</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	16	12	<b>28</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	312	780	<b>1092</b>	0	0	<b>0</b>
N23	84	32	<b>116</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	12	0	<b>12</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	428	864	<b>1292</b>	0	0	<b>0</b>
N24	20	0	<b>20</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	64	236	<b>300</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>
N25	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	348	636	<b>984</b>	124	192	<b>316</b>	0	0	<b>0</b>
N26	40	12	<b>52</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	24	300	<b>324</b>	76	260	<b>336</b>	0	0	<b>0</b>
N27	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	132	492	<b>624</b>	124	788	<b>912</b>	0	0	<b>0</b>
N28	40	8	<b>48</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	32	4	<b>36</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	120	980	<b>1100</b>	0	0	<b>0</b>
N29	60	28	<b>88</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	200	732	<b>932</b>	52	8	<b>60</b>
N30	24	0	<b>24</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	112	192	<b>304</b>	180	360	<b>540</b>	0	0	<b>0</b>
N31	16	4	<b>20</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	424	824	<b>1248</b>	0	0	<b>0</b>
N32	40	40	<b>80</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	60	0	<b>60</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	112	64	<b>176</b>	0	0	<b>0</b>
N33	60	0	<b>60</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	32	12	<b>44</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	81	192	<b>273</b>	0	0	<b>0</b>
N34	104	20	<b>124</b>	0	0	<b>0</b>	4	0	<b>4</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	140	88	<b>228</b>	0	0	<b>0</b>
N35	64	4	<b>68</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	104	0	<b>104</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	268	372	<b>640</b>	0	0	<b>0</b>
N36	24	0	<b>24</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	40	280	<b>320</b>	0	0	<b>0</b>
N37	492	80	<b>572</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	16	0	<b>16</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	112	40	<b>152</b>	300	508	<b>808</b>	0	0	<b>0</b>
N38	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	300	84	<b>384</b>	344	352	<b>696</b>	0	0	<b>0</b>
N39	260	120	<b>380</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	152	300	<b>452</b>	0	0	<b>0</b>
N40	64	24	<b>88</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	72	96	<b>168</b>	0	0	<b>0</b>
N41	480	188	<b>668</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	304	176	<b>480</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	4	72	<b>76</b>	0	0	<b>0</b>
N42	248	96	<b>344</b>	104	0	<b>104</b>	0	0	<b>0</b>	28	40	<b>68</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	60	0	<b>60</b>	0	0	<b>0</b>

Continua...

## Continuação

Amostra	Gêneros de nematoides																										
	<i>Aphelenchoides</i>			<i>Aphelenchus</i>			<i>Criconemella</i>			<i>Ditylenchus</i>			<i>Helicotylenchus</i>			<i>Heterodera</i>			<i>Meloidogyne</i>			<i>Pratylenchus</i>			<i>Rotylenchus</i>		
	Solo	Raiz	Total	Solo	Raiz	Total	Solo	Raiz	Total	Solo	Raiz	Total	Solo	Raiz	Total	Solo	Raiz	Total	Solo	Raiz	Total	Solo	Raiz	Total	Solo	Raiz	Total
N43	104	28	<b>132</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	192	116	<b>308</b>	84	36	<b>120</b>	0	0	<b>0</b>
N44	252	64	<b>316</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	288	<b>288</b>	0	0	<b>0</b>
N45	192	112	<b>304</b>	20	0	<b>20</b>	0	0	<b>0</b>	8	84	<b>92</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>
N46	148	252	<b>400</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>
N47	316	244	<b>560</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	244	436	<b>680</b>	0	0	<b>0</b>
N48	32	8	<b>40</b>	0	28	<b>28</b>	0	0	<b>0</b>	48	0	<b>48</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	4	36	<b>40</b>	0	0	<b>0</b>
N49	64	0	<b>64</b>	24	44	<b>68</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>
N50	0	12	<b>12</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	48	92	<b>140</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>
N51	28	40	<b>68</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	8	<b>8</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	4	52	<b>56</b>	0	0	<b>0</b>
N52	192	92	<b>284</b>	0	0	<b>0</b>	0	4	<b>4</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	180	196	<b>376</b>	0	0	<b>0</b>
N53	184	48	<b>232</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	24	12	<b>36</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>
N54	20	16	<b>36</b>	0	12	<b>12</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>
N55	0	28	<b>28</b>	16	0	<b>16</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>
N56	0	12	<b>12</b>	20	0	<b>20</b>	0	0	<b>0</b>	4	0	<b>4</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	92	52	<b>144</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>
N57	164	164	<b>328</b>	24	12	<b>36</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>
N58	60	36	<b>96</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>
N59	92	56	<b>148</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	88	36	<b>124</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	100	182	<b>282</b>	0	0	<b>0</b>
N60	188	108	<b>296</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	20	<b>20</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>
N61	76	12	<b>88</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>
N62	0	52	<b>52</b>	28	0	<b>28</b>	4	0	<b>4</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	92	108	<b>200</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>
N63	20	0	<b>20</b>	0	0	<b>0</b>	0	4	<b>4</b>	44	28	<b>72</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>

Continua...



## APÊNDICE II – SCRIPTS

### 2. Estatística zonal: Script para processamento das imagens.

Neste script serão “upados” 2 arquivos, o arquivo de nome “table” no código, corresponde às áreas dos seringais visitados, ou seja, os polígonos dos seringais desenhados no QGis®, e o arquivo de nome ‘table 2’, que corresponde ao arquivo com os pontos amostrados. Todos os arquivos podem ser criados no QGis e devem ser salvos no formato *shape file*, uma vez que o Google Earth Engine (GEE) trabalha com os arquivos nessas extensões. Concluída esta etapa de desenho no QGis, importe-os no GEE, e então copie e cole o código abaixo para rodar os parâmetros. OBS: Filtre a data desejada.

```

1 // Informar o período em análise
2 var data_inicial = ('2023-01-01');
3
4 var data_final = ('2023-12-31');
5
6 var regioao = ('Prata-MG'); //ESPECIFICAR O MUNICÍPIO
7
8
9 //PONTOS DE CHECAGEM
10 var pontos = table2;
11
12 //Definir o raio do buffer em metros
13 var raio = 10;
14
15 //Definir a porcentagem máxima de nuvem
16 var nuvem = 10;
17
18 //informe o nome da área de interesse
19 var roi = table;
20
21
22 //Caso seja necessário descomente e insira o nome do TILE e ORBIT NUMBER
23 var MGRS_TILE = '22KGD';
24 var ON = 81;
25
26 var rename_band = function(img){
27 return img.select([0], [img.id()]);
28 };
29
30 /*
31 */
32 // Carrega Imagens Sentinel-2 BOA reflectance
33 var collection = ee.ImageCollection('COPERNICUS/S2_SR')
34 .filterDate(data_inicial, data_final)
35 //filtro por região
36 .filterBounds(roi)
37 // Filtro de Nuvens
38 .filter(ee.Filter.lte('CLOUDY_PIXEL_PERCENTAGE', nuvem))
39 .filterMetadata('SENSING_ORBIT_NUMBER', 'equals', ON)
40 .filterMetadata('MGRS_TILE', 'contains', MGRS_TILE);
41 //limit(35)
42 //.map(mask1);
43
44
45

```

```

46 // Function to calculate and add an NDVI band
47 var ndvi = function(image) {
48   return image.addBands(image.normalizedDifference(['B8', 'B4']));
49 };
50
51
52 // Add NDVI band to image collection
53 var ndvi = collection.map(ndvi);
54
55 print('sentinel ndvi', ndvi);
56
57 // renomeia NDVI
58 var rename_band_ndvi = function(img){
59   return img.select(['nd'], [img.id()]);
60 };
61
62
63 //renomeia ndvi
64 var coll = ndvi.map(rename_band_ndvi).toBands();
65
66 print('sentinel ndvi', coll);
67
68 //ndvi
69 var stacked_s2_ndvi = coll.clip(roi);
70
71 print('sentinel stack NDVI', stacked_s2_ndvi);
72
73
74
75 /***** FUNÇÃO PARA TRANSFORMAR CADA PONTO EM BUFFER
76 *****/
77 // Keep this list of properties.
78
79 var keepProperties = ['ID'];
80
81 var buf = function (feat){
82   var buffer = ee.Feature(feat).buffer(raio);
83   return(buffer.copyProperties(feat, keepProperties));
84
85   var buffer = pontos.map(buf);
86
87   print(buffer);
88
89
90 // NDVI
91 var mean_ndvi = ee.Image(stacked_s2_ndvi).reduceRegions({
92   collection: buffer,
93   reducer: ee.Reducer.count()
94   .combine(ee.Reducer.mean(), null, true)
95   .combine(ee.Reducer.sampleStdDev(), null, true),
96   scale: 10});
97
98 print('media dos poligonos NDVI', mean_ndvi);
99
100
101 //CENTRALIZA NO MAPA
102 Map.centerObject(roi, 10);
103
104 // ADD COR AOS POLÍGONOS
105 Map.addLayer(roi, {color: 'red'}, 'Área de Interesse');
106
107 // ADD COR AOS POLÍGONOS
108 Map.addLayer(buffer, {color: 'black'}, 'Pontos de checagem');
109
110
111 // organização dos dados

```



```

112     var prefix = "ESTATISTICA-ZONAL-" + regiao + String("-") + String(data_inicial) +
113
114     String("-") + String(data_final);
115     // Export the data to a table for further analysis
116     //ndvi
117     Export.table.toDrive({
118     collection: mean_ndvi,
119     description: prefix+"_NDVI",
120     folder: 'GEE_PLANILHAS',
121     fileFormat:"CSV",
122     });
123
124
125     var grafico = ui.Chart.image.seriesByRegion({
126     imageCollection: ndvi,
127     regions: pontos,
128     reducer: ee.Reducer.mean(),
129     band: 'nd',
130     scale: 10,
131     xProperty: 'system:time_start',
132     seriesProperty: 'ID'
133     });
134
135     print(grafico);

```

### 3. Script para os testes estatísticos no Jupyter Notebook

O teste foi executado no Jupyter Notebook. Para tal um arquivo ‘.txt’ nomeado no código como ‘test.txt’ foi criado com as variáveis declaradas ‘ninf’ = não infestado e ‘inf’ = infestado, com duas colunas, e os valores médio de pixels de cada imagem nas datas filtradas. Este é o único *upload* para a realização dos testes.

```

1     import pandas as pd
2     import scipy
3     df = pd.read_table('test.txt')
4     ##print(df)
5
6     ##declarar variaveis
7     ninf = df['ninf'] ##Nome da coluna com dados dos pixels das amostras não infestadas no txt
8     inf = df['inf'] ## Nome da coluna com dados dos pixels das amostras infestadas no txt
9
10    ##Teste de Shapiro-Wilk
11    shapiro1 = scipy.stats.shapiro(ninf)
12    print(shapiro1)
13    shapiro2 = scipy.stats.shapiro(inf)
14    print(shapiro2)
15
16    ##Teste de Levene
17    levene1 = ninf
18    levene2 = inf
19    levene = scipy.stats.levene(levene1, levene2)
20    print(levene)
21

```

```
22     ##Teste T
23     t = scipy.stats.ttest_ind(ninf, inf, alternative = 'greater')
24     print(t)
```