

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**Natalia Tobin Aita**

**FATOR DE REPRODUÇÃO DE *Meloidogyne graminicola* EM  
CULTIVARES DE ARROZ IRRIGADO E QUANTIFICAÇÃO DE  
DANO**

**Santa Maria, RS, Brasil  
2019**

Natalia Tobin Aita

**FATOR DE REPRODUÇÃO DE *Meloidogyne graminicola* EM  
CULTIVARES DE ARROZ IRRIGADO E QUANTIFICAÇÃO DE  
DANO**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Área de Concentração em **Bioecologia e manejo de organismos em sistemas agrícolas**, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Mestre em Agronomia**.

**Orientador: Prof. Dr. Ricardo Silveiro Balardin**

**Santa Maria, RS, Brasil  
2019**

Aita, Natalia Tobin

FATOR DE REPRODUÇÃO DE Meloidogyne graminicola EM  
CULTIVARES DE ARROZ IRRIGADO E QUANTIFICAÇÃO DE DANO /  
Natalia Tobin Aita.- 2019.

49 p.; 30 cm

Orientador: Ricardo Silveiro Balardin

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa  
Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós  
Graduação em Agronomia, RS, 2019

1. Arroz irrigado 2. Nematoides 3. Fator de reprodução  
4. Meloidogyne graminicola 5. Cultivares I. Balardin,  
Ricardo Silveiro II. Título.

Natalia Tobin Aita

**FATOR DE REPRODUÇÃO DE *Meloidogyne graminicola* EM  
CULTIVARES DE ARROZ IRRIGADO E QUANTIFICAÇÃO DE  
DANO**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Área de Concentração em **Bioecologia e manejo de organismos em sistemas agrícolas**, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Mestre em Agronomia**.

**Aprovada em fevereiro de 2019:**



**Prof. Dr. Ricardo Silveiro Balardin  
(Presidente/Orientador)**



**Prof. Dr. Ivan Francisco Dressler da Costa (UFSM)**



**Dr<sup>a</sup>. Mônica Paula Debortoli (Instituto Phytus)**

Santa Maria, RS  
2019

## DEDICATÓRIA

Este trabalho é dedicado aos meus pais Paulino e Jessica, à minha irmã Isabele e as minhas amadas avós Sara e Maria Lenira...

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus, por me conceder a graça da vida e dessa forma, permitir que cada novo dia seja também uma nova chance de conquistar aprendizados e experiências.

Aos meus pais Paulino e Jessica e a minha irmã Isabele, que são as grandes estrelas do meu céu. É para eles que dedico cada conquista. Sou muito grata pelo amor, dedicação, atenção e carinho que nunca faltou durante toda a minha caminhada.

As minhas avós Sara e Lenira Maria, pelo exemplo de mulheres batalhadoras, incansáveis e fiéis a suas missões de mães e agricultoras.

Ao meu Professor Orientador Ricardo Silveiro Balardin e ao doutorando Paulo Sergio Santos, que me ajudaram e apoiaram desde o início do processo de experimentação até a escrita do presente trabalho.

As minhas amigas e irmãos do coração. Deus me deu a oportunidade de conviver com pessoas maravilhosas todos os dias. Amo de maneira muito especial cada uma delas.

As minhas colegas de pós-graduação Maíne, Bruna e Simone, por dividirem comigo as angústias e as alegrias dessa caminhada.

Aos meus colegas de graduação que hoje são os anjos que me guiam, estejam onde estiverem, saibam que penso sempre em vocês! Em especial ao meu amigo Leonardo Vendruscolo.

Ao Instituto Phytus e a todo o grupo de pesquisadores e funcionários que me proporcionaram estrutura, apoio e muito carinho. Em especial a Mônica, Carol, Camila, Graci, Andrezza, Gustavo, Paulo, Tia Vani e Jaisson.

Enfim, agradeço a todos que de alguma maneira me ajudaram. Sem os esforços e a presença de vocês, nada seria possível.

A todos, com muito amor, o meu muito obrigada!

## RESUMO

### FATOR DE REPRODUÇÃO DE *Meloidogyne graminicola* EM CULTIVARES DE ARROZ IRRIGADO E QUANTIFICAÇÃO DE DANO

AUTORA: NATALIA TOBIN AITA

ORIENTADOR: RICARDO SILVEIRO BALARDIN

Os nematoides formadores de galhas pertencentes ao gênero *Meloidogyne* estão entre os principais parasitas causadores de dano em culturas agrícolas, apresentando grande impacto sobre a produção de cereais no mundo. Em arroz irrigado, a espécie *Meloidogyne graminicola* é a de maior ocorrência devido a sua adaptação, sobrevivência e multiplicação em áreas sob manejo de inundação. No estado do Rio Grande do Sul, responsável por 70% da produção nacional de arroz, tem-se realizado levantamentos visando identificação de áreas infestadas por *Meloidogyne graminicola*. Uma vez identificadas áreas com a presença do parasita, evidencia-se a necessidade de estudos que permitam compreender o impacto do mesmo na produção orizícola do Estado. O presente trabalho avaliou o comportamento de diferentes cultivares de arroz irrigado à *M. graminicola* e quantificação do dano causado pelo patógeno. Os ensaios foram realizados em casa de vegetação e no campo. O primeiro ensaio teve por objetivo testar a reação de seis cultivares de arroz à *M. graminicola*. Aos 60 dias após a inoculação (DAI), foi realizada a extração das raízes e do substrato para determinação do fator de reprodução. O segundo ensaio foi instalado com os cultivares GURI INTA CL e IRGA 424 RI, que possuem reação distinta a *Meloidogyne graminicola*. Esses foram inoculados com sete diferentes densidades populacionais da espécie e avaliados, aos 60 DAI, quanto estatura, massa fresca da parte aérea, massa fresca da raiz e número de juvenis e ovos no tecido radicular e no substrato. O terceiro ensaio foi instalado a campo, a fim de quantificar o dano em produtividade sob três diferentes faixas de densidades populacionais de *M. graminicola*. No estudo de reação, os cultivares GURI INTA CL e PUITÁ apresentaram os maiores fatores de reprodução, o IRGA 428 e o SCS 116 demonstraram valores intermediários e os cultivares IRGA 424 RI e SCS 121 apresentaram os menores fatores de reprodução. No segundo experimento, os dois cultivares apresentaram, já nas primeiras densidades populacionais inoculadas, alterações nos parâmetros avaliados, sobretudo quanto à diminuição da massa do sistema radicular, que respondeu linearmente conforme as densidades de inóculo foram aumentadas. No campo, houve redução em produtividade, com dano crescente conforme o aumento das populações incidentes.

**Palavras-chave:** Arroz irrigado, Nematoides, Fator de reprodução, *Meloidogyne graminicola*, Cultivares.

## ABSTRACT

### REPRODUCTIVE FACTOR OF *Meloidogyne graminicola* IN IRRIGATED RICE CULTIVARS AND QUANTIFICATION OF DAMAGE

AUTHOR: NATALIA TOBIN AITA

ADVISER: RICARDO SILVEIRO BALARDIN

The gall-forming nematodes belonging to the genus *Meloidogyne* are one of the major damage-causing parasites in agricultural crops, with a major impact on world cereal production. For irrigated rice culture, *Meloidogyne graminicola* is the most frequent species due its adaptation, survival and multiplication in areas under flood management. In Rio Grande do Sul state, which is responsible for 70% of national rice production, surveys have been carried out to identify areas infested by *Meloidogyne graminicola*. Once areas were identified with parasite presence, the need of studies to better understand how it impact rice production in the state appear. The present study evaluated the reaction of different rice irrigated cultivars to *M. graminicola* inoculation and quantified the damage caused by the pathogen in different population densities. Two experiments were performed under greenhouse conditions and a third trial was carried on field. The first experiment was carried to evaluate the reaction test of six rice cultivars after *M. Graminicola* inoculation. At 60 days after inoculation (DAI) roots and substrate were extracted to determine reproduction factor. The second experiment deal with the interaction with two cultivars GURI INTA CL and IRGA 424 RI, which have different reaction to *Meloidogyne graminicola*. In the second experiment cultivars were inoculated with seven different inoculum densities and it was evaluated at 60 DAI for stature, fresh shoot mass, fresh root mass and number of juveniles and eggs in root tissue and substrate. A third trial was installed at the field in order to quantify productivity damage under three different ranges of population densities of *M. graminicola*. GURI INTA CL and PUITÁ cultivars presented highest reproductive factors, IRGA 428 and SCS 116 cultivars showed intermediate values and IRGA 424 IR and SCS 121 cultivars presented lowest reproductive factors. The GURI INTA CL and IRGA 424 RI cultivars presented changes in the evaluated parameters, mainly the decrease of the mass of the root system, which responded linearly as the inoculated densities increased. It was observed a reduction in productivity as the nematode population increased.

**Key words:** Irrigated rice, Nematodes, Reproductive factor, *Meloidogyne graminicola*, Cultivars.

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Inoculação dos vasos com população de cinco mil indivíduos de *Meloidogyne graminicola*. Santa Maria, 2019.....19
- Figura 2. Raiz de uma planta de arroz irrigado com sintoma de galhas, devido ao parasitismo de *M. graminicola*, no município de Dona Francisca. Santa Maria 2019.....29
- Figura 3. Distribuição das coletas para determinação das populações iniciais da área experimental de campo, no município de Dona Francisca. Santa Maria, 2019.....29
- Figura 4. Amostragem de solo para determinação das populações iniciais de *M. graminicola* na área experimental de campo, no município de Dona Francisca. Santa Maria, 2019.....30
- Figura 5. Demarcação das parcelas de dois metros quadrados para avaliação da produtividade final, na área experimental no município de Dona Francisca. Santa Maria, 2019.....31
- Figura 6. Vasos do cultivar GURI INTA CL organizados da esquerda para a direita conforme o aumento das densidades de *M. graminicola*. Santa Maria, 2019.....34
- Figura 7. Vasos do cultivar IRGA 424 RI organizados da esquerda para a direita conforme o aumento das densidades de *M. graminicola*. Santa Maria, 2019.....35
- Figura 8. Galhas causadas por *M. graminicola* em plantas de arroz irrigado na área do experimento. Santa Maria, 2019.....39

## LISTA DE GRÁFICOS

- Gráfico 1. Massa Fresca Radicular das cultivares GURI INTA CL e IRGA 424 RI inoculadas com diferentes densidades populacionais de *Meloidogyne graminicola*. Santa Maria, 2019.....36
- Gráfico 2. Flutuação populacional de *Meloidogyne graminicola* no solo. Santa Maria, 2019.....38
- Gráfico 3. Resposta da produtividade as densidades populacionais de *Meloidogyne graminicola* no solo. Santa Maria, 2019.....41

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1. Número de juvenis de segundo estágio (J2) e ovos de *Meloidogyne graminicola* no solo e nas raízes dos diferentes cultivares, seguidos por seus fatores de reprodução. Média de seis repetições. Santa Maria, 2019.....20
- Tabela 2. Massa fresca de parte aérea e de raiz dos cultivares inoculados com cinco mil indivíduos de *Meloidogyne graminicola*. Média de seis repetições. Santa Maria, 2019.....23
- Tabela 3. Tratamentos aplicados no experimento bifatorial de quantificação de dano de arroz irrigado submetidos a diferentes densidades populacionais de *Meloidogyne graminicola*. Santa Maria, 2019.....27
- Tabela 4. Estatura de plantas (cm) das cultivares GURI INTA CL e IRGA 424 RI inoculadas com diferentes densidades populacionais de *Meloidogyne graminicola*. Santa Maria, 2019.....33
- Tabela 5. Massa fresca de parte aérea das cultivares GURI INTA CL e IRGA 424 RI inoculadas com diferentes densidades populacionais de *Meloidogyne graminicola*. Santa Maria, 2019.....33
- Tabela 6. Correlações da massa fresca do sistema radicular com o número de indivíduos encontrados nas análises de raiz e do substrato. Santa Maria, 2019.....37
- Tabela 7. Número de juvenis de segundo estágio (J2) e ovos no solo e nas raízes em cada uma das avaliações com as produtividades e massas de mil grãos finais. Santa Maria, 2019.....38

## SUMÁRIO

INTRODUÇÃO .....	12
1. A CULTURA DO ARROZ .....	13
1.1 NEMATOIDES PARASITAS DE PLANTAS .....	13
1.2 A ESPÉCIE <i>Meloidogyne graminicola</i> .....	15
2. REAÇÃO DE CULTIVARES DE ARROZ IRRIGADO A <i>Meloidogyne graminicola</i> .....	17
2.1 MATERIAL E MÉTODOS .....	18
2.2 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	20
2.3 CONCLUSÕES .....	23
3. QUANTIFICAÇÃO DE DANO DO ARROZ IRRIGADO PARASITADO POR <i>Meloidogyne graminicola</i> .....	25
3.1 MATERIAL E MÉTODOS .....	26
3.1.1 Casa de vegetação .....	26
3.1.2 Campo .....	28
3.2 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	32
3.2.1 Casa de vegetação .....	32
3.2.2 Campo .....	38
3.3 CONCLUSÕES .....	42
CONCLUSÃO .....	43
REFERÊNCIAS .....	43
APÊNDICE A - EXTRAÇÃO DOS NEMATOIDES CONTIDOS NAS RAÍZES E NO SUBSTRATO DAS PLANTAS INOCULADAS COM DIFERENTES DENSIDADES POPULACIONAIS DE <i>M. GRAMINICOLA</i> .....	49

## INTRODUÇÃO

Segundo censo do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (março, 2017) a área destinada à produção de arroz (*Oryza sativa*) no País tem mais de dois milhões de hectares, com produção total de aproximadamente dose milhões de toneladas. O estado do Rio Grande do Sul se destaca como maior produtor, destinando um milhão e sessenta mil hectares para a produção de arroz com controle de irrigação, garantindo uma produção de aproximadamente oito milhões e quinhentas mil toneladas, o que representa 70% da produção nacional (INSTITUTO RIOGRANDENSE DO ARROZ, 2019).

Em torno de 29 espécies de nematoides podem estar associadas ao arroz irrigado. Porém a espécie *Meloidogyne graminicola* é considerada a principal devido ao seu grande potencial danoso no sistema de cultivo do arroz irrigado (BRIDGE; PLOSRIGHT; PENG, 2005). Plantas de arroz com sintomas severos desse patógeno apresentam amarelecimento, redução da parte aérea, desfolha precoce e secamento das folhas, resultado da redução do volume radicular e do sistema vascular completamente desorganizado devido à formação das galhas (STEFFEN et al., 2007) podendo, inclusive, causar a morte da planta (FREITAS et al., 2001).

Os métodos de controle empregados no manejo de *Meloidogyne graminicola* na cultura do arroz irrigado são muito restritos, sendo basicamente a utilização de cultivares com menor fator de reprodução e a rotação de culturas com plantas não hospedeiras, buscando diminuir a densidade populacional dos indivíduos na área infectada. Porém, pouco se sabe a respeito da suscetibilidade dos cultivares de arroz irrigado utilizados no Rio Grande do Sul, além de serem escassos os trabalhos que mensuram o impacto do *Meloidogyne graminicola* na produtividade da cultura em áreas com a presença do patógeno, considerando os manejos adotados e as condições climáticas locais.

O presente trabalho teve como objetivo avaliar o comportamento de diferentes cultivares de arroz irrigado utilizadas no estado do Rio Grande do Sul reagindo à inoculação de *M. graminicola*. Além disso, quantificar o dano e os prejuízos em produção causados pelo patógeno quando presente em diferentes densidades populacionais, tanto em condições controladas de casa de vegetação, quanto em condições reais de campo.

## 1. A CULTURA DO ARROZ

O arroz (*Oryza sativa* L.) responde, atualmente, pelo suprimento de 20% das calorias consumidas mundialmente na alimentação humana. Em decorrência disso, desempenha papel estratégico na solução de questões de segurança alimentar, podendo ser a cultura com maior potencial de aumento de produção. Os dez países que mais produzem esse cereal são, em ordem decrescente, a China, Índia, Indonésia, Bangladesh, Vietnã, Tailândia, Myanmar, Filipinas, Brasil e Japão (SOSBAI, 2016).

No Brasil, a área com produção de arroz tem 2,8 milhões de hectares, com produção total de aproximadamente doze milhões de toneladas (IBGE, 2017). O estado do Rio Grande do Sul se destaca como maior produtor, destinando um milhão e cem hectares para a produção de arroz irrigado por inundação, com uma produção de aproximadamente oito milhões e quinhentas mil toneladas (INSTITUTO RIOGRANDENSE DO ARROZ, 2017). No Estado, o arroz é produzido em 131 municípios localizados na metade sul, onde 232 mil pessoas vivem direta ou indiretamente da exploração dessa cultura (SOSBAI, 2016).

Para atender a alta exigência do mercado e alcançar os crescentes potenciais produtivos dos cultivares atualmente utilizados, são buscadas continuamente soluções para melhorar o desempenho das lavouras de arroz irrigado do Rio Grande do Sul, principalmente em questões relacionadas a nutrição, manejo e controle fitossanitário. Segundo SOSBAI (2016) os fatores que limitam a expressão do potencial produtivo na cultura do arroz irrigado do Rio Grande do Sul são, principalmente, a presença de plantas daninhas, insetos e doenças. As doenças podem ser causadas por diversos fitoparasitas incluindo fungos, vírus, bactérias e nematoides e sua incidência e severidade dependem da ocorrência de parasita virulento, de ambiente favorável e da suscetibilidade dos cultivares.

### 1.1 NEMATOIDES PARASITAS DE PLANTAS

Os nematoides estão entre os organismos mais difundidos no planeta, sendo capazes de colonizar qualquer ecossistema, incluindo ambientes extremos (YEATES, 2004). Muitas espécies são de vida livre, mas alguns desenvolveram a capacidade de parasitar outros organismos, sendo que, atualmente, os nematoides

estão entre os principais parasitas responsáveis pela limitação da produtividade agrícola nas mais diferentes culturas. Esses microrganismos pertencem a microfauna do solo e são completamente dependentes das plantas para sobreviver, constituindo seu sítio de ação na zona radicular (COLEMAN; CROSSLEY, 1995) e prejudicando as raízes, podendo, além de causar danos físicos diretos, deixar a planta mais suscetível a doenças e a estresses ambientais decorrentes, principalmente, de maiores dificuldades na absorção e no transporte de água e nutrientes (BARKER, 2003).

Os nematoides representam drenos metabólicos significativos, utilizando os fotossintatos da planta para o seu desenvolvimento e reprodução, contribuindo para a redução da energia que seria destinada ao desenvolvimento da mesma, causando enfraquecimento, baixa produção, desfolhamento precoce e declínio prematuro, podendo, em casos mais severos, ocorrer a morte da planta (SILVA, 2001). Segundo Jones et al. (2013), as espécies de maior impacto econômico são classificadas, conforme o nível de parasitismo, como endoparasitas sedentárias, principalmente os gêneros *Meloidogyne* e *Heterodera*, que são os nematoides das galhas e dos cistos, respectivamente.

Oito espécies do gênero *Meloidogyne* são capazes de parasitar o arroz, todas causam danos e afetam os processos fisiológicos envolvidos no desenvolvimento das plantas (BRIDGE; PLPWRIGHT; PENG, 2005). Mattos et. al (2017) caracterizaram diferentes espécies do nematoide das galhas nas regiões orizícolas nos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná. Dentre as 105 amostras analisadas, detectaram-se seis fenótipos esterásticos (Est) de *Meloidogyne* spp., sendo *M. graminicola* com o fenótipo Est VS1, *M. javanica* Est J3, *M. oryzae* com fenótipo Est R1, *Meloidogyne* sp.2 Est R2, *Meloidogyne* sp.3 Est R3, e um último fenótipo relativo a *Meloidogyne* sp.0 Est R0, sendo que no estado do Rio Grande do Sul a espécie *M. graminicola* foi predominante.

Nas últimas décadas, a espécie *M. graminicola* alcançou grande importância devido ao seu potencial de dano no sistema de cultivo do arroz irrigado (BRIDGE; PLPWRIGHT; PENG, 2005). Esse maior impacto causado pela espécie se deve a algumas características de adaptabilidade, sendo o *M. graminicola* um parasita prejudicial em terras altas, planícies ou águas profundas, sobrevivendo no solo em condições inundadas como juvenis ou na forma de ovos por longos períodos (DUTTA; GANGULY; GAUR, 2012).

## 1.2 A ESPÉCIE *Meloidogyne graminicola*

Segundo Bridge et al. (2005), a infecção por juvenis de *Meloidogyne* spp., no arroz, ocorre na zona de alongamento celular da raiz. Após isso, os juvenis movem-se em direção ao cilindro central, onde injetam secreções produzidas em suas glândulas esofagianas, capazes de alterar um grupo células desta região, fixando-se neste local, seu sítio de alimentação. Esse processo induz a formação de galhas na ponta das raízes, prejudicando significativamente o seu desenvolvimento e a fisiologia da planta.

De acordo com Mantelin, Bellafiore e Kyndt (2016), a formação de galhas, principalmente nas extremidades radiculares, conferindo uma característica típica que lembra a forma de um gancho ou cabo de guarda chuva, prejudicando o desenvolvimento e a fisiologia da raiz, e ocasionando danos secundários às plantas, como a interrupção do transporte de água e nutrientes pela alteração do sistema vascular radicular. Devido ao estresse hídrico e a falta de nutrição, sintomas de parte aérea são notados, tais como descolorações, cloroses e perda de vigor, o que, em última análise, resulta no crescimento fraco e possível perda de rendimento.

Essa espécie foi descoberta nos Estados Unidos em raízes de plantas daninhas (GOLDEN; BIRCHFIELD, 1965), passado três anos, constatou-se sua presença no sistema radicular de plantas de arroz (GOLDEN; BIRCHFIELD, 1968). Sendo um organismo bem adaptado à sobrevivência e multiplicação em áreas sob manejo de inundação (PROT; MATIAS, 1995), a sua ocorrência tem sido constantemente relatada nas lavouras de arroz irrigado em vários países Asiáticos (PADGHAM et al., 2004; SOBITA; ANAMIKA, 2011), além de países Norte Americanos (SORIANO; REVERSAT, 2003).

Em países Asiáticos, onde se concentra a maior produção mundial de arroz irrigado, os produtores quantificam os prejuízos do ataque de *M. graminicola*, na produtividade da cultura, entre 11 e 80% (DE WAELE; ELSSEN, 2007; SORIANO; REVERSAT, 2003). Kyndt, Fernandez e Gheysen (2014) também afirmam que o arroz pode sofrer perdas de rendimento de até 70% em áreas com a infecção de *Meloidogyne graminicola*. Em arroz irrigado no estado do Rio Grande do Sul a espécie *Meloidogyne graminicola* (GOLDEN; BIRCHFIELD, 1965) é considerada a de maior frequência (NEGRETTI, 2013; STEFFEN, 2007).

O *M. graminicola* tem um ciclo de vida rápido no arroz, completado em 19 a 27 dias, dependendo da temperatura do solo, que geralmente varia de 22 a 29°C nas áreas em que é encontrado (BRIDGE; PAGE, 1982). Estudos de infecção usando juvenis de segundo estágio (J2s) recentemente incubados mostram que as fêmeas se desenvolvem dentro de 14 dias após a infecção e logo começam a colocar ovos no córtex radicular. Em seguida, 18 a 20 dias após a infecção, podem ser observados muitos indivíduos de estágio juvenil 1 (J1) nos ovos (BELLAFIORE et al., 2015).

Ainda no ovo, os J1s se tornam J2s, que são formas pré-parasitárias e, após eclosão, os nematoides são liberados no solo e começam a localizar as raízes mais próximas por quimiotaxia (REYNOLDS et al., 2011). As raízes são invadidas na zona de alongamento e os J2s recentemente parasitas migram intercelularmente do córtex da raiz do arroz para a ponta da raiz onde invadem o cilindro vascular e estabelecem o seu local de alimentação formando de cinco a oito células gigantes (CABASAN et al., 2014).

Em outros cultivos, as medidas de controle para *Meloidogyne* spp. consistem basicamente em resistência genética e rotação/sucessão com culturas não hospedeiras. Porém, no caso do arroz irrigado, as práticas para controle de *M. graminicola* são extremamente limitadas, restringindo-se praticamente ao manejo da irrigação (GOMES; STEFFEN; ANTONIOLLI, 2009). Embora tenha sido encontrada variabilidade na suscetibilidade de variedades de *O. sativa*, apenas uma resistência parcial foi relatada nessa espécie (BRIDGE; PLPWRIGHT; PENG, 2005). Genótipos de arroz resistentes a *M. graminicola* têm sido encontrados em *Orizae longistaminata* L. e *O. glaberrima* Steud, duas espécies selvagens de arroz originárias da África (PLOWRIGHT, et al., 1999; SORIANO et al., 1999).

## **2. REAÇÃO DE CULTIVARES DE ARROZ IRRIGADO A *Meloidogyne graminicola***

O arroz (*Oryza sativa* L.) é o segundo cereal mais cultivado no mundo, ocupando uma área mundial de aproximadamente 168 milhões de hectares, com a produção atingindo aproximadamente 700 milhões de toneladas. O consumo médio mundial de arroz é de 70 kg/pessoa/ano, já na América Latina são consumidos, em média, 30 kg/pessoa/ano, destacando-se o Brasil como grande consumidor (45 kg/pessoa/ano) (SOCIEDADE SUL BRASILEIRA DE ARROZ IRRIGADO, 2016).

Vários fitoparasitas podem causar doenças comprometendo a produtividade agrícola do arroz irrigado, dentre eles, destacam-se os nematoides formadores de galhas radiculares, pertencentes ao gênero *Meloidogyne* (GOMES; STEFFEN; ANTONIOLLI, 2009), os quais constituem o grupo com maior importância econômica na agricultura em geral, onde acarretam perdas da ordem de US\$ 100 bilhões anualmente (SASSER; FRECKMAN, 1987).

No Brasil, os primeiros relatos em relação a ocorrência do nematoide das galhas em arroz irrigado foram na década de 80 (RIBEIRO; SPERANDIO; SELISTRE, 1984). Quanto à espécie, a presença *M. graminicola* na cultura foi constatada somente nos anos 90 (SPERANDIO; MONTEIRO, 1991). O primeiro levantamento do nematoide das galhas em arroz irrigado foi realizado no Estado do Rio Grande do Sul (STEFFEN et al., 2007). Nesse estudo, os autores, detectaram a ocorrência generalizada de *M. graminicola* em lavouras da depressão central do Estado.

Os estudos das últimas décadas estão focados na ocorrência e no levantamento do *M. graminicola* nas lavouras de arroz irrigado do estado (GOMES; STEFFEN; ANTONIOLLI, 2009; SPERANDIO; MONTEIRO, 1991; STEFFEN et al., 2007;) e atualmente, tem-se procurado compreender a grande variabilidade que ocorre entre indivíduos da espécie (NEGRETTI, 2013; STEFFEN, 2007). Porém, há carências de trabalhos no que tange à resposta das atuais cultivares de arroz irrigado frente a presença de *M. graminicola* no Rio Grande do Sul.

Tendo em vista a problemática descrita acima, evidencia-se a importância do estudo da resposta dos diferentes cultivares de arroz irrigado atualmente utilizados no Rio Grande do Sul ao ataque de *M. graminicola*, a fim de possibilitar uma

alternativa de manejo que possa ser utilizada por diversos produtores rurais que já possuem populações desse parasita disseminadas em suas áreas de cultivo.

## 2.1 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação localizada na área experimental da Divisão de Pesquisa do Instituto Phytus, município de Itaara, Região Central do Rio Grande do Sul, localizado em latitude 29°35'8"S, longitude 53°48'28"O e altitude de 444m. Um teste de reação de cultivares de arroz irrigado foi realizado com sementes de seis cultivares, IRGA 424 RI, IRGA 428 RI, EPAGRI SCS 121, EPAGRI SCS 116, GURI INTA CL e PUITÁ INTA CL, que foram escolhidas com o intuito de obter uma boa representatividade das utilizadas em áreas comerciais de produção do Rio Grande do Sul e Santa Catarina.

As sementes foram previamente tratadas com 300 mL/100 Kg de sementes do fungicida Vitavax Thiram e semeadas em vasos plásticos, revestidos com sacola plástica de polietileno, contendo três litros de substrato esterilizado composto por solo+areia, em uma proporção de 1:1 com prévia análise química desse substrato. Foi adicionado aos vasos calcário na dose necessária para a correção da acidez do solo até pH 6,0 e fertilizante químico na fórmula NPK na dose necessária ao suprimento dos elementos para as plantas.

No dia 08/02/2017 foram semeadas cinco sementes por vaso e posteriormente, realizado o desbaste restando uma planta por vaso. Aos vinte dias após a emergência, no dia 04/03/2017, foi realizada a inoculação dos vasos, no substrato, com população de cinco mil indivíduos de *Meloidogyne graminicola*, nas fases de ovos e juvenis de segundo estágio (J2). O inóculo foi obtido através de uma população pura proveniente de arroz irrigado mantido em vasos e extraído de raízes através do método de Coolen e D'Herde (1972).

A inoculação foi realizada depositando o inóculo no substrato em três orifícios de dois cm de profundidade ao redor da planta (Figura 1), para que houvesse uma deposição uniforme. O substrato foi mantido em regime hídrico de 70 a 80% da capacidade de campo do momento da inoculação até três dias após, quando foi realizada a completa saturação com água, mantendo uma lâmina de aproximadamente cinco cm ao longo do experimento.

Figura 1. Inoculação dos vasos com população de cinco mil indivíduos de *Meloidogyne graminicola*. Santa Maria, 2019.



Fonte: Natalia Tobin Aita (2019)

O experimento foi avaliado aos sessenta dias após a inoculação, aproximadamente no período de florescimento pleno dos cultivares. Após a coleta do experimento, foram avaliadas massa fresca das raízes e da parte aérea em gramas e foi realizada a extração dos nematoides pelo tritramento das raízes conforme técnica descrita por Coolen e D'Herde (1972) com uso de hipoclorito de sódio (NaOCl) a 1,0%, e a extração dos nematoides contidos no substrato de cada amostra, seguindo a metodologia de Jenkins (1964).

Depois de extraídas as amostras, as mesmas passaram por um processo de decantação e na sequência foram reduzidas a um volume de 10 ml. Um ml de cada amostra foi analisado em microscópio óptico com o auxílio de uma câmara de Peters. Através do resultado das leituras, é possível obter o fator de reprodução do *Meloidogyne graminicola* nos diferentes cultivares, através do cálculo do fator de reprodução do nematoide, utilizou-se a fórmula ( $FR = N_f / N_i$ , onde  $N_f$  = número final de ovos por sistema radicular e  $N_i$  = número inicial de ovos inoculados por sistema radicular), de acordo com Oostenbrink (1966).

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com seis tratamentos e seis repetições, sendo os tratamentos constituídos dos diferentes cultivares. Todos os resultados obtidos foram submetidos à análise dos pressupostos do modelo matemático. Após atendimento dos pressupostos, os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e suas médias comparadas com o uso do teste de Skott-Knott a 5% de probabilidade de erro, com a utilização do software estatístico Sisvar®.

## 2.2 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Analisando os resultados da reação de cultivares (Tabela 1), observamos que todos tiveram suas raízes parasitadas por *Meloidogyne graminicola*, apresentando fator de reprodução (FR) maior que 1,0, sendo considerados suscetíveis conforme metodologia proposta por Oostenbrink (1966). Estes resultados corroboram com os obtidos por Plowright et al. (1999) que, avaliando a resistência de cultivares de arroz irrigado (*Oryza sativa* L.) desenvolvidos no continente africano, observaram que todos mostraram-se suscetíveis ao nematoide das galhas.

Tabela 1. Número de juvenis de segundo estágio (J2) e ovos de *Meloidogyne graminicola* no solo e nas raízes dos diferentes cultivares, seguidos por seus fatores de reprodução. Média de seis repetições. Santa Maria, 2019.

	Substrato (200 cm <sup>3</sup> )		Raiz (10 gramas)		J2+Ovos/g raiz	PF/vaso	FR
	J2	Ovos	J2	Ovos			
<b>IRGA 424 RI</b>	587 d	385 c	2243 C	2290 c	453,3 d	26546,54 c	5.31 c
<b>IRGA 428 RI</b>	993 c	397 c	3750 B	2017 c	576,7 c	36397,89 b	7.28 b
<b>SCS 121</b>	565 d	277 d	988 d	727 d	171,5 e	21469,19 c	4.29 c
<b>SCS 116</b>	570 d	603 b	1930 c	2522 c	445,2 d	31337,84 b	6.27 b
<b>GURI INTA CL</b>	1678 b	558 b	8230 a	8807 a	1703,7 a	74714,77 a	14.94 a
<b>PUITÁ INTA CL</b>	2087 a	895 a	2217 c	5290 b	750,7 b	75336,8 a	15.07 a
<b>CV%</b>	19.97	10.73	17.27	15.01	12,61	16,58	16.59

Médias seguidas de letras diferentes diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ( $p \leq 0,05$ ).

Os valores médios da população de juvenis e ovos de *M. graminicola* variaram na população final e no fator de reprodução, indicando haver diferenças significativas entre os cultivares de arroz testados. O número médio de população final variou de 75336 a 21469 espécimes ou indivíduos, onde os maiores valores foram nos cultivares PUITÁ INTA CL e GURI INTA CL (Tabela 1).

Considerando número de juvenis (J2) encontrados em 200 cm<sup>3</sup> do substrato utilizado nos vasos houve diferença estatística significativa entre os cultivares. O cultivar PUITÁ diferiu significativamente dos demais, apresentando maiores quantidades de indivíduos, seguido pelo GURI INTA CL, pelo IRGA 428 e pelos demais cultivares IRGA 424 RI, SCS 121 e SCS 116 (Tabela 1). Os cultivares também se comportaram de forma distinta em relação ao número de ovos encontrados nas mesmas amostras de substrato, o cultivar PUITÁ foi o que apresentou maior produção de ovos, diferindo estatisticamente dos demais, sendo seguido pelo cultivar SCS 116 e pelo GURI INTA CL. Os cultivares IRGA 424 RI e IRGA 428 apresentam-se na sequência e o cultivar SCS 121 foi o que resultou em menor quantidade de ovos no substrato (Tabela 1).

Em relação aos indivíduos encontrados nas amostras de dez gramas de raízes também houve diferença estatística significativa entre os cultivares. O cultivar GURI INTA CL diferiu significativamente dos demais, sendo o que apresentou maior número de J2, seguido pelo cultivar IRGA 428 (Tabela 1). Os cultivares IRGA 424 RI, SCS 116 e PUITÁ apresentaram-se na sequência e o cultivar SCS 121 foi o que apresentou menor número de J2 nas raízes. Os cultivares também se mostraram significativamente diferentes quando consideramos o número de ovos nas raízes, o cultivar GURI INTA CL também apresentou uma maior quantidade quando comparado aos demais. O PUITÁ foi o segundo a apresentar maior número de ovos nas raízes, nos cultivares IRGA 424 RI, IRGA 428 e SCS 116 foram observadas quantidades um pouco inferiores e por último, o cultivar SCS 121 foi novamente o que apresentou as populações mais baixas (Tabela 1).

Ao avaliar conjuntamente juvenis e ovos e, posteriormente, dividindo o valor por grama de sistema radicular, observa-se a diferença na capacidade de multiplicação dos indivíduos por massa de raiz. O cultivar GURI INTA CL foi o que mais multiplicou *M. graminicola*, totalizando 1703 indivíduos por grama de raiz. O cultivar SCS 116 totalizou 171 indivíduos por grama, sendo o cultivar com menor

número de indivíduos por grama de raiz e evidenciando a diferença na capacidade de multiplicação entre os cultivares (Tabela 1).

Trudgill (1991) também avaliou cultivares de arroz frente a *M. graminicola* e concluiu que todos os testados foram suscetíveis a *M. graminicola*, porém demonstraram diferentes graus de suscetibilidade. De forma similar, os cultivares utilizados no presente trabalho, apesar de serem suscetíveis, também apresentam algumas diferenças quanto a multiplicação dos indivíduos, resultando em fatores de reprodução diferentes entre eles, desta forma, a escolha de cultivares com menores FR pode servir como opção de ferramenta de manejo.

Todos os fatores de reprodução (Tabela 1) apresentaram valores maiores que um, sendo nesse caso considerados suscetíveis a *Meloidogyne graminicola* segundo Oostenbrink (1966). Manser (1971) em ensaios conduzidos no país asiático Laos, onde foram avaliados dezenas de cultivares de arroz irrigado, também não obteve materiais resistentes a *M. graminicola*. No presente estudo, os cultivares PUITÁ e GURI INTA CL não diferiram estatisticamente entre si, representando os dois cultivares com os maiores fatores de reprodução dentre os testados, 15,07 e 14,94, respectivamente.

O maior ou menor número de indivíduos parasitando as plantas pode estar relacionado a alguma expressão de incompatibilidade da planta ao nematoide. Hussey (1985) afirma que as secreções das glândulas esofagianas dos nematoides endoparasitas estão intimamente relacionadas com a suscetibilidade das plantas, pois a partir delas, modificações celulares são induzidas e mantidas como sítio específico de alimentação do nematoide. Desta forma, algumas cultivares podem apresentar menor desenvolvimento do nematoide no interior das raízes, devido a algum tipo de mecanismo de defesa apresentado pelas plantas de arroz irrigado à ação parasítica do nematoide.

Os cultivares IRGA 428 (FR 7,28) e SCS 116 (FR 6,27) se comportaram de maneira intermediária em relação ao fator de reprodução. Já o SCS 121 e o IRGA 424RI foram estatisticamente os cultivares que apresentaram os menores fatores de reprodução dentre os testados, 4,29 e 5,31, respectivamente. Steffen et al. (2007) estudaram a resposta de cultivares de arroz irrigado a *Meloidogyne graminicola* e concluíram que dentre os cultivares avaliados, o IRGA 424 CL apresentou o menor fator de reprodução (5,76), sendo considerado pelos autores um material, embora suscetível por possuir FR maior que 1, tolerante a *M. graminicola*.

Os resultados de massa fresca dos cultivares não foram submetidos a análise estatística devido ao fato de não haver o comparativo da planta sem o inóculo. Porém, na Tabela 2, podem ser observadas as médias das repetições de cada cultivar. O cultivar GURI INTA CL apresentou os menores valores, tanto em relação a massa fresca de parte aérea, quanto a massa do sistema radicular. Já o cultivar SCS 121 foi o cultivar com maior massa fresca de sistema radicular. Esses resultados estão de acordo com os encontrados em relação a sensibilidade das cultivares, discutida através dos dados apresentados na Tabela 1.

Tabela 2. Massa fresca de parte aérea e de raiz dos cultivares inoculados com cinco mil indivíduos de *Meloidogyne graminicola*. Média de seis repetições. Santa Maria, 2019.

Cultivar	Massa Fresca de Parte Aérea (g)	Massa Fresca de Raiz (g)
IRGA 424 RI	100,2	31,6
IRGA 428 RI	103,2	32,6
SCS 121	98,6	63,1
SCS 116	94,6	37,6
GURI INTA CL	94,4	27,7
PUITÁ INTA CL	114,4	51,2

Observando os resultados discutidos através do presente estudo, pode-se concluir que os cultivares SCS 121 e IRGA 424 RI representam uma alternativa de manejo para produtores que possuem a presença de *Meloidogyne graminicola* nas suas áreas de cultivo. A utilização de cultivares com menor fator de reprodução pode reduzir a velocidade de multiplicação das populações do nematoide nas áreas, quando comparado a utilização dos cultivares com fator de reprodução maior, amenizando os danos causados pelo *M. graminicola* nas lavouras de arroz irrigado.

### 2.3 CONCLUSÕES

Diante dos resultados obtidos nas condições desse experimento e de acordo com os parâmetros avaliados, os cultivares IRGA 424 RI, IRGA 428 RI, EPAGRI SCS 121, EPAGRI SCS 116, GURI INTA CL e PUITÁ INTA CL são suscetíveis a *M. graminicola*.

Os cultivares testados apresentaram diferentes fatores de reprodução, sendo que o GURI INTA CL e o PUITÁ INTA CL tiveram os maiores valores e os cultivares SCS 121 e IRGA 424 RI os menores.

Devido aos menores fatores de reprodução apresentados, os cultivares SCS 121 e IRGA 424 podem ser utilizados como ferramenta de manejo em áreas infestadas por *Meloidogyne graminicola*.

### 3. QUANTIFICAÇÃO DE DANO DO ARROZ IRRIGADO PARASITADO POR *Meloidogyne graminicola*

No Brasil, cerca de 2,8 milhões de hectares são cultivados com arroz. A região sul do país se destaca, sendo que mais de um milhão de hectares produzidos estão localizados no Rio Grande do Sul e pouco mais de 150 mil em Santa Catarina, sob regime de irrigação por inundação nos dois estados. Desta forma, o país ocupa posição de destaque no cenário orizícola mundial com produção total de 11,2 milhões de toneladas, destacando-se como maior produtor fora do continente asiático (SOSBAI, 2016).

Apesar de várias espécies de fitonematoides atacarem arroz irrigado, a espécie *Meloidogyne graminicola* é considerada a de maior potencial danoso para o sistema de cultivo (BRIDGE; PLPWRIGHT; PENG, 2005). No Brasil, somente na década de 1990 foi relatada a presença dessa espécie na cultura do arroz irrigado (SPERANDIO; MONTEIRO, 1991). Posteriormente, a ocorrência generalizada de *Meloidogyne graminicola* foi relatada na depressão central do Rio Grande do Sul (STEFFEN et al., 2007) e no Estado de Santa Catarina (GOMES; STEFFEN; ANTONIOLLI, 2009).

A literatura relata reduções de produtividade entre 11% e 80% causadas pela espécie *Meloidogyne graminicola* à cultura do arroz irrigado (PADGHAM et al., 2004; DE WAELE; ELSSEN, 2007). Entretanto, as condições utilizadas nesses trabalhos, não refletem as condições de cultivo do arroz atualmente utilizadas no estado do Rio Grande do Sul. Além disso, as informações sobre quais densidades de nematoides que promovem reduções em produtividade da cultura do arroz são escassas. Muitos fatores podem interferir nos prejuízos causados por estes nematoides, podendo variar com o grau de resistência das plantas, com a densidade populacional no solo e com o manejo da irrigação na área (GOMES et al., 1997).

Campos (1999) afirmou que o ideal é manipular a população do nematoide para manter abaixo do limite de dano econômico, definido como a intensidade de doença na qual o benefício do controle iguala-se ao seu custo. Entretanto, para que essa afirmação seja operacional, é necessário primeiramente quantificar os danos causados pelos nematoides. Desta forma, evidencia-se a necessidade quantificar os danos ocorridos no arroz irrigado submetido ao parasitismo de *Meloidogyne*

*graminicola*, levando em consideração diferentes densidades populacionais de indivíduos.

### **3.1 MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1.1 Casa de vegetação**

Primeiramente, foi conduzido um experimento em casa de vegetação, localizada na área experimental do Instituto Phytus, município de Itaara, Região Central do Rio Grande do Sul, localizado em latitude 29°35'8"S, longitude 53°48'28"O e altitude de 444m.

Foi preparado o substrato esterilizado composto por solo+areia em uma proporção de 1:1 e realizada correção da acidez até pH 6,0 e fertilização química na fórmula NPK. Posteriormente, o substrato já corrigido quimicamente foi depositado em um total de 56 vasos com capacidade de 3 litros, revestidos com sacola plástica de polietileno a fim de reter a irrigação.

O ensaio foi instalado com dois cultivares de arroz irrigado conforme os resultados do experimento 1, desta forma, 28 vasos receberam o cultivar GURI INTA CL e os outros 28 vasos receberam o IRGA 424 RI. Foi realizada a semeadura no dia 28/11/2017, com cinco sementes por vaso a dois cm de profundidade, sendo que as sementes foram previamente tratadas com 300 mL/100 Kg de sementes do fungicida Vitavax Thiram. Posteriormente, foi realizado desbaste, restando uma planta por vaso.

As plantas das duas cultivares foram inoculadas no dia 18/12/2017 com sete densidades populacionais de *Meloidogyne graminicola* (Tabela 3), tendo quatro repetições por tratamento. O inóculo utilizado era composto por juvenis de segundo estágio (J2s) e ovos. As densidades foram zero, 500, 2500, 5000, 10000, 20000 e 30000 indivíduos por planta. A inoculação foi realizada sendo depositado o inóculo no substrato em três orifícios de dois cm de profundidade e um cm do colo da planta, para uma deposição uniforme. O inóculo foi obtido através de uma população pura proveniente de arroz irrigado mantido em vasos e extraído de raízes através do método de Coolen e D'Herde (1972), com uso de hipoclorito de sódio (NaOCl) a 1,0%.

Tabela 3. Tratamentos aplicados no experimento bifatorial de quantificação de dano de arroz irrigado submetidos a diferentes densidades populacionais de *Meloidogyne graminicola*. Santa Maria, 2019.

Tratamentos	Fator A (Cultivar)	Fator D (Número de J2s + Ovos inoculados)
A1D1	GURI INTA CL	0
A1D2	GURI INTA CL	500
A1D3	GURI INTA CL	2.500
A1D4	GURI INTA CL	5.000
A1D5	GURI INTA CL	10.000
A1D6	GURI INTA CL	20.000
A1D7	GURI INTA CL	30.000
A2D1	IRGA 424 RI	0
A2D2	IRGA 424 RI	500
A2D3	IRGA 424 RI	2.500
A2D4	IRGA 424 RI	5.000
A2D5	IRGA 424 RI	10.000
A2D6	IRGA 424 RI	20.000
A2D7	IRGA 424 RI	30.000

O substrato foi mantido em regime hídrico de 70 a 80% da capacidade de campo do momento da inoculação até as plantas estarem em V3/V4, quando foi realizada a primeira adubação nitrogenada com uréia, em uma dose equivalente a 200 kg/ha. Posteriormente, foi realizada a completa saturação com água, mantendo uma lâmina de aproximadamente cinco cm ao longo de todo o experimento (SOSBAI, 2016). No decorrer do ciclo da cultura, foi realizada a segunda aplicação nitrogenada. Aos 60 DAI as plantas foram avaliadas quanto a parâmetros de crescimento, sendo eles estatura das plantas, massa fresca de parte aérea, massa fresca das raízes, extração dos nematoides das raízes e extração dos nematoides do substrato contido nos vasos.

Para avaliação do parâmetro estatura de plantas foi realizada a medição individual de cada planta contida em cada vaso, utilizando régua graduada em centímetros (cm), sendo considerada a distância entre o solo e o ponto de crescimento ativo da planta. Após a coleta do experimento, as plantas foram lavadas com água corrente e, após ser retirado o excesso de água, separou-se a parte aérea

e o sistema radicular e mediram-se as massas separadamente com o auxílio de uma balança de precisão.

Após a medição de todos os parâmetros de crescimento de planta, as raízes foram submetidas a extração dos nematoides pelo tritramento conforme técnica descrita por Coolen e D'Herde (1972) com uso de hipoclorito de sódio (NaOCl) a 1,0%, e também foi realizada a extração dos nematoides contidos em uma amostra do substrato, seguindo a metodologia de Jenkins (1964) para posterior cálculo do fator de reprodução por Oostenbrink (1966).

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, sendo que os tratamentos foram dispostos em arranjo bifatorial 2x7 cujos dois fatores foram dois cultivares de arroz com sete densidades populacionais de *Meloidogyne graminicola* com quatro repetições. Todos os resultados obtidos foram submetidos à análise dos pressupostos do modelo matemático. Após atendimento dos pressupostos, os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) utilizando o software estatístico Sisvar®. Posteriormente, foram feitas análises de regressão. Foi utilizado como critério para a escolha do modelo o coeficiente de determinação a significância do coeficiente de regressão. Na medida que o efeito da interação entre os cultivares e as densidades populacionais do nematóide foram significativas, as densidades foram comparadas dentro de cada cultivar. Modelos não significativos não possuem suas regressões apresentadas.

### 3.1.2 Campo

Além do experimento em casa de vegetação, foi conduzido um ensaio a campo com o objetivo de determinar dano em produtividade de uma área comercial onde o patógeno já se encontrava disseminado. O experimento foi instalado no município de Dona Francisca, Região Central do Rio Grande do Sul, localizado em latitude 29°36'41"S, longitude 53°21'03"O e altitude de 64m.

Em uma lavoura comercial do cultivar IRGA 424 RI, que possuía plantas com sintomas do parasitismo de *Meloidogyne graminicola* (Figura 2), foi realizado um grid de coleta, de 43 amostras de solo, para determinação da variação da população inicial do patógeno na área (Figura 3). A coleta foi realizada no dia 05/12/2017, em solo seco, 25 dias após a semeadura, a qual ocorreu no dia 10/11/2017. No

momento das amostragens, a lavoura se encontrava estabelecida, com plantas nos estágios de V2-V3, no período que antecede a irrigação e os manejos de adubação e controle de ervas daninhas.

Figura 2. Raiz de uma planta de arroz irrigado com sintoma de galhas, devido ao parasitismo de *M. graminicola*, no município de Dona Francisca. Santa Maria 2019.



Fonte: Natalia Tobin Aita (2019)

Figura 3. Distribuição das coletas para determinação das populações iniciais da área experimental de campo, no município de Dona Francisca. Santa Maria, 2019.



Fonte: Natalia Tobin Aita (2019)

Os 43 pontos coletados estavam distribuídos em um mesmo quadro de cultivo, onde cada ponto foi representado por uma amostra de solo composta, sendo a profundidade da coleta limitada a 10 cm (Figura 4). Após a coleta, as amostras foram acondicionadas em caixas térmicas e levadas até o laboratório de extração de nematoides do Instituto Phytus, onde foi utilizado a metodologia de Jenkins (1964) para contabilização do número de indivíduos por 200 cm<sup>3</sup> de solo. As amostras foram analisadas em duplicata.

Figura 4. Amostragem de solo para determinação das populações iniciais de *M. graminicola* na área experimental de campo, no município de Dona Francisca. Santa Maria, 2019.



Fonte: Natalia Tobin Aita (2019)

Após serem realizadas as análises em laboratório, foram escolhidas as parcelas para realizar as amostragens seguintes. As parcelas, de 2 m<sup>2</sup> cada (Figura 5), foram alocadas nos diferentes tratamentos, baseadas nas suas populações

iniciais médias de indivíduos J2+ovos presentes nas amostras de solo. Os tratamentos foram determinados baseados na população de *M. graminicola* do solo com o objetivo de gerar um dado que possa ser utilizado com maior abrangência em relação aos produtores, devido a maior facilidade da coleta e da análise dos nematoides presentes no solo, quando comparado a coleta e análise da raiz.

Desta forma, determinaram-se três tratamentos, nos quais as parcelas do T1 possuíam até 100 indivíduos por 200 cm<sup>3</sup> de solo, T2 de 101-300 indivíduos por 200 cm<sup>3</sup> de solo e T3 mais que 300 indivíduos por 200 cm<sup>3</sup> de solo. Cada uma das populações (T1, T2 e T3) tinham cinco repetições no campo, sendo assim, 15 parcelas seguiram sendo coletadas ao longo do ciclo da cultura para controle da flutuação populacional.

Figura 5. Demarcação das parcelas de dois metros quadrados para avaliação da produtividade final, na área experimental no município de Dona Francisca. Santa Maria, 2019.



Fonte: Natalia Tobin Aita (2019)

As coletas para controle da flutuação populacional, distribuídas ao longo do ciclo da cultura, foram realizadas sempre na sexta linha de semeadura, ou seja, a primeira linha fora do quadro de 2 m<sup>2</sup>, o qual foi delimitado para posteriormente quantificar a produtividade final. A primeira avaliação de solo foi a mesma utilizada para determinação da população inicial, realizada no dia 05/12/2017 em solo seco, 25 dias após a semeadura. No dia 19/12/2017 foi realizada a primeira coleta de raízes em solo já alagado. As demais coletas foram de amostras de solo e raiz retiradas da lavoura conjuntamente, nos dias 15/01/2018, 21/02/2018 e 28/03/2018.

Na data da última amostragem de solo e raiz, também foi realizada a coleta das parcelas para avaliar a produtividade final e demais parâmetros de grãos. As parcelas de 2 m<sup>2</sup> foram colhidas manualmente e ensacadas. Após, foram trilhadas e os grãos foram secos em estufa de ar forçado até atingirem aproximadamente 13% de umidade. As amostras foram pesadas para estimar a produtividade e os grãos foram avaliados quanto a massa de mil grãos (MMG).

## **3.2 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **3.2.1 Casa de vegetação**

Os dados de infecção das raízes decorrentes das diferentes densidades populacionais inoculadas, da multiplicação desses indivíduos e do aumento da população presente no substrato, foram obtidos através da extração dos nematoides de acordo com as metodologias estabelecidas. Os resultados dessas quantificações estão apresentados no Apêndice A.

Analisando os resultados obtidos no experimento de casa de vegetação foi observado que em todos os parâmetros avaliados os cultivares foram significativamente diferentes, se comportando de maneira distinta ao aumento das populações de nematoide inoculadas. Em relação à resposta ao aumento das doses de inóculo, apenas o parâmetro massa fresca do sistema radicular apresentou resposta significativa, diminuindo proporcionalmente conforme se deu o aumento da população de *M. graminicola*.

Tabela 4. Estatura de plantas (cm) das cultivares GURI INTA CL e IRGA 424 RI inoculadas com diferentes densidades populacionais de *Meloidogyne graminicola*. Santa Maria, 2019.

Densidade populacional (J2+ovos)	Estatura das plantas (cm)	
	GURI INTA CL	IRGA 424 RI
0	83,8 a	72,1 a
500	86,3 a	70,0 a
2500	83,4 a	71,9 a
5000	85,6 a	70,6 a
10000	85,8 a	70,9 a
20000	85,8 a	72,3 a
30000	83,8 a	70,4 a
CV(%)	4,69	6,43

Médias seguidas de letras diferentes diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ( $p \leq 0,05$ ).

O parâmetro estatura das plantas não respondeu ao aumento da população do inóculo de *M. graminicola* (Tabela 4), mantendo-se relativamente estável em todos os tratamentos. Esse resultado contradiz o que foi observado por Ribeiro et al., (1984), quando houve a diminuição de 19,59% na estatura das plantas do cultivar Bluebelle infestadas por *M. graminicola*.

Tabela 5. Massa fresca de parte aérea das cultivares GURI INTA CL e IRGA 424 RI inoculadas com diferentes densidades populacionais de *Meloidogyne graminicola*. Santa Maria, 2019.

Densidade populacional (J2+ovos)	Massa Fresca da Parte Aérea (g)	
	GURI INTA CL	IRGA 424 RI
0	122,773 a	100,060 a
500	106,178 b	107,482 a
2500	112,012 b	94,533 a
5000	108,370 b	97,510 a
10000	118,995 a	98,447 a
20000	112,833 b	105,715 a
30000	107,065 b	100,423 a
CV(%)	5,55	10,64

Médias seguidas de letras diferentes diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ( $p \leq 0,05$ ).

O parâmetro massa fresca da parte aérea apresentou resultados estatisticamente diferentes de acordo com o cultivar. O cultivar IRGA 424 RI não diferiu estatisticamente, tendo apenas uma tendência de redução da massa da parte aérea apenas nos tratamentos que receberam 2500, 5000 e 10000 J2+ovos de *M. graminicola* por planta. Já o cultivar GURI INTA CL, por ser mais sensível ao nematoide, teve massa fresca da parte aérea menor quando exposto ao nematoide, independente da densidade de população, exceto nas plantas que receberam uma população de 10000 J2+ovos de *M. graminicola* como pode ser observado na Tabela 5.

Nossos resultados corroboram com os de Belan et al. (2011), que avaliaram o efeito de cinco populações iniciais ( $P_i$ ) crescentes de *Meloidogyne javanica* [0; 2.000; 4.000; 6.000 ou 8.000 ovos + juvenis de segundo estadio (J2)/planta] no desenvolvimento vegetativo de cinco genótipos de tomateiro cereja. Apenas no acesso 2, houve redução linear da área foliar quando as plantas receberam níveis crescentes de nematoides. Os demais acessos tiveram redução variável da área foliar nos diferentes níveis populacionais de nematoides.

Figura 6. Vasos do cultivar GURI INTA CL organizados da esquerda para a direita conforme o aumento das densidades de *M. graminicola*. Santa Maria, 2019.



Fonte: Natalia Tobin Aita (2019)

Figura 7. Vasos do cultivar IRGA 424 RI organizados da esquerda para a direita conforme o aumento das densidades de *M. graminicola*. Santa Maria, 2019.



Fonte: Natalia Tobin Aita (2019)

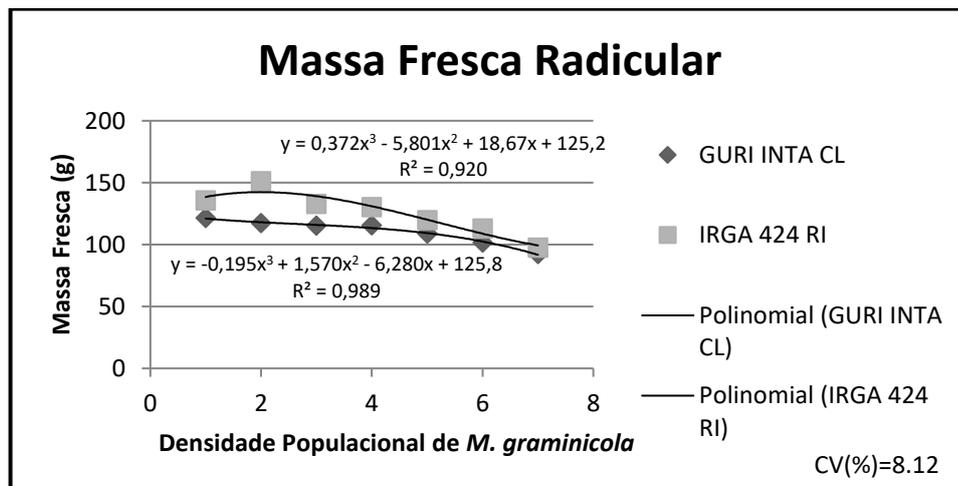
Ainda em relação a parte aérea das plantas de arroz irrigado dos dois cultivares, um fator observado durante a condução do experimento foi o amarelecimento das folhas das plantas proporcionalmente ao aumento das densidades de *M. graminicola* inoculadas, principalmente acima de 10.000 indivíduos de *M. graminicola* (Figuras 6 e 7).

Essa perda de coloração das folhas pode ser um indicativo do menor teor de clorofila nas plantas, ocasionado por uma menor absorção de nutrientes e resultando em menores taxas fotossintéticas. O cultivar GURI INTA CL (Figura 6) apresentou um maior amarelecimento, devido a sua maior sensibilidade. O cultivar IRGA 424 RI (Figura 7) demonstrou um amarelecimento menos intenso em comparação visual ao cultivar GURI INTA CL.

A massa fresca do sistema radicular das plantas expressou a redução do acúmulo de tecido da raiz inversamente proporcional ao aumento das densidades populacionais de *M. graminicola* inoculadas nas plantas, independentemente do cultivar inoculado o comportamento foi similar, respondendo aos tratamentos de maneira estatisticamente significativa. Ao analisarmos a resposta da massa fresca do sistema radicular dos dois cultivares de maneira isolada (Gráfico 1), foi observado

novamente a maior sensibilidade do cultivar GURI INTA CL, que apresentou diminuição do acúmulo de tecido de raiz de maneira inversamente proporcional a todas as densidades populacionais de *M. graminicola* inoculadas.

Gráfico 1. Massa Fresca Radicular das cultivares GURI INTA CL e IRGA 424 RI inoculadas com diferentes densidades populacionais de *Meloidogyne graminicola*. Santa Maria, 2019.



O cultivar IRGA 424 RI apresentou uma pequena reação, aumentando a massa fresca radicular quando inoculado com a menor densidade populacional (500 indivíduos de *M. graminicola*), de maneira similar ao que observamos com o comprimento do sistema radicular. Porém, com o aumento da densidade populacional, a partir de 2500 indivíduos inoculados, a perda de massa do sistema radicular do cultivar IRGA 424 RI também ocorreu. Esse resultado mostra que o cultivar, apesar de demonstrar maior tolerância até a densidade 500 indivíduos de *M. graminicola*, quando submetido a uma maior população do nematoide se comporta como suscetível, resultando em danos no desenvolvimento.

Kumar et al. (2017) avaliaram plantas de sorgo inoculadas em diferentes níveis de inóculo (0, 10, 100, 500, 1000 e 10000 J2) de *M. graminicola*. Neste trabalho, também foi observado que um nível inicial de inóculo de 500 J2 / kg de solo causou uma redução significativa nos parâmetros de crescimento das plantas e provou ser patogênico para as plantas de sorgo. Com o aumento do nível de inóculo de *M. graminicola*, houve uma diminuição progressiva no parâmetro de massa da

raiz em todas as densidades populacionais iniciais em relação ao controle não inoculado.

Na Tabela 6 é possível observar as correlações existentes entre a massa fresca do sistema radicular das plantas de arroz irrigado com a quantidade de indivíduos de *M. graminicola* resultante das extrações de Coolen e D'Herde (1972) nas raízes e Jenkis (1964) no substrato dos vasos (Apêndice A). Ao analisar as correlações decorrentes da interação desses fatores, é possível afirmar que apesar dos dois cultivares possuírem níveis distintos de suscetibilidade, quanto maior for a população de *M. graminicola* incidindo sobre o sistema radicular das plantas de arroz irrigado, maior será a diminuição do acúmulo de tecido nas raízes.

Tabela 6. Correlações da massa fresca do sistema radicular com o número de indivíduos encontrados nas análises de raiz e do substrato. Santa Maria, 2019.

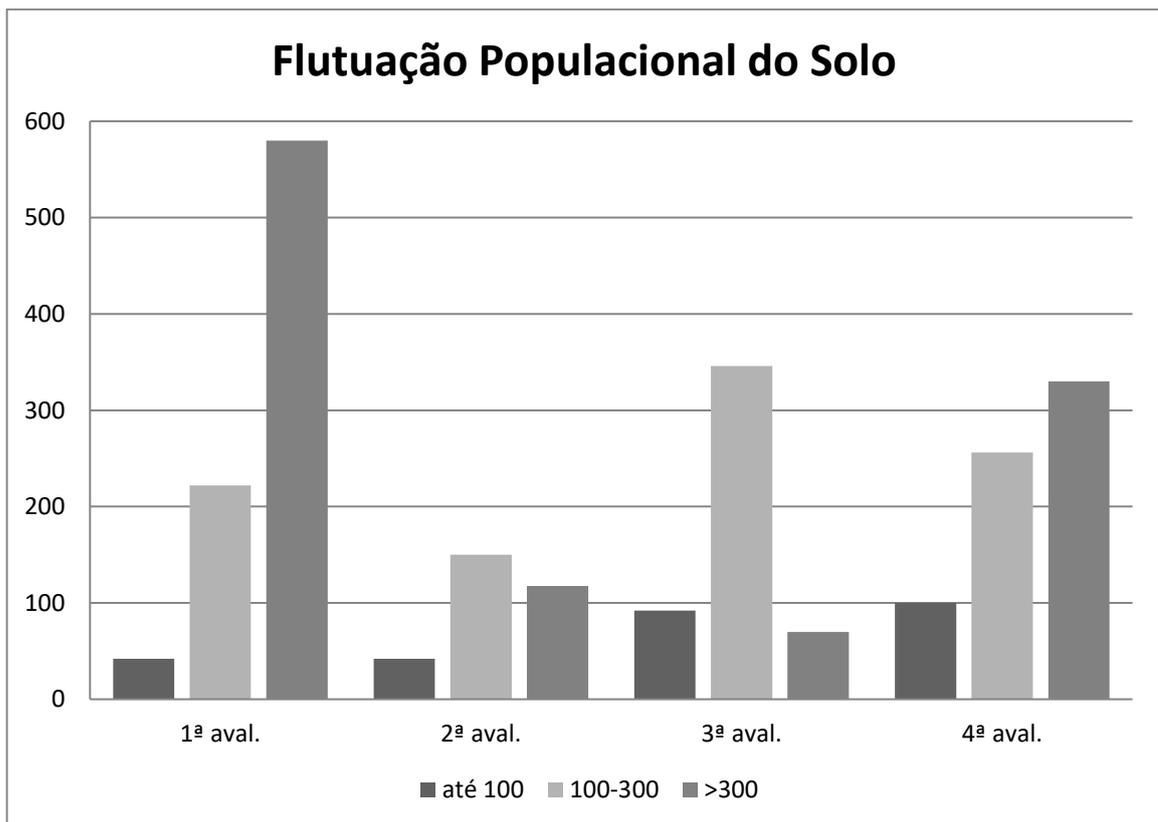
GURI INTA CL	Nº		Nº ovos /10g raiz	Nº J2/200cm <sup>3</sup> substrato	Nº ovos /200cm <sup>3</sup> substrato
	indivíduos/grama de raiz	Nº J2 /10g raiz			
MFR	-0,88	-0,89	-0,72	-0,65	-0,74
IRGA 424	Nº		Nº ovos /10g raiz	Nº J2/200cm <sup>3</sup> substrato	Nº ovos /200cm <sup>3</sup> substrato
	indivíduos/grama de raiz	Nº J2 /10g raiz			
MFR	-0,91	-0,92	-0,81	-0,86	-0,96

Após avaliar esses resultados, atribuímos que esse fator deva ter gerado o amarelecimento foliar observado nos vasos com maior quantidade de inóculo, pois menor volume de raízes dificultou a absorção de nutrientes e de água, prejudicando todo o fotossistema das plantas. Segundo Taiz e Zeiger (2017), os sintomas de deficiência nutricional na parte aérea das plantas são a expressão de distúrbios metabólicos resultantes do suprimento insuficiente de um ou mais elementos essenciais. Tais problemas estão relacionados às funções desempenhadas pelos nutrientes no metabolismo e no funcionamento normal da planta. Esse suprimento insuficiente de nutrientes às plantas pode ser acarretado pelos danos causados por nematoides nas raízes das plantas.

### 3.2.2 Campo

A flutuação populacional resultante das análises de solo e tecido radicular das plantas de arroz coletadas ao longo do ciclo de cultivo ajuda a compreender o comportamento dos indivíduos de *Meloidogyne graminicola* durante o desenvolvimento da cultura (Tabela 7). Conforme foi descrito na metodologia do presente estudo, a população de nematoides presente no solo foi utilizada como parâmetro inicial para definir o dano produtivo e sua flutuação populacional, ou seja, o resultado das coletas subsequentes, está apresentado no Gráfico 2.

Gráfico 2. Flutuação populacional de *Meloidogyne graminicola* no solo. Santa Maria, 2019.



Foi observada uma queda na densidade de indivíduos na segunda avaliação, que pode ser justificada pela migração dos indivíduos do solo para dentro do tecido radicular das plantas. Essa infecção inicial é prejudicial para as plantas de arroz, pois nesse período o sistema radicular ainda é muito pequeno em relação a volume e capacidade de resistência física (Figura 8).

Figura 8. Galhas causadas por *M. graminicola* em plantas de arroz irrigado na área do experimento. Santa Maria, 2019.



Fonte: Natalia Tobin Aita (2019)

Além da fragilidade radicular, nas primeiras semanas de cultivo há ausência da lâmina de água, o que gera maior suscetibilidade da raiz ao ataque e infecção pelo nematoide. Steffen et al. (2007), estudando cultivares em diferentes condições de saturação hídrica, concluíram que na condição de alagamento a penetração do nematoide nas raízes da maioria dos cultivares de arroz foi menor, confirmando a hipótese de que em condições de campo a maior taxa de infecção ocorra inicialmente, no período que antecede o alagamento.

A partir da terceira coleta, a população presente na área voltou a apresentar crescimento. O aumento das populações se deve a oviposição das fêmeas no solo, considerando que o ciclo do *Meloidogyne graminicola* dure em média de 19 a 27 dias (BRIDGE; PAGE, 1982). Na última coleta observou-se uma tendência similar a primeira, o que conclui que a população após o cultivo de uma safra de arroz se manteve estável.

Houve diferença significativa nas produtividades entre as parcelas que possuíam populações iniciais diferentes, valores que comprovam não somente o dano na produtividade final causado por *Meloidogyne graminicola*, como também a mudança no impacto gerado conforme for o aumento da densidade populacional do patógeno na área (Tabela 7).

Tabela 7. Número de juvenis de segundo estágio (J2) e ovos no solo e nas raízes em cada uma das avaliações com as produtividades e massas de mil grãos finais. Santa Maria, 2019.

	1ª avaliação		2ª avaliação		3ª avaliação		4ª avaliação		Produtividade (13% um.)	Massa de mil grãos
	SOLO	RAIZ	SOLO	RAIZ	SOLO	RAIZ	SOLO	RAIZ		
T1	42c	558b	42b	560c	92b	2100b	100a	1566b	10708,76a	26,33a
T2	222b	2836a	150a	3026a	346a	11550a	256a	2514b	10287,90a	26,26a
T3	580a	637,6b	117,6a	1120b	70b	1760b	330a	5357,6a	9891,81a	25,92a
CV(%)	36,50	78,56	39,91	18,26	58,01	75,23	62,89	64,65	2,34	2,74

Médias seguidas de letras diferentes diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ( $p \leq 0,05$ ).

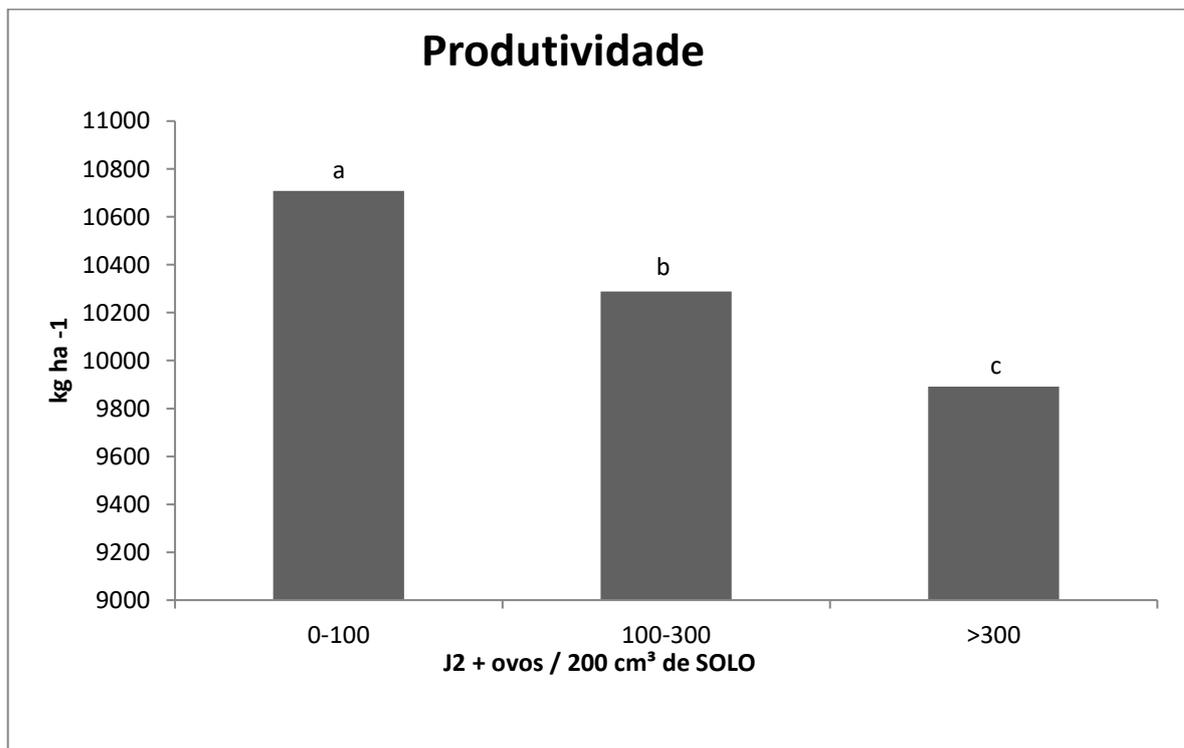
Os altos coeficientes de variação resultantes das extrações dos nematoides contidos nas raízes e no solo do experimento a campo são justificados pelo modelo da avaliação. Por se tratar de uma avaliação destrutiva, há dificuldade de manter o controle sobre o crescimento da população na área, tendo em vista que o resultado pode ter alta variação dependendo da planta coletada a campo. Isso justifica o valor da terceira avaliação de raiz do T2, que pode ter sido resultado da extração de plantas com uma população de nematoides acima da média da parcela. Esse fator evidencia a necessidade do ajuste de novas metodologias para aperfeiçoamento da técnica de extração de nematoides em raízes de arroz irrigado, em decorrência do alto adensamento das plantas na lavoura e do grande volume radicular.

Em relação ao dano na produtividade causado pelo *M. graminicola*, as parcelas que possuíam população inicial de até 100 indivíduos por 200 cm<sup>3</sup> de solo (T1) tiveram produtividade média de 10708,76 Kg/ha. Com o aumento da população para uma faixa estabelecida entre 100 e 300 indivíduos por 200 cm<sup>3</sup> de solo (T2), a

produtividade caiu para 10287,90 Kg/ha, ou seja, houve uma queda de 420,86 kg/ha na produção, o que representa um dano de 3,93% (Gráfico 3).

A queda na produção foi ainda maior quando se compara a produtividade das parcelas que possuíam a maior densidade populacional com as que possuíam as menores densidades (Gráfico 3). A produtividade média das parcelas com mais de 300 indivíduos por 200 cm<sup>3</sup> de solo (T3) foi de 9891,81 Kg/ha, ou seja, 396,09 kg/ha a menos quando comparada a produtividade final do T2 (dano de 3,85%), e 816,95 kg/ha a menos quando comparada com a produtividade do T1 (dano de 7,62%).

Gráfico 3. Resposta da produtividade as densidades populacionais de *Meloidogyne graminicola* no solo. Santa Maria, 2019.



A literatura possui relatos de danos em produtividades causados por *Meloidogyne graminicola* em outros países, os valores ficam entre 11 e 80% (SORIANO & REVERSAT, 2003; DE WAELE & ELSEEN, 2007) e 70 % segundo estudos conduzidos por Kyndt; Fernandez e Gheysen, 2014. Porém, essas porcentagens de dano representam valores que não estão associados a uma determinada população de nematoides, o que dificulta a aplicabilidade dos dados, pois segundo Gomes et al. (1997), muitos fatores podem interferir no dano, dentre

eles o grau de resistência das plantas, a densidade populacional no solo e bem como no manejo da irrigação na área.

Em relação a massa de mil grãos (Tabela 7), mesmo não havendo diferença estatística significativa, foi observado tendência de redução conforme aumento nas densidades populacionais iniciais do nematoide no solo, o que é um dos principais fatores que pode ter influenciado a diminuição da produtividade final. Essa linha de tendência a redução da massa de mil grãos pode estar associada a uma série de fatores decorrentes do parasitismo das raízes pelos nematoides, como a destruição dos vasos condutores das raízes, a menor assimilação de nutrientes e água e as menores taxas fotossintéticas (MANTELIN; BELLAFIORE; KYNDT, 2016).

### **3.3 CONCLUSÕES**

Diante dos resultados obtidos e nas condições desses experimentos, o aumento da população de *Meloidogyne graminicola* causou diminuição no sistema radicular das plantas de arroz irrigado.

A população inicial de 300 J2 de *Meloidogyne graminicola* por 200 cm<sup>3</sup> de solo resultou em dano significativo na produtividade, quando comparada às parcelas com população de até 100 indivíduos por 200 cm<sup>3</sup> de solo.

## CONCLUSÃO

Os cultivares IRGA 424 RI, IRGA 428 RI, EPAGRI SCS 121, EPAGRI SCS 116, GURI INTA CL e PUITÁ INTA CL mostraram reação suscetível a *M. graminicola*.

Dentre os cultivares testados, GURI INTA CL e PUITÁ INTA CL apresentaram os maiores valores de fator de reprodução, enquanto os cultivares SCS 121 e IRGA 424 RI apresentaram os menores valores de fator de reprodução.

O aumento da população de *Meloidogyne graminicola* causou diminuição no sistema radicular das plantas de arroz irrigado e uma população inicial de 300 J2 de *Meloidogyne graminicola* por 200 cm<sup>3</sup> de solo resultou em redução significativa na produtividade.

Tendo em vista a ausência de alternativas de controle e a dificuldade no manejo da cultura do arroz irrigado, o presente trabalho evidenciou a importância do problema causado pelo *Meloidogyne graminicola* na cultura, indicando a necessidade de mais estudos em relação a essa doença e de ajustes metodológicos para que futuros estudos possam ser realizados.

## REFERÊNCIAS

BARKER, K. R. Perspectives on plant and soil nematology. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, v. 41, p. 1-25, 2003.

BELLAFIORE, S. et al. Intraspecific variability of the facultative meiotic parthenogenetic root-knot nematode (*Meloidogyne graminicola*) from rice fields in Vietnam. **CR Biol**, [S.l.], v. 7, p. 471-483, jul. 2015.

BELAN, L.L. et al. Efeitos de Densidades Crescentes de Inóculo de *Meloidogyne javanica* no Desenvolvimento Vegetativo de Genótipos de Tomateiro Cereja. **Revista Tropica – Ciências Agrárias e Biológicas**, Maranhão V. 5, N. 1, pag. 22, 2011

BRIDGE, J.; PAGE. S.L.J. The rice root-knot nematode, *Meloidogyne graminicola*, on deep water rice (*Oryza sativa* subsp. *indica*). **Rev. Nematol.**, Paris, v. 5, p. 225–32, 1982.

BRIDGE, J.; PLOSRIHT, R.A; PENG, D. Nematode parasites of rice. In: Plant parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture. **CABI Bioscience**, Wallingford, v. 2, p. 87-130, 2005.

CABASAN, M.T.N. et al. Histopathology of the rice rootknot nematode, *Meloidogyne graminicola*, on *Oryza sativa* and *O. glaberrima*. **Nematology**, [S.l.], v. 16, p. 73-8, jul. 2014.

CAMPOS, V.P. **Manejo de doenças causadas por fitonematoídes. Curso de pós graduação a distância**: Manejo de doenças de plantas. Editora UFLA/FAEPE, UFLA, 1999, 120p.

COLEMAN, D. C.; CROSSLEY, D. A. Jr. **Fundamentals of soil ecology**. San Diego: Academic Press, p. 205, 1995.

COOLEN, W. A.; D'HERDE, C. J. **A method for the quantitative extraction of nematodes from plant tissue.** Ghent, BE: State Nematology and Entomology Research Station, p.77, 1972.

DE WAELE D.; ELSEN, A. Challenges in Tropical Plant Nematology. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, 45: p. 457-485, 2007.

DUTTA, T. K.; GANGULY, A. K.; GAUR, H. S. Global status of rice root-knot nematode, *Meloidogyne graminicola*. Division of Nematology, **Indian Agricultural Research Institute**, New Delhi, set. 2012.

FREITAS, L. G.; OLIVEIRA, R. D. L.; FERRAZ, S. **Introdução à Nematologia.** Viçosa: UFV, 2001. 84p.

GOLDEN, A. M.; BIRCHFIELD, W. *Meloidogyne graminicola* (Heteroderidae), a new species of root-knot nematode from grass. **Proceedings of the Helminthological Society of Washington**, Washington , v. 32, p. 228–231, 1965.

Rice root-knot nematode *Meloidogyne graminicola* as a new pest of rice. **Plant Disease Reporter**, New Brunswick, v.52, p.423, jan. 1968.

GOMES, C.B.; STEFFEN, R.B.; ANTONIOLLI, Z.I. Levantamento do nematoide das galhas (*Meloidogyne* spp.) em arroz irrigado na região Sul do Brasil. **Embrapa Clima Temperado**, Pelotas, p. 15, 2009.

GOMES, C.B.; MARCHEZAN, E.; FONTANA, I.; CARNEIRO, R.M.G.; ALMEIDA, M.R.A. Ocorrência *Meloidogyne graminicola* em Santa Maria, RS. **Ciência Rural**, v.27, p.501-502, 1997.

HUSSEY, R. S. Host-parasite relationships and associated physiological changes. In: SASSER, J. N.; CARTER, C. C. (ed.) **An advanced treatise on *Meloidogyne*.** Raleigh: North Caroline State University Graphics, 1985, v. 1, p.143-154.

**INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, IBGE, 2017.**

Disponível em:< <https://sidra.ibge.gov.br/home/lspa/brasil>>. Acesso em: 17 de maio de 2017.

INSTITUTO RIOGRANDENSE DO ARROZ. Disponível em: < <https://irga-admin.rs.gov.br/upload/arquivos/201901/09110152-evolucao-da-semeadura-18-19-municipios.pdf>>. Acesso em 20/01/2019.

JENKINS, W. R. A rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil. **Plant Disease Reporter**, Beltsville, v. 48, n. 9, p. 692, 1964.

JESUS JUNIOR, W.C.; BERGAMIM FILHO, A.; VALE, F.X.R.; AMORIM; L. Tomada de decisão no manejo de doenças de plantas. In: VALE, F.X.R., W.C. JESUS JUNIOR & L. ZAMBOLIM (Eds.) Epidemiologia aplicada ao manejo de doenças de plantas. **Perfil Editora**, 2004. 531p.

JONES, J.T. et al. Top 10 plant parasitic nematodes in molecular plant pathology. **Molecular Plant Pathology**, Texas, v. 14, p. 946–961, dez. 2013.

KYNDT, T.; FERNANDEZ, D.; GHEYSEN, G. Plant-Parasitic Nematode Infections in Rice: Molecular and Cellular Insights. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, v. 52, p. 135-53, mai. 2014.

KUMAR, V.; KUMAR, A.; VERMA, K.K. Effect of different initial population densities of *Meloidogyne graminicola* on the plant growth of sorghum. **Journal of Entomology and Zoology Studies**, Delhi - Índia p. 1906-1908, 2017.

MANTELIN, S.; BELLAFIORE, S.; KYNDT, T. *Meloidogyne graminicola*: A major threat to rice agriculture. **Molecular Plant Pathology**, [S.l], mar. 2016.

MATTOS, S. V. et al. **Caracterização de um Complexo de Espécies do Nematóide das Galhas Parasitando Arroz Irrigado na Região Sul do Brasil.** Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia - Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, Brasília, 2017.

NEGRETTI, R. R. D.; **Caracterização do nematoide das galhas (*Meloidogyne* spp.) em cultivo de arroz irrigado nos Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina e hospedabilidade de plantas daninhas e forrageiras a *Meloidogyne graminicola***. Dissertação (Mestrado em Fitossanidade) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2013.

OOSTENBRINK, M. Major characteristic of relation between nematodes and plants. **Mededelingen Landbouwhoge School**, Wageningen, v. 66, p. 1-46, 1966.

PADGHAM, J.L. et al. Yield loss caused by *Meloidogyne graminicola* on lowland rainfed rice in Bangladesh. **Journal of Nematology**, Raleigh, v. 36, p. 42-48, mar. 2004.

PLOWRIGHT, R. A. et al. Resistance of the rice nematodes *Heterodera sacchari*, *Meloidogyne graminicola* and *M. incognita* in *Oryza glaberrima* x *O. sativa* interspecific hybrids. **Nematology**, v. 1, n. 7, p. 745-751, 1999.

PROT, J. C.; MATIAS, D. M. Effects of water regime on the distribution of *Meloidogyne graminicola* and other root-parasitic nematodes in a rice field toposequence and pathogenicity of *M. graminicola* on rice cultivar UPL R15. **Nematologica**, Leiden, v. 41. p. 219-228, 1995.

REYNOLDS, A.M. et al. Chemotaxis can take plant-parasitic nematodes to the source of a chemo-attractant via the shortest possible routes. **J R Soc Interface**, [S.I.], v. 8, 568-577, abr. 2011.

RIBEIRO, A.S.; SPERANDIO, G.A.D.; SELISTRE, J.F.D. Novo nematoide ataca o arroz no RS. **Revista Lavoura Arrozeira**, Porto Alegre, v.37, p. 6-7, 1984.

SASSER, J. N.; FRECKMAN, D. W. A world perspective on nematology: the role of the society. **Society of Nematologist**, Hyattsville, p.7-14, 1987.

SILVA, J. F. V. Produção de grãos em ambiente com nematoides de galhas. **Embrapa Soja**, Londrina, v. 168, set. 2001.

SOBITA, S.; ANAMIKA, A. Management of root knot disease in rice caused by *Meloidogyne graminicola* through nematophagous fungi. **Journal of Agricultural Science**, [S.l], v.3, p. 122-127, mar. 2011.

SOCIEDADE SUL BRASILEIRA DE ARROZ IRRIGADO **Recomendações Técnicas da Pesquisa Para o Sul do País**. Boletim Técnico, 2016.

SORIANO, I. R. et al. Resistance to rice root-knot nematode *Meloidogyne graminicola* identified in *Oryza longistaminata* and *O. glaberrima*. **Nematology**, v. 1, p. 395–398., 1999.

SORIANO, I.R.S.; REVERSAT, G. Management of *Meloidogyne graminicola* and yield of upland rice in South-Luzon, Philippines. **Nematology**, [S.l], v.5, p.879-884, set. 2003.

SPERANDIO, C.A.; MONTEIRO, A.R. Ocorrência de *Meloidogyne graminicola* em arroz irrigado no Rio Grande do Sul. **Nematologia Brasileira**, Brasília, v. 15, p. 24, 1991.

STEFFEN, R.B. et al. Caracterização bioquímica do nematoide das galhas (*Meloidogyne* spp.) em lavouras de arroz irrigado na região central do Rio Grande do Sul. **Ciência e Natura**, Santa Maria, v.29, p. 37-46, 2007.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 6.ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

TRUDGILL, D. L. 1991. Resistance to and tolerance of plant-parasitic nematodes in plants. **Annual Review of Phytopathology** 29:167–192.

YEATES, G.W. Ecological and Behavioural Adaptations. **CABI Publishing**, Wallingford, p. 1-24, 2004.

**APÊNDICE A - EXTRAÇÃO DOS NEMATÓIDES CONTIDOS NAS RAÍZES  
E NO SUBSTRATO DAS PLANTAS INOCULADAS COM DIFERENTES  
DENSIDADES POPULACIONAIS DE *M. GRAMINICOLA***

Cultivar	Nº de indivíduos inoculados	RAIZ (10 g)		J2s+Ovos/g Raiz	SUBSTRATO (200 cm <sup>3</sup> )		FR
		Nº J2	Nº Ovos		Nº J2	Nº Ovos	
GURI INTA CL	0	0	0	0	0	0	0
GURI INTA CL	500	960	60	140	0	0	2
GURI INTA CL	2500	535	4913	545	13	130	25
GURI INTA CL	5000	1883	5143	703	150	200	17
GURI INTA CL	10000	2883	7035	992	113	330	11
GURI INTA CL	20000	6398	4368	1077	295	818	6
GURI INTA CL	30000	5090	7820	1291	133	390	4
IRGA 424 RI	0	0	0	0	0	0	0
IRGA 424 RI	500	315	725	104	3	13	32
IRGA 424 RI	2500	1640	4625	627	230	320	38
IRGA 424 RI	5000	1435	3800	524	293	348	14
IRGA 424 RI	10000	10440	9380	1982	118	685	25
IRGA 424 RI	20000	8865	6490	1536	388	958	9
IRGA 424 RI	30000	16260	8120	2438	918	1388	9

Média de quatro repetições.