

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE AGRONOMIA
CURSO DE AGRONOMIA
AGR099006 - DEFESA DO TRABALHO DE CONCLUSÃO**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

LARISSA SOUZA DE ASSIS

00274457

**AVALIAÇÃO E APRIMORAMENTO DO SOFTWARE AphidCV 3.0 NO
RECONHECIMENTO E CLASSIFICAÇÃO DO PULGÃO *Schizaphis graminum***

Porto Alegre, maio de 2024

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE AGRONOMIA
CURSO DE AGRONOMIA**

AGR099006 - DEFESA DO TRABALHO DE CONCLUSÃO

**AVALIAÇÃO E APRIMORAMENTO DO SOFTWARE AphidCV 3.0 NO
RECONHECIMENTO E CLASSIFICAÇÃO DO PULGÃO *Schizaphis graminum***

Larissa Souza de Assis

00274457

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito para obtenção do Grau de Engenheira Agrônoma, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Supervisor de campo do estágio: Dr. Douglas Lau

Orientador acadêmico do estágio: Prof. Dr. Josué Sant'Ana

COMISSÃO DE AVALIAÇÃO

Prof. Alexandre de Mello Kessler	Depto. Zootecnia (Coordenador)
Prof. Clesio Gianello	Depto. Solos
Prof. José Antônio Martinelli	Depto. Fitossanidade
Profa. Lucia Brandão Franke	Depto. Plantas Forrageiras e Agrometeorologia
Profa. Renata Pereira da Cruz	Depto. Plantas de Lavoura
Prof. Sérgio Luiz Valente Tomasini	Depto. Horticultura e Silvicultura

Porto Alegre, maio de 2024

AGRADECIMENTOS

Ao meu marido, Jean e à minha irmã Letícia, pelo apoio, compreensão e reconhecimento.

Aos meus pais, Lauro e Cristina, e meus avós, Sérgio e Maria pela inspiração e incentivo.

Às equipes do Bioecolab e Leeqi pela convivência e aprendizado, em especial ao Dr. Carlos Diego, sem o qual eu não teria realizado este estágio.

Aos meus professores, Josué Sant'Ana, Luiza Redaelli e Simone Mundstock por todo suporte e aprendizado ao longo da graduação.

Ao Dr. Douglas Lau e toda equipe do Laboratório de Entomologia e Virologia da Embrapa Trigo pelo acolhimento e por toda experiência acadêmica e profissional adquirida no estágio.

Ao CNPq e à Fapergs, pelas bolsas de iniciação científica que foram fundamentais para a conclusão da graduação.

À UFRGS, pela excelência no ensino pesquisa e extensão.

RESUMO

As atividades descritas neste trabalho são relativas ao Estágio Curricular Obrigatório do curso de Agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, durante o período de 05 de junho a 28 de julho de 2023. O estágio foi desenvolvido na Embrapa Trigo, no Laboratório de Entomologia e Virologia Vegetal, localizado em Passo Fundo/RS. A principal atividade envolveu a avaliação do software de monitoramento de pulgões AphidCV 3.0 e sua eficiência no reconhecimento e contabilização de diferentes estágios de desenvolvimento do pulgão da espécie *S. graminum*, o que resultou no aprimoramento desta ferramenta. Além disso, o estágio proporcionou a participação em atividades de rotina do laboratório e de monitoramento de pragas, em especial de afídeos, nas culturas de cereais de inverno.

LISTA DE FIGURAS

	Página
1. Ciclo de vida dos pulgões por partenogênese telítoca.	11
2. Principais espécies de pulgões que atacam o trigo: A) <i>Rhopalosiphum padi</i> ; B) <i>Metopolophium dirhodum</i> ; C) <i>Sitobion avenae</i> e D) <i>Schizaphis graminum</i>	12
3. Sintomas do ataque de <i>Schizaphis graminum</i> em folhas de trigo.	12
4. Sintomas de vírus-do-nanismo-amarelo-da-cevada em trigo (VNAC): vaso da esquerda contém plantas saudáveis e vaso da direita plantas inoculadas com VNAC.	13
5. Armadilha do tipo Moericke utilizada no monitoramento de pulgões.	14
6. Exemplo de caixa para vedação da luz utilizada durante a aquisição das imagens.	17
7. Procedimentos para processamento das imagens com pulgões no software AphidCV 3.0: a) Seleção da espécie; b) Tamanho da placa; c) Parâmetros de classificação; d) Modo de contagem; e) Qualidade da imagem e f) Delimitação da placa.	18
8. Exemplo de imagem com pulgões processada pelo AphidCV 3.0: a) Imagem completa; b) Detalhe de dados de contagem e classificação; c) e d) Detalhe de pulgões detectados	19
9. Exemplo de conjunto de imagens de pulgões gerado pelo programa auxiliar Crop.	21
10. Total de pulgões contabilizados para cada classe pelos métodos “AphidCV 3.0”, “Contagem manual” e “AphidCV New”.	23
11. Condução dos ensaios de avaliação de resistência para o Vírus-do-Nanismo-Amarelo-da-Cevada (VNAC): A) Cultivares antes do desbaste de plantas excedentes nos vasos; B) Inoculação de VNAC pela liberação de indivíduos de <i>Rhopalosiphum padi</i> virulíferos.	25
12. Plantas utilizadas nos testes de multiplicação de <i>Schizaphis graminum</i> : Cultivares de trigo A) Embrapa 16, B) BRS Guamirim, C) BR 14, D) BR 35 e E) BRS Timbaúva e aveia-preta F) Embrapa-139 (Neblina).	25

LISTA DE TABELAS

	Página
1. Pulgões <i>Schizaphis graminum</i> contabilizados pelos métodos de contagem e classificação “Contagem manual” e “AphidCV 3.0”.	20
2. Escala utilizada para a interpretação dos níveis de correção a partir dos valores do coeficiente τ obtidos nos testes de correlação de Kendall.	20
3. Coeficientes τ e interpretação dos níveis de correlação obtidos nos testes de correlação de Kendall para os métodos contagem e classificação de pulgões “Contagem manual” e “AphidCV 3.0”	22
4. Coeficientes τ e interpretação dos níveis de correlação obtidos nos testes de correlação de Kendall para os métodos contagem e classificação de pulgões “Contagem manual”, “AphidCV” e “AphidCV New”.	22

SUMÁRIO

	Página
1. INTRODUÇÃO	8
2. CARACTERIZAÇÃO DE PASSO FUNDO/RS	8
3. CARACTERIZAÇÃO DA INSTITUIÇÃO EMBRAPA TRIGO	9
3.1 Caracterização do Laboratório de Entomologia e Virologia Vegetal.....	9
4. REFERENCIAL TEÓRICO	10
4.1. Trigo	10
4.2. Pulgões do trigo	10
4.3. Monitoramento de pulgões em cereais de inverno	14
4.4. AphidCV	15
5. ATIVIDADES REALIZADAS	16
5.1. Avaliação e aprimoramento do software AphidCV 3.0	16
5.1.1. Obtenção de imagens digitalizadas	16
5.1.2. Processamento de imagens	17
5.1.3. Avaliação do AphidCV 3.0 na contagem e classificação de <i>S. graminum</i>	20
5.1.4. Programa auxiliar “Crop”	21
5.1.5. Resultados e discussão	21
5.1.6. Conclusão	23
5.2. Atividades complementares	24
5.2.1. Monitoramento de pulgões e parasitoides	24
5.2.2. Ensaios de VCU e EEC	24
5.2.3. Criação de <i>S. graminum</i> e avaliação de cultivares	25
5.2.4. Determinação do biótipo de uma população de <i>S. graminum</i>	26
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	26
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	27

1. INTRODUÇÃO

O tema e escolha do local para realização de estágio tiveram como premissa o complemento da formação acadêmica do curso, bem como das atividades desenvolvidas durante a iniciação científica, visando o aprofundamento de conhecimentos na área de fitossanidade.

O estágio foi realizado na Embrapa Trigo, no Laboratório de Entomologia e Virologia Vegetal, em Passo Fundo/RS, o qual é referência na pesquisa entomológica voltada para o cultivo de cereais de inverno. As atividades desenvolvidas no referido laboratório estão associadas, principalmente, ao monitoramento populacional das principais espécies de pulgões que acometem os cereais de inverno e estudos acerca da incidência de doenças disseminadas por estes insetos, em especial o BYDV (*Barley Yellow Dwarf Virus*) ou vírus-do-nanismo-amarelo-da-cevada (VNAC).

O estágio foi realizado na modalidade presencial, entre 05 de junho e 28 de julho de 2023 com carga horária semanal de 40 horas, totalizando 308 horas. O principal objetivo foi a avaliação da eficiência do software AphidCV, ferramenta de monitoramento pertencente a plataforma colaborativa TrapSystem, que identifica e contabiliza pulgões de determinadas espécies a partir de imagens computadorizadas, sendo que neste estágio o foco foi o pulgão-verde-dos-cereais, *Schizaphis graminum*. Também foram efetuadas classificações manuais dos pulgões existentes nas amostras por meio do programa auxiliar Crop, permitindo que fossem executadas adequações nos parâmetros de reconhecimento e classificação, a fim de se aprimorar o software para o monitoramento de *S. graminum*, o que resultou no lançamento de uma nova versão desta ferramenta. As atividades complementares do estágio se caracterizaram pelo acompanhamento da rotina do laboratório, criação de pulgões, participação na execução de ensaios de campo e processamento de amostras na plataforma de monitoramento.

2. CARACTERIZAÇÃO DE PASSO FUNDO/RS

O município de Passo Fundo está localizado no norte do estado do Rio Grande do Sul, na região do Planalto Médio, pertencendo à Região Funcional de Planejamento nº 9, principal região produtora de grãos do Estado. Possui o 6º maior Produto Interno Bruto (PIB) *per capita* do RS (RIO GRANDE DO SUL, 2015), concentrando sua produção agrícola nas culturas da soja, aveia, milho, trigo e cevada, com 56.800 ha totais cultivados em 2022, de acordo com o

IBGE (IBGE, 2024). Atividades de pré-colheita, colheita e pós-colheita e a fabricação de maquinário agrícola são significativas geradoras de emprego no município (FEIX; LEUSIN JÚNIOR, 2019).

A região de Passo Fundo possui clima subtropical úmido-Cfa, com temperaturas médias diárias entre 0 °C e 18 °C no inverno e superiores a 22 °C no verão (CUNHA; MACHADO; FRITSCH, 2009). Passo Fundo apresenta, de acordo com Normais Climatológicas, precipitação média anual de 1.797,6 mm, e média mensal de 149,8 mm (KUINCHTNER, 2005). O solo de Passo Fundo é classificado como Latossolo Vermelho Distrófico Típico (VIEIRA *et al.*, 2017).

3. CARACTERIZAÇÃO DA INSTITUIÇÃO EMBRAPA TRIGO

A Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) foi criada em 1972 a partir da Lei nº 5.851, a fim de acompanhar a expansão agrícola observada no país, por meio da pesquisa agropecuária e dos serviços de extensão. Atualmente, a Embrapa é composta por 43 centros de pesquisa especializados distribuídos por todas as regiões do Brasil, além de unidades administrativas em Brasília e em outros países (EMBRAPA, 2024).

A unidade Embrapa Trigo foi uma das primeiras a serem fundadas no ano de 1974 no município de Passo Fundo/RS com o objetivo de impulsionar o cultivo e a produtividade de trigo no país, reduzindo a necessidade de importação do cereal por meio do desenvolvimento de cultivares resistentes a doenças e ataques de pragas, técnicas de cultivo e de controle fitossanitário (EMBRAPA, 2024).

3.1. Caracterização do Laboratório de Entomologia e Virologia Vegetal

O estágio foi realizado no Laboratório de Entomologia e Virologia Vegetal da Embrapa Trigo, onde são realizados processamentos e análises de amostras, bem como pesagens e condução de testes de antixenose, preferência e tolerância de pulgões à cultivares de trigo e outros cereais de inverno, além de testes sorológicos para determinação da presença de vírus em plantas, como o Elisa. As atividades relacionadas à entomologia contam com as seguintes estruturas:

- a) Insetário: local que abriga as criações de pulgões e materiais para plantio. As criações de pulgões se dividem entre “Não-virulíferos”, com a manutenção de colônias das espécies

S. graminum, *Sitobion avenae*, *Rhopalosiphum.padi*, *Metopolophium dirhodum* e *Sipha maydis* e “Virulíferos”, que compreende apenas populações de *R. padi* portadoras de inóculo de VNAC. Ambas as criações de pulgões são conduzidas em gaiolas de madeira revestidas com tecido *voil*. A espécie de planta hospedeira utilizada para a manutenção dos insetos é a aveia-preta (*Avena strigosa*) cultivar Embrapa 139 (Neblina), cujo plantio é realizado semanalmente;

b) Berçário: espaço composto por seis câmaras climatizadas, utilizado para condução de ensaios e para o isolamento de novas criações;

c) Casas de vegetação: duas casas de vegetação são utilizadas para o plantio, condução ou armazenamento de plantas, sendo uma destinada ao cultivo de aveia-preta para manutenção das criações de pulgões;

d) Telados: estufas de tela utilizadas para a condução de ensaios onde a semeadura é realizada em baldes.

4. REFERENCIAL TEÓRICO

4.1. Trigo

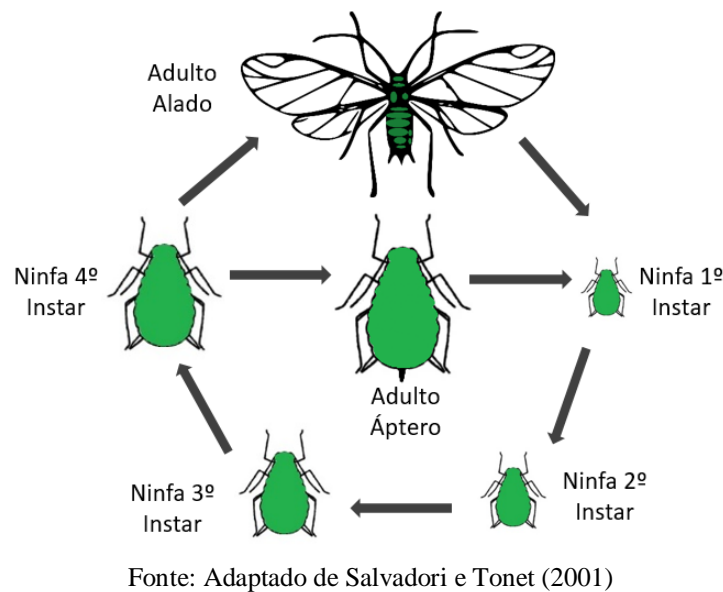
O trigo se configura como uma importante fonte de carboidrato na alimentação humana, com ampla diversidade de utilização, sendo o cereal de inverno mais cultivado na agricultura brasileira, com 3.264 mil hectares plantados na safra 2023 e produtividade de 2,9 t/ha (CONAB, 2024). Originária do continente asiático, a cultura apresenta preferência por condições de temperatura características do clima temperado, entretanto, devido ao melhoramento genético, o trigo brasileiro é cultivado majoritariamente na região sul e sudeste do país, caracterizadas pela predominância do clima subtropical (MANFRON; LAZZAROTTO; MEDEIROS, 1993).

4.2. Pulgões do trigo

Dentre as principais pragas que acometem os cereais de inverno estão os pulgões ou afídeos, insetos fitossucívoros pertencentes à ordem Hemiptera, subordem Sternorrhyncha e família Aphididae. São caracterizados pelo tamanho reduzido (máx. 5,0 mm), corpo piriforme de coloração variável de acordo com a espécie, antenas longas e anexos abdominais denominados sifúnculos, determinantes para identificação das espécies (GALLO *et al.*, 2002).

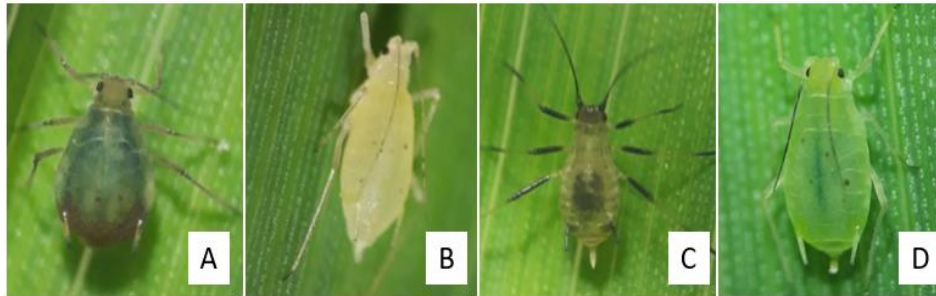
Os pulgões apresentam alta prolificidade, facilitada pelo predomínio da reprodução assexuada por partenogênese telítoca em decorrência das temperaturas das regiões de cultivo de trigo no Brasil (Fig. 1). Neste tipo de partenogênese, a fêmea adulta dá origem a ninfas do mesmo sexo, sem a presença de machos ou deposição de ovos (SALVADORI; TONET, 2001). Os afídeos possuem ciclo curto, em geral de oito dias (TOEBE, 2014) e as ninfas passam por quatro instares antes de atingir a fase adulta (SALVADORI; TONET, 2001). Estes insetos podem adquirir uma forma áptera ou alada (Fig. 1), por plasticidade fenotípica, ou Polifenismo, o que permite a rápida colonização de outras plantas em situações de escassez de alimento ou alto nível populacional (SALVADORI; TONET, 2001), (KANEGAE; LOMÔNACO, 2003).

Figura 1. Ciclo de vida dos pulgões por partenogênese telítoca.



As principais espécies de pulgões que atacam o trigo são o *Rhopalosiphum padi* (pulgão-da-aveia), *Metopolophium dirhodum* (pulgão-da-folha), *Sitobion avenae* (pulgão-da-espiga) e *Schizaphis graminum* (pulgão-verde-dos-cereais) (Fig. 2). O potencial de dano dos pulgões no trigo depende do estágio fenológico da cultura, de acordo com as preferências de cada espécie (SALVADORI; TONET, 2001).

Figura 2. Principais espécies de pulgões que atacam o trigo: A) *Rhopalosiphum padi*; B) *Metopolophium dirhodum*; C) *Sitobion avenae* e D) *Schizaphis graminum*.



Fonte: Priscila Engel (Arquivo pessoal)

Os danos causados por pulgões nas plantas podem ser diretos ou indiretos. Os diretos se caracterizam pela redução do aporte energético decorrentes do processo de alimentação da seiva elaborada do floema, diminuindo o potencial produtivo da planta (SALVADORI; TONET, 2001). Infestações altas podem levar à morte de plantas jovens ou que já se encontram fragilizadas por outros estresses (GUIMARÃES; MICHEREFF FILHO; LIMA, 2019). Algumas espécies, como o *S. graminum*, apresentam componentes tóxicos em sua saliva, causando reações enzimáticas quando em contato com os vasos do floema, o que leva à quebra da parede celular e à formação de lesões amareladas que reduzem a taxa fotossintética e que podem evoluir para necroses e causar a morte da folha (Fig. 3) (SALVADORI; TONET, 2001).

Figura 3. Sintomas do ataque de *Schizaphis graminum* em folhas de trigo.



Fonte: Douglas Lau (Arquivo Pessoal)

Os danos indiretos são caracterizados pela capacidade dos pulgões em atuarem como vetores de doenças durante sua alimentação. No caso do trigo e demais cereais de inverno o principal vírus transmitido por pulgões é o *Barley Yellow Dwarf Virus* (BYDV) ou vírus-do-nanismo-amarelo-da-cevada (VNAC), que acarreta na redução severa do porte das plantas e na capacidade de afilhamento e consequente diminuição da produtividade (Fig. 4) (LAU; PEREIRA; MINELLA, 2020).

Figura 4. Sintomas de vírus-do-nanismo-amarelo-da-cevada em trigo (VNAC): vaso da esquerda contém plantas saudáveis e vaso da direita plantas inoculadas com VNAC.



Fonte: LAU, 2022

Atualmente não existem produtos registrados para o controle biológico de pulgões do trigo no Brasil (BRASIL, 2024), o que faz com que prática ocorra apenas de maneira natural, por meio de insetos predadores das famílias joaninhas (Coleoptera, Coccinellidae) e moscas (Diptera, Syrphidae) e principalmente pela ação de microhimenópteros parasitoides das famílias Aphidiinae e Aphelinidae (SALVADORI; TONET, 2001).

Para o controle químico de pulgões o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) possui registro de produtos de vários grupos químicos e ingredientes ativos para as espécies *S. avenae* e *M. dirhodum*, enquanto que para *S. graminum* e *R. padi*, são registrados produtos de apenas um grupo químico, sulfoxaminas e organofosforados, respectivamente (BRASIL, 2024).

A indicação de controle químico deve ser baseada no monitoramento das populações das pragas na lavoura, conforme indicado nas premissas do Manejo Integrado de Pragas (SALVADORI; TONET, 2001). Segundo os autores, os níveis de dano determinantes para a utilização de controle químico de acordo com o estágio fenológico da cultura e respectivo impacto econômico, são os seguintes: 10% de plantas infestadas entre a emergência e o afilhamento; 10 pulgões por afilho, do alongamento ao emborrachamento; 10 pulgões por espiga do espigamento ao grão em massa.

A amostragem de pulgões pode ser feita por coleta manual de insetos, pela utilização de armadilhas como bandejas amarelas com solução de água, detergente e formol, conhecidas como armadilhas Moericke (Fig. 5), ou por meio de armadilhas adesivas. Na utilização de armadilhas apenas indivíduos alados serão coletados, juntamente com insetos de outras espécies (RESENDE *et al.*, 2007).

Figura 5. Armadilha do tipo Moericke utilizada no monitoramento de pulgões.



Fonte: RESENDE *et al.*, 2007

4.3. Monitoramento de pulgões em cereais de inverno

Conforme as premissas estabelecidas pelo Manejo Integrado de Pragas (MIP), o monitoramento populacional de pragas é a peça-chave nas tomadas de decisão, o que acarretará em um controle efetivo, economicamente viável e inócuo para organismos não alvo (CARVALHO; BARCELLOS, 2012). Desta forma, em 2015 foi criada e coordenada pela Embrapa Trigo uma Rede de Monitoramento de Pragas em Cereais de Inverno, formada por instituições de pesquisa localizadas nos estados do RS, PR, MG e MT, com o objetivo de

monitorar as populações de pragas, em especial de pulgões, por meio de armadilhas e experimentos de campo (LAU *et al.*, 2020).

A fim de se otimizar a comunicação entre as instituições envolvidas no monitoramento de pulgões, foi criada em 2016 a plataforma TrapSystem, desenvolvida pelo Instituto Federal Rio-Grandense (IFSul) em parceria com a Embrapa Trigo. O TrapSystem se caracteriza como uma aplicação informatizada colaborativa que permite que diferentes usuários façam o lançamento dos dados coletados nas armadilhas e upload de imagens digitalizadas das amostras coletadas, gerando uma rede colaborativa de informações (LAZZARETTI *et al.*, 2016).

A proposta de utilização da plataforma TrapSystem caracteriza-se pela instalação de armadilhas nos campos experimentais das instituições envolvidas na rede de monitoramento, as quais devem coletar dados semanais e abastecer a plataforma (LAU, 2020). A partir dos dados compartilhados é possível a geração de boletins relacionando as populações de pulgões e de parasitoides, as condições meteorológicas do período e o estágio fenológico das lavouras, para determinação do potencial de risco fitossanitário de cada região (LAZZARETTI *et al.*, 2016).

Atualmente, os boletins epidemiológicos acerca dos dados populacionais de pulgões e afídeos nas lavouras de trigo são publicados apenas pela Embrapa Trigo na página inicial da plataforma TrapSystem (IFSUL, 2024). A participação das demais instituições da rede de monitoramento é incentivada por meio de treinamentos periódicos realizados pela Embrapa Trigo em parceria com o IFSul e a UPF (ANTUNES, 2019).

4.4. AphidCV

Dentro da plataforma TrapSystem foram criados outros softwares (programas) com o objetivo de auxiliar na avaliação dos dados obtidos no monitoramento de pulgões, um destes é o AphidCV, desenvolvido pela UPF e pelo IFSul que identifica, contabiliza e classifica os pulgões de acordo com seu estágio de desenvolvimento, classificando-os em “ninfá”, “adulto áptero” e “adulto alado”, além de fornecer dados sobre as dimensões de cada inseto (RODRIGUEZ; RIEDER, 2020).

O AphidCV pode auxiliar na interpretação de amostras de monitoramento obtidas a campo e na condução de ensaios de pesquisa que avaliam dados populacionais, otimizando o desenvolvimento de novos produtos e técnicas de controle. O funcionamento do AphidCV se baseia em técnicas de processamento de imagens, visão computacional e *deep learning*, ou seja,

seu desempenho depende de uma sólida base de dados do objeto de análise (RODRIGUEZ; RIEDER, 2020).

5. ATIVIDADES REALIZADAS

As principais atividades desenvolvidas durante o estágio foram a avaliação e abastecimento do banco de imagens para o aprimoramento do Software AphidCV 3.0 no reconhecimento e classificação de *S. graminum*. Além disso, também foi feito o acompanhamento de ensaios de campo, monitoramento de pulgões e avaliação da resistência de cultivares à *S. graminum*.

5.1. Avaliação e aprimoramento do software AphidCV 3.0

A versão 3.0 do software, em vigência durante o período de estágio, permitia o processamento de imagens das quatro principais espécies de pulgões do trigo, porém apresentava escassez de imagens da espécie *S. graminum*, o que prejudicava sua identificação e classificação. Portanto, fez-se necessário o abastecimento do banco de imagens da espécie dentro da plataforma TrapSystem com imagens digitalizadas de amostras populacionais desta espécie. Posteriormente realizou-se a comparação entre a versão antiga e a atual do software, a fim de avaliar o impacto da adição das novas imagens no desempenho do programa.

5.1.1. Obtenção de imagens digitalizadas

A partir de amostras populacionais de *S. graminum* cedidas pelo Laboratório de Etologia e Ecologia Química de Insetos da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (Leeqi/UFRGS) foram obtidas imagens digitalizadas para abastecimento do banco de imagens do AphidCV 3.0.

Para a digitalização, cada amostra foi acondicionada em uma placa de Petri transparente de 97 mm junto a uma quantidade de álcool suficiente para manter os pulgões separados uns dos outros. Tomou-se o cuidado de deixar o maior número possível de pulgões na posição ventral ou dorsal com o auxílio de um pincel, a fim de facilitar as avaliações posteriores. A placa com pulgões era colocada em um scanner e coberta com uma caixa de madeira de 15 cm

x 15 cm de largura e comprimento e 2 cm de profundidade para a vedação de luz (Fig. 6). As amostras eram escaneadas a uma resolução de 1200 dpis.

Figura 6. Exemplo de caixa para vedação da luz utilizada durante a aquisição das imagens.



Fonte: Lins *et al.* (2020)

5.1.2. Processamento de imagens

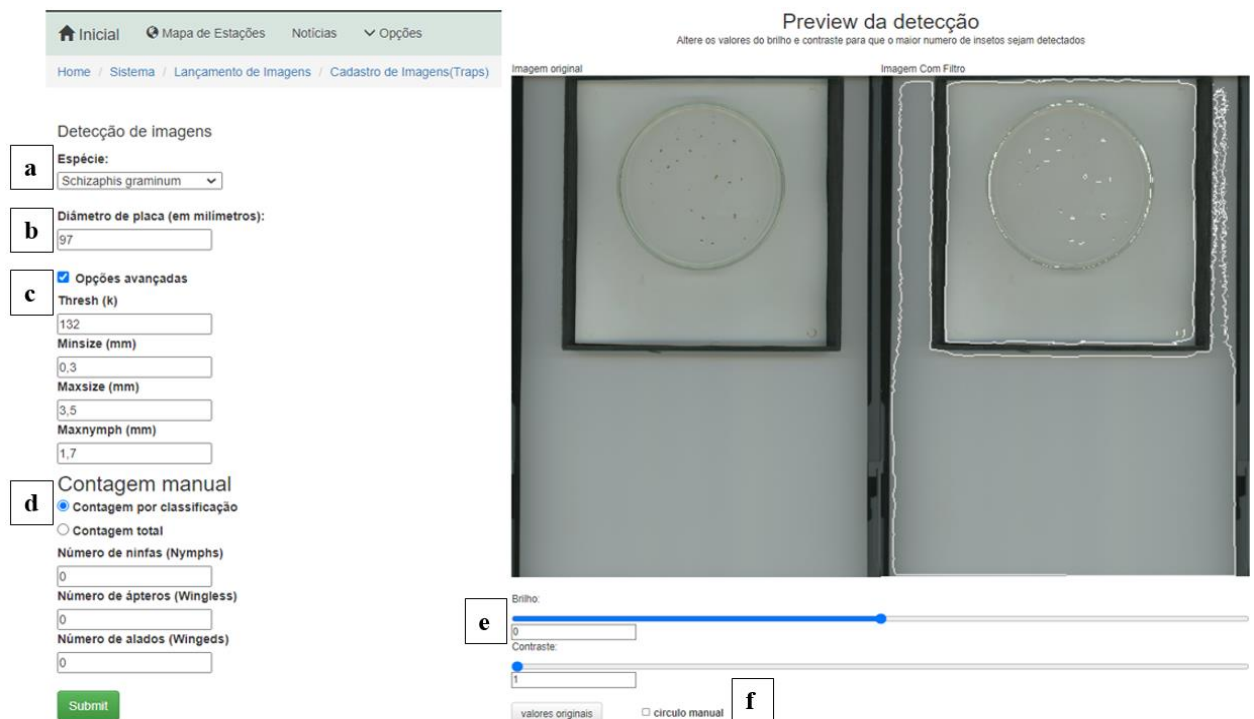
Após o processo de digitalização, as amostras obtidas eram lançadas no AphidCV 3.0, dentro da plataforma TrapSystem. O processamento das imagens foi feito seguindo os seguintes procedimentos (Fig. 7):

- a) Seleção da espécie: a seleção da espécie a ser analisada é feita em um menu pré-estabelecido;
- b) Tamanho da placa: para o correto processamento da imagem é necessária a indicação do diâmetro da placa em milímetros, para que o programa possa determinar as dimensões dos insetos analisados;
- c) Parâmetros de classificação: no botão “Opções Avançadas” o programa apresenta os parâmetros utilizados para a classificação dos insetos, sendo estes “Thresh” (segmentação de pixels); “Minsize” (tamanho mínimo do pulgão), “Maxsize” (tamanho máximo do pulgão) e “Maxnymph” (tamanho máximo da ninfa). São apresentados valores padrões para cada espécie, podendo ser alterados pelo usuário;
- d) Modo de contagem: o programa possibilita a escolha do tipo de contagem a ser utilizado no processamento. Na “Contagem por Classificação” o programa fará a classificação

dos insetos com base nos parâmetros de reconhecimento estabelecidos. Na opção “Contagem Total” é possível informar o número de indivíduos de cada classe (ninha, adultos ápteros e adultos alados), fazendo com que o programa extrapole os parâmetros em detrimento dos dados fornecidos;

- e) Qualidade da imagem: a partir da pré-visualização da imagem a ser processada o programa permite que o usuário configure os valores de brilho e de contraste, a fim de se minimizar erros decorrentes de falhas de iluminação durante o processo de digitalização da imagem;
- f) Delimitação da placa: durante o processamento o programa delimita a porção da imagem a ser analisada, de forma que apenas a área da placa é processada. O programa oferece a opção de delimitação automática ou manual da placa. A manual é feita a partir do desenho do raio da placa na imagem pré-visualizada, de forma que o raio é completado pelo programa gerando o perímetro da placa. Algumas imagens não permitem a delimitação automática da placa devido a uma falha do programa conhecida como “erro 400”, o que faz com que a delimitação manual seja necessária.

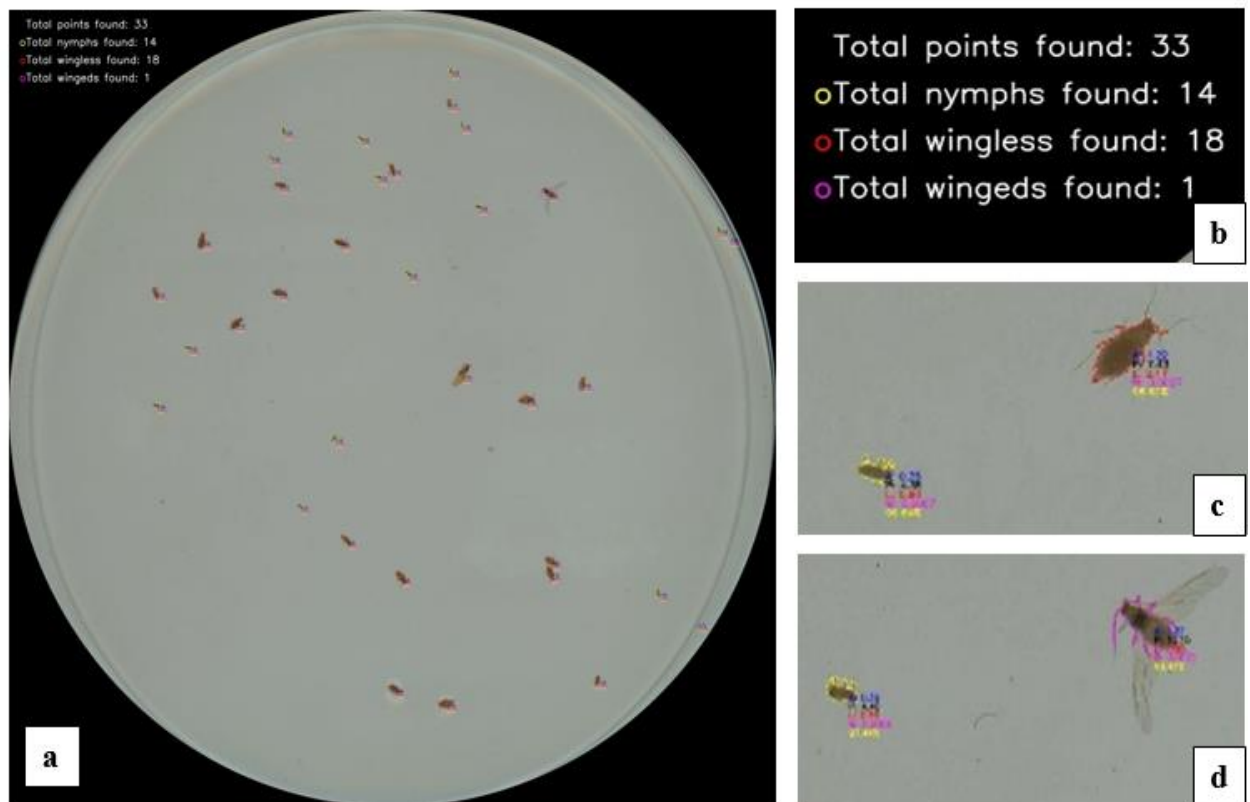
Figura 7. Procedimentos para processamento das imagens com pulgões no software AphidCV 3.0: a) Seleção da espécie; b) Tamanho da placa; c) Parâmetros de classificação; d) Modo de contagem; e) Qualidade da imagem e f) Delimitação da placa.



Todas as imagens foram processadas com parâmetros automáticos de classificação e valores de brilho e contraste originais. O modo de contagem utilizado foi o de “Contagem por Classificação” e a delimitação da área das placas foi feita de forma automática pelo sistema, com exceção dos casos de erro. Foram lançadas e processadas 336 imagens.

Ao final do processamento o software disponibiliza uma nova imagem da placa, onde o perímetro ocupado por cada pulgão é delimitado por linhas coloridas, sendo a cor amarela para “ninfas”, vermelha para “adultos ápteros”, rosa para “adultos alados” e azul para eventuais erros não contabilizados. Junto a cada pulgão detectado são informados valores de “probabilidade de certeza da detecção (%)”, “comprimento (mm)”, “peso (mg)” e “perímetro (mm²)”, todos estes valores são disponibilizados em uma planilha gerada no processamento. No canto superior esquerdo das imagens processadas são informados os dados de contagem e classificação obtidos, separados em “total de pontos encontrados”, “total de ninfas encontradas”, “total de ápteros encontrados” e “total de alados encontrados” (Fig. 8).

Figura 8. Exemplo de imagem com pulgões processada pelo AphidCV 3.0: a) Imagem completa; b) Detalhe de dados de contagem e classificação; c) e d) Detalhe de pulgões detectados.



5.1.3. Avaliação do AphidCV 3.0 na contagem e classificação de *S. graminum*

Após o processamento das imagens foram coletados os valores gerados de “Total de insetos”, “Total de Ninfas”, “Total de Ápteros” e “Total de Alados” de cada uma. Os dados obtidos foram tabelados e comparados com os dados de contagem manual das amostras, previamente obtidos (Tabela 1). As análises de comparação dos métodos de contagem e classificação foram feitas para 262 imagens, cujas amostras apresentavam dados de contagem manual.

Tabela 1. Pulgões *Schizaphis graminum* contabilizados pelos métodos de contagem e classificação “Contagem manual” e “AphidCV 3.0”.

Classe	Contagem manual	AphidCV 3.0
Ninfas	3932	2180
Adultos ápteros	855	3147
Adultos alados	125	227
Total	4912	5554

A comparação dos métodos foi feita por meio de análise estatística dos dados de classificação cada imagem/amostra obtidos via “AphidCV 3.0” e “Contagem Manual”. A fim de se analisar a normalidade dos dados no programa RStudio®, utilizou-se o teste Shapiro-Wilk a 5% de significância. Todas as variáveis apresentaram distribuição não-normal, caracterizando os dados como não paramétricos.

Para o teste de correlação optou-se pela Correlação “ τ ” de Kendall, devido a ocorrência de valores repetidos em ambas as variáveis analisadas. Os coeficientes de correlação foram interpretados conforme Hinkle, Wiersma e Jurs (2003) (Tabela 2).

Tabela 2. Escala utilizada para a interpretação dos níveis de correção a partir dos valores do coeficiente τ obtidos nos testes de correlação de Kendall.

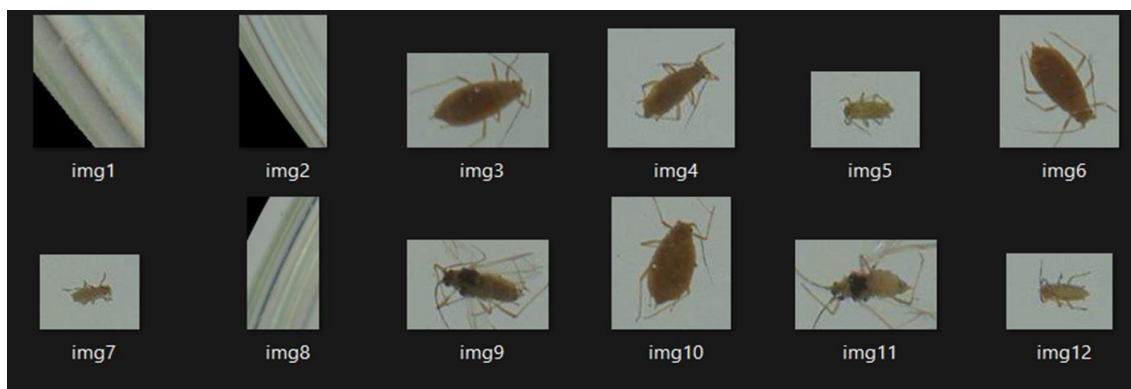
Coefficiente τ	Interpretação
0 a 0,3	Correlação inexistente
0,31 a 0,5	Correlação positiva fraca
0,51 a 0,7	Correlação positiva moderada
0,71 a 0,9	Correlação positiva forte
0,91 a 1,0	Correlação positiva muito forte

Adaptado de Henkel, Wiersma e Jurs (2003).

5.1.4. Programa auxiliar “Crop”

Inserida no sistema do Software AphidCV 3.0, o programa auxiliar “Crop” fornece um recorte dos pulgões identificados na imagem processada, fragmentando a mesma em várias outras imagens, uma para cada inseto, porém sem fornecer contagem ou classificação (Fig. 9).

Figura 9. Exemplo de conjunto de imagens de pulgões gerado pelo programa auxiliar Crop.



Com o objetivo de aperfeiçoar a capacidade de reconhecimento e classificação de pulgões do AphidCV foi feita a separação de todas as imagens secundárias geradas pela ferramenta Crop, classificando-as em “Ninfas”, “Adultos Ápteros”, “Adultos Alados” e Erros. Ao final do processo de classificação foram obtidas 7.661 imagens, sendo 5.123 “Ninfas”, 568 “Adultos Ápteros”, 167 “Adultos Alados” e 1.803 Erros.

As imagens classificadas como “Erros” não representam necessariamente falhas do AphidCV por não serem sempre contabilizadas pelo mesmo durante o processamento. Estas se caracterizavam por recortes das bordas das placas, fragmentos de poeira e recortes incompletos de pulgões que não permitiam sua classificação.

Os dados e as classificações efetuadas foram enviados para a equipe de desenvolvimento do programa para que pudessem auxiliar na redefinição dos parâmetros de reconhecimento e classificação das ferramentas e no desenvolvimento de novas versões mais precisas das mesmas.

5.1.5. Resultados e discussão

Os resultados dos testes de correlação são apresentados na Tabela 3. Para a detecção de pulgões, determinada pela categoria “Total” o AphidCV 3.0 apresentou correlação positiva moderada. Quanto à classificação dos pulgões detectados, o AphidCV 3.0 superestimou o número de Adultos Ápteros e Alados nas imagens, devido à semelhança entre os adultos e

ninfas de 4º ínstar, dificultando o reconhecimento e diferenciação por parte do software. Alguns erros de classificação foram decorrentes da identificação errônea de indivíduos nas bordas da placa de Petri devido a interferências luminosas durante a obtenção das imagens.

Tabela 3. Coeficientes τ e interpretação dos níveis de correlação obtidos nos testes de correlação de Kendall para os métodos contagem e classificação de pulgões “Contagem manual” e “AphidCV 3.0”.

Classe	Contagem Manual x AphidCV 3.0	
	τ	Tipo de correlação
Ninfas	0,56	Positiva moderada
Adultos ápteros	0,47	Positiva fraca
Adultos alados	0,54	Positiva moderada
Total	0,70	Positiva moderada

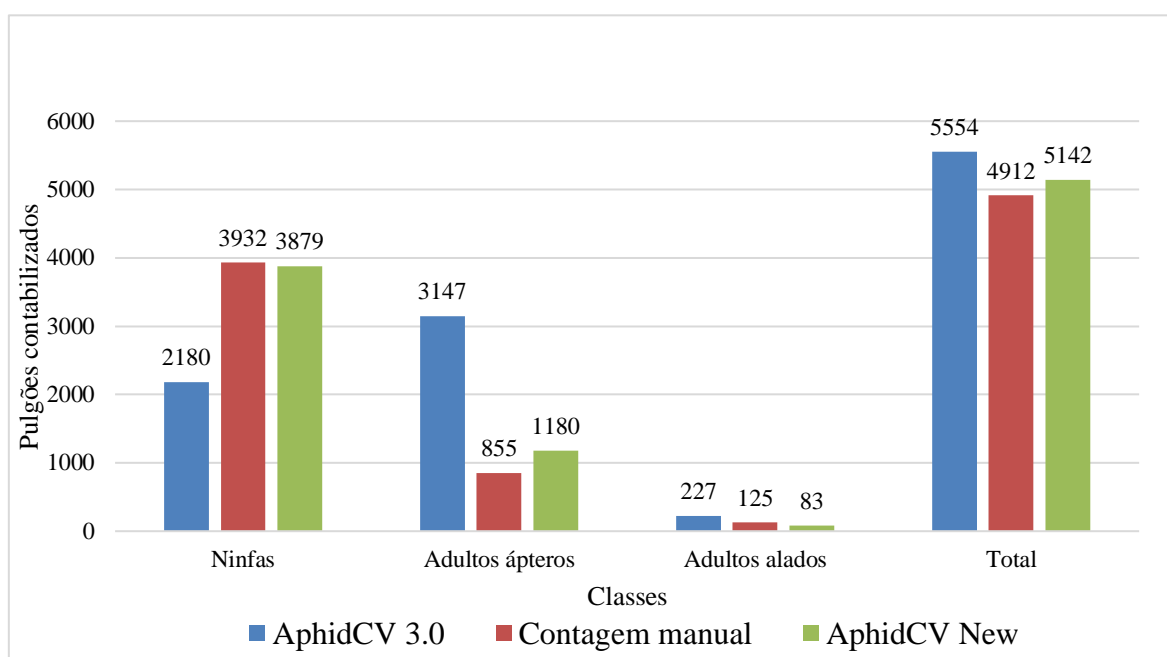
A partir do banco de imagens adicionado e das classificações de imagens do Crop efetuadas, os parâmetros de detecção e classificação de *S. graminum* do AphidCV 3.0 foram atualizados pela equipe desenvolvedora responsável que lançou no sistema a versão teste “AphidCV New”. Para a avaliação do desempenho da nova versão do software, realizou-se novamente o processamento de imagens, seguido da comparação das versões por meio do teste de correlação de Kendall (Tabela 4).

Tabela 4. Coeficientes τ e interpretação dos níveis de correlação obtidos nos testes de correlação de Kendall para os métodos contagem e classificação de pulgões “Contagem manual”, “AphidCV” e “AphidCV New”.

Classe	Contagem Manual x AphidCV 3.0		Contagem Manual x AphidCV NEW	
	τ	Tipo de correlação	τ	Tipo de correlação
Ninfas	0,56	Positiva moderada	0,65	Positiva moderada
Adultos ápteros	0,47	Positiva fraca	0,50	Positiva fraca
Adultos alados	0,54	Positiva moderada	0,64	Positiva moderada
Total	0,70	Positiva moderada	0,70	Positiva moderada

As versões não diferiram quanto à capacidade de detecção dos pulgões nas amostras, representadas pela classe “Total”. Quanto à classificação, embora não tenha apresentado mudanças em relação aos níveis de força de correlação, na nova versão, o AphidCV foi melhorado, aperfeiçoando o reconhecimento de ninfas, adultos ápteros e adultos alados. A evolução da nova versão do AphidCV na classificação de *S. graminum* fica evidente quando comparados os totais de cada classe de pulgões detectados (Fig. 10).

Figura 10. Total de pulgões contabilizados para cada classe pelos métodos “AphidCV 3.0”, “Contagem manual” e “AphidCV New”.



5.1.6. Conclusão

Conclui-se que o software AphidCV foi melhorado a partir das atividades realizadas e apresenta eficiência intermediária no reconhecimento e classificação de *S. graminum*. Porém, ainda precisa de ajustes que elevem os níveis de correlação com o método de contagem manual para que possa ser efetivamente aprimorado.

O AphidCV pode ser utilizado no monitoramento por permitir a avaliação de populações de *S. graminum* coletadas diretamente das folhas, obtendo-se dados populacionais mais representativos que atendem as instruções de amostragem para tomada de decisão propostas por Salvadori e Tonet (2001).

Por exigir menos tempo empregado nas análises em relação à contagem manual, o AphidCV também apresenta potencial de aplicação em ensaios de laboratório e de campo, contribuindo para o desenvolvimento de novos produtos para o controle da praga.

No entanto, ainda são necessárias avaliações quanto a eficiência do software na determinação de dimensões de comprimento (mm), peso (mg) e perímetro (mm²) para a espécie, além de ajustes que refinem ainda mais a capacidade de classificação dos insetos, em especial de adultos ápteros e adultos alados.

5.2. Atividades complementares

As atividades complementares realizadas no estágio se caracterizaram pelo acompanhamento da rotina do Laboratório de Entomologia e Virologia Vegetal.

5.2.1. Monitoramento de pulgões e parasitoides

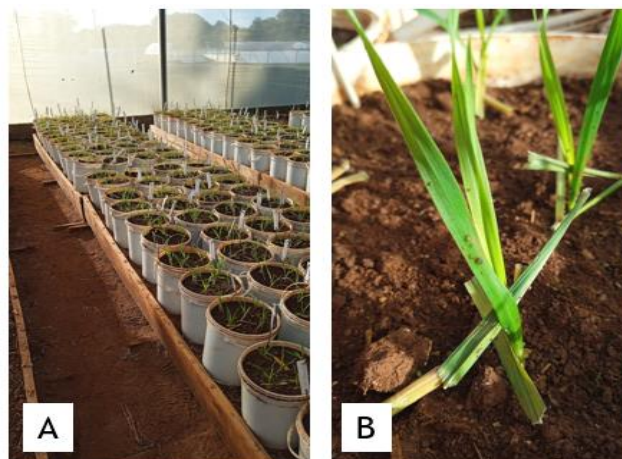
O monitoramento de pulgões parasitoides à campo era feito duas vezes por semana com a coleta dos insetos capturados em sete armadilhas do tipo Moericke instaladas nos campos experimentais da Embrapa Trigo localizados em sua sede, em Passo Fundo/RS e em Coxilha/RS.

As amostras coletadas eram identificadas e encaminhadas para o laboratório onde eram digitalizadas e lançadas na plataforma TrapSystem. Em seguida as amostras passaram por uma triagem, onde os demais insetos capturados eram removidos, deixando-se apenas os pulgões e parasitoides na amostra, os quais eram digitalizados e lançados na plataforma novamente.

5.2.2. Ensaios de VCU e EEC

Foi possível auxiliar na instalação do Ensaio Estadual de Cultivares (EEC) e do ensaio de Valor de Cultivo e Uso (VCU) de cultivares de trigo e aveia para o Vírus-do-Mosaico-Comum-do-Trigo (VMCT), ou *Soil-Borne-Wheat Mosaic-Virus* (SBWMV) e de ensaios de avaliação de resistência para o *Barley yellow dwarf Virus* ou Vírus-do-Nanismo-Amarelo-da-Cevada (VNAC) (Fig. 11)

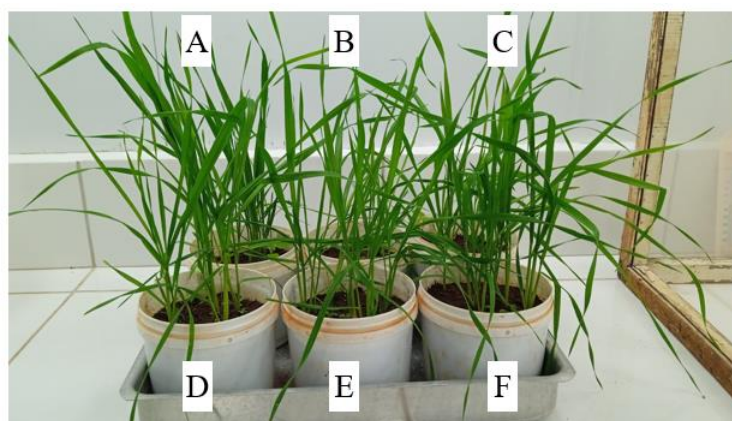
Figura 11. Condução dos ensaios de avaliação de resistência para o Vírus-do-Nanismo-Amarelo-da-Cevada (VNAC): A) Cultivares antes do desbaste de plantas excedentes nos vasos; B) Inoculação de VNAC pela liberação de indivíduos de *Rhopalosiphum padi* virulíferos.



5.2.3. Criação de *S. graminum* e avaliação de cultivares

Com o objetivo de aumentar a população de *S. graminum* do insetário, que se encontrava em declínio por motivos desconhecidos, foram infestadas diferentes cultivares de trigo e aveia com pulgões cedidos pelo Leeqi/UFRGS (Fig.12), a fim de estabelecer uma nova cultura e/ou cultivar para a multiplicação dos insetos. Até o final do período de estágio a única cultivar que se mostrou propícia para o desenvolvimento das colônias de *S. graminum* foi o Trigo Embrapa-16, cultivar utilizada no Leeqi/UFRGS para a criação de pulgões.

Figura 12. Plantas utilizadas nos testes de multiplicação de *Schizaphis graminum*: Cultivares de trigo A) Embrapa 16, B) BRS Guamirim, C) BR 14, D) BR 35 e E) BRS Timbaúva e aveia-preta F) Embrapa-139 (Neblina).



5.2.4. Determinação do biótipo de uma população de *S. graminum*

Ao longo do estágio foram conduzidos ensaios de antixenose baseados nos trabalhos de Tonet (1999) e Silva (2005) com o objetivo de determinar o biótipo da população de *S. graminum* mantida na unidade, característica determinante para a avaliação dos níveis de resistência das cultivares de cereais de inverno ao ataque da espécie. Entretanto, devido ao baixo número de indivíduos disponíveis e à instabilidade populacional das colônias, não foi possível chegar a um resultado conclusivo.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estágio proporcionou o contato direto com práticas de pesquisa que visam o fortalecimento do cultivo de cereais de inverno no RS, em especial da cultura do trigo. Ofereceu também a oportunidade de participar ativamente no aprimoramento de uma ferramenta de monitoramento com amplo potencial de utilização.

A extensão e a aplicabilidade da plataforma colaborativa TrapSystem e dos softwares de monitoramento que esta abriga, como o AphidCV, dependem do engajamento das instituições de pesquisa quanto ao monitoramento em seus campos experimentais, lançamentos de dados e avaliação das flutuações populacionais. Faz-se necessário, portanto, a ampliação da divulgação e incentivo para utilização destas tecnologias, visto que atualmente apenas a instituição Embrapa Trigo utiliza a plataforma de maneira regular.

A comunicação entre as equipes desenvolvedoras dos softwares e os pesquisadores e técnicos que os utilizam é fundamental para sejam levantadas as demandas por aperfeiçoamento e a identificação de possíveis falhas, garantindo a funcionalidade das ferramentas e seu constante aprimoramento.

As atividades desenvolvidas no estágio permitiram a compreensão do papel da pesquisa no desenvolvimento de novas tecnologias, desde a identificação de demanda, definição de objetivos, elaboração, aperfeiçoamento e utilização prática. Desta forma, o estágio realizado contribuiu amplamente para minha formação acadêmica, além de proporcionar vivências práticas de extenso valor profissional.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANTUNES, J. M. **Treinamento para aprimorar técnicas de identificação de insetos em cereais de inverno**. Passo Fundo/RS: Embrapa, 2019. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/43111123/treinamento-para-aprimorar-tecnicas-de-identificacao-de-insetos-em-cereais-de-inverno>. Acesso em: 13 abril 2024.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**, Brasília/DF, v.11 – Safra 2023/24, n.6 - Sexto levantamento, 2024. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safra/graos>. Acesso em: 13 abril 2024.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **AGROFIT Sistemas de agrotóxicos fitossanitários**. Brasília/DF, 2024. Disponível em: https://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons. Acesso em: 14 abril 2024.

CARVALHO, N.; BARCELLOS, A. Adoção do manejo integrado de pragas baseado na percepção e educação ambiental. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, REGT/UFMS, v. 5, nº 5, p. 749-766, 2012. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/regt/article/view/4204/2804> Acesso em: 11 abril 2024.

CUNHA, E. G.; MACHADO, N. S.; FRITSCH, R. Protótipo de aquecimento solar para a cidade de Passo Fundo, RS: caracterização do desempenho do protótipo com ciclo aberto e fechado. *In*: ENCONTRO NACIONAL, 10.; ENCONTRO LATINO AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 6., 2009, Natal/RN. [Anais]. Natal, 2009. Disponível em <https://www.researchgate.net/publication/314230702>. Acesso em: 13 abril 2024.

EMBRAPA. **História da Embrapa**. Brasília: Embrapa, 2024a. Disponível em: <https://www.embrapa.br/memoria-embrapa/a-embrapa>. Acesso em: 13 abril 2024.

EMBRAPA. **Embrapa Trigo: História**. Brasília: Embrapa, 2024b. Disponível em: <https://www.embrapa.br/trigo/historia>. Acesso em: 13 abril 2024.

FEIX, R.; LEUSIN JÚNIOR, S. **Painel do agronegócio no Rio Grande do Sul - 2019**. Porto Alegre/RS: Secretaria de Planejamento, Orçamento e Gestão, 2019. Disponível em: <https://estado.rs.gov.br/upload/arquivos/painel-do-agronegocio-no-rs-2019.pdf> Acesso em: 13 abril 2024.

GALLO, D. *et al.* **Entomologia agrícola**. Piracicaba/SP: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz – FEALQ, 2002.

GUIMARÃES, J.; MICHEREFF FILHO, M.; LIMA, M. **Guia para o manejo de pulgões e viroses associadas na cultura**. Brasília, Embrapa, 2019. (Comunicado Técnico Embrapa, nº 120). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/195225/1/COT-120-final.pdf> . Acesso em: 13 abril 2024.

HINKLE, D.; WIERSMA, W.; JURIS, S. *Applied statistics for the behavioral sciences*. Boston, Mass. USA: Houghton Mifflin, 2003.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Panorama Passo Fundo**. Rio de Janeiro, 2024. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rs/passofundo/panorama>. Acesso em: 21 abril 2024.

IFSUL - INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA SUL-RIO-GRANDENSE. **Trap System**. 2024. Disponível em: <http://gpca.passofundo.ifsul.edu.br/traps/index.php>. Acesso em: 13 abril 2024.

KANEGAE, A. P.; LOMÔNACO, C. Plasticidade morfológica, reprodutiva e assimetria flutuante de *Myzus persicae* (Sulzer) (Hemiptera: Aphididae) sob Diferentes Temperaturas. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 32, p. 37-43, 2003. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/ne/a/vQDctkCJ3NsQWzkVMC3J76v/?lang=pt>>. Acesso em: 11 abril 2024.

KUINCHTNER, A. **A pluviometria no município de Passo Fundo/RS e a produção de soja**. 2005. 86 p. Trabalho de Conclusão de Cursos (Especialização) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria/RS, 2005. Disponível em: https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/2238/Kuinchtner_Angelica.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 13 abril 2024.

LAU, D. Plataforma integrada para monitoramento, simulação e tomada de decisão no manejo de epidemias causadas por vírus transmitidos por insetos. *In: SIMPÓSIO SOBRE ATUALIDADES EM FITOPATOLOGIA: FITOPATOLOGIA NO BRASIL: UM PANORAMA DE NORTE A SUL*, 10., 2020, Viçosa, MG. **Anais**. Viçosa, 2020. p. 83-91. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/221717/1/DOuglasLau-2020-Anais.pdf>. Acesso em: 12 abril 2024.

LAU, D.; PEREIRA, P.; MINELLA, E. Reação de Cultivares e Linhagens de Cevada ao Barley yellow dwarf virus-PAV, em 2018. Brasília: Embrapa, 2020. (Comunicado Técnico Embrapa, nº 376) Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1129888/1/ComTecOnline-376-2020.pdf>. Acesso em: 12 abril 2024.

LAU, D. *et al.* Trigo - monitorar e manejar. **Revista Cultivar**, Pelotas, p.36-39, 2020. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/214693/1/Cultivar-253P36-39-2020.pdf>. Acesso em: 12 abril 2024.

LAU, D. **Sintomas de nanismo-amarelo em trigo - planta inteira**. [Banco de imagens] Brasília: Embrapa, 2022. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-imagens/-/midia/5965001/sintomas-de-nanismo-amarelo-em-trigo---planta-inteira>. Acesso em: 13 abril 2024.

LAZZARETTI, A. *et al.* Trapsystem - uma aplicação para gerenciamento de dados coletados a partir de armadilhas de insetos. *In: REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO E TRITICALE*, 10., 2016, Londrina. **Anais e Proceedings**. Embrapa Trigo, 2016. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/158724/1/ID43959-2016RCBPTT10DOUGLAS36.pdf>. Acesso em: 13 abril 2024.

LINS, E. **Uma metodologia de contagem e classificação de afídeos utilizando visão computacional**. 2018. 83p. Dissertação (Mestrado) – Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo/RS, 2018. Disponível em: <http://tede.upf.br/jspui/bitstream/tede/1505/2/2018ElisonAlfeuLins.pdf>. Acesso em: 13 abril 2024.

MANFRON, P. A.; LAZZAROTTO, C.; MEDEIROS, S. L. P. Trigo - Aspectos agrometeorológicos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 23, p. 233–239, 1993. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/270720020_TRIGO_-_Aspectos_agrometeorologicos. Acesso em 13 de abril de 2024.

RESENDE, A. L. *et al.* **Amostragem de pulgões alados utilizando bandejas d'água e placa adesiva**. Brasília: Embrapa, 2007. (Circular Técnica Embrapa, nº 19) Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPAB-2010/34383/1/cit019.pdf>. Acesso em: 12 abril 2024.

RIO GRANDE DO SUL. Secretaria de Planejamento, Governança e Gestão. **Perfis – Regiões Funcionais de Planejamento**. Porto Alegre, 2015. Disponível em: <https://planejamento.rs.gov.br/upload/arquivos/201512/15134058-20150319163519perfis-todos.pdf>. Acesso em: 13 abril 2024.

RODRIGUEZ, J., RIEDER, R. AphidCV 2.0: uma nova abordagem de classificação, contagem e mensuração de afídeos. *In*: CONFERENCE ON GRAPHICS, PATTERNS AND IMAGE, 33., 2020, Porto Alegre. Evento Online. **Anais [...]**. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, 2020 . p. 159-162. DOI: <https://doi.org/10.5753/sibgrapi.est.2020.13001>. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/346551002_AphidCV_20_uma_nova_abordagem_de_classificacao_contagem_e_mensuracao_de_afideos> Acesso em: 13 abril 2024.

SALVADORI, J. R.; TONET, G. E. **Manejo Integrado dos Pulgões de Trigo**. Brasília: Embrapa, 2001. (Documentos Embrapa, nº 34). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/36617/1/Manejo-integrado-dos-pulgoes-de-trigo.pdf>. Acesso em: 12 abril 2024.

SILVA, M. **Análise da Diversidade Genética dos Afídeos *Schizaphis graminum* (Rondani) e *Metopolophium dirhodum* (Walker) (Hemiptera: Aphididae)**. 2005. 145p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba/PR, 2005. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/xmlui/bitstream/handle/1884/1535/Silva%2c%2bMarcelo%2bLopes%2bda.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 11 abril 2024.

TOEBE, J. **Um modelo baseado em agentes para o ciclo de vida de insetos: aplicação na interação afídeo-planta-vírus**. 2014. 167p. Tese (Doutorado) – Universidade de Passo Fundo, Passo fundo/RS, 2014. Disponível em: <http://tede.upf.br/jspui/bitstream/tede/433/1/2014JosueToebe.pdf>. Acesso em: 13 abril 2024.

TONET, G. Identificação de biótipos de *Schizaphis graminum* que ocorrem em cereais de inverno, no Brasil. *In*: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE TRIGO, 18., 1999, Passo Fundo/RS. [Anais]. Paso Fundo: Embrapa Trigo, 1999. p. 590-596. Disponível em: < <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/129187/1/ID13539-XVIIIrenapet-p590-596.pdf>> Acessos em; 10 abril 2024.

VIEIRA, Y. *et al.* Caracterização de solos da região de passo fundo através de fluorescência de raios X. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE QUÍMICA, 57.*, 2017, Gramado/RS. [**Anais**]. 2017.
Disponível em: <https://www.abq.org.br/cbq/2017/trabalhos/4/11278-24134.html>. Acesso em: 13 abril 2024.