Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"

Monitoramento de urediniósporos de *Phakopsora euvitis* e análise temporal da ferrugem da videira em plantas com e sem cobertura plástica

Érica Tiemi Okamura

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Agronômica.

Piracicaba
2018

Érica Tiemi Okamura
Engenheira Agrônoma

Monitoramento de urediniósporos de *Phakopsora euvitis* e análise temporal da ferrugem da videira em plantas com e sem cobertura plástica

Orientador:
Prof.ª Drª. **LILIAN AMORIM**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Agronômica.

Piracicaba
2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA – DIBD/ESALQ/USP

Okamura, Érica Tiemi

Monitoramento de urediniósporos de Phakopsora euvitis e análise temporal da ferrugem da videira em plantas com e sem cobertura plástica / Érica Tiemi Okamura. - - Piracicaba, 2018.

54 p. :il.

Trabalho de Conclusão de Curso - - USP / Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz".

1. Plasticultura 2. Dinâmica temporal 3. *Vitis labrusca* 4. Cv. Niagara Rosada L. 5. Armadilha caça-esporos I. Título

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por me abençoar e estar ao meu lado todos os dias.

À minha família, especialmente a meus avós paternos, Masayoshi e Célia, e maternos, Pedro e Benedita, por me ensinarem seus valores e princípios de vida, baseados no respeito, no trabalho duro e na humildade.

Aos meus pais, Sérgio e Renata, pela dedicação, amor e apoio incondicional em todos os momentos. Aos meus irmãos, Yumi e Hide, pelo encorajamento e companheirismo de sempre.

À Profª. Drª. Lilian Amorim, pela oportunidade e confiança, pela orientação feita com todo o cuidado mesmo em semanas atarefadas, e por toda a paciência.

Ao pós-doutorando Antônio Fernandes Nogueira Júnior, pelo apoio e por acreditar no meu trabalho, além de me passar conhecimentos essenciais para o desenvolvimento deste projeto.

A todos da equipe do Laboratório de Epidemiologia - especialmente, à Sílvia, à Isa e à Pamela - e do Departamento de Fitopatologia como um todo, pelo companheirismo, amizade e por toda a ajuda que foram essenciais para a realização deste trabalho.

Ao Ortiz, Éder e Carlão pelas risadas ao sol e pela ajuda na condução do experimento em campo.

Ao Grupo de Práticas em Fruticultura (GPF), por todo o apoio e por serem tão solícitos.

Ao Sr. Dito de Porto Feliz, por nos permitir desenvolver partes do projeto em sua propriedade e por sempre nos receber tão bem.

Aos meus amigos de turma, Mônica, Cristal, Cãp, Bruna, Martha, Gorado, Crocs, Gilly, Da-Selva, Natasha e K-pixk pelo companheirismo e ajuda de sempre.

A todos os Professores da ESALQ, em especial à Profª Drª Ana Dionísia da Luz

Coelho Novembre, ao Prof. Dr. Durval Dourado Neto, Prof. Dr. Gil Câmara, Prof Dr. Paulo Fernando Machado, Prof. Dr. Paulo César Sentelhas e Profª Drª. Margarete Boteon pelos ensinamentos e por me agregarem valor e me inspirarem a ser uma profissional competente.

Agradeço ainda a todos os laboratórios e grupos de estágio pelos quais passei (Laboratório de Sementes, Grupo de Fisiologia Aplicada e Sistemas de Produção (GFASP), Grupo de Práticas em Irrigação e Drenagem (GPID) e laboratório de epidemiologia) e a todas as pessoas, em especial, Luiz Felipe, Dona Helena, Felipe, Guilherme, Antônio, os quais conheci durante essa caminhada e realmente fizeram toda a diferença.

Concluo com um agradecimento mais que especial à nossa Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" – ESALQ/USP, pelo apoio institucional e por proporcionar um ambiente de coletividade e compartilhamento de ideias que se reflete no desenvolvimento de profissionais capacitados, e mais do que isso, de pessoas de bem.

"There is no reason not to follow your heart, because people who are crazy enough to think they can change the World are the ones who do"

Steve Jobs

"Live out the highest, fullest, truest expression of yourself as a human being"

Oprah Winfrey

SUMÁRIO

RESUMO **9**

ABSTRACT **11**

1. INTRODUÇÃO **13**

2. METODOLOGIA **18**

2.1. Descrição da área experimental 18

2.2. Coleta de dados meteorológicos e de molhamento foliar 23

2.3. Monitoramento de urediniósporos de *Phakopsora euvitis* em campo 20

2.4. Avaliação do progresso temporal da epidemia de ferrugem da videira 22

2.5. Avaliação do número de folhas por ramo nas plantas de videira 23

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO **25**

3.1. Monitoramento de urediniósporos de *Phakopsora euvitis* em campo e correlação com variáveis meteorológicas 25

3.2. Dinâmica de progresso temporal da doença ferrugem da videira em plantas sob cobertura plástica e plantas descobertas 29

3.3. Análise do número de folhas por ramo em plantas com e sem cobertura plástica 33

4. CONCLUSÃO **34**

REFERÊNCIAS **35**

ANEXOS **39**

RESUMO

Monitoramento de urediniósporos de *Phakopsora euvitis* e análise temporal da ferrugem da videira em plantas com e sem cobertura plástica

O Brasil produz aproximadamente 1.500.000 toneladas de uvas por ano, sendo o fruto temperado mais produzido no País. A área plantada e o rendimento médio por hectare aumentaram expressivamente na última década. No estado de São Paulo a cv. Niágara Rosada é a mais comum, correspondendo a 90% das plantas de videira e estando sujeita a diferentes formas de condução e práticas de cultivo. O uso do sistema de condução em Y com cobertura plástica vem se destacando por apresentar alta produtividade e menor incidência de doenças. Entretanto, o seu efeito nas epidemias da ferrugem da videira, doença causada pelo patógeno *Phakopsora euvitis*, é ainda pouco conhecido. No presente trabalho, realizado em área experimental no município de Piracicaba, a dispersão aérea de urediniósporos do patógeno e a sua correlação com fatores climáticos, além da dinâmica de progresso da doença foram avaliadas em plantas da cultivar Niágara Rosada conduzidas sob cultivo convencional e sob cobertura plástica durante duas safras (safra 2017 e safrinha 2018). A maior dispersão do patógeno foi detectada em áreas descobertas durante o inverno, quando o número de dias secos foi maior. A ocorrência da doença foi tardia na safra colhida no verão de 2017 e sua incidência foi semelhante nos tratamentos com e sem cobertura plástica. A maior severidade média, ainda que baixa, foi observada em plantas sob o cultivo protegido.

Palavras-chave: Plasticultura, Dinâmica temporal, *Vitis labrusca*, cv. Niágara Rosada, Armadilha caça-esporos

ABSTRACT

Monitoring of *Phakoprsora euvitis* urediniospores and temporal analysis of grapevine rust on plastic covered plants and uncovered plants

Brazil produces approximately 1.500.000 tons of grapes per year, being the most produced temperate fruit in the country. Area cultivated with grapevines and average yield per hectare have increased significantly in the last decade. In São Paulo state, cv. Niagara Rosada is the most common, corresponding to 90% of the state's grapevine plants and being subjected to different ways of conduction and agricultural practices. The use of Y conduction system with plastic cover has been outstanding due to its higher productivity and lower incidence of diseases. However, its effects on grapevine rust epidemics, a disease caused by the pathogen *Phakopsora euvitis* are still poorly understood. In the present study, the aerial dispersal of urediniospores of the pathogen and its correlation to climatic factors, besides the dynamics of the disease progression were evaluated in plants of the cultivar Niagara Rosada conducted in a conventional way and under plastic cover during two harvests (winter-spring 2017 and summer-autumn 2018). The highest dispersal of the pathogen was detected in discovered areas during winter, when the number of dry days was higher. The disease was seen later in the winter-spring harvest (2017) and its incidence was similar on treatments with and without plastic cover. The highest mean severity, although it was low, was observed in plants under protected cultivation.

Keywords: Plasticulture, temporal dynamics, *Vitis labrusca*, cv. Niagara Rosada, Spores hunting trap

1. INTRODUÇÃO

A viticultura brasileira apresenta grande diversidade e abrange boa parte dos estados do País, estando sujeita a diferentes condições ambientais, variados sistemas de cultivo e recursos genéticos de ampla variabilidade (CAMARGO et al., 2011). A cultura ocupa uma área de aproximadamente 79.904 ha, obtendo uma produção anual em torno de 1.500.000 toneladas (MELLO, 2016). O rendimento médio por hectare cultivado teve expressivo aumento entre a safra de 2006 e 2015, passando de 16.682 para 19.242 kg/ha. Em 2016, no entanto, a produtividade média brasileira da cultura teve queda ocasionada por condições climáticas adversas como excesso de chuvas, granizo e geadas no maior estado produtor, Rio Grande do Sul, recuando para 12.799 kg/ha, 33,3% a menos do que a safra anterior. Tal estado é responsável por cerca de 60% da produção nacional do fruto, impulsionando a região Sul à frente do ranking brasileiro. O Nordeste vem em segundo lugar com 21%, seguido pelo Sudeste do País, que representa aproximadamente 11% da produção nacional. Com 142 mil toneladas anuais, e ampla fração destinada ao consumo in natura (uvas de mesa), São Paulo é o terceiro maior estado produtor de uvas no País, atrás apenas do Rio Grande do Sul e de Pernambuco (Vale do São Francisco) (IBGE, 2016). Na viticultura paulista destacam-se como regiões produtoras: Itapetininga (33%), Campinas (32%), Jales (15%) e Sorocaba (12%), sendo grande parte das plantas composta pela cv. Niágara Rosada (89%) (*Vitis labrusca* L.) e variedades de uvas finas (*Vitis vinífera*), como a Itália e suas mutações, Rubi e Benitaka (OLIVEIRA et al., 2008; COSTA et al., 2012).

A condução dos vinhedos é realizada com base em três sistemas principais: espaldeira, latada e Y. Diferenças de produtividade e qualidade dos frutos podem ser verificadas devido ao efeito do sistema sobre a parte aérea das plantas alterando o microclima por meio de mudanças na incidência de radiação solar, temperatura e arquitetura do dossel (NORBERTO, 2006). A espaldeira, um dos sistemas mais utilizados pelos vitivinicultores, é caracterizada pela condução vertical do dossel vegetativo em três ou quatro fios de arame. A latada (pérgola, parreira ou

caramanchão), por sua vez, apresenta o dossel vegetativo horizontal apoiado sobre uma estrutura de arames a 1,90 m do solo, sendo mais utilizada no cultivo de uvas finas para mesa (NOGUEIRA, 2017). O sistema em Y, recentemente desenvolvido como alternativa tecnológica vem contribuindo para o aumento da rentabilidade, produtividade e qualidade dos frutos (SCHUCK et al., 2004). O dossel da planta, nesse caso, é conduzido em dois planos com ângulo de inclinação de 120° a 130° entre si, resultando em copas mais abertas, que permitem maior incidência de luz nas gemas e maior ventilação. Apesar do custo inicial elevado para instalação e manutenções posteriores, o sistema em Y permite o uso concomitante da cobertura plástica (Figura 1), gerando um ambiente de cultivo protegido, que auxilia no controle de algumas doenças fúngicas, as quais são desfavorecidas pela diminuição do molhamento foliar, como o míldio, a antracnose e podridões, podendo reduzir a incidência dessas doenças em até 70% (HERNANDES & PEDRO JÚNIOR, 2011). Segundo o experimento desenvolvido por Camargo (2017), a cobertura plástica foi capaz de reduzir a incidência de míldio (*Plasmopara viticola*), uma das principais doenças da videira, em torno de 90%, o que reflete positivamente na diminuição da necessidade de aplicações preventivas de fungicidas sequenciais ao longo de todo o ciclo da cultura.

A cobertura plástica vem sendo implementada em regiões produtoras de ‘Niágara Rosada’, considerando-se a sua grande representatividade no Estado e visando-se a proteção das plantas contra adversidades climáticas (granizo, chuvas torrenciais), além de tentativas de manejo de outras doenças, como a ferrugem da videira, também de grande importância na viticultura paulista (PRIMIANO et al., 2017).

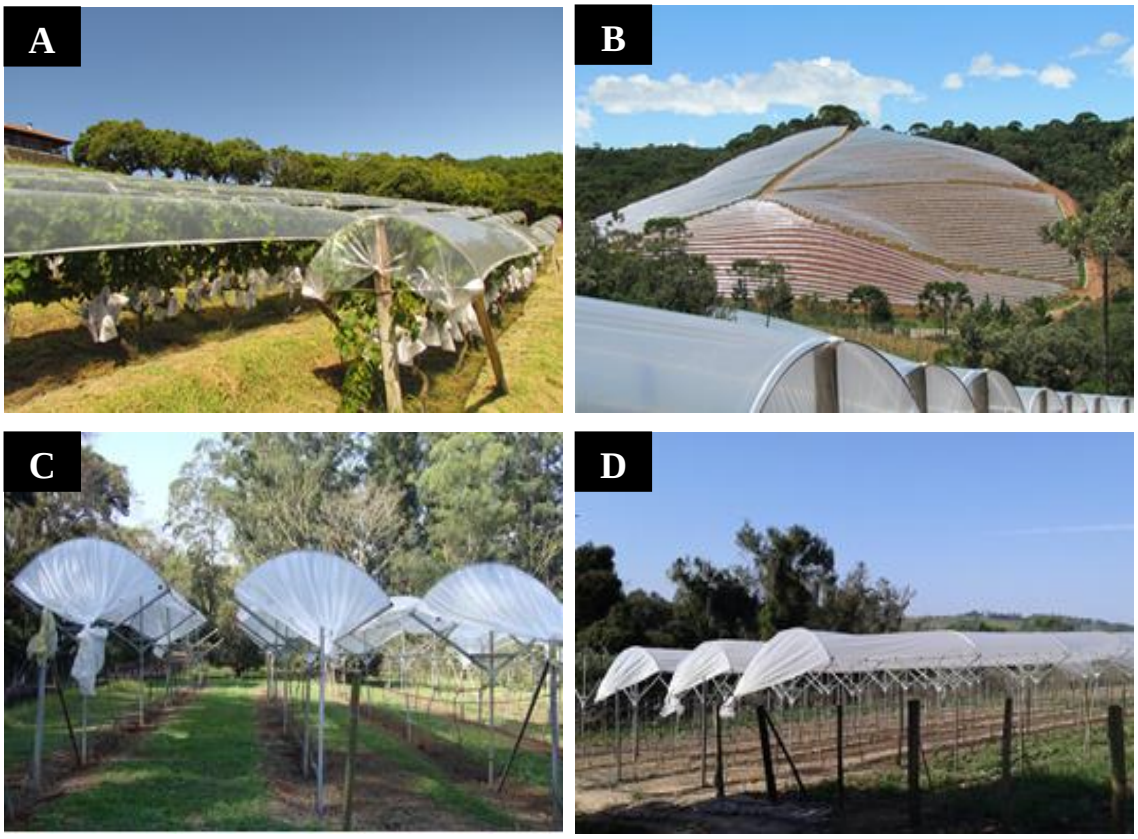


Figura 1. Videiras conduzidas no sistema em espaldeira e com cobertura plástica na região da Serra da Mantiqueira, Estado de São Paulo (A e B). Videiras conduzidas no sistema de condução em "Y" e com cobertura plástica nos municípios de Piracicaba (C) e Porto Feliz (D), Estado de São Paulo.
Fonte das fotos: Marcel B. Spósito, 2017.

A ferrugem da videira é uma doença fúngica, causada por um patógeno biotrófico denominado *Phakopsora euvitis*, pertencente ao filo Basidiomycota da ordem Uredinales (TESSMANN et al., 2004). O fungo sobrevive apenas nas folhas da videira, já que o hospedeiro alternativo (*Meliosma myriantha*) inexiste no País (AMORIM et al., 2016). No Brasil, tanto o inóculo primário como o secundário são constituídos pelos urediniósporos, os quais se disseminam através do vento e apresentam germinação favorecida por períodos de molhamento foliar superior a 12 horas, escuro e temperaturas entre 15 e 25°C (ALVES, 2015). Os sintomas são caraterizados por pequenas pústulas alaranjadas (urédias) localizadas na face inferior das folhas, e constituídas por urediniósporos (Figura 2A). Na face superior, são observadas manchas amareladas que começam a necrosar à medida que as pústulas coalescem (Figura 2B). A

ferrugem da videira é uma importante doença de final de ciclo, pois ocasiona desfolha precoce da cultura e, consequentemente, prejudica a maturação dos frutos e acúmulo de reservas nas raízes, comprometendo as safras posteriores (ALVES, 2015; NOGUEIRA Jr. et al., 2018).

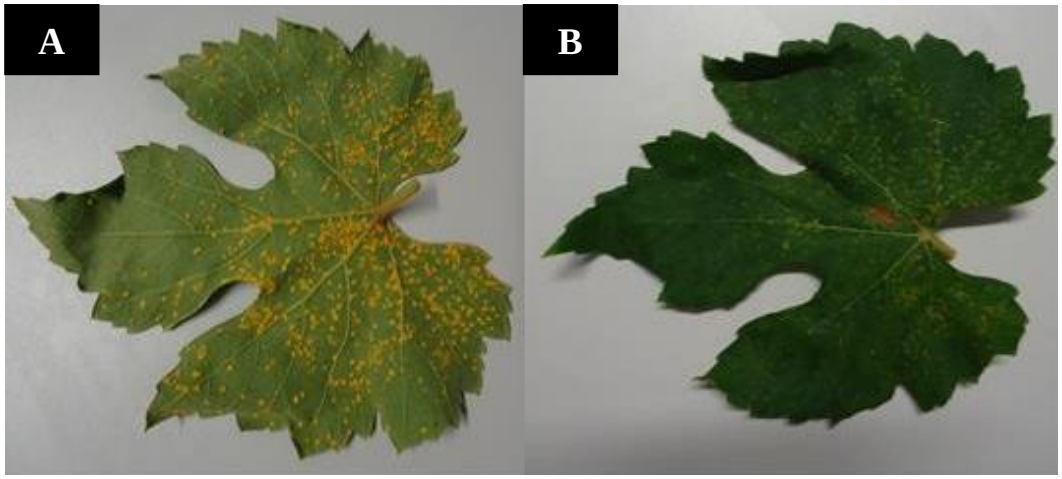


Figura 2. Sintomas e sinais de ferrugem da videira em folhas da variedade Niágara Rosada. Sintomas da doença na face abaxial (A); e na face adaxial das folhas (B).
Fonte das fotos: Renan F. Alves, 2015.

O uso da plasticultura é capaz de influenciar o desenvolvimento de doenças e a incidência de patógenos em plantas, já que um de seus princípios é a regulação do ambiente próximo ao dossel vegetativo (AGRIOS, 2005). Como mencionado, o uso da cobertura plástica apresenta resultados satisfatórios no controle de algumas doenças fúngicas da videira, como o míldio, a antracnose e algumas podridões. No entanto, em outros casos, pode ser insuficiente ou até mesmo contribuir para o seu desenvolvimento, como ocorre com a mancha-das-folhas (*Isariopsis clavispora*) (PEDRO JÚNIOR et al., 2011) e o oídio (*Uncinula Necator*) (DU et al., 2015), sendo necessária a associação de pulverizações de fungicidas.

Dados preliminares (Amorim, comunicação pessoal) indicam que a severidade da ferrugem da videira não é influenciada pela cobertura plástica no sistema de condução das plantas do tipo Y (Figura 1C, D). No entanto, esses dados foram coletados em uma única safra, na qual a severidade máxima em parcelas descobertas e não tratadas não ultrapassou 6%, nível

muito baixo para ser considerada epidemia (CAMARGO, 2017). Com base nisso e considerando-se a escassez de materiais na literatura que relacionam o cultivo protegido em vinhedos com o controle da doença em questão, este trabalho teve como objetivo analisar os efeitos da cobertura plástica sobre o progresso temporal da doença ferrugem da videira e monitorar a dinâmica de urediniósporos de *Phakopsora euvitis* por meio do uso de armadilhas caça-esporos em parcelas com e sem cobertura plástica, correlacionando-a com variáveis meteorológicas.

2. METODOLOGIA

2.1. Descrição da área experimental

O experimento foi instalado em campo experimental pertencente ao Departamento de Produção Vegetal da ESALQ/USP, localizado no município de Piracicaba - SP (22°42’33.97” S, 47°37’37.08” O, 547 m acima do nível do mar) (Figura 3, Anexos 1 e 2). Segundo a classificação climática de Köppen-Geiger, o município apresenta um clima do tipo Cwa ou temperado úmido com inverno seco e verão quente (KÖPPEN E GEIGER, 1928).

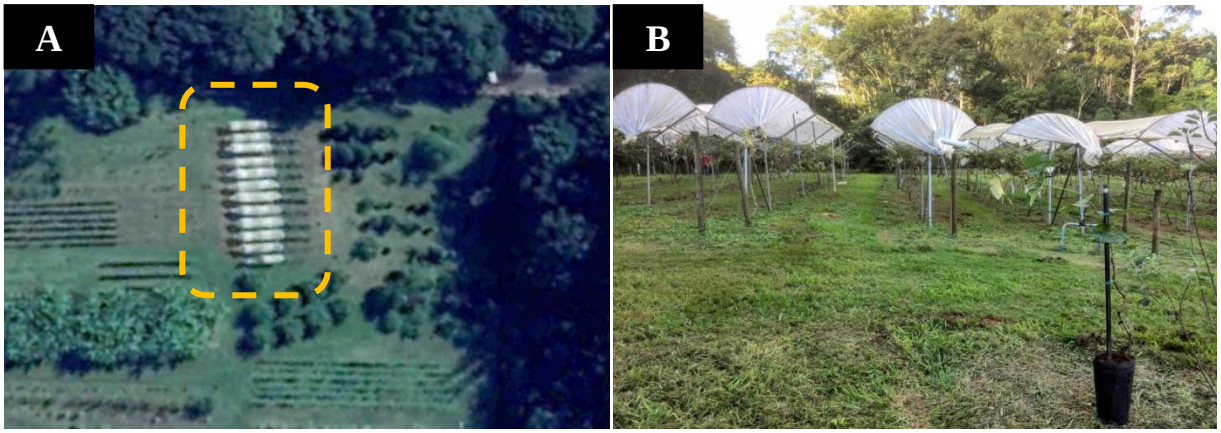


Figura 3. Área experimental do Departamento de Produção Vegetal (ESALQ/USP). (A) Vista aérea; (B) Vista local.
Fonte das fotos: Google Earth (A); Autoria própria (B).

O vinhedo era constituído por plantas de videira da variedade Niágara Rosada (*Vitis labrusca*) enxertadas sobre o porta-enxerto IAC 766 Campinas (*Vitis riparia* x *Vitis caribea*) e plantadas no local entre os anos de 2013 e 2014. As videiras foram dispostas em campo em um espaçamento de 3,2 m entre linhas e 1,2 m entre plantas e foram conduzidas de acordo com o sistema em Y.

Para o trabalho, foram acompanhadas a safra 2017 (inverno-primavera) e a safrinha 2018 (verão-outono). A área experimental foi constituída por 12 linhas paralelas entre si, cada uma com 16 plantas, sendo as duas linhas dos extremos consideradas como bordadura. As 10 linhas centrais foram demarcadas como área útil. Tal área foi dividida perpendicularmente em

duas partes, sendo uma metade a parte com cobertura plástica (tipo branca leitosa com 150 micras de espessura (VineCover- Ginegar ®)) e a outra, a parte descoberta.

O manejo fitossanitário teve início, aproximadamente, um mês após a poda e foi direcionado principalmente ao controle do míldio. Foi realizado quinzenalmente, por meio da aplicação intercalada de Revus® (mandipropamida) e Aliette® (fosetil-alumínio), sendo usado também o Amistar® (azoxistrobina) até o aparecimento dos primeiros sintomas de ferrugem da videira. O controle de pragas foi feito da mesma forma em todas as parcelas de ambos os tratamentos, quando era necessário.

Foi realizada uma poda curta (duas gemas por ramo) no início do ciclo produtivo da safra 2017 (inverno-primavera) e uma poda longa (quatro gemas por ramo) na safrinha 2018 (verão-outono). As podas foram realizadas nos dias 10 de agosto de 2017 e 7 de março de 2018, respectivamente. Logo em seguida ou um dia após a poda, foi feita a aplicação de cianamida hidrogenada (Dormex®) a 5% de concentração em todas as plantas, com foco nas gemas, para promover a uniformidade de brotação. A retirada de netos e gavinhas, considerados drenos que podem provocar o desequilíbrio nutricional da planta e retardar o desenvolvimento de brotos e cachos, foi realizada durante todo o ciclo. No momento em que o crescimento dos ramos atingiu o último fio de arame de sustentação, realizou-se o desponte a partir da retirada do meristema apical. A adubação foi parcelada em quatro vezes: uma semana após a poda foi feita a distribuição de 10 L de esterco por planta, e nos três meses seguintes à poda realizamos, mensalmente, a aplicação de 40g de sulfato de amônio e 20g de cloreto de potássio por planta. As videiras foram submetidas ao método de irrigação localizada utilizando-se o sistema de gotejamento.

As colheitas da safra 2017 e da safrinha 2018 foram realizadas em 11 de novembro de 2017 (123 dias após a poda) e em 5 de julho de 2018 (120 dias após a poda), respectivamente.

2.2. Monitoramento de urediniósporos de *Phakopsora euvitis* em campo

Os urediniósporos de *P. euvitis* presentes no ar e disseminados, principalmente, pelo vento foram monitorados na área experimental, durante o período de 7 de dezembro de 2017 a 30 de outubro de 2018, por meio de armadilhas caça-esporos do tipo "cata-vento" (Figura 4). O objetivo do monitoramento consistiu em verificar possíveis diferenças na dinâmica de dispersão desses esporos causadas pela presença ou ausência da cobertura plástica, e também correlacioná-la com variáveis meteorológicas.

Durante a safrinha 2018, mudas de videira inoculadas com uma suspensão na concentração de 10^5 urediniósporos.ml^{-1}, foram levadas ao campo experimental para servirem como fonte de inóculo para a ferrugem da videira, sendo trocadas quinzenalmente.

Tabela 1. Datas referentes aos dias de distribuição das mudas de videira inoculadas com ferrugem (*Phakopsora euvitis*) no campo experimental durante a safrinha 2018.

DATA	*DAP**
04/04/2018	28
26/04/2018	50
25/05/2018	79
22/06/2018	107
16/07/2018	131

* Dias após a poda

No início do experimento, durante o período de 07 de dezembro a 23 de maio, cinco armadilhas caça-esporos estavam posicionadas em área descoberta e apenas uma em área coberta. Tendo como intuito obter maior quantidade de dados acerca da parte com cobertura plástica visando melhorar as análises estatísticas, as armadilhas foram reposicionadas e mais uma foi acrescentada, de modo que quatro delas permaneceram em área descoberta e três em área com cobertura.

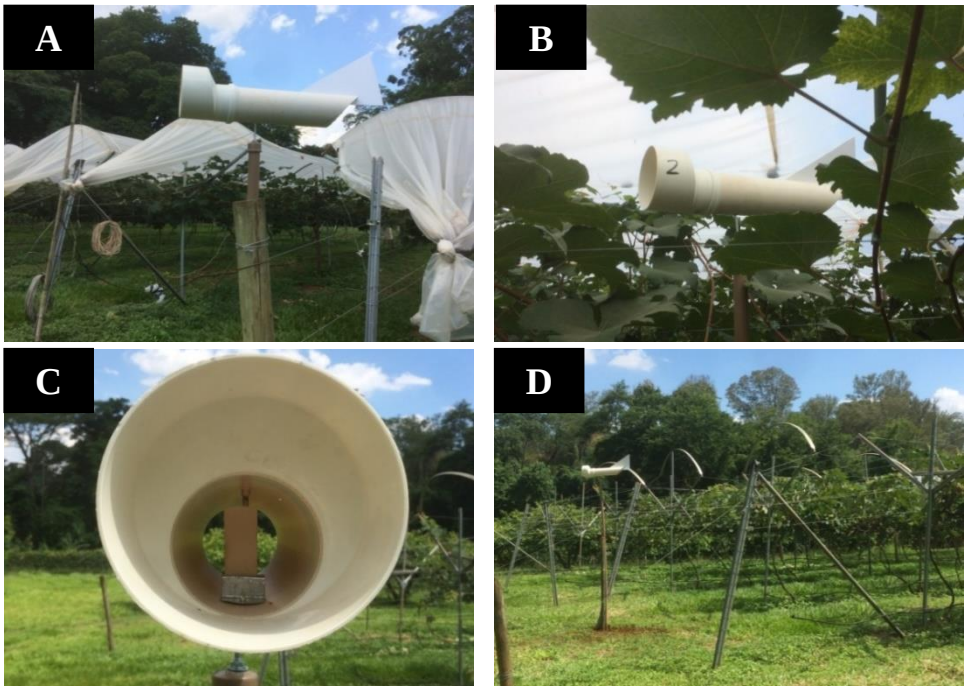


Figura 4. Armadilhas caça-esporos em área descoberta (A) e sob cobertura plástica (B) instaladas no campo experimental do Departamento de Produção Vegetal da ESALQ/USP. Lâmina coberta com vaselina disposta no interior da armadilha caça-esporos (C). Armadilha caça-esporos ao lado do vinhedo (D).

As armadilhas foram posicionadas a 1,8 m de altura do solo e cada uma recebeu uma lâmina contendo vaselina em 100% de sua superfície exposta. As trocas das lâminas e a contagem de esporos foram efetuadas semanalmente. A contagem foi realizada em microscópio óptico utilizando-se um aumento de 100 vezes. Lâminas cobertas com vaselina e polvilhadas com urediniósporos de *P. euvitis* serviram como referência para a análise. Com base em testes preliminares que constataram a eficácia da fita dupla face para a coleta de urediniósporos, a partir de 03 de julho de 2018, esse material adesivo passou a ser utilizado ao invés da vaselina.

Por meio da constatação de que na grande maioria dos casos os urediniósporos eram observados em aglomerados nas lâminas foi realizada a análise, em 20 lâminas, do número de aglomerados por lâmina e a quantidade de esporos por aglomerado.

Para a análise da diferença do número de esporos entre os tratamentos foram

consideradas amostras de 3 lâminas do Y coberto e 3 lâminas do Y descoberto. Para cada uma delas foi calculado o somatório da área abaixo da curva ao longo do período (AAC) (Anexo 3). Após a transformação dos dados em raiz quadrada, o teste ANOVA foi aplicado para comparação.

2.3. Avaliação do progresso temporal da epidemia de ferrugem da videira

As avaliações de incidência e severidade durante a safra 2017 e a safrinha 2018 foram realizadas nos dias 18 de dezembro de 2017 (130 DAP) a 14 de janeiro de 2018 (157 DAP) e entre 19 de abril de 2018 (43 DAP) e 08 de agosto de 2018 (168 DAP), respectivamente, sendo feitas semanalmente a partir da avaliação de todas as folhas presentes nos ramos selecionados por planta. Durante a safra 2017, foram selecionadas 14 plantas tanto no Y coberto quanto no Y descoberto e avaliados 4 ramos por planta. Já na safrinha 2018, foram marcadas 30 plantas em cada um dos tratamentos com 2 ramos avaliados por planta.

Para a análise da incidência foi obtida a média do número de folhas infectadas pelo total de folhas presentes no ramo em cada dia de avaliação para todos os ramos selecionados. Ramos que não apresentaram nenhuma folha infectada durante todo o período avaliativo foram desconsiderados.

A quantificação da severidade foi baseada na escala diagramática de Angelotti et al. (2008) e para a sua análise foi obtida a média da severidade das folhas presentes no ramo em cada dia de avaliação para todos os ramos selecionados.

O modelo logístico [$y(t) = 1/(1+b1*\exp(-r*t))$] foi ajustado aos dados de incidência e severidade de ramos sintomáticos ao longo do tempo por meio de regressões não-lineares usando-se o software STATISTICA v.7 (StatSoft, 2004). Neste tipo de modelo, $y(t)$ corresponde à proporção de intensidade da doença, b1 é o parâmetro relacionado à quantidade inicial da doença, r é a taxa de progresso da doença (em proporção), e t é o tempo, em dias. Em decorrência da escassez de dados obtidos na safra 2017, o modelo logístico foi somente

ajustado aos dados da safrinha 2018.

2.4. Avaliação do número de folhas por ramo nas plantas de videira

A quantificação do número de folhas foi feita nos ramos selecionados por planta em ambos os tratamentos (Y coberto e Y descoberto), semanalmente, durante o período entre o desponte dos ramos e a completa queda das folhas. A análise dos dados foi realizada a partir da obtenção da média do número de folhas por ramo em todas as avaliações.

2.5. Coleta de dados meteorológicos e de molhamento foliar

A coleta dos dados meteorológicos diários foi feita a partir do Posto Meteorológico "Professor Jesus Marden dos Santos" no município de Piracicaba – SP (22°42'30" S, 47°38'00" O, 546 m acima do nível do mar). Foram analisados dados referentes à temperatura média, pluviosidade média, volume acumulado de chuvas durante 2, 4 e 7 dias, número de dias sem chuvas (NDS) a cada 7 dias, umidade média e duração do período de molhamento foliar (DPM) diários nas áreas coberta por plástico e descoberta. Os dados referentes à DPM foram obtidos diretamente na área experimental, a partir de sensores Campbell Scientific, modelo Decagon LWS (Figura 5). Cinco sensores de molhamento foliar foram instalados em diferentes posições do dossel vegetativo nas áreas com e sem cobertura plástica e foram conectados a sistemas de coleta automática de dados (Campbell Scientific, CR800x), responsáveis pela coleta das leituras diárias. Para a análise da variação da DPM em cada tratamento, foi utilizada a média diária das leituras dos cinco sensores.

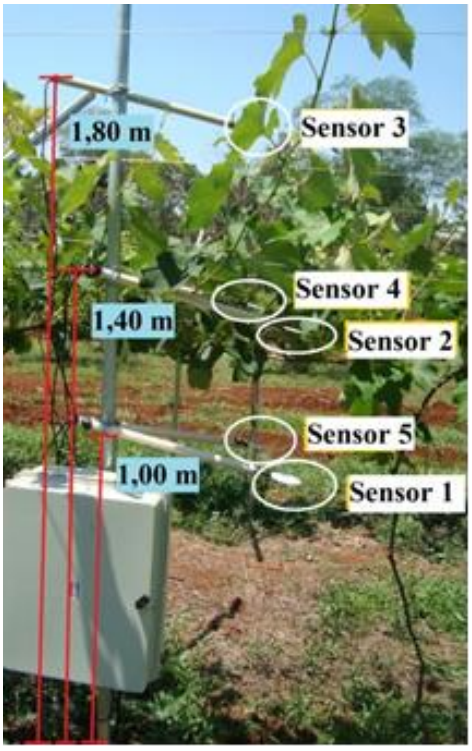


Figura 5. Sensores modelo LWS Decagen, responsáveis pela coleta de dados de molhamento foliar.
Fonte da foto: Ester Holcman, 2014.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Monitoramento de urediniósporos de *Phakopsora euvitis* em campo e correlação com variáveis meteorológicas

A época de maior incidência dos urediniósporos na área experimental ocorreu entre meados de junho e final de setembro de 2018 (Figura 6), ou seja, durante o inverno e abrangendo o momento entre a colheita e a pós-colheita da safrinha, padrão semelhante visto por Blum e Dianese (2001) na captura de urediniósporos da ferrugem de jambeiro. No restante do período de avaliação, a incidência foi praticamente nula.

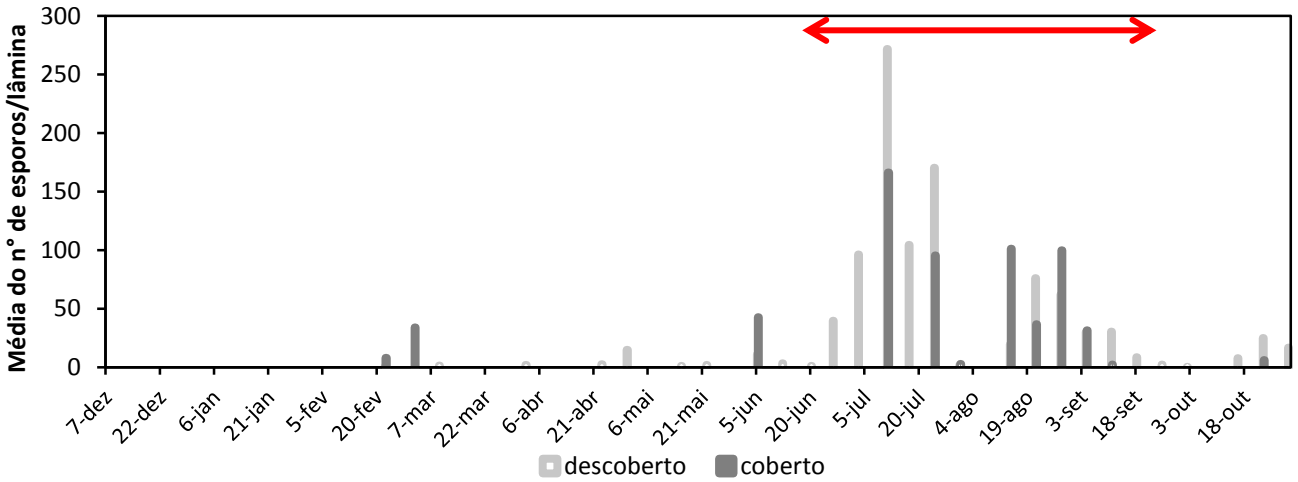


Figura 6. Média do número de esporos capturados nos tratamentos Y com cobertura plástica e Y sem cobertura plástica ao longo do tempo. Seta representando o período de maior incidência de esporos na área experimental.

A média geral do número de esporos capturados por armadilha fora da cobertura plástica foi 37 % superior em relação ao verificado em armadilhas sob área de cultivo protegido, atingindo um pico máximo de, aproximadamente, 272 esporos/lâmina no dia 11 de julho de 2018. Enquanto que para as armadilhas dispostas sob cobertura plástica esse número foi de 166 esporos/lâmina (39% menor), ocorrendo no mesmo dia. Os valores abaixo da curva (ACC) para o número médio de esporos nas lâminas foram significativamente superiores no sistema descoberto (p=4,89E-06).

A análise das lâminas via microscópio óptico mostrou que a cobertura plástica exerce

grande influência na interceptação de partículas dispersas no ar (Figura 7) ao atenuar em, aproximadamente, 88% a velocidade do vento junto ao dossel vegetativo (CHAVARRIA et al., 2007), fato também observado por Batista et al. (2005), em um experimento semelhante realizado em Mossoró-RN. Tal evidência mostra, portanto, que a cobertura plástica pode dificultar a dispersão aérea do patógeno, tida como fator importante no aumento espacial e temporal de epidemias, principalmente, para doenças policíclicas como é o caso da ferrugem da videira (GOBBIN et al., 2005).

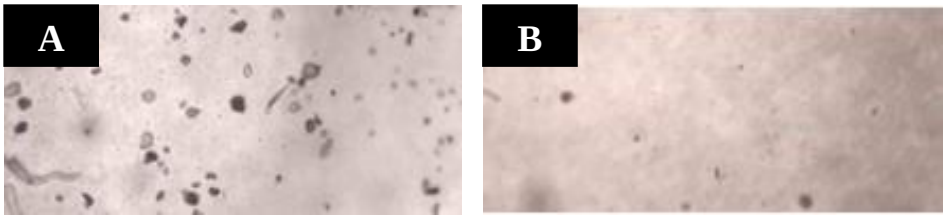


Figura 7. Lâminas provenientes de armadilhas caça-esporos dispostas em área descoberta (A) e com cobertura plástica (B).

Em 50% dos casos analisados, o patógeno apareceu em agrupamentos de 5 a 40 unidades, sendo mais frequentes os agrupamentos com média de 15 esporos. Foram constatados ainda aglomerados com até 225 urediniósporos (Figura 8). A dispersão em agrupamentos pode aumentar as chances de infecção do hospedeiro, no entanto, sua causa ainda é desconhecida. Imagens feitas por microscopia eletrônica de varredura revelam uma espécie de mucilagem encobrindo os esporos, e que pode estar ligada a este fato (Figura 9).

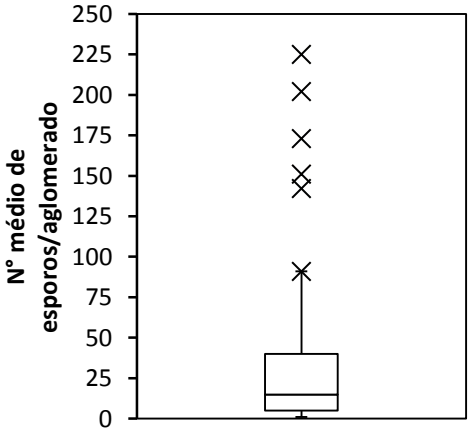


Figura 8. Gráfico box-plot referente à distribuição do número médio de esporos por

aglomerado de urediniósporos observados em lâminas coletadas em campo tanto de armadilhas cobertas com plástico quanto armadilhas descobertas.

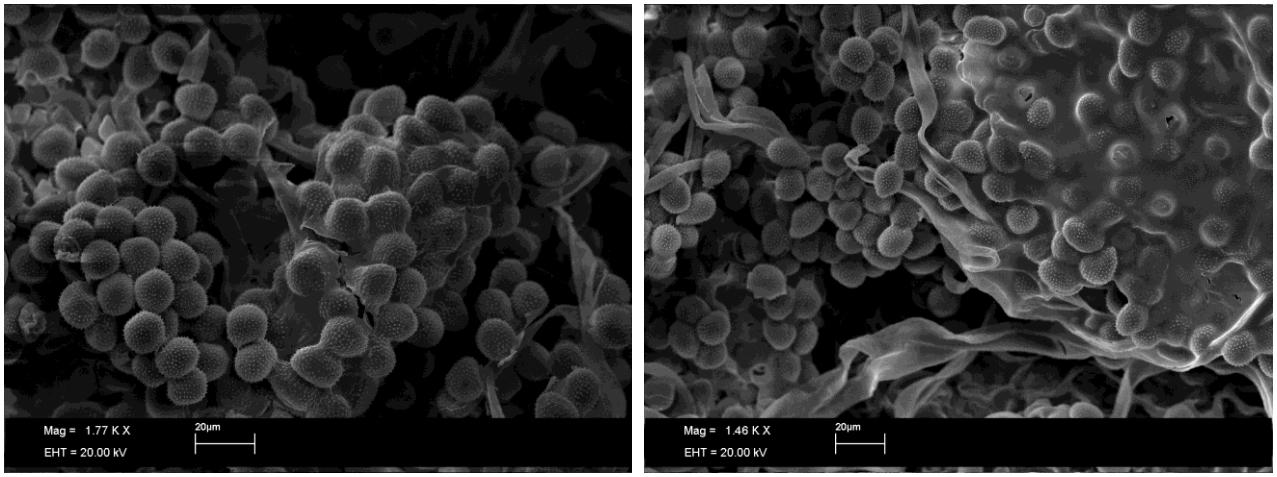


Figura 9. Urediniósporos de *Phakopsora euvitis* envoltos por uma espécie de mucilagem.
Fonte: Isabela Vescove Primiano, 2016.

Dentre todas as variáveis meteorológicas relacionadas ao número de esporos coletados tanto dentro como fora da cobertura plástica, apenas o número de dias secos na semana apresentou resultados significativos na análise de regressão ($p<0,05$). Semanas com maior número de dias secos, mais evidentes na época do inverno, resultaram no aparecimento de maior quantidade de esporos nas lâminas em ambos os tratamentos, estabelecendo-se assim uma correlação positiva entre as variáveis (R coberto=0,30 e R descoberto=0,31) (Figura 10).

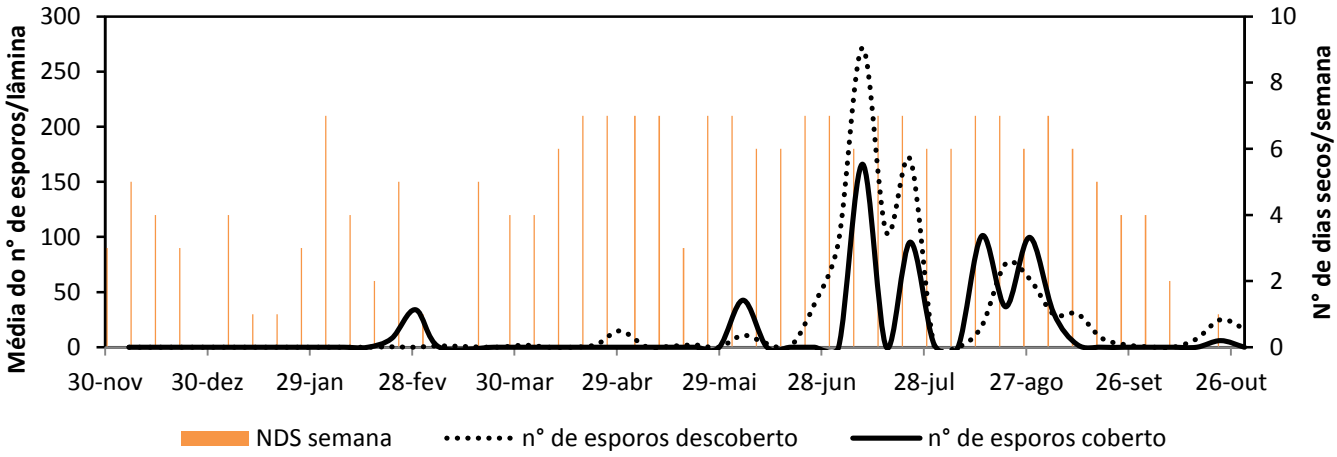


Figura 10. Média do número de esporos capturados nos tratamentos Y com cobertura plástica e Y sem cobertura plástica ao longo do tempo e número de dias secos na semana representados pelas colunas laranja.

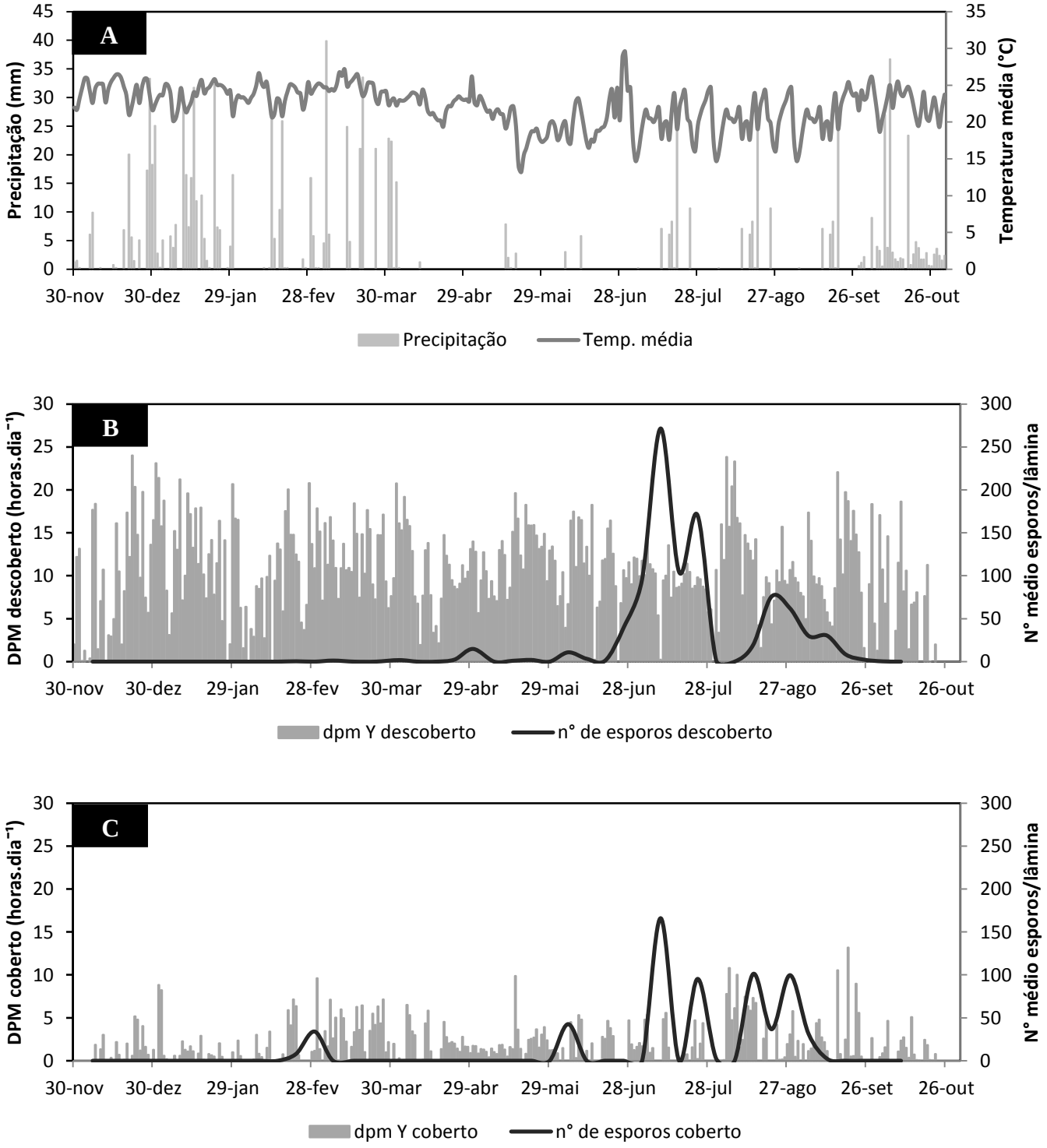


Figura 11. Temperatura média e precipitação ao longo do período de monitoramento dos esporos de ferrugem em campo (A). Duração do período de molhamento foliar em Y com cobertura plástica (B) e sem cobertura plástica (C) o número de esporos coletados pelas armadilhas caça-esporos nos respectivos tratamentos.

Foi constatada a duração média do período de molhamento foliar (DPM) de 1,4 horas.dia^{-1} no cultivo protegido e de 10,5 horas.dia^{-1} em área descoberta (Figura 11). Considerando-se que sob temperaturas acima de 15 °C, o mínimo DPM estimado para que ocorra a germinação dos esporos é de 5 horas.dia^{-1} (ALVES, 2015), debaixo da cobertura plástica apenas 6% dos dias atenderam ao estipulado, enquanto em área descoberta essa taxa saltou para 84%. O maior número de dias secos na semana, por um lado, promove a maior dispersão de urediniósporos, no entanto, ao contribuir também para a redução da duração do período de molhamento foliar (DPM) pode dificultar a infecção das plantas, comprometendo o desenvolvimento da doença (GOMES et al., 2010). Períodos muito chuvosos foram responsáveis também pela redução da dispersão de ascósporos de *Phaeosphaeria* spp., segundo Arseniuk et al. (1998).

3.2. Dinâmica de progresso temporal da doença ferrugem da videira em plantas sob cobertura plástica e plantas descobertas

Durante a safrinha 2018, as avaliações de incidência e severidade foram iniciadas no dia 19 de abril (43 DAP), um pouco antes do aparecimento dos primeiros sintomas, que ocorreu no dia 10 de maio (64 DAP) para ambos os tratamentos. Já na safra 2017, as avaliações se iniciaram aos 130 DAP, dia 18 de dezembro de 2017, quando a incidência de ferrugem em área de cultivo protegido ainda era de 0% e em área descoberta, de 13%. Houve, portanto, um atraso na incidência da doença durante a safra 2017 em relação à safrinha 2018 (Figura 12), verificado também por Scapin-Buffara et al. (2018), que detectou os primeiros sintomas de ferrugem durante o estádio de florescimento e estabelecimento dos frutos para a safrinha (verão-outono) e durante o estádio de maturação dos frutos para a safra (inverno-primavera). As avaliações se estenderam até 14 de janeiro de 2018 (157 DAP) para a safra e até 08 de agosto de 2018 (168 DAP) para a safrinha. Neste último período, as avaliações da área descoberta terminaram duas semanas antes em relação à área coberta, devido à queda de

folhas.

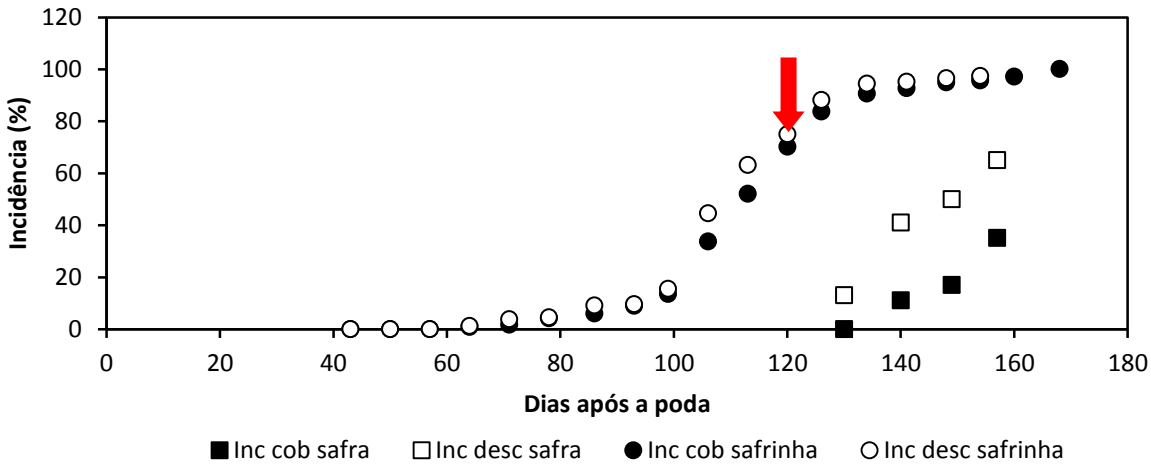


Figura 12. Incidência de ferrugem da videira em plantas sob cobertura plástica e plantas descobertas durante a safra 2017/2018 e a safrinha 2018. Seta vermelha indicando a colheita.

Durante a safrinha, os tratamentos não diferiram estatisticamente quanto à taxa de progresso da incidência da ferrugem ($p > 0,05$) (Anexos 4 e 5).

A ocorrência de temperaturas mais amenas após o estabelecimento dos frutos é um fator importante no progresso da severidade da doença (ANGELOTTI et al., 2014, SCAPIN-BUFFARA et al., 2018). Tais condições são mais comuns durante a safrinha e, provavelmente, estão relacionadas ao favorecimento da incidência do patógeno durante este período.

Na safrinha 2018, a severidade média atingiu índices maiores em plantas sob cobertura plástica, de até 2%, enquanto em plantas descobertas a severidade média máxima observada foi de apenas 0,52% (Figura 13).

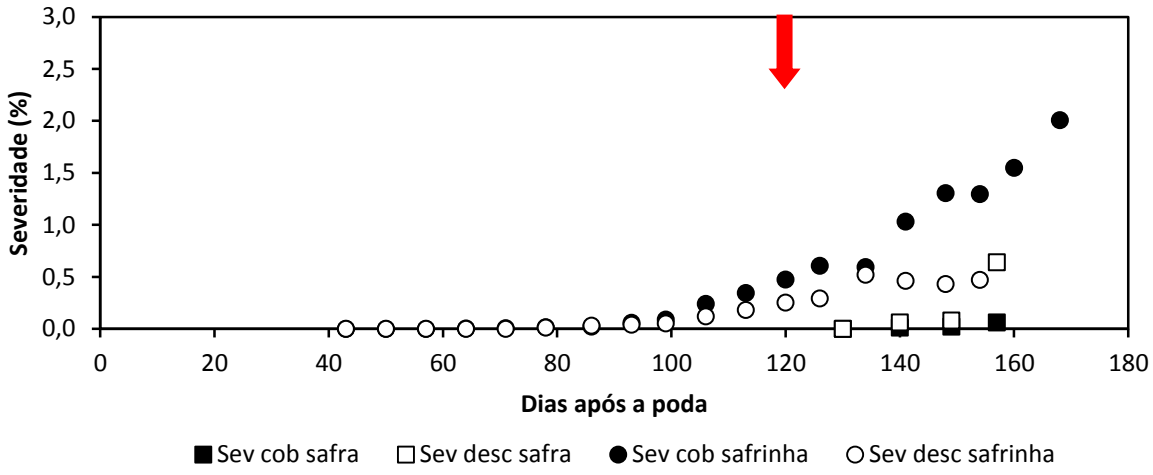


Figura 13. Dados médios de severidade obtidos em plantas sob cobertura plástica e plantas descobertas durante a safra 2017/2018 e a safrinha 2018. Seta vermelha indicando a colheita.

Batista et al. (2015), Chavarria et al. (2007) e Pedro Júnior et al. (2011), entretanto, observaram o contrário. Verificaram que além de limitar a dispersão de esporos, a cobertura plástica foi também responsável por reduzir a incidência e severidade de doenças foliares na videira, a partir da redução do molhamento foliar.

Umas das hipóteses é de que em área descoberta as chuvas são capazes de lavar as folhas da planta, reduzindo assim o número de urediniósporos remanescentes nesta e, portanto, resultando na diminuição da probabilidade de infecção e consequente aparecimento de sintomas (SIVAPLAN, 1993; OLIVEIRA et al., 1999). O que pode ser reforçado pela análise dos dados climáticos, onde foi constatado que em períodos mais chuvosos as coletas de esporos foram mínimas.

Outra hipótese se baseia na ecofisiologia das plantas e no modo de infecção do hospedeiro pelo patógeno. Considerando-se que os urediniósporos de *P. euvitis* infectam a videira através dos estômatos (LEU & WU, 1983) e que a cobertura plástica é capaz de reduzir em até 34% a radiação fotossinteticamente ativa (RFA) incidente no dossel da cultura (COMIRAM et al., 2012), é possível que o excesso de RFA incidente em plantas descobertas esteja causando o fechamento estomático (ANDRIOLO, 1999; TAIZ & ZIEGER, 2004),

aumentando assim a dificuldade de penetração das estruturas de infecção do patógeno.

Em experimentos futuros, serão realizadas análises morfológicas com enfoque na mensuração da camada de cutícula vegetal e estimativa da densidade estomática em folhas de ambos os tratamentos para que seja possível a verificação da atuação da radiação solar em plantas com e sem cobertura plástica e a sua relação com o desenvolvimento da doença.

Em relação à metodologia de análise da severidade a partir do cálculo da média das folhas sintomáticas pelo número total de folhas no ramo, foi observado que tal método pode estar subestimando índices muito maiores de severidade verificados nas folhas. Para confirmar tal afirmação, foram comparados os valores de severidade máxima observada em uma folha e a média de severidade do ramo correspondente (Figura 14). Por isso, esta metodologia pode não ser a mais indicada para a análise.

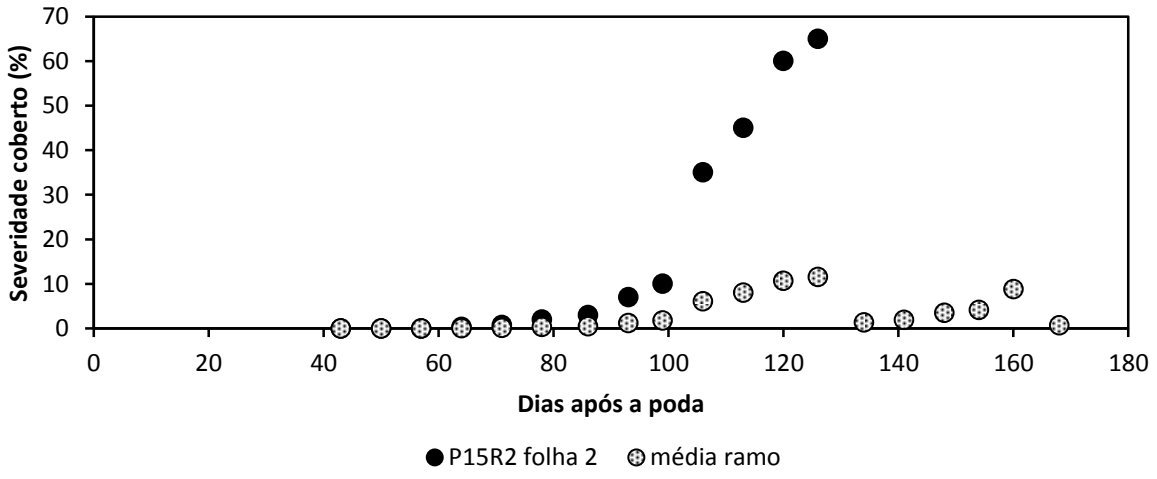


Figura 14. Dados da severidade máxima de uma folha e a severidade média do ramo correspondente.

A queda da severidade média verificada entre os dias 126 e 134 após a poda foi decorrente da queda de folhas com índices altos de severidade, que ao caírem acarretaram na redução da média.

3.3. Análise do número de folhas por ramo em plantas com e sem cobertura plástica

A desfolha ao longo do período esteve, principalmente, atrelada aos processos fisiológicos de senescência da planta e não à presença de sintomas da doença nas folhas das videiras.

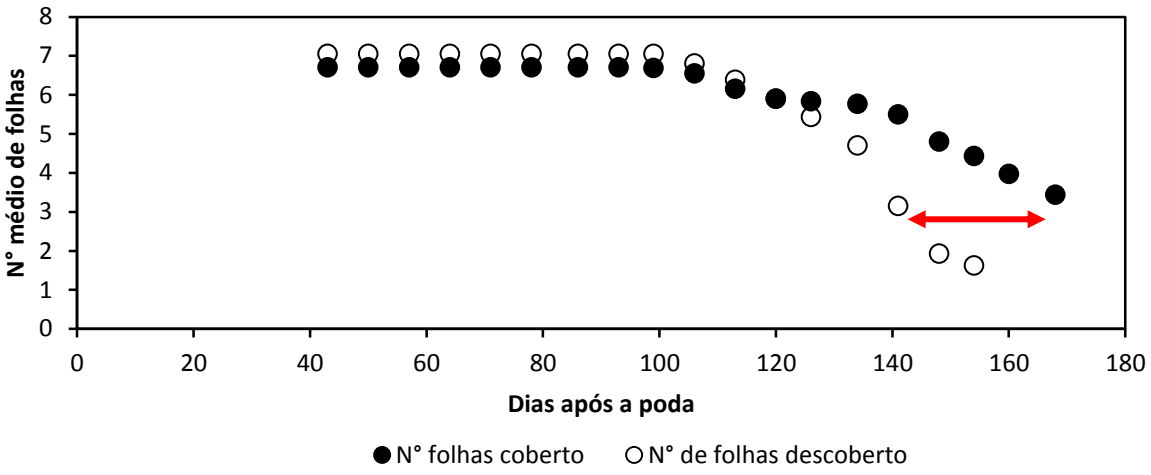


Figura 15. Número médio de folhas em plantas com e sem cobertura plástica ao longo do período de avaliação.

Foi observado que a queda de folhas é retardada pelo uso da cobertura plástica sobre o vinhedo (CHAVARRIA et al., 2007; COMIRAN et al., 2012). Segundo Chavarria et al (2007), as folhas de plantas em área coberta são capazes de permanecer biologicamente ativas por, aproximadamente, 34 dias a mais do que em área descoberta, o que pode contribuir para a maior síntese e alocação de reservas nas raízes, promovendo a melhor fertilidade das gemas e, consequentemente, favorecendo o maior potencial produtivo das plantas (MULLINS et al., 1992).

4. CONCLUSÃO

A presença da cobertura plástica sobre as videiras restringiu a entrada de urediniósporos na área por meio da atenuação da velocidade do vento, entretanto, não foi eficaz no controle da doença ferrugem da videira, já que índices maiores de severidade média foram observados em plantas sob o cultivo protegido.

A repetição do experimento tanto na safra como na safrinha se faz necessária para ratificar as observações realizadas. Além disso, novas avaliações acerca dos efeitos gerados pela cobertura plástica sobre a morfologia das folhas (alteração de densidade estomática e espessura da camada de cutícula) poderão contribuir para o melhor entendimento do porquê da severidade ser maior nesse caso.

REFERÊNCIAS

AGRIOS, G. N. **Plant Pathology**. 5. th. Amsterdan: Elsevier Academic Press, 2005. p. 922.

ALVES, R.F. **Ferrugem da videira: preservação de urediniósporos de *Phakopsora euvitis* e fatores relacionados à infecção do hospedeiro.** 2015. 58 p. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2015.

AMORIM, L.; SPÓSITO, M. B.; KUNIYUKI, H. Doenças da Videira. In: AMORIM, L.; REZENDE, J. A. M.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L. E. A. (eds). **Manual de Fitopatologia** volume 2: Doenças das Plantas Cultivadas. 5. Ed. Ouro Fino: Editora Ceres, 2016. p. 745-758.

ANGELOTTI, F.; SCAPIN, C. R.; TESSMANN, D. J.; VIDA, J. B.; OLIVEIRA, R. R.; CANTERI, M. G. The effect of temperature, leaf wetness and light on development of grapevine rust. **Australasian Plant Pathol.**, Dordrecht**,** v. 43, n. 1, p. 9-13, 2014.

ANDRIOLO, J.L. **Fisiologia das culturas protegidas.** Santa Maria: Ed. da UFSM, 1999. 142p.

ARSENIUK, E.; GORAL, T.; SCHAREN, A. L. Seasonal patterns of spore dispersal of Phaeosphaeria spp. and Stagonospora spp. **Plant Disease,** v. 82, n. 2, p. 187-194, 1998.

BATISTA, D. D. et al. DYNAMICS OF INOCULUM AND DISEASES IN GRAPEVINES CULTIVATED UNDER PLASTIC COVER AND CONVENTIONAL. **Revista Caatinga,** v. 28, n. 2, p. 256-262, 2015.

BLUM, L. E. B.; DIANESE, J. C. Padrões de liberação de urediniósporos e desenvolvimento da ferrugem do jambeiro Patterns of urediniospores release and development of rose apple rust. **Pesquisa Agropecuária Brasileira,** v. 36, n. 6, p. 845-850, 2001.

CAMARGO, U.A.; TONIETTO, J.; HOFFMAN, A. Progressos na viticultura brasileira. Rev. Bras. Frutic., Jaboticabal - SP, Volume Especial, p. 144-149, Outubro 2011.

CAMARGO, M. P. **Estrutura genética populacional de *Plasmopara viticola* e progresso temporal do míldio e da ferrugem da videira.** 2017. 141 p. Tese (Doutorado em Fitopatologia) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2017.

CHAVARRIA, G. et al. Incidencia de doencas e necessidade de controle em cultivo protegido de videira. **Revista Brasileira de Fruticultura,** v. 29, n. 3, p. 477, 2007a.

COMIRAN, F. et al. Microclimate and production of 'Niagara Rosada' grapevines in organic cultivation under plastic covering. **Revista Brasileira De Fruticultura,** v. 34, n. 1, p. 152-159, 2012.

COSTA, T.V.; TARSITANO, M.A.A; CONCEIÇÃO, M.A.F. Caracterização social e tecnológica da produção de uvas para mesa em pequenas propriedades rurais da região de Jales-SP. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v. 34, n. 2, p. 766-773, jun. 2012.

DU, F. et al. Protecting grapevines from rainfall in rainy conditions reduces disease severity and enhances profitability. **Crop Protection,** v. 67, p. 261-268, 2015.

GOBBIN, D. et al. Importance of secondary inoculum of Plasmopara viticola to epidemics of grapevine downy mildew. **Plant Pathology,** v. 54, n. 4, p. 522-534, 2005.

GOMES, E. C. D. S. et al. Métodos de inoculação de Phakopsora euvitis Ono em Vitis labrusca L. **Ciência Rural,** v. 40, n. 4, p. 983-985, 2010.

HERNANDES, J. L.; PEDRO, M. J. J.; BLAIN, G. C. Yield and phenology of the 'Niagara Rosada' table grape trained on a Y shaped trellis under plastic screen overhead cover/Fenologia e producao da videira 'Niagara Rosada' conduzida em manjedoura na forma de Y sob telado plastico durante as safras de inverno e de verao. **Revista Brasileira de Fruticultura,** v. 33, n. S1, p. 499, 2011.

IBGE. **Levantamento sistemático da produção agrícola:** pesquisa mensal de previsão e acompanhamento das safras agrícolas no ano civil. Rio de Janeiro v.29 n.12 p.1-82 dez. 2016.

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. Klimate der Erde. Gotha: Verlag Justus Perthes. 1928. Wall-map 150cmx200cm.

LEU, L. S.; WU, H. G. Uredospore germination, infection and colonization of grape rust fungus, *Phakopsora ampelopsidis*. **Plant Protection Bulletin, Taiwan,** v. 25, n. 3, p. 167-175, 1983.

MELLO, L. M. R. **Desempenho da vitivinicultura brasileira em 2015.** Jornal Dia de Campo, 12 maio 2016. Disponível em: https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/9952204/artigo-desempenho-da-vitivinicultura-brasileira-em-2015. Acesso em: 12 set. 2017.

MULLINS, M.G.; BOUQUET, A.; WILLIAMS, L.E. **Biology of the grapevine**. Cambridge: Cambridge University Press. 1992. 239p.

NOGUEIRA JR, A.F. **Quantificação e modelagem de mecanismos de danos causados por *Phakopsora euvitis* e *Plasmopara viticola* em videira *Vitis labrusca*.** 2017. 136 p. Tese (Doutorado em Fitopatologia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, 2017.

NOGUEIRA JR, A.F.; RIBEIRO, R.V.; GLORIA, B.A.; SOARES, M.; RASERA, J.; AMORIM, L. *Phakopsora euvitis* causes unusual damage to leaves and modifies carbohydrate metabolism in grapevine. **Frontiers in Plant Science**, vol.8, article 1675.

NORBERTO, P.M. **Sistemas de condução em videira: análises agronômica e ecofisiológica.** 2006. 118 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia). Universidade Federal de Lavras (UFLA), Lavras, 2006.

OLIVEIRA, H.A. Produção de sementes de ervilha no Brasil. Pelotas: IPEAS, 1965.16 p. (Circular 25).

OLIVEIRA, M.D.M.; SILVA, P.R.; AMARO, A.A.; TECCHIO, M.A. Viabilidade econômica em tratamento antidegrana em uva “Niágara Rosada” no Estado de São Paulo. **Informações Econômicas**, São paulo, v.38, n.6, jun. 2008.

PEDRO JÚNIOR, M. J.; HERNANDES, J. L.; ROLIM, G. D. S. Sistema de condução em Y com e sem cobertura plástica: microclima, produção, qualidade do cacho e ocorrência de doenças fúngicas na videira 'Niagara Rosada'. **Bragantia,** v. 70, n. 1, p. 228-233, 2011.

PRIMIANO, I. V.; LOEHRER, M.; AMORIM, L.; SCHAFFRATH, U. Asian grapevine leaf rust caused by *Phakopsora euvitis*: an important disease in Brazil. **Plant Pathology**, v. 66, p. 691–701, 2017.

SCAPIN-BUFFARA, C. et al. Seasonal progression of leaf rust in 'Niagara Rosada' grapevine in a biannual crop system in Brazil. **Eur J Plant Pathol**, Dordrecht**,** v. 152, n. 3, p. 589-597, 2018a.

SCHUCK, E.; CALIARI, V.; ROSIER, J.P. Uso da plasticultura na melhoria da qualidade de frutas. In: ENFRUTE, 7., 2004. Friburgo. **Anais...** Caçador: EPAGRI, 2004. p. 211-220.

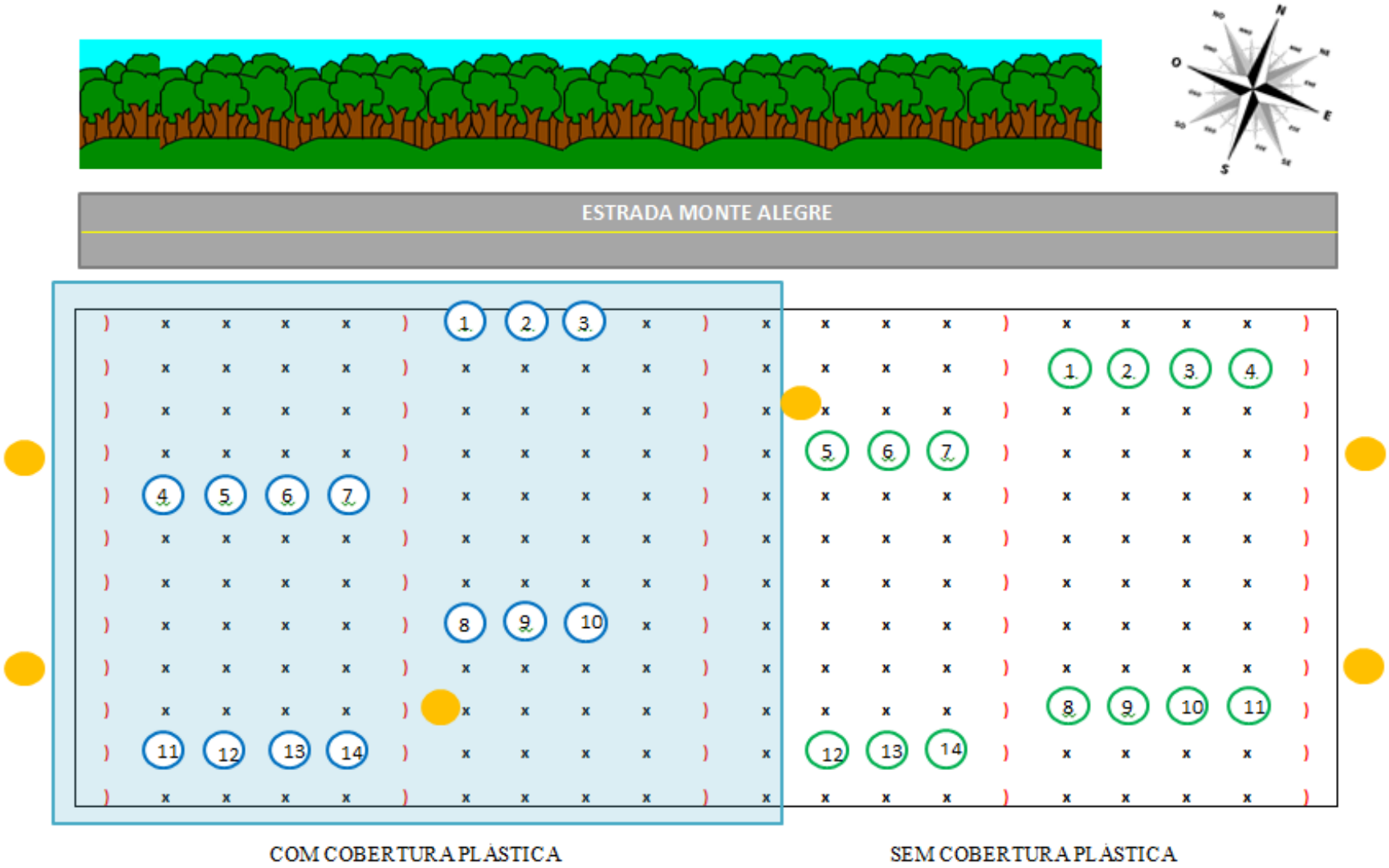
SIVAPALAN, A. Effects of impacting rain drops on the growth and development of powdery mildew fungi. **Plant Pathology,** v. 42, n. 2, p. 256-263, 1993.

TAIZ, L. & ZIEGER, E. **Fisiologia vegetal.** Trad. SANTARÉM, E. R. et al., 3° ed., Porto Alegre: Artemed, 2004. 719p.

TESSMANN, D.J.; VIDA, J.B.; MAZIA, J.O. Ferrugem da videira. In: Encontro Nacional sobre Fruticultura de Clima Temperado, 7., 2004, Fraiburgo. **Anais...** Caçador: EPAGRI, 2004. p. 153 – 156.

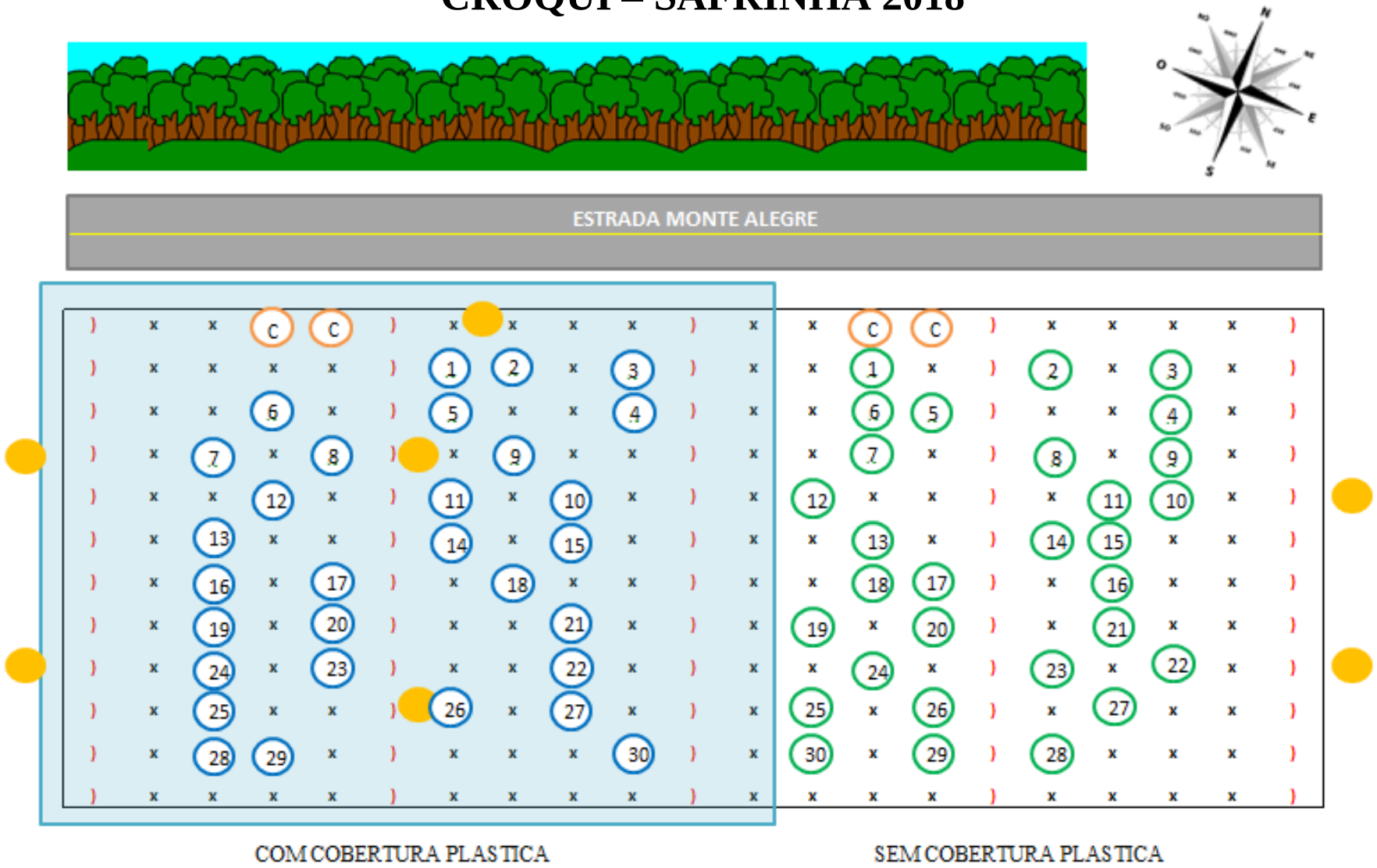
ANEXOS

CROQUI – SAFRA 2017

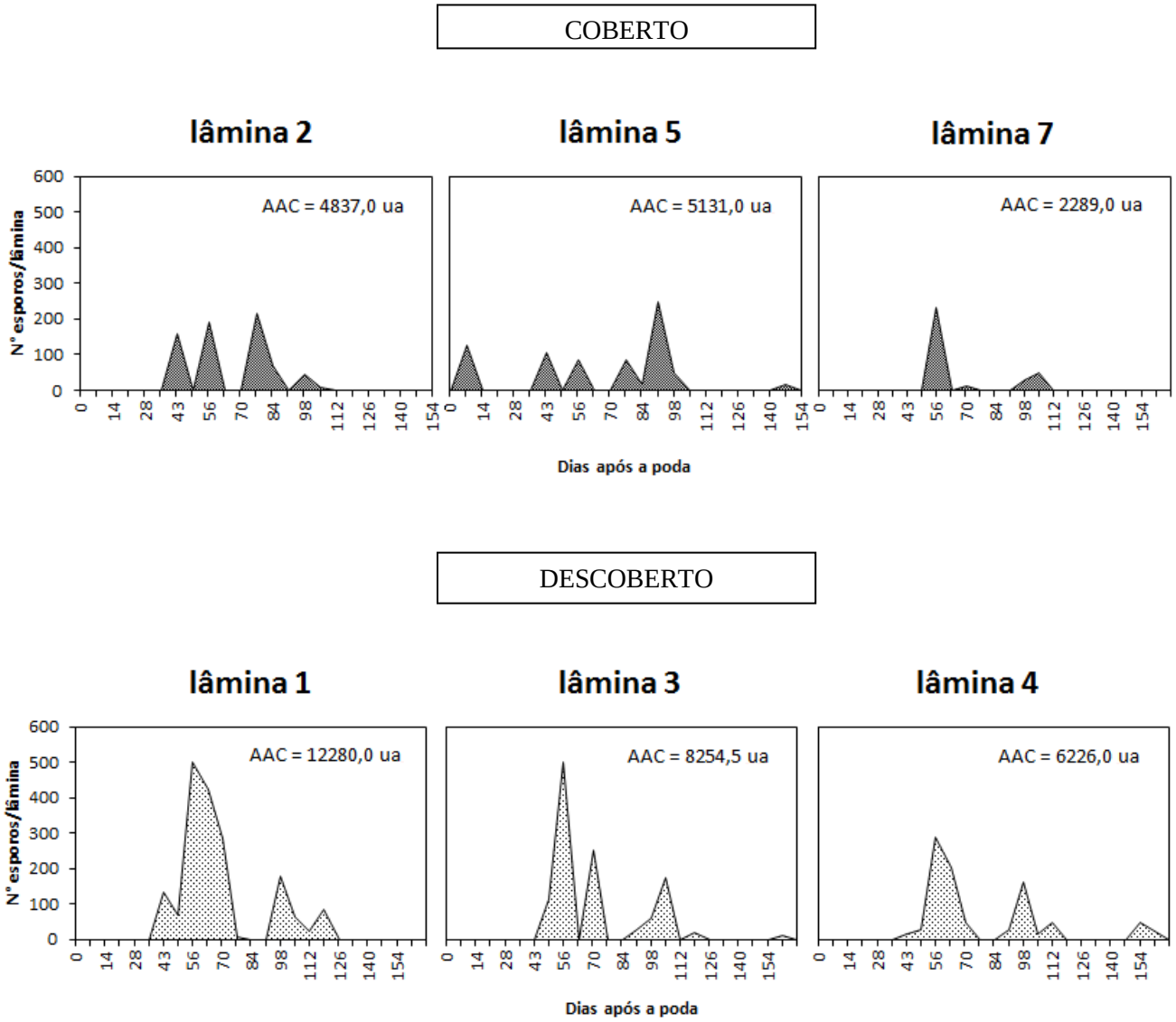


Anexo 1. Croqui da área experimental safra 2017/2018. Armadilhas caça-esporos estão representadas pelos círculos preenchidos em amarelo; As plantas amostradas estão indicadas por círculos brancos com bordos azuis, bordos verdes e bordos laranjas na área com cobertura plástica, descoberta e nas parcelas controle respectivamente.

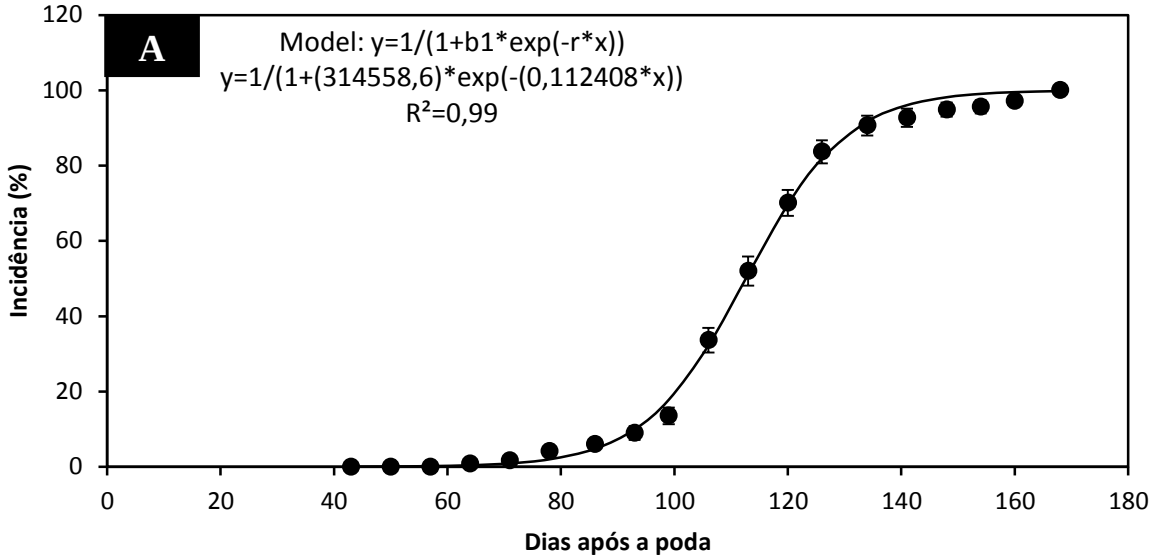
CROQUI – SAFRINHA 2018

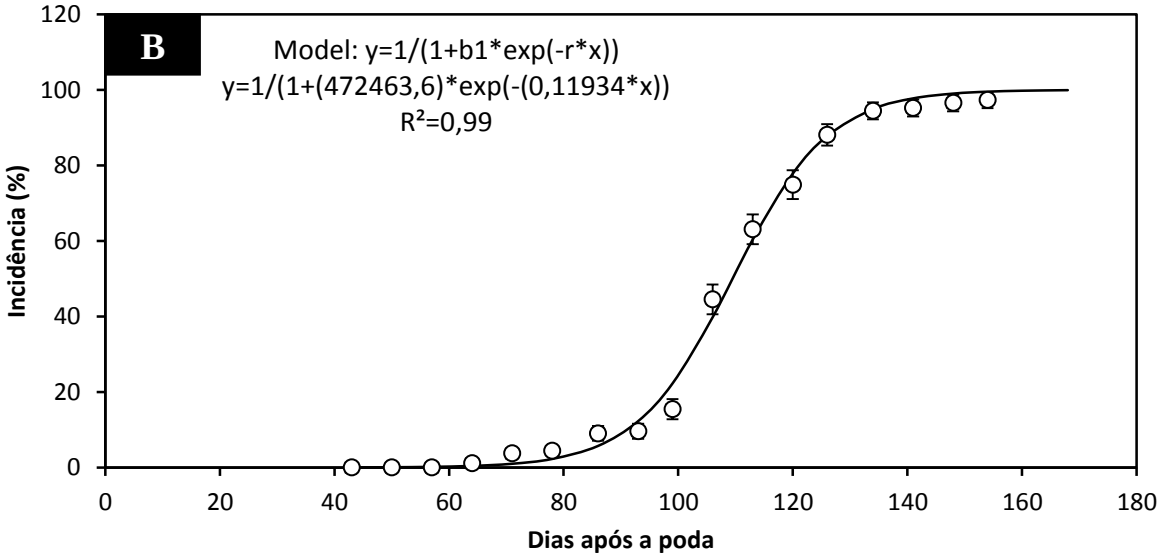


Anexo 2. Croqui da área experimental safrinha 2018. Armadilhas caça-esporos estão representadas pelos círculos preenchidos em amarelo; As plantas amostradas estão indicadas por círculos brancos com bordos azuis, bordos verdes e bordos laranjas na área com cobertura plástica, descoberta e nas parcelas controle respectivamente.

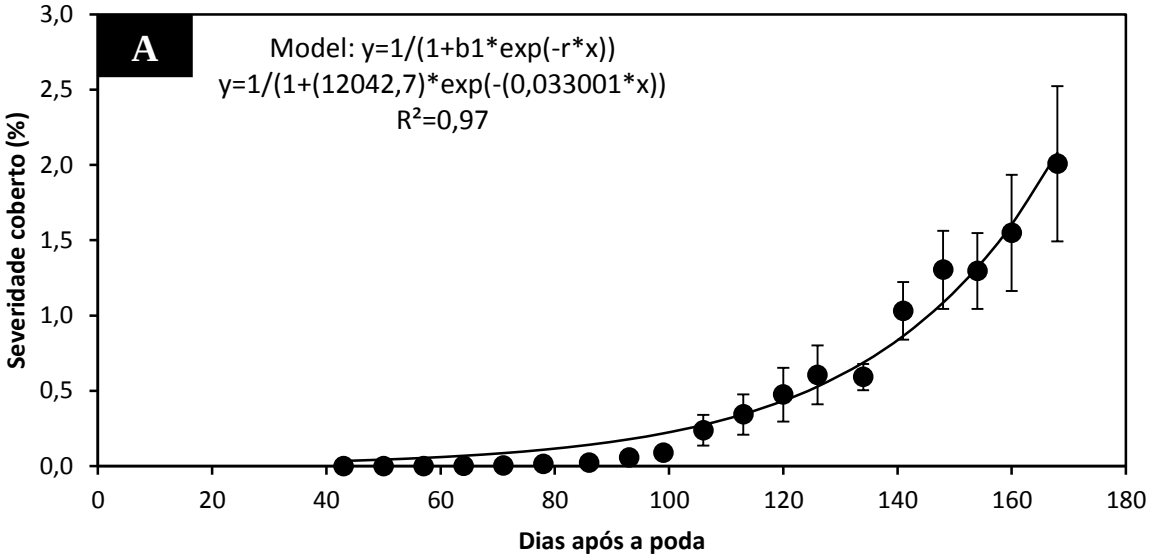


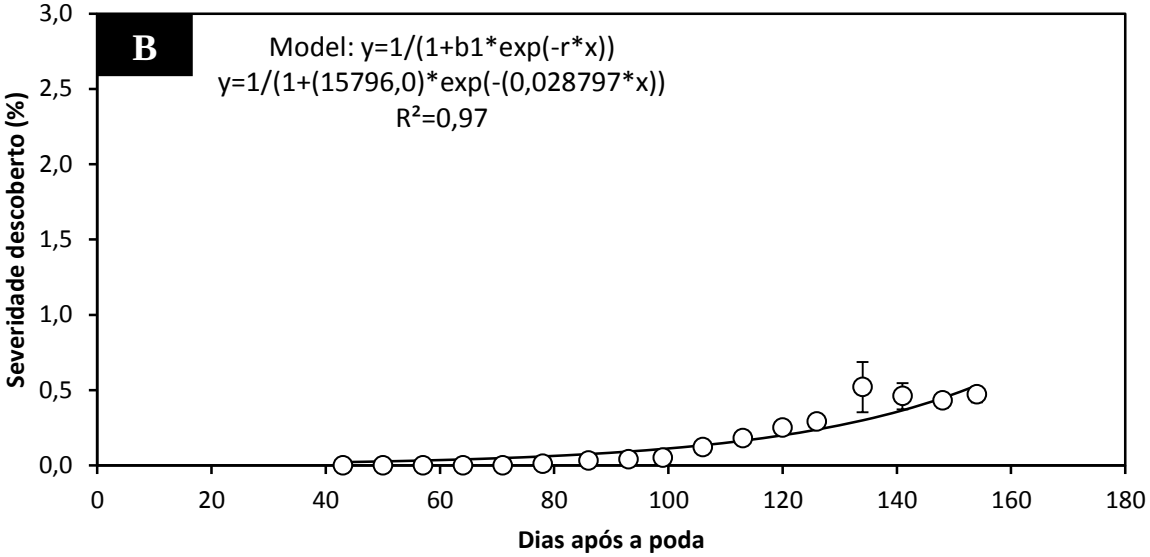
Anexo 3. Área abaixo da curva para lâminas de armadilhas caça-esporos colocadas sob cobertura plástica (lâminas 2, 5 e 7) e em área descoberta (lâminas 1, 3 e 4).





Anexo 4. Dados médios de incidência obtidos em plantas sob cobertura plástica (A) e em plantas descobertas (B) durante a safrinha 2018, e os respectivos modelos logísticos ajustados.





Anexo 5. Dados médios de incidência obtidos em plantas sob cobertura plástica (A) e em plantas descobertas (B) durante a safrinha 2018, e os respectivos modelos logísticos ajustados.

Anexo 6. Parâmetros b1 (relacionado à quantidade inicial da doença) e r (taxa de progresso da doença) do modelo logístico ajustado para os dados de incidência e severidade da safrinha 2018, e seus erros padrão correspondentes, e R^2 (coeficiente de determinação).

Safra	b1	erro b1	r	erro r	R^2
Incidência coberto	314558,6	173015,1	0,1	0,0	0,99
Incidência descoberto	472463,6	40174,9	0,1	0,0	0,99
Severidade coberto	5182,2	1301,0	0,028	0,002	0,97
Severidade descoberto	12042,7	4097,8	0,03	0,002	0,97