

## Transmissão de vírus e controle de viroses em plantas



**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Embrapa Uva e Vinho  
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**

## **DOCUMENTOS 110**

# Transmissão de vírus e controle de viroses em plantas

*Thor Vinícius Martins Fajardo*

*Osmar Nickel*

Exemplares desta edição podem ser adquiridos na:

**Embrapa Uva e Vinho**  
Rua Livramento, 515 - Caixa Postal 130  
95701-008 Bento Gonçalves, RS

Fone: (0xx) 54 3455-8000  
Fax: (0xx) 54 3451-2792  
www.embrapa.br  
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê Local de Publicações  
da Embrapa Uva e Vinho

Presidente  
*Adeliano Cargnin*

Secretário-Executivo  
*Edgardo Aquiles Prado Perez*

Membros

*João Henrique Ribeiro Figueredo, Jorge Tonietto, Klecius Ellera Gomes, Luciana Mendonça Prado, Nubia Poliana Vargas Gerhardt (Secretária-Executiva substituta), Rochelle Martins Alvorcem, Viviane Maria Zanella Bello Fialho*

Supervisão editorial  
*Klecius Ellera Gomes*

Revisão de texto  
*Edgardo Aquiles Prado Perez*

Normalização bibliográfica  
*Rochelle Martins Alvorcem CRB10/1810*

Tratamento das ilustrações  
*Thor Vinicius Martins Fajardo*

Projeto gráfico da coleção  
*Carlos Eduardo Felice Barbeiro*

Editoração eletrônica  
*Edgardo Aquiles Prado Perez*

Arte da capa  
*Thor Vinicius Martins Fajardo*

**1ª edição**  
Publicação digitalizada (2019)

**Todos os direitos reservados.**

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

Embrapa Uva e Vinho

---

Transmissão de virus e controle de viroses em plantas / Thor Vinicius Martins Fajardo, Osmar Nickel – Bento Gonçalves, RS: Embrapa Uva e Vinho, 2019. 24 p. : il. color. – (Documentos, 110).

ISSN 1808-4648

1. Vírus. 2. Doença de planta. 3. Insetos. 4. Pulgões (afídeos). 5. Cigarrinhas. 6. Cochonilhas. 7. Controle de viroses. I. Fajardo, Thor Vinicius Martins. II. Embrapa Uva e Vinho. III. Série.

CDD 632.8

---

© Embrapa, 2019

## Autores

### **Thor Vinicius Martins Fajardo**

Engenheiro-agrônomo, Dr. em Fitopatologia, Pesquisador, Embrapa Uva e Vinho, Bento Gonçalves, RS.

### **Osmar Nickel**

Engenheiro-agrônomo, Dr. em Patologia Vegetal, Pesquisador, Embrapa Uva e Vinho, Bento Gonçalves, RS.

## Apresentação

Desde os anos 1980 a Embrapa vem desenvolvendo importantes ações na área de virologia, com o propósito de melhorar a qualidade dos vinhedos nas diversas áreas de produção espalhadas pelo Brasil.

Na base de uma vitivinicultura de qualidade está a implantação de vinhedos com mudas de qualidade, de forma a assegurar a identidade, ausência de pragas e doenças e homogeneidade do vinhedo. As viroses da videira, em particular, afetam a longevidade de plantas, a produtividade e qualidade das uvas, em cor, aroma e constituintes do paladar (açúcares, ácidos orgânicos, pigmentos, taninos e outros).

Estas variáveis são determinantes para a rentabilidade do produtor e para a competitividade comercial de uvas de mesa, vinhos, espumantes e sucos elaborados.

Neste documento são divulgadas informações importantes para entender os mecanismos que regulam a transmissão viral e sua detecção, podendo orientar técnicos e viveiristas, bem como os produtores, sobre a importância da adoção de práticas preventivas de controle, assegurando a competitividade e sustentabilidade dos cultivos.

*Mauro Celso Zanus*

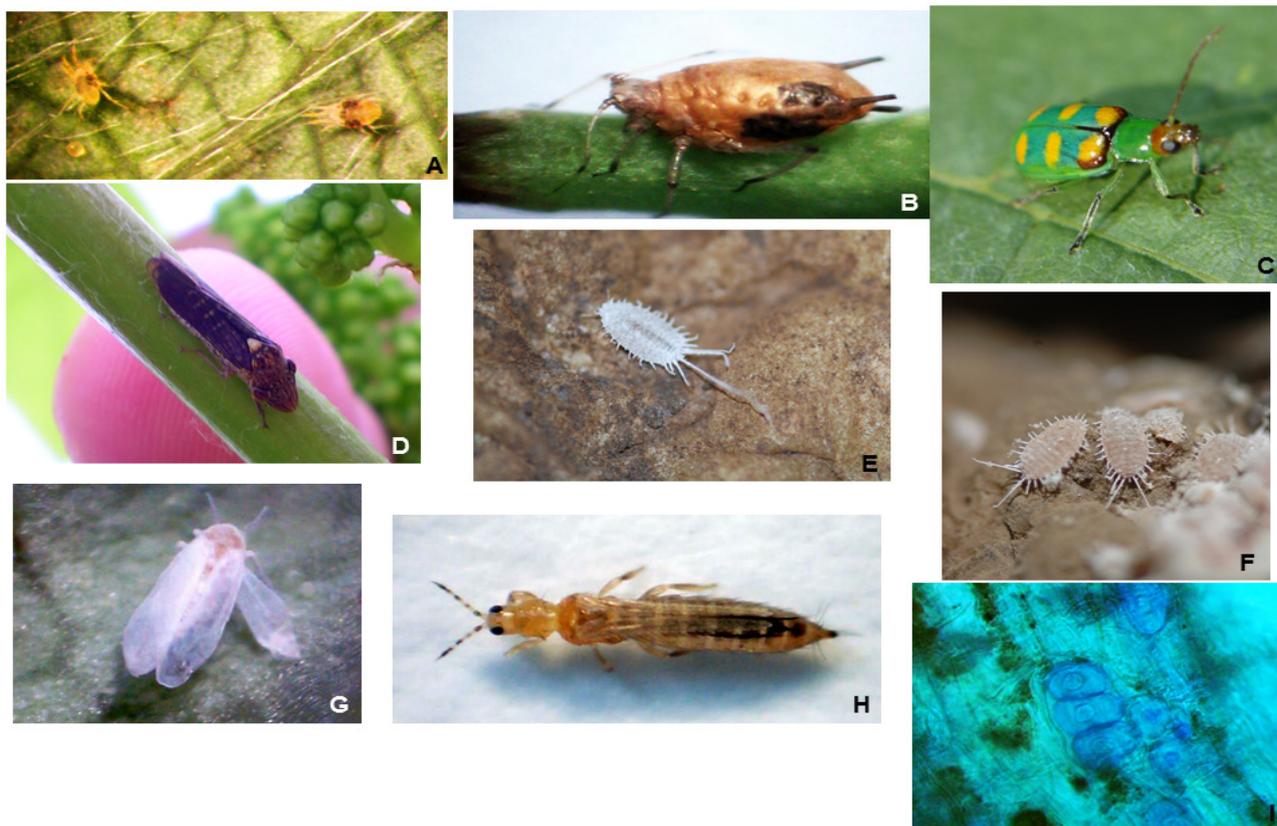
Chefe-Geral da Embrapa Uva e Vinho

## Sumário

Apresentação .....	5
Transmissão de vírus .....	7
Controle de viroses.....	11
Princípios de controle .....	12
1. Exclusão.....	13
1.1. Medidas quarentenárias.....	13
1.2. Uso de sementes sadias .....	13
1.3. Uso de material propagativo sadio.....	13
2. Erradicação .....	14
2.1. Eliminar plantas hospedeiras do vírus .....	14
2.2. Erradicar as plantas doentes .....	14
3. Proteção .....	15
3.1. Controlar ou evitar a chegada de vetores na cultura .....	15
4. Imunização .....	17
4.1. Utilizar plantas resistentes ao vírus e/ou vetor.....	17
4.2. Pré-imunização .....	17
4.3. Plantas transgênicas .....	18
5. Terapia.....	19
5.1. Limpeza clonal (produção de plantas livres de vírus) .....	19
6. Regulação .....	21
6.1. Escolha de áreas ou épocas de plantio .....	21
7. Evasão .....	22
7.1. Efetuar modificações no plantio .....	22
Considerações finais .....	22
Agradecimentos.....	23
Referências .....	23

## Transmissão de vírus

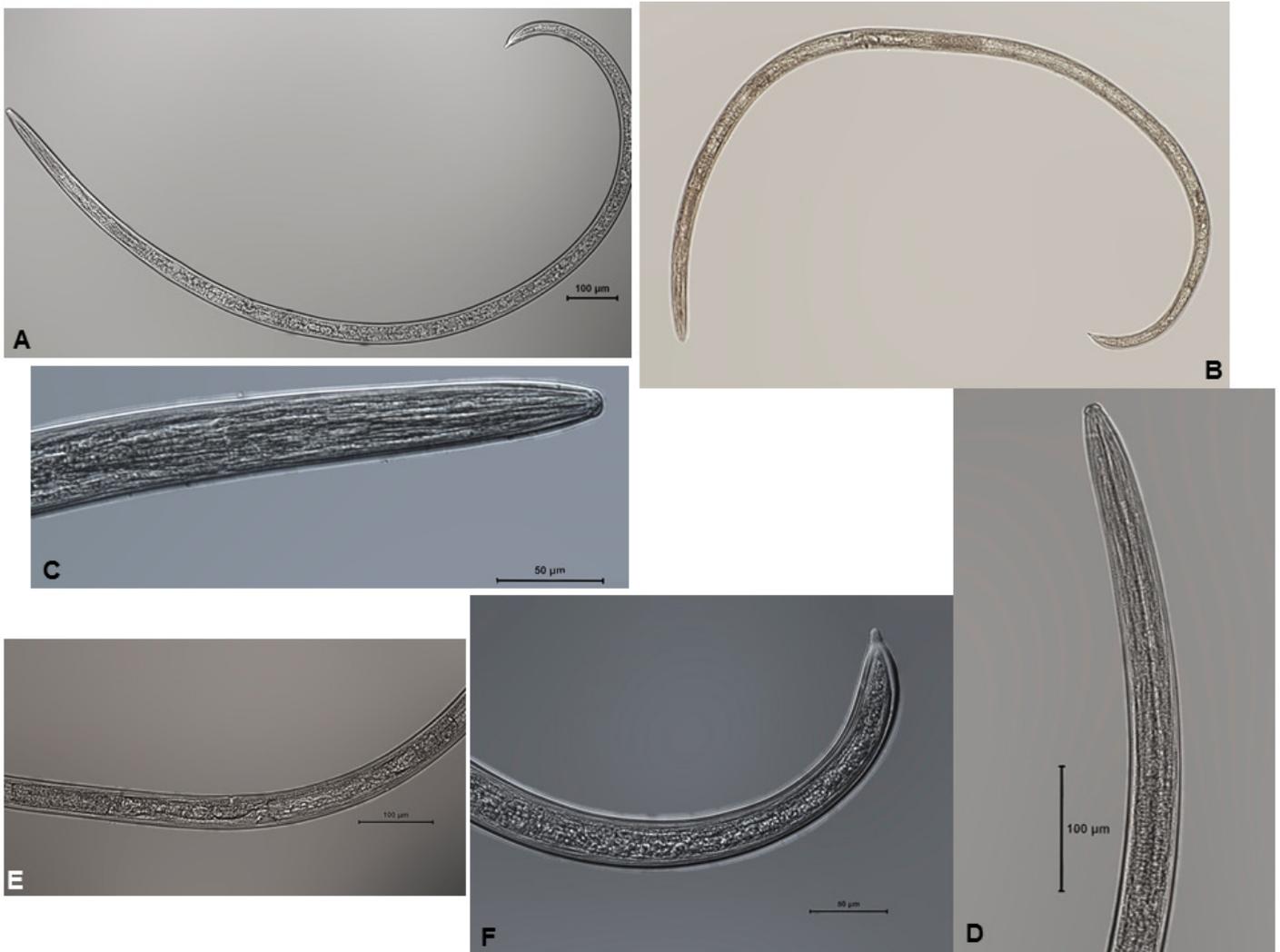
Os vírus de plantas ainda são um dos principais causadores de perdas econômicas na agricultura. Estima-se que esses patógenos possam causar, anualmente, até 50 bilhões de euros (R\$ 215.345.000.000,00) em perdas no mundo (PALLÁS et al., 2018). A título de comparação, a exportação do agronegócio do Brasil, em 2018, foi de 101,7 bilhões de dólares (R\$ 384.690.420.000,00) (MAPA), ou seja, o valor das perdas potenciais causadas por doenças virais sobre os produtos agrícolas, anualmente, no mundo, representaria cerca de 56% do valor obtido com a exportação do agronegócio brasileiro em 2018. Assim, conhecer as vias de transmissão e as estratégias de manejo e controle viral em plantas é importante para reduzir os danos provocados por patógenos virais.



**Figura 1.** Alguns tipos de vetores de vírus. (A) Ácaros (Foto: Maria Aparecida Cassilha Zawadneak), (B) Pulgão (afídeo) (Foto: Marcos Botton), (C) Besouro (*Diabrotica speciosa*) (Foto: Getúlio Stefanelo), (D) Cigarrinha (Foto: Rudinei Ringenberg), (E) Cochonilha farinhenta (*Pseudococcus longispinus*) (Foto: Vitor C. Pacheco), (F) Cochonilhas farinhentas (*Pseudococcus viburni*) (Foto: Vitor C. Pacheco), (G) Mosca-branca (*Bemisia tabaci*) (Foto: Vânia Sganzerla), (H) Tripes (Foto: Vânia Sganzerla), (I) Plasmodioforomiceto *Polymyxa* em raiz de trigo (Foto: Vânia Bianchin).

Normalmente os vírus de plantas são disseminados na natureza por diferentes organismos vetores, sendo que os insetos formam o mais importante grupo. Ácaros, nematoides, fungos (ex. zoósporos de *Oplidium brassicae*) e protozoários do solo (ex. plasmodioforomiceto *Polymyxa graminis*) também podem dispersá-los. Dentre os insetos, os vetores em geral são sugadores como pulgões (afídeos), cigarrinhas, membracídeos, cochonilhas, tripes e moscas-brancas, mas há mastigadores como besouros que podem transmitir vírus (Figuras 1 e 2) (KITAJIMA & REZENDE, 2004).

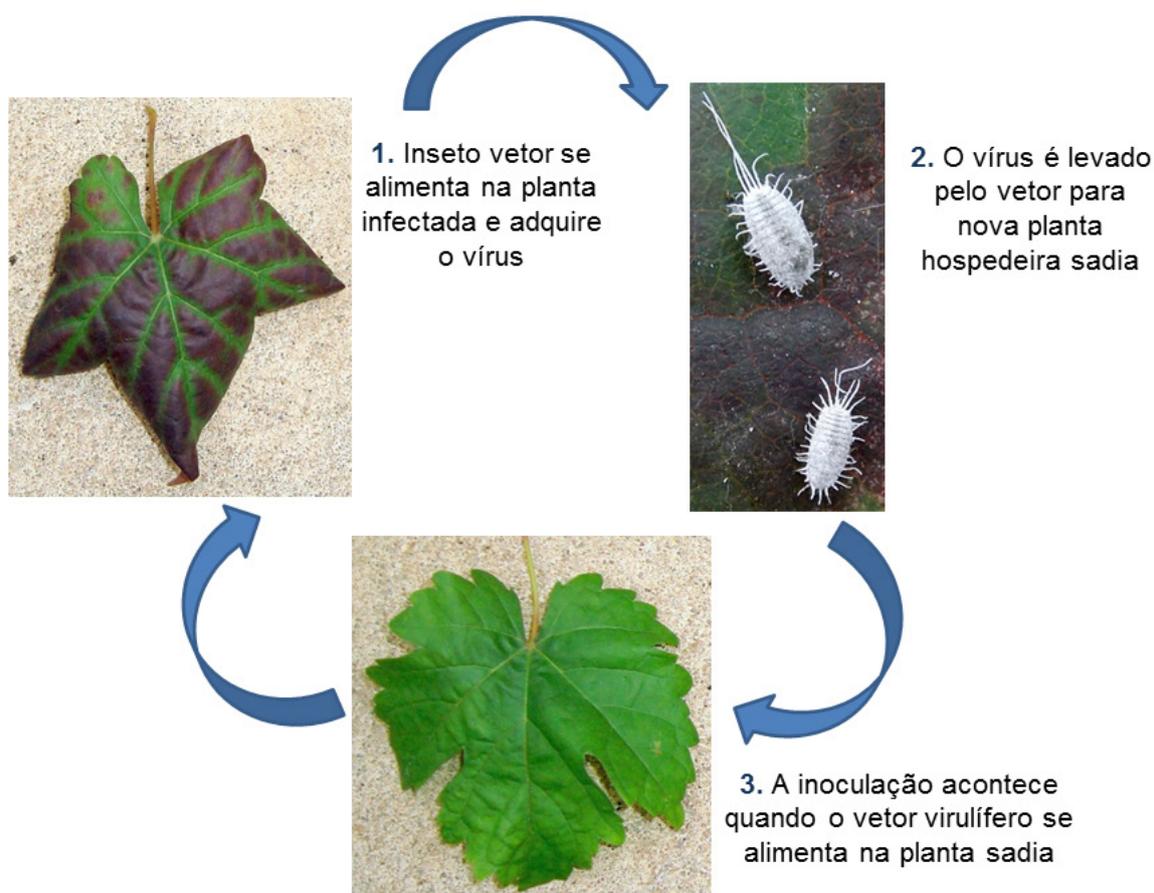
Uma compreensão simples sobre o processo é a de que o vetor, ao se alimentar na planta infectada, contamina suas partes bucais com o vírus que será transmitido à planta sadia na alimentação



**Figura 2.** Nematoides da espécie *Xiphinema*, vetores de vírus. (A, B) indivíduos fêmeas, corpo inteiro, (C, D) parte anterior do corpo do nematoide, em diferentes aumentos, podendo-se observar o estilete na região da cabeça, (E) parte mediana com sistema reprodutivo da fêmea, (F) parte posterior do corpo do nematoide. Barras nas fotos: escala em  $\mu\text{m}$  (Fotos: Juvenil Enrique Cares, Universidade de Brasília).

subsequente. Porém, o processo de transmissão é mais complexo e distingue-se em dois tipos básicos: não-persistente (estiletar), em que o vírus adere ao estilete (aparelho bucal) do inseto sugador, através do qual pode ser transmitido numa só picada de poucos segundos para uma planta sadia. Nesse caso, o vetor perde a capacidade de transmitir o vírus após picar duas ou três plantas consecutivas, necessitando se alimentar em outra planta doente para readquirir o vírus. A relação não-persistente ocorre apenas quando os vetores são os afídeos. Outra modalidade é a chamada circulativa, na qual o vírus deve ser ingerido pelo vetor, circular em seu organismo, multiplicando-se ou não em seus tecidos, atingir as glândulas salivares e daí ser injetado na planta sadia no ato da alimentação. Quando o vírus apenas circula pelo corpo do inseto, sem multiplicar-se (persistente: circulativo não-propagativo), a transmissão ocorre por vários dias ou semanas após o vetor se tornar portador do vírus (virulífero). Nos casos em que o vírus se multiplica no vetor, este mantém-se virulífero pelo resto de sua vida (persistente: circulativo propagativo) e, normalmente, ocorre em tripes e cigarrinhas vetoras. Há raros casos em que o vírus é transmitido para a progênie do inseto; deste modo, o vetor pode transmitir o vírus para um grande número de plantas sadias (KITAJIMA & REZENDE, 2004; PEREIRA-CARVALHO et al., 2015).

Um modo intermediário de transmissão é o semi-persistente (inglês: “foregut borne”) que, normalmente, ocorre com cochonilhas vetoras de vírus (Figura 3). Neste, a aquisição do vírus pelo vetor é

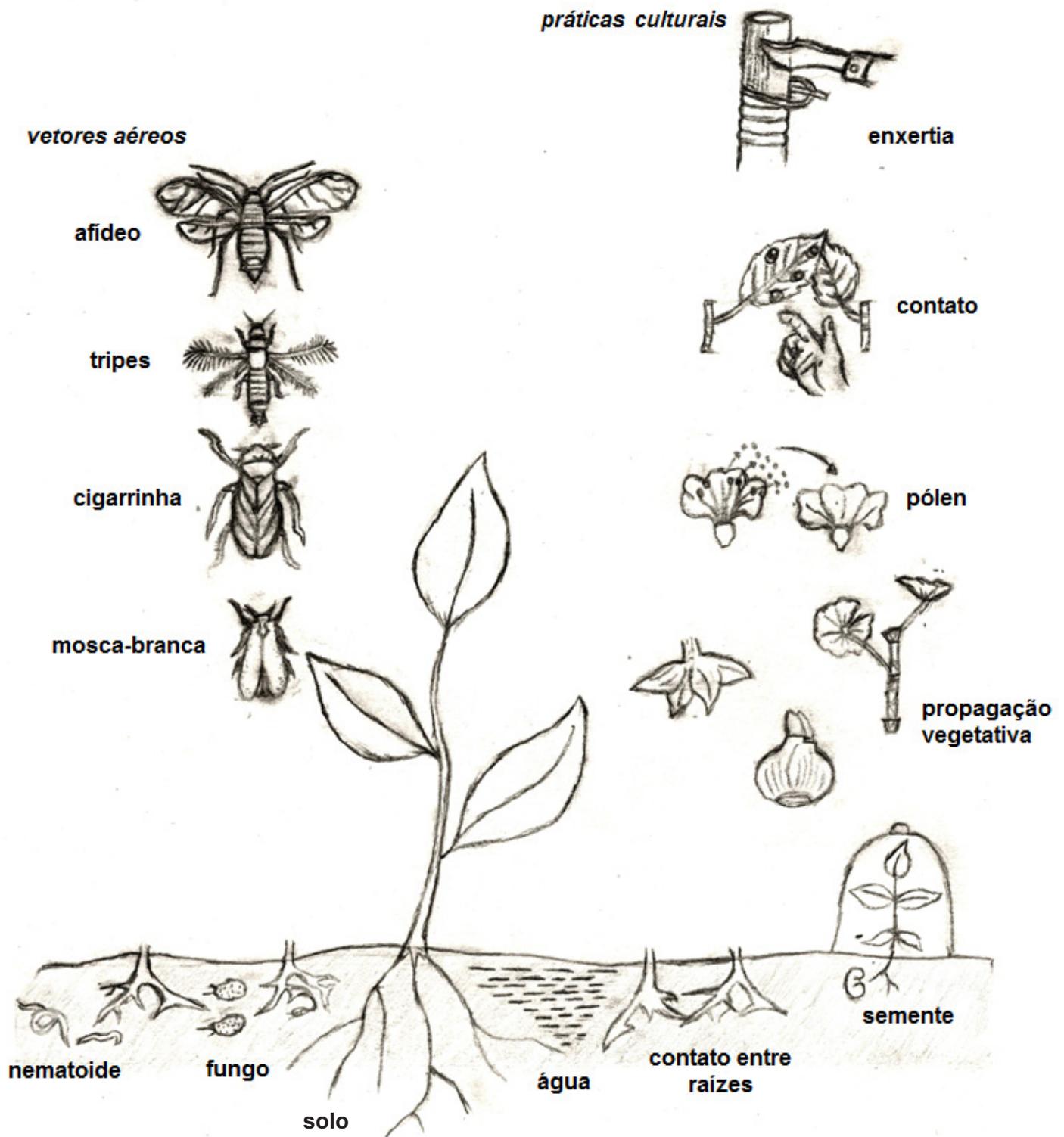


**Figura 3.** Representação das principais etapas do processo de transmissão viral por meio de um vetor aéreo (Fotos: Thor V. M. Fajardo).

mais lenta, necessitando de minutos a horas de alimentação. O vírus é retido por várias horas até poucos dias após a aquisição, mas não requer período de latência. Não há passagens transestadial (com a muda) e transovarial (para a descendência), o vírus não está presente na hemolinfa e ele não se multiplica no vetor (INOUE-NAGATA & NAGATA, 2002). As características da relação semi-persistente estão mais próximas da relação não-persistente do que da circulativa.

Assim, o conhecimento de como o vetor atua é essencial para as estratégias de controle que são distintas no caso de transmissão não-persistente ou circulativa. A descoberta de possíveis reservatórios naturais e do inseto vetor dos vírus de plantas também constitui conhecimento indispensável para o manejo das viroses, e são importantes informações para elucidar a diversidade genética e a epidemiologia do patógeno viral (PETERSEN et al., 2019).

Os principais vírus associados às viroses do enrolamento da folha, lenho rugoso e mancha das nervuras não apresentam transmissão vertical (pela semente da videira), sendo baixo este risco, ao contrário do que pode ser verificado com os nepovírus (GASPARRO et al., 2017). Outros vírus como os do mosaico da alface (*Lettuce mosaic virus*, LMV), do mosaico comum do feijoeiro (*Bean common mosaic virus*, BCMV) e do mosaico da soja (*Soybean mosaic virus*, SMV) também podem ser transmitidos pelas sementes. Contudo, a transmissão de vírus por pólen é rara. A propagação vegetativa de partes de plantas infectadas quase sempre resulta em plantas infectadas. A união de tecidos (enxertia) é uma prática agrícola altamente eficiente na transmissão do vírus do enxerto (gema) para o porta-enxerto (cavalo) ou vice-versa (KITAJIMA & REZENDE, 2004).



**Figura 4.** Ilustração de algumas formas de transmissão de vírus de plantas (Ilustração adaptada por: Vinícius Agostini Fajardo. Fonte: <http://www.jle.com>).

O homem desempenha papel importante na disseminação dos vírus, transportando material contaminado (sementes, pólen, mudas, partes vegetativas), objetos contaminados e vetores virulíferos, de locais infectados para outros livres de doenças (Figura 4). Em condições de campo, casos de transmissão mecânica natural são raros. Há casos de transmissão mecânica com instrumentos de corte (canivetes, tesouras de poda) utilizados em operações de desbrota e podas. Alguns vírus também podem ser transmitidos pela contaminação das mãos, durante operações de transplante, desbrota e amarração de plantas. A transmissão mecânica é um método comumente usado em experimentos laboratoriais. Extratos de plantas doentes são esfregados na lâmina foliar e em condições apropriadas, alguns vírus penetram pelos ferimentos e infectam a planta (KITAJIMA & REZENDE, 2004; FAJARDO & NICKEL, 2015; PEREIRA-CARVALHO et al., 2015).

Há a possibilidade de transmissão viral através do contato direto entre raízes envolvendo uma planta infectada e outra sadia. As raízes remanescentes, que permanecem viáveis no solo por algum tempo após a eliminação da planta infectada, também podem servir de fonte de inóculo viral para que um vetor adquira e transmita o patógeno (BELL et al., 2009) (Figura 4).

Alguns vírus de plantas foram detectados em águas (ex. córregos, lagos e rios) como resultado de sua liberação no ambiente a partir da planta infectada. Os vírus de plantas disseminados pela água contaminada, normalmente, compartilham certas características: possuem partículas bem estáveis (o que lhes permite permanecer viáveis fora da célula hospedeira por algum tempo) e ampla gama de hospedeiras, ocorrem em alta concentração no tecido vegetal infectado e podem infectar plantas através de suas raízes mesmo sem o auxílio de um vetor. A relevância dessa via de transmissão reside na utilização da água contaminada com vírus em sistemas de irrigação ou hidropônico o que pode resultar na infecção de novos cultivos com rápida disseminação do patógeno a longas distâncias. É importante lembrar que para o vírus infectar é necessária a presença de microferimentos na raiz da planta (MEHLE & RAVNIKAR, 2012).

Assim como os vírus, viroides e fitoplasmas também são patógenos sistêmicos na hospedeira e podem ser transmitidos por meio da propagação vegetativa das plantas, transmissão mecânica (viroides) ou vetores (cigarrinhas no caso dos fitoplasmas).

## Controle de viroses

Doenças de plantas resultam da combinação de três fatores: hospedeira suscetível, presença do patógeno e condições ambientais favoráveis. Juntos, estes fatores desempenham importante papel na ocorrência das doenças e compõem os vértices do que é conhecido por “Triângulo da Doença”. Um quarto fator constituído pelos vetores de vírus de plantas, que são responsáveis pela transmissão dos vírus a curtas e longas distâncias, influencia a epidemiologia e, conseqüentemente, as estratégias de manejo e controle das doenças. As práticas culturais adotadas também influenciam a infecção, pois determinam o estado fisiológico e nutricional da planta, além de determinar as condições microambientais da cultura (PEREIRA-CARVALHO & COSTA, 2015; EIRAS et al., 2018).

Nos últimos anos, têm-se verificado avanços significativos no diagnóstico molecular de vírus de plantas com destaque para uma técnica especial de sequenciamento de nucleotídeos, conhecida por “sequenciamento de alto desempenho, em larga escala ou de nova geração” (*High-throughput sequencing* - HTS, *Next generation sequencing* - NGS ou, ainda, *deep sequencing*). Esta técnica tem possibilitado grandes conquistas na prospecção e descoberta de novos patógenos virais em diversas espécies de plantas, cultivadas ou não. Sua principal vantagem é permitir a identificação do viroma presente na hospedeira avaliada, incluindo populações virais altamente divergentes, além de possibilitar a detecção de patógenos virais que não são alvos pré-definidos da indexação. Assim, as informações geradas por esta técnica sobre a comunidade viral podem ser utilizadas para definir estratégias mais eficientes de controle e manejo de viroses, pois os agentes causais passariam a ser conhecidos com maior nível de detalhamento (FAJARDO et al., 2017; HADIDI et al., 2016).

A eficiência das estratégias de controle requer conhecimento da etiologia da doença (agente causal), ciclo do patógeno e relações patógeno-hospedeira, conhecimento das condições ambientais favoráveis ou não à doença, genética do patógeno e da hospedeira e das condições para a implantação das estratégias de controle disponíveis (EIRAS et al., 2018). No caso específico dos vírus, agentes infecciosos ultramicroscópicos, que podem ser transmitidos mecanicamente ou por meio de vetores, devido à sua natureza de parasita intracelular obrigatório, eles dependem de toda a

maquinaria celular para cumprir suas funções vitais de replicação e síntese de proteínas. Produtos químicos que impossibilitem a entrada, replicação ou movimento viral, sem interferir na maquinaria da hospedeira não estão disponíveis (Terapia - Princípio de controle 5). Assim, a maioria das possíveis medidas a serem adotadas visa ao controle preventivo (AGRIOS, 2005; PEREIRA-CARVALHO & COSTA, 2015).

Ao contrário de doenças causadas por fungos, bactérias e nematoides, não há maneira economicamente viável de eliminar os vírus de uma planta infectada no campo. Assim, em geral, as medidas de controle de viroses são essencialmente preventivas e estão fundamentadas em três estratégias básicas: (1) obter e utilizar material propagativo livre de vírus; (2) atuar contra os vírus e seus vetores, antecipadamente, fora do campo da cultura; e (3) reduzir ou evitar a introdução do patógeno na cultura e a sua disseminação na população de plantas hospedeiras.

A identidade do vírus deve ser conhecida desde o início, porque a estratégia de controle da virose está baseada principalmente nas características de transmissão, que podem diferir muito de vírus para vírus. As medidas a serem adotadas dependem basicamente de avaliações de custo e retorno econômico, sem as quais não poderão ser consideradas para o controle da virose (ZERBINI JUNIOR et al., 2002). Essas medidas baseiam-se nos “Princípios de Whetzel” (PEREIRA-CARVALHO & COSTA, 2015; BERGAMIN FILHO & AMORIM, 2018), mencionados a seguir:

1. **Exclusão:** medidas ou estratégias que visam prevenir a entrada do patógeno em uma área ainda não infestada.
2. **Erradicação:** estratégias direcionadas à eliminação do patógeno de uma determinada área ou região. Assim, visa impedir que o patógeno recém-introduzido em uma área se estabeleça, além de reduzir o inóculo do patógeno.
3. **Proteção:** medidas que visam à interposição de barreiras protetoras entre plantas e patógenos antes de sua deposição ou chegada.
4. **Imunização:** estratégias visando ao desenvolvimento de plantas resistentes ou imunes ao patógeno.
5. **Terapia:** medidas direcionadas ao reestabelecimento da sanidade da planta após a infecção/colonização pelo patógeno.
6. **Regulação:** consiste em alterar os fatores ambientais visando prevenir ou reduzir a intensidade de doenças.
7. **Evasão:** visa à prevenção de doenças por meio de técnicas de “fuga” (da cultura) dirigidas contra o patógeno e/ou ambiente favorável ao desenvolvimento da doença.

## Princípios de controle

Os vírus de plantas interagem com a planta hospedeira durante as etapas do processo infeccioso (replicação, movimento, tradução de proteínas, montagem das partículas e transmissão por vetores) o que pode resultar nos sintomas da doença, que são alterações ou anormalidades visíveis ou não em um ou mais tecidos das plantas (EIRAS et al., 2018). Os sintomas, por sua vez, podem contribuir com as perdas, danos e prejuízos verificados, fundamentando, assim, a necessidade de intervenção visando ao controle da virose. A seguir, serão apresentadas as principais estratégias/medidas de controle dentro de cada princípio de controle.

## 1. Exclusão

### 1.1. Medidas quarentenárias

Geralmente é um serviço prestado por órgãos oficiais que tem por finalidade principal evitar a introdução no país de pragas em geral, entre as quais os vírus, que ainda não ocorram no território nacional. Um serviço eficiente de quarentena exige laboratórios bem equipados, pessoal qualificado, capaz de detectar vírus em diferentes situações. É possível também acionar esse tipo de serviço para evitar ou retardar a entrada de um vírus em uma região ou estado do país onde ele ainda não tenha sido detectado. Nesse caso, porém, o procedimento pode ter efeito bastante limitado quando o vírus possui vetor eficiente, capaz de disseminá-lo com rapidez para áreas distantes (KITAJIMA & REZENDE, 2004). A facilidade de trânsito nacional e internacional dificulta, na prática, a execução desta medida (EIRAS et al., 2018).

### 1.2. Uso de sementes sadias

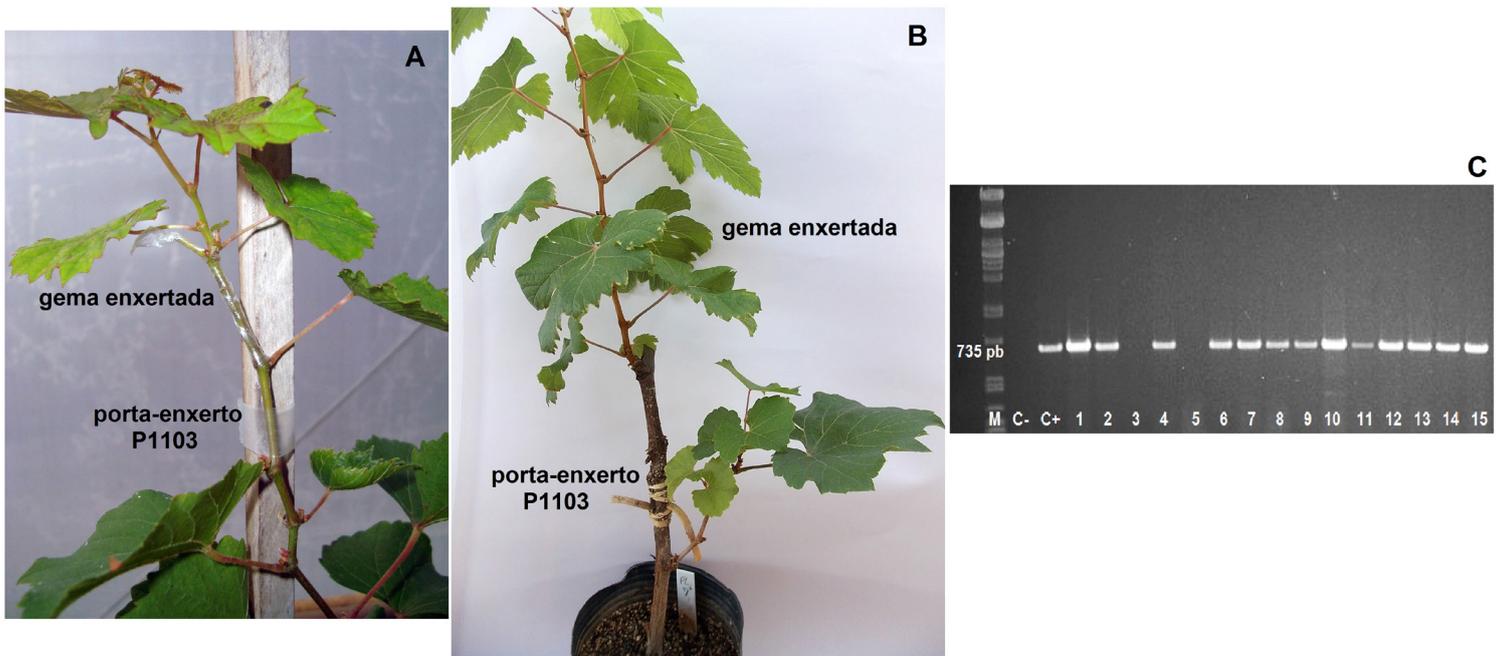
Os vírus que são transmitidos por sementes podem estar internamente no embrião ou aderidos à casca como contaminantes. As sementes portadoras de vírus constituem a fonte primária de inóculo na cultura. A introdução precoce do vírus na cultura possibilita a sua disseminação para plantas nos estádios iniciais de desenvolvimento, o que acarreta maiores danos, pois quanto mais jovem a planta for infectada, maiores serão os prejuízos. Portanto, para as culturas propagadas por sementes verdadeiras e que possuem vírus transmitidos através destas, é prática indispensável a utilização de sementes livres de vírus ou até com certificado de sanidade. Os agricultores que adquirem mudas de viveiristas devem certificar-se de que foram produzidas com sementes de alta sanidade, sob condições adequadas e que, portanto, encontram-se livres de vírus por ocasião do transplante no campo (KITAJIMA & REZENDE, 2004).

A transmissão de vírus por sementes é uma característica inerente à espécie viral e à hospedeira envolvida. Assim, uma mesma espécie viral pode ser transmitida através das sementes com eficiência em uma espécie botânica e não ser transmitida em outra (EIRAS et al., 2018).

### 1.3. Uso de material propagativo sadio

A propagação vegetativa de partes de plantas infectadas, em geral, resulta em plantas também infectadas. Portanto, as plantas propagadas por meio de tubérculos, rizomas, bulbos, bulbilhos, estacas, gemas e borbulhas, devem ser originadas de plantas comprovadamente sadias. As mudas devem ser obtidas de plantas matrizes sadias. Assim sendo, plantas matrizes devem ser cultivadas em local protegido, isoladas das áreas de produção de mudas comerciais, para evitar eventual infecção. No caso de uma variedade de alto valor comercial estar completamente infectada, há necessidade de se promover a limpeza clonal para obtenção de matrizes sadias e posterior produção de mudas. A limpeza clonal pode ser feita por meio da termoterapia, crioterapia, quimioterapia, cultivo de meristemas *in vitro* ou da combinação desses métodos (Terapia - Princípio de controle 5) (KITAJIMA & REZENDE, 2004; NICKEL & FAJARDO, 2009).

Em um teste de transmissibilidade viral do Grapevine enamovirus-1 (GEV-1) foram enxertadas 16 plantas sadias do porta-enxerto P1103 com gemas de uma cultivar de copa infectada com o vírus. Cinco meses após a realização da enxertia, folhas do porta-enxerto foram avaliadas por meio do teste molecular RT-PCR, constatando-se a transmissão do vírus para 13 plantas (81,2%) (SILVA et



**Figura 5.** Teste de transmissibilidade viral por meio da enxertia de uma gema infectada em porta-enxerto sadio (P1103). (A) Enxertia verde, (B) Enxertia de garfagem de inverno e (C) Avaliação da presença do vírus (Grapevine enamovirus-1, GEV-1) no porta-enxerto, comprovando-se a transmissão a partir da gema infectada (gel de agarose com produto da amplificação do genoma viral por RT-PCR). (Fotos: Thor V. M. Fajardo)

al., 2017) (Figura 5). Isto demonstra a importância desta via de transmissão e o caráter sistêmico da infecção viral.

## 2. Erradicação

### 2.1. Eliminar plantas hospedeiras do vírus

A eliminação de todas as fontes de vírus de uma área, antes do início do novo plantio, resultará em efeito benéfico significativo no controle da doença. Na prática, todavia, essa tarefa é difícil, senão impossível de ser executada, especialmente em países de clima tropical e subtropical com uma ampla gama de espécies vegetais presentes durante quase o ano inteiro. A eficácia dessa medida está diretamente ligada à gama de hospedeiras do vírus, podendo ter maior chance de êxito quando o vírus tem gama restrita de hospedeiras. É recomendável, portanto, antes de iniciar um novo plantio, através da sementeira direta ou do transplante de mudas, eliminar culturas velhas e/ou abandonadas, plantas do ciclo anterior que permaneceram no campo e restos de cultura que possam hospedar vírus que afetem a nova cultura. Nas proximidades da área de plantio, sempre que possível, deve-se eliminar plantas daninhas que possam hospedar vírus e/ou vetores do vírus. O cultivo escalonado deve ser evitado, pois os plantios mais velhos sempre servirão de fonte de inóculo para as plantas mais novas (KITAJIMA & REZENDE, 2004).

### 2.2. Erradicar as plantas doentes

Essa prática, também conhecida por *roguing* (remoção), é geralmente recomendada para os vírus que possuem uma gama restrita de hospedeiras, como por exemplo, vírus do mosaico ou da mancha anelar (*Papaya ringspot virus-type P*, PRSV-P) e da meleira do mamoeiro (*Papaya meleira virus*, PMeV), que praticamente só infectam essa frutífera. Para que a erradicação tenha efeito desejado ela deve ser iniciada assim que as plantas emergirem e prosseguir até o final do ciclo econômico da cultura. Deve ser feita através de vistorias periódicas (duas vezes por semana) em toda a área

do plantio. Caso os vizinhos também cultivem a mesma espécie vegetal, todos devem adotar o mesmo procedimento, para evitar que os que não praticam a erradicação funcionem como fontes de inóculo para aqueles que o fazem. Nos Estados que possuem programas de exportação de mamão para o mercado americano, a legislação brasileira exige a erradicação para o controle do mosaico e da meleira do mamoeiro (Instrução Normativa MAPA N° 17, de 27 de maio de 2010), o que tem permitido a convivência dos produtores com essas viroses (KITAJIMA & REZENDE, 2004). Culturas velhas e abandonadas nas proximidades da área de plantio, restos culturais e hospedeiras alternativas devem ser sempre eliminados para maximizar a eficiência da erradicação (EIRAS et al., 2018).

A remoção de videiras com sintomas de viroses, em situações específicas, é recomendada visando ao manejo da doença dentro do vinhedo (BELL et al., 2017; BELL et al., 2018).

### **3. Proteção**

O plantio em áreas protegidas por barreiras físicas naturais (espécies vegetais de porte alto) ou artificiais (telas) tem sido objeto de pesquisa com algumas aplicações práticas, porém os resultados nem sempre são satisfatórios. Em vários casos, essas barreiras, que têm como objetivo principal evitar ou retardar a entrada de vetores portadores do vírus na plantação, têm efeito muito reduzido ou nulo. No caso dos telados, adequadamente construídos com telas de malha fina (anti-afídeos), os resultados, em geral, são positivos na proteção contra a entrada de vetores virulíferos (KITAJIMA & REZENDE, 2004).

#### **3.1. Controlar ou evitar a chegada de vetores na cultura**

Vetores de vírus de plantas são importantes tanto para a disseminação dos vírus e consequente distribuição espacial da doença no campo, como na tomada de decisão sobre as melhores medidas de controle. Os vírus possuem vetores dentro da classe dos insetos (pulgões, cigarrinhas, moscas-brancas, tripses, cochonilhas e besouros) e também ácaros, fungos, protozoários e nematoides. Os insetos e os ácaros são, geralmente, vetores da parte aérea da planta, enquanto fungos, protozoários e nematoides vivem no solo (Figuras 1, 2 e 4), portanto as estratégias de controle são diferentes (PEREIRA-CARVALHO & COSTA, 2015).

O controle dos vetores aéreos de vírus de plantas pode ser feito através de procedimentos culturais, biológicos e químicos, sendo este último o mais utilizado pelos agricultores. A técnica cultural mais comum é a utilização de cobertura viva ou morta sobre o solo entre as linhas de plantio, com o objetivo de promover a repelência dos vetores e, conseqüentemente, retardar a entrada e a disseminação dos vírus na cultura. Um exemplo prático é a cobertura com casca de arroz que reduz a incidência de vírus transmitidos por afídeos. Embora seja de difícil aplicação em áreas extensas, por causa da baixa disponibilidade deste produto, é uma alternativa interessante para pequenos plantios e viveiros. Algumas espécies vegetais, quando plantadas nas entrelinhas da cultura podem reduzir ou retardar a incidência de viroses. É o caso do amendoim forrageiro que, quando plantado nas entrelinhas da cultura do tomateiro, pode reduzir a população da mosca-branca e, conseqüentemente, a incidência de vírus por ela transmitidos (KITAJIMA & REZENDE, 2004). O uso de plásticos coloridos ou prateados também tem se mostrado experimentalmente eficiente em alguns casos, porém têm o inconveniente do custo elevado e os danos ecológicos, por serem de difícil descarte (INOUE-NAGATA & NAGATA, 2002).

O controle biológico com a utilização de inimigos naturais (parasitas, parasitoides e predadores) dos vetores não tem sido uma prática comum para o controle de doenças de vírus de plantas, principalmente por falta de pesquisa dirigida para o controle biológico de pragas e doenças em regiões de clima tropical e subtropical (KITAJIMA & REZENDE, 2004).

O controle químico dos vetores é o mais utilizado, pois há vários inseticidas, óleos minerais e acaricidas disponíveis no mercado, porém nem sempre alcança o resultado desejado. O dano do inseto, ácaro ou nematoide como praga depende da sua densidade, do tempo de alimentação, do estágio de desenvolvimento das plantas quando ocorre a infestação e da atratividade da planta como alimento. No caso de vetores de vírus de plantas não há que se considerar estes fatores, visto que apenas um indivíduo pode transmitir o vírus, especialmente, no caso de afídeos que transmitem vírus de modo não-persistente (estiletar) (EIRAS et al., 2018). Assim, a baixa eficiência do controle químico se deve principalmente ao tipo de relação entre o vírus e o vetor. Nos casos em que a relação é não-persistente e o vetor (principalmente pulgão) não coloniza a espécie cultivada, a eficiência do controle químico do vetor para minimizar os danos da virose é praticamente nula. Isto porque a maioria dos inseticidas não é rápida o suficiente para matar os pulgões antes que estes efetuem a picada de prova e inoculem o vírus na planta. Em alguns casos, esta medida pode até acelerar a disseminação do vírus, pois a presença do inseticida pode causar excitação nos pulgões, que poderão provar mais plantas do que o fariam na ausência do inseticida. Entretanto, quando a espécie de pulgão coloniza a planta, esta deve ser controlada como praga (KITAJIMA & REZENDE, 2004).

Ao efetuar o controle químico do vetor com o intuito de controlar uma virose causada por vírus de relação não-persistente com o vetor, o agricultor na maioria das vezes estará aumentando o custo da produção sem ter necessariamente o retorno desejado na redução dos danos. Além disso, o uso indiscriminado de defensivo propiciará o desenvolvimento de insetos resistentes aos princípios ativos utilizados, danos à natureza, na cadeia alimentar do homem e de outros animais. Certos óleos minerais têm mostrado experimentalmente alguma eficiência no controle de doenças de vírus de transmissão não-persistente. Em campo, entretanto, os resultados apresentam eficácia limitada, mesmo no controle de vírus de transmissão semi-persistente e, por isso, o uso comercial desse tipo de produto não é comum (INOUE-NAGATA & NAGATA, 2002; KITAJIMA & REZENDE, 2004; WALLINGFORD et al., 2015).

Em casos específicos, há relatos de relativo sucesso na diminuição da dispersão de vírus em vinhedos efetuando-se o controle químico dos vetores (WALLINGFORD et al., 2015; JONES et al., 2016).

Quando a relação vírus-vetor é do tipo circulativa (pulgões, cigarrinhas, mosca-branca e tripes) e, portanto, o vetor requer maior tempo de alimentação para a aquisição e a transmissão do vírus, o controle químico poderá minimizar a disseminação secundária do vírus, mas dificilmente evitará a disseminação primária. Nesta, o vetor virulífero proveniente de fontes externas de inóculo, ao chegar à planta protegida com inseticida sistêmico, terá tempo suficiente para inocular o vírus na planta sadia, antes de ter o processo alimentar inibido ou ser morto pelo produto. No caso da disseminação secundária, que ocorre entre plantas dentro da plantação, a transmissão poderá ser interrompida, pois há um período de latência do vírus no vetor. Assim, o vetor só poderá transmitir o vírus, adquirido em planta infectada e protegida com inseticida sistêmico, para plantas vizinhas sadias, após transcorrido o período de latência (geralmente algumas horas). Durante o período de latência, é possível que o inseticida atue sobre o vetor, impedindo-o de transmitir o vírus para outras plantas no cultivo. Nesses casos, devem ser utilizados os produtos registrados para a cultura, nas dosagens recomendadas pelo fabricante e adotando os critérios de segurança pessoal do aplicador e de proteção ambiental (KITAJIMA & REZENDE, 2004).

Para os vírus transmitidos por nematoides, fungos e protozoários, que são habitantes do solo, a primeira medida recomendada é de exclusão (Princípio de controle 1), ou seja, evitar o plantio em áreas com histórico da presença do vetor. Na impossibilidade de adoção dessa medida, o controle geralmente é feito por meio de nematicidas e fungicidas. Para volumes pequenos de solo, para plantios em vasos, por exemplo, pode-se recomendar a esterilização química ou pelo calor (KITAJIMA & REZENDE, 2004). Há também a possibilidade de plantio em locais que possuem solos supressivos, ou seja, que contam com uma microbiota antagonista ao vetor habitante do solo.

## 4. Imunização

### 4.1. Utilizar plantas resistentes ao vírus e/ou vetor

É um tipo de imunização genética. A resistência genética é considerada a forma mais efetiva e econômica de controle de vírus e deve ser utilizada sempre que disponível. Na natureza, a resistência é uma condição normal da planta e a suscetibilidade uma exceção. O termo resistente é utilizado para referir-se à restrição nos processos de replicação e movimento do vírus na planta (EIRAS et al., 2018). Diversas variedades de várias espécies cultivadas, possuidoras de genes de resistência para um ou mais vírus, foram desenvolvidas nos últimos anos por instituições de pesquisa e empresas de sementes no país e no exterior e estão disponíveis no mercado. Este tipo de trabalho deve ser desenvolvido de forma permanente, pois a resistência incorporada em uma nova variedade nem sempre é duradoura. Os vírus, no seu processo evolutivo, podem desenvolver estratégias que possibilitem o aparecimento de mutantes ou recombinantes capazes de quebrar a resistência recentemente incorporada na variedade (KITAJIMA & REZENDE, 2004). Ao contrário de outras plantas, com o tomateiro e a batateira, ainda não foram identificados, até o momento, na videira, genes que possam conferir resistência genética contra patógenos virais (LAIMER et al., 2009).

Variedades tolerantes, isto é, que mesmo infectadas com o vírus não sofrem danos significativos na produção, também são outra opção desejável para o controle de viroses, apesar das restrições indicadas por alguns pesquisadores, tais como, servirem de fonte de inóculo.

Além da resistência ao vírus, há a possibilidade do desenvolvimento de cultivares resistentes aos vetores, especialmente para aqueles que colonizam as plantas nas quais inoculam o vírus. Os principais tipos de resistência aos vetores, que podem ser de utilidade no controle de viroses, são a não preferência e a antibiose. Entretanto, raros são os exemplos de trabalhos desenvolvidos nessa linha de abordagem do problema de viroses em plantas (KITAJIMA & REZENDE, 2004).

### 4.2. Pré-imunização

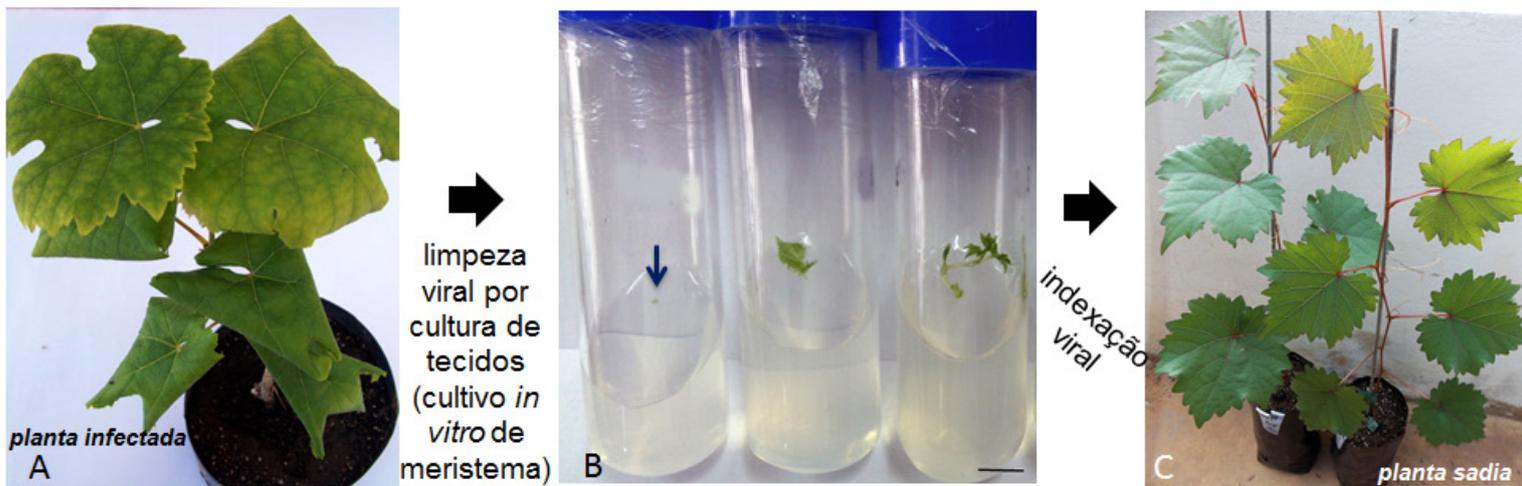
É um tipo de imunização biológica. A pré-imunização, também conhecida como proteção cruzada, ou, ainda, uma espécie de “vacinação” é a proteção das plantas com uma estirpe ou variante fraca do vírus que não afeta o desenvolvimento e a produção, tanto quantitativa como qualitativamente. Para isso, as plantas devem ser inoculadas com uma estirpe atenuada do vírus, ainda no estágio de mudas. Após algumas semanas estas estarão protegidas contra a infecção ou a expressão de sintomas da estirpe severa do vírus que ocorre no campo (EIRAS et al., 2018). O exemplo clássico de aplicação eficiente dessa tecnologia é o do controle da tristeza dos citros, que vem sendo utilizado no Brasil há quase 50 anos (MÜLLER, 1976). Por muitos anos acreditou-se que essa alternativa de controle só era viável para culturas perenes ou semi-perenes e aquelas propagadas vegetativamente, pois, para culturas anuais, propagadas por sementes, haveria a necessidade de se inocular

um grande número de plantas a cada ciclo da cultura. Atualmente, com os avanços na produção de mudas de diversas espécies, essa tecnologia passou a ser viável também para culturas anuais, como é o caso do controle dos mosaicos do tomateiro, causados pelo vírus do mosaico do pepino (*Cucumber mosaic virus*, CMV) no Japão e pelo vírus do mosaico do pepino (*Pepino mosaic virus*, PepMV) na Holanda. Trata-se de uma alternativa de controle ecologicamente correta, pois não traz danos ao aplicador, ao consumidor e ao meio ambiente. Além disso, pode ser incorporada em qualquer manejo integrado de pragas e doenças da cultura (KITAJIMA & REZENDE, 2004).

#### 4.3. Plantas transgênicas

Nos últimos anos a agricultura mundial tem experimentado avanços tecnológicos significativos na área da transformação genética de plantas. Atualmente é possível introduzir sequências de nucleotídeos de qualquer organismo no genoma de uma planta e obter a sua expressão. Há tecnologias que tornam possível que genes de imunidade ou de resistência a vírus possam ser transferidos entre as diferentes espécies vegetais, mesmo entre aquelas sem qualquer parentesco. No caso dos vírus de plantas, diversas estratégias estão sendo investigadas com o propósito de se obter plantas transgênicas resistentes a vírus. A maioria delas utiliza sequências do genoma do próprio vírus. A sequência (gene) mais comumente utilizada é a da proteína capsidial, que pode ou não ser sintetizada nas células da planta transformada para conferir proteção contra a infecção no campo. Outros genes de vírus que têm sido avaliados são os que codificam proteínas de movimento célula-a-célula e da replicase, envolvida na replicação do vírus. Diversas empresas e instituições estrangeiras, bem como brasileiras, já desenvolveram cultivares transgênicas de diferentes espécies vegetais com resistência a vírus, porém essas ainda não estão disponíveis no mercado brasileiro. Em alguns países, onde a legislação permite o cultivo de transgênicos, o seu uso já tem mostrado bons resultados, como por exemplo, as cultivares de mamoeiros transgênicos (variedade 'SunUp' e híbrido 'Rainbow') plantadas no Havá desde 1998, que são resistentes ao mosaico (PRSV-P) (GONSALVES et al., 2004). Há no Brasil uma variedade transgênica de feijoeiro, desenvolvida pela Embrapa, resistente ao vírus do mosaico dourado (*Bean golden mosaic virus*, BGMV) que foi liberada para comercialização pela CTNBio em 2011. As plantas transgênicas resistentes a vírus estão sujeitas ao mesmo problema de quebra da resistência mencionado anteriormente para as plantas resistentes obtidas através do melhoramento genético clássico. A utilização comercial de plantas transgênicas, em geral, tem sido motivo de intensa discussão nos últimos anos. A área que tem atraído mais interesse no caso das plantas transgênicas resistentes a vírus é o risco da interação entre a sequência do genoma viral, que foi inserido na planta, com o genoma da própria planta ou com o genoma de outro vírus que infecta a mesma espécie vegetal. Avaliações desses riscos, que podem ser de três naturezas (heteroencapsidação, recombinação e sinergismo), constantemente recebem atenção em diversos laboratórios (KITAJIMA & REZENDE, 2004; LAIMER et al., 2009).

Mais recentemente uma nova e poderosa ferramenta biotecnológica, não transgênica, de edição de genomas vem despontando como possibilidade para o desenvolvimento de plantas resistentes a vírus, principalmente pela eficiência, facilidade e reprodutibilidade. Trata-se da técnica denominada CRISPR/Cas9 ("Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats"), que em português significa sistema de "Repetições Palindrômicas Curtas Agrupadas e Regularmente Interespçadas" associado à proteína Cas (FONDONG et al., 2016; HADIDI et al., 2016).



**Figura 6.** Principais fases do processo de obtenção de plantas livres de vírus por cultura de tecidos (cultivo de meristema *in vitro*). (A) Videira infectada por vírus, (B) Estádios representativos da regeneração da planta a partir de meristemas isolados de videira, 15 (seta indicativa) a 75 dias após o isolamento do meristema. Escala: barra representa 10 mm, (C) Videira livre de vírus (Fotos: A, C. Thor V. M. Fajardo, B. Vera Quecini).

## 5. Terapia

### 5.1. Limpeza clonal (produção de plantas livres de vírus)

O controle de vírus é sempre preventivo. Não há métodos curativos ou princípios ativos aplicáveis em lavouras ou pomares, exceto aqueles dirigidos à limpeza do material propagativo em procedimentos laboratoriais. Planta infectada, uma vez no campo, permanece infectada e é irrecuperável. O único controle eficiente de doenças causadas por vírus, que são perpetuados e acumulados em materiais propagativos como bulbos, tubérculos e estacas e transmitidos pela enxertia, é o uso de plantas livres de vírus na formação do novo cultivo.

Considerando-se o espectro de temperaturas em que as plantas são cultivadas, aumento de temperatura acima de certos níveis reduz a replicação e o movimento dos vírus em plantas. Entre 35 e 40°C, geralmente, pouco vírus é produzido e a mobilidade das partículas é substancialmente reduzida nas regiões meristemáticas (HULL, 2014), possibilitando a formação de tecidos que escapam à invasão por partículas virais.

A obtenção de plantas livres de vírus se dá por: prospecção de “escapes” naturais (procura de plantas que permaneceram sadias em lavouras ou pomares) via indexação massal e indução desses “escapes” por termoterapia, quimioterapia, crioterapia e cultura de tecidos (cultivo de meristemas) (Figura 6), denominadas em conjunto “terapia regenerativa”.

A quimioterapia utiliza substâncias que interferem na replicação dos ácidos nucleicos virais e seu uso mais promissor é associado à termoterapia *in vitro* ou ao cultivo de meristemas. Para uma série de patógenos virais há dados experimentais que comprovam um aumento substancial do número de plantas livres de vírus obtidas de cultivo de meristema, quando a planta doadora foi previamente submetida ao tratamento térmico. A remoção de infecções virais, a chamada limpeza clonal, utiliza-se, basicamente, da termoterapia da planta infectada com a posterior excisão e cultivo de meristemas *in vitro*. A termoterapia é feita geralmente a 37-38°C por 30 a 150 dias, durante os quais ocorre a indução de brotações, geralmente, livres de vírus por escape. Nestas condições de temperatura, o

**Tabela 1.** Indexação por RT-qPCR em 37 videiras para quatro vírus (*Grapevine leafroll-associated virus 3*, GLRaV-3; *Grapevine virus A*, GVA; *Grapevine virus B*, GVB; *Grapevine fleck virus*, GFkV), antes e após procedimento de cultura de tecidos, visando à limpeza clonal. (-) ausência e (+) presença do vírus na planta indexada.

Cultivar / Material	Acesso	Classificação	Indexação antes da cultura de tecidos				Indexação após a cultura de tecidos			
			GLRaV-3	GVA	GVB	GFkV	GLRaV-3	GVA	GVB	GFkV
Quebranta	577	<i>Vitis vinifera</i>	+	+	-	-	-	+	-	-
Seibel 8229	716	híbrido	+	+	+	-	-	-	-	-
Burdin 4655	720	híbrido	-	+	-	-	-	-	-	-
Burdin 4716	723	híbrido	-	+	-	-	-	-	-	-
Seyve Villard	788	híbrido	-	-	+	-	-	-	+	-
Seibel 11342	918	híbrido	+	+	+	+	-	-	-	-
IAC 138-22	1103	híbrido	+	+	+	+	-	-	-	-
Seibel 8616	1161	híbrido	+	+	-	+	-	+	-	-
Seibel 5163	1256	híbrido	-	+	-	-	-	+	-	-
Isabel	1829	<i>V. labrusca</i>	-	+	-	+	-	-	-	+
Linha 33	2029	híbrido	+	-	+	-	+	-	+	-
Seibel 2126	2120	híbrido	+	+	+	+	-	-	+	-
Goethe	2285	híbrido	+	+	-	-	-	+	-	-
Rieslaner	2463	<i>V. vinifera</i>	+	+	+	-	-	-	-	-
Isabelão	2718	<i>V. labrusca</i>	+	-	+	+	-	-	-	+
Refosco	2783	<i>V. vinifera</i>	-	-	-	+	-	-	-	-
BRS Clara	2798	híbrido	-	-	-	+	-	-	-	-
CNPUV 127-212	2809	híbrido	-	-	-	+	-	-	-	-
CNPUV 154-178	2838	híbrido	-	-	-	+	-	-	-	-
CNPUV 154-80	2839	híbrido	-	-	-	+	-	-	-	-
CNPUV 215-1	2938	híbrido	-	+	-	+	-	-	-	-
CNPUV 218-5	2944	híbrido	-	-	-	+	-	-	-	-
CNPUV 220-2	2950	híbrido	-	-	-	+	-	-	-	-
Portugal Taquarituba	3039	híbrido	-	-	-	+	-	-	-	+
Paulsen 1103	539A	híbrido	-	-	-	+	-	-	-	-
acesso não identificado	1655B	---	-	-	-	+	-	-	-	-
Tempranillo	176	<i>V. vinifera</i>	-	-	-	+	-	-	-	-
Chenin Blanc	129	<i>V. vinifera</i>	+	+	+	+	-	+	-	+
Syrah	71	<i>V. vinifera</i>	-	+	-	+	-	+	-	-
Cascadura (Martha)	---	híbrido	-	+	-	+	-	-	-	-
Garganega	---	<i>V. vinifera</i>	-	-	-	+	-	-	-	+
Rebo	---	<i>V. vinifera</i>	-	-	-	+	-	-	-	-
Niágara Branca	---	<i>V. labrusca</i>	+	+	+	-	-	+	+	-
Niágara Rosada (I)	---	<i>V. labrusca</i>	-	-	-	+	-	-	-	-
Niágara Rosada (E)	---	<i>V. labrusca</i>	+	-	+	+	-	-	-	-
Syrah	---	<i>V. vinifera</i>	-	+	-	+	-	-	-	-
Tardia de Caxias	---	<i>V. labrusca</i>	-	-	-	+	-	-	-	+

crescimento vegetativo da planta é mais rápido que a replicação e o movimento do vírus na planta. Como consequência os meristemas (tecido ainda não diferenciado de cerca de 0,10 a 0,20 mm de comprimento) das brotações têm alta probabilidade de estarem livres de vírus após sua remoção e seu cultivo *in vitro* visando à regeneração de uma nova planta livre de vírus. A termossensibilidade varia de vírus para vírus.

A crioterapia é uma técnica de limpeza clonal baseada na criopreservação utilizando técnicas de vitrificação, na qual o tecido vegetal é exposto ao nitrogênio líquido a  $-196^{\circ}\text{C}$  por determinado período de tempo. Nessas condições células infectadas altamente vacuoladas são eliminadas pelo efeito da temperatura extremamente baixa, deixando viáveis células meristemáticas. O cultivo *in vitro* desses tecidos meristemáticos podem originar plantas livres de vírus. Todas plantas obtidas por qualquer método de remoção de vírus de tecidos vegetais têm que ser submetidas a uma avaliação do êxito destes procedimentos, devido às características biológicas destes patógenos, à desuniformidade da distribuição de partículas virais nos tecidos vegetais e ao caráter aleatório do processo de limpeza. A execução do processo de remoção em si não é garantia de sanidade (NICKEL & FAJARDO, 2009).

Trinta e sete videiras infectadas com pelo menos um de quatro vírus (*Grapevine leafroll-associated virus 3*, GLRaV-3; *Grapevine virus A*, GVA; *Grapevine virus B*, GVB; *Grapevine fleck virus*, GFkV) foram submetidas à retirada do meristema e, na sequência, ao seu cultivo *in vitro*. Cerca de 6 a 8 meses do início do processo, após a regeneração e aclimação das novas plantas, foram realizadas as indexações virais utilizando-se o teste diagnóstico RT-qPCR (DUBIELA et al., 2013). Foram obtidas 51 remoções virais de um total de 69 infecções iniciais, ou seja, a eficiência da limpeza clonal foi de 73,9%. Considerando-se individualmente cada um dos vírus avaliados, os resultados foram: 12 remoções de GLRaV-3 em 13 infecções (92,3%), 11 remoções de GVA em 18 infecções (61,1%), 7 remoções de GVB em 11 infecções (63,6%) e 21 remoções de GFkV em 27 infecções (77,8%) (Tabela 1).

## 6. Regulação

As medidas de controle baseadas no princípio da regulação permitem a atuação do agricultor no controle de doenças, tanto abióticas como bióticas, devido à possibilidade de alteração dos fatores ambientais envolvidos ou aqueles que favoreçam o aparecimento da doença. Algumas medidas que podem ser implementadas são: modificação de certas práticas culturais como a adoção do uso de plasticultura, irrigação, drenagem, espaçamento e podas; utilizar variedades precoces e modificação do ambiente (umidade e temperatura) e da nutrição da planta (adubação e calagem), dentre outras (PEREIRA-CARVALHO & COSTA, 2015; EIRAS et al., 2018). As ações visando ao controle de doenças por meio de práticas culturais podem ser adotadas no momento da escolha da área, na implantação e/ou na condução da cultura.

### 6.1. Escolha de áreas ou épocas de plantio

Evitar o cultivo contínuo da mesma área com a mesma cultura ou com culturas relacionadas que sejam hospedeiras do mesmo vírus constitui-se em uma estratégia para o controle de viroses. Além disto, a opção por áreas isoladas, que de alguma forma desfavoreçam a ocorrência de doença (ausência ou menor população de vetores, distância de fontes de inóculo) é indicada, principalmente, para o caso de produção de mudas e sementes saudáveis. A escolha da época de plantio visa minimizar o efeito das viroses, através de um favorecimento da hospedeira ou desfavorecimento da doença (BEDENDO, 1995).

## 7. Evasão

### 7.1. Efetuar modificações no plantio

O estabelecimento de um período de repouso de dois a três meses, totalmente livre da espécie cultivada pode resultar em uma redução significativa das fontes de inóculo do vírus e, consequentemente, favorecer a cultura seguinte. Também poderá ter efeito na redução da população do vetor, caso este colonize essas plantas. Essa medida é mais eficaz nos casos de vírus com gama restrita de hospedeiras.

Alterações na época de plantio também podem resultar em redução na incidência de vírus, especialmente no estágio de maior juvenildade das plantas, em que as infecções geralmente resultam em maiores danos. Mudanças na data de plantio são feitas com base na flutuação populacional dos vetores, procurando evitar as épocas de picos de incidência. Para isso há necessidade do estabelecimento de um programa contínuo de monitoramento dos vetores na região da cultura (KITAJIMA & REZENDE, 2004).

Aumento na densidade populacional de plantas na cultura pode proporcionar redução nos danos causados por doenças de vírus. O aumento do número de plantas na área deve ser bem analisado para evitar redução na produção devido à competição entre plantas. Outras medidas passíveis de adoção são: escolher áreas geográficas ou locais de plantio distantes de elevadas pressões de inóculo do patógeno e utilizar variedades precoces, evitando as épocas mais adequadas para o patógeno ou seu vetor (EIRAS et al., 2018). A aplicação de qualquer uma dessas alternativas para minimizar os danos causados por viroses deve levar em consideração aspectos econômicos da cultura.

## Considerações finais

Quando se adotam medidas específicas de controle das viroses vegetais, busca-se prevenir ou retardar a introdução do vírus na cultura ou dificultar a sua dispersão de planta a planta. Esses objetivos são conseguidos de formas bem diversas, como: (I) pelo uso de sementes ou material propagativo livres de vírus; (II) pelo emprego de variedades em que o vírus seja incapaz de multiplicar-se ou nas quais se multiplique precariamente, atingindo baixo título viral; (III) pela redução do acesso do vírus às plantas da cultura suscetível, controlando-se o seu vetor com inseticidas, acaricidas, nematocidas ou fungicidas; (IV) por meio de pequenas alterações nas práticas agrônômicas, tais como antecipando algumas semanas a semeadura ou transplantio para fugir das grandes populações dos vetores aéreos; e (V) pela adoção de barreiras vegetais contra o vetor, entremeadas às fileiras da cultura suscetível, dentre outras medidas (ZARBINI JUNIOR et al., 2002).

Embora os efeitos das infecções virais dependam da cultivar, do isolado viral e das condições ambientais, plantas afetadas por viroses são, geralmente, garantia de menor rentabilidade das lavouras e pomares. Infecções virais inviabilizam a exploração completa do potencial genético da cultivar e dos insumos agrícolas utilizados (NICKEL & FAJARDO, 2009). Assim, sem controle, doenças de plantas podem causar grandes prejuízos. Portanto, os danos decorrentes dos fitopatógenos, assim como dos insetos, das plantas daninhas e de desequilíbrio nutricional devem ser considerados de forma integrada e reduzidos, visando à produção de alimentos para uma população em crescimento. Antes de se implementar alguma estratégia de controle de doenças de plantas, é importante diagnosticar corretamente o patógeno (FAJARDO & NICKEL, 2015), conhecer seu modo de disse-

minação, as condições climáticas e culturais favoráveis à ocorrência da doença e as alternativas e eficiências dos métodos de controle disponíveis (PEREIRA-CARVALHO & COSTA, 2015).

## Agradecimentos

Ao Prof. Jorge Alberto Marques Rezende, Departamento de Fitopatologia e Nematologia da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ), Universidade de São Paulo (USP), Piracicaba-SP, pelas sugestões para o aprimoramento do texto.

Aos autores das fotos pela cedência das mesmas para ilustrar a publicação e ao Dr. Marcos Botton (Embrapa Uva e Vinho) e Dr. Douglas Lau (Embrapa Trigo) pela disponibilização de algumas fotos.

À Dra. Vera Quecini e ao Laboratório de Cultura de Tecidos da Embrapa Uva e Vinho (Bento Gonçalves-RS) pela realização dos procedimentos de cultura de tecidos com videiras.

À Dra. Patrícia Ritschel (Embrapa Uva e Vinho), bem como as instituições Embrapa Semiárido, EPAGRI, EPAMIG e IAC, por terem possibilitado o acesso a alguns materiais de videira.

Ao Airton A. Bertocchi (estudante da UERGS - Bento Gonçalves, bolsista PIBITI-CNPq e estagiário na Embrapa Uva e Vinho) e ao Marcos F. Vanni (Embrapa Uva e Vinho), pelo apoio prestado na indexação viral.

Ao Daniel S. Grohs (Embrapa Uva e Vinho) pela condução dos testes de transmissibilidade viral por meio das enxertias.

À Embrapa pelo financiamento de projetos que permitiram gerar informações aplicadas ao controle de vírus.

## Referências

- AGRIOS, G. N. **Plant Pathology**. 5th ed. Amsterdam: Elsevier Academic Press, 2005. 952 p.
- BEDENDO, I. P. Viroses. In: BERGAMIN FILHO, A.; KIMATI, H.; AMORIM, L. (Eds). **Manual de Fitopatologia: princípios e conceitos**. 3. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 1995. v. 1. p. 899-906.
- BELL, V. A.; BLOUIN, A. G.; COHEN, D.; HEDDERLEY, D. I.; OOSTHUIZEN, T.; SPREETH, N.; LESTER, P. J.; PIETERSEN, G. Visual symptom identification of grapevine leafroll-associated virus 3 in red berry cultivars supports virus management by roguing. **Journal of Plant Pathology**, v. 99, n. 2, p. 477-482, 2017.
- BELL, V. A.; BONFIGLIOLI, R. G. E.; WALKER, J. T. S.; LO, P. L.; MACKAY, J. F.; MCGREGOR, S. E. *Grapevine leafroll-associated virus 3* persistence in *Vitis vinifera* remnant roots. **Journal of Plant Pathology**, v. 91, n. 3, p. 527-533, 2009.
- BELL, V. A.; HEDDERLEY, D. I.; PIETERSEN, G.; LESTER, P. J. Vineyard-wide control of grapevine leafroll-associated virus 3 requires an integrated response. **Journal of Plant Pathology**, v. 100, n. 3, p. 399-408, 2018.
- BERGAMIN FILHO, A.; AMORIM, L. Princípios Gerais de Controle. In: AMORIM, L.; REZENDE, J.A.M.; BERGAMIN FILHO, A. (Eds). **Manual de Fitopatologia: princípios e conceitos**. 5. Ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 2018. v. 1. p. 215-228.
- DUBIELA, C. R.; FAJARDO, T. V. M.; SOUTO, E. R.; NICKEL, O.; EIRAS, M.; REVERS, L.F. Simultaneous detection of Brazilian isolates of grapevine viruses by TaqMan real-time RT-PCR. **Tropical Plant Pathology**, v. 38, n. 2, p. 158-165, 2013.
- EIRAS, M.; DIANESE, E. de C.; PEREIRA-CARVALHO, R. de C. Resistência Genética de Plantas a Vírus. In: DALLAGNOL, L. J. (Org.). **Resistência Genética: de Plantas a Patógenos**. Pelotas: Editora UFPel, 2018. Cap. 7. p. 296-358. Disponível em: <http://guaiaca.ufpel.edu.br:8080/handle/prefix/4207>. Acesso em: 11 mar. 2019.

- FAJARDO, T. V. M.; NICKEL, O. **Técnicas de detecção e estudo de vírus em plantas**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2015. (Embrapa Uva e Vinho. Comunicado Técnico, 179). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/131838/1/Comunicado-Tecnico-179.pdf>. Acesso em: 11 mar. 2019.
- FAJARDO, T. V. M.; SILVA, F. N.; EIRAS, M.; NICKEL, O. High-throughput sequencing applied for the identification of viruses infecting grapevines in Brazil and genetic variability analysis. **Tropical Plant Pathology**, v. 42, n. 4, p. 250-260, 2017.
- FONDONG, V. N.; NAGALAKSHMI, U.; DINESH-KUMAR, S. P. Novel functional genomics approaches: a promising future in the combat against plant viruses. **Phytopathology**, v. 106, n. 10, p. 1231-1239, 2016.
- GASPARRO, M.; CAPUTO, A. R.; FORLEO, L. R.; PERNIOLA, R.; ALBA, V.; MILELLA, R. A.; ANTONACCI, D. Evidence of non-seed transmission of viruses in grapevine breeding material. **Vitis**, v. 56, n. 1, p. 11-13, 2017.
- GONSALVES, C.; LEE, D. R.; GONSALVES, D. Transgenic virus-resistant papaya: The Hawaiian 'Rainbow' was rapidly adopted by farmers and is of major importance in Hawaii today. **APSnet**, Aug./Sep. 2004. 17 p. Disponível em: <http://www.apsnet.org/publications/apsnetfeatures/Documents/2004/HawaiianRainbow.pdf>. Acesso em: 11 mar. 2019.
- HADIDI, A.; FLORES, R.; CANDRESSE, T.; BARBA, M. Next-generation sequencing and genome editing in plant virology. **Frontiers in Microbiology**, v. 7, article 1325, 2016.
- HULL, R. **Plant Virology**. 5th ed. San Diego, USA: Elsevier Academic Press, 2014. 1118 p.
- INOUE-NAGATA, A. K.; NAGATA, T. Pulgões: distribuidor de vírus. **Cultivar HF**, Pelotas, n. 16, p. 26-29, out./nov. 2002.
- JONES, T. J.; NITA, M. Spatio-temporal association of GLRaV-3-infected grapevines, and effect of insecticidal treatments on mealybug populations in Virginia vineyards. **European Journal of Plant Pathology**, v. 145, n. 4, p. 885-900, 2016.
- KITAJIMA, E. W.; REZENDE, J. A. M. Os vírus, esses terríveis inimigos. **Cultivar HF**, Pelotas, n. 23, p. 18-24, dez.2003 / jan.2004.
- LAIMER, M.; LEMAIRE, O.; HERRBACH, E.; GOLDSCHMIDT, V.; MINAFRA, A.; BIANCO, P.; WETZEL, T. Resistance to viruses, phytoplasmas and their vectors in the grapevine in Europe: A review. **Journal of Plant Pathology**, v. 91, n. 1, p. 7-23, 2009.
- MEHLE, N.; RAVNIKAR, M. Plant viruses in aqueous environment - Survival, water mediated transmission and detection. **Water Research**, v. 46, n. 16, p. 4902-4917, 2012.
- MÜLLER, G. W. A tristeza dos citros. **Summa Phytopathologica**, v. 2, n. 4, p. 245-263, 1976.
- NICKEL, O.; FAJARDO, T. V. M. **Obtenção de material propagativo livre de vírus e diagnóstico de vírus em macieiras e pereiras**. Bento Gonçalves, RS: Embrapa Uva e Vinho, 2009. 55 p. (Embrapa Uva e Vinho. Documentos, 69).
- PALLÁS, V.; SÁNCHEZ-NAVARRO, J. A.; JAMES, D. Recent advances on the multiplex molecular detection of plant viruses and viroids. **Frontiers in Microbiology**, v. 9, article 2087, 2018.
- PEREIRA-CARVALHO, R. de C.; COSTA, C. L. Controle de viroses de plantas. In: MEDEIROS, R. B. de; REZENDE, R. de O.; PEREIRA-CARVALHO, R. de C.; DIANESE, E. de C.; COSTA, C. L.; SGRO, J-Y. (Eds.). **Virologia Vegetal: conceitos, fundamentos, classificação e controle**. Brasília, DF: Editora UnB, 2015. p. 593-650.
- PEREIRA-CARVALHO, R. de C.; MEDEIROS, R. B. de; COSTA, C. L. Transmissão de vírus. In: MEDEIROS, R. B. de; REZENDE, R. de O.; PEREIRA-CARVALHO, R. de C.; DIANESE, E. de C.; COSTA, C. L.; SGRO, J-Y. (Eds.). **Virologia Vegetal: conceitos, fundamentos, classificação e controle**. Brasília, DF: Editora UnB, 2015. p. 333-412.
- PETERSEN, S. M.; KEITH, C.; AUSTIN, K.; HOWARD, S.; SU, L.; QIU, W. A natural reservoir and transmission vector of Grapevine vein clearing virus. **Plant Disease**, v. 103, n. 3, p. 571-577, 2019.
- SILVA, J. M. F.; AL RWAHNIH, M.; BLAWID, R.; NAGATA, T.; FAJARDO, T. V. M. Discovery and molecular characterization of a novel enamovirus, Grapevine enamovirus-1. **Virus Genes**, v. 53, n. 4, p. 667-671, 2017.
- WALLINGFORD, A. K.; FUCHS, M.F.; MARTINSON, T.; HESLER, S.; LOEB, G. M. Slowing the spread of grapevine leafroll-associated viruses in commercial vineyards with insecticide control of the vector, *Pseudococcus maritimus* (Hemiptera: Pseudococcidae). **Journal of Insect Science**, v. 15, n. 1, article 112, 2015.
- ZERBINI JUNIOR, F. M.; CARVALHO, M. G. de; MACIEL-ZAMBOLIM, E. **Introdução à Virologia Vegetal**. Viçosa, MG: Editora UFV, 2002. 145 p. (Caderno Didático, 87).

**Embrapa**

---

*Uva e Vinho*