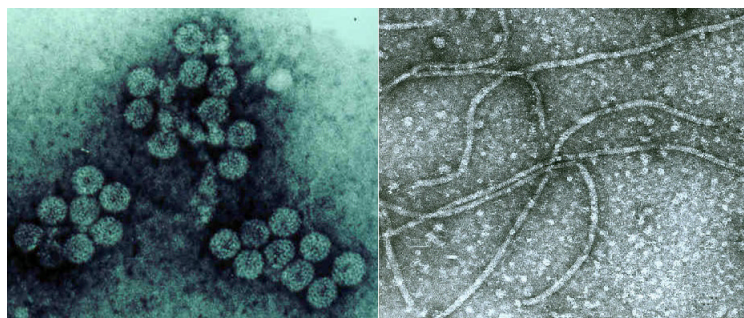


Fotos: Thor V. M. Fajardo e Osmar Nickel.



## Sintomas de viroses em plantas

Thor Vinícius Martins Fajardo<sup>1</sup>  
Marcelo Eiras<sup>2</sup>  
Osmar Nickel<sup>1</sup>

### Introdução

Os vírus se multiplicam apenas dentro da célula hospedeira viva e não possuem metabolismo próprio. Após um processo de reconhecimento e interação em nível molecular, se a célula inoculada for suscetível ao vírus, ele se estabelecerá na célula hospedeira, se replicará, irá disseminar-se dentro da hospedeira e induzirá alterações bioquímicas e fisiológicas na hospedeira ao longo do processo infeccioso. Assim, os sintomas induzidos pelos vírus são, na essência, resultado do metabolismo celular alterado da hospedeira. O período transcorrido entre a entrada do vírus na hospedeira e a manifestação dos primeiros sintomas é denominado período de incubação.

As doenças causadas por vírus interferem com os compostos sintetizados pela planta. Esta interferência ocorre principalmente em relação aos aminoácidos e nucleotídeos que, em vez de serem utilizados exclusivamente pela planta, passam a ser utilizados na replicação do patógeno. Assim, o vírus presente no interior da célula vegetal induz a síntese de novas partículas virais utilizando aminoácidos e nucleotídeos gerados pelo metabolismo celular da hospedeira. Estes compostos deixam de ser aproveitados pela planta, prejudicando seu desenvolvimento normal. Por fim, as plantas infectadas por vírus apresentam baixo desenvolvimento vegetativo, menor rendimento

da produção, má qualidade de seus produtos e menor longevidade produtiva (BEDENDO, 1995).

No início dos estudos de virologia, os patógenos virais eram reconhecidos e diferenciados apenas com base na reação que produziam na hospedeira. Esta abordagem evoluiu. Entretanto, ainda hoje, mesmo com a disponibilidade de testes moleculares para diagnósticos sensíveis e específicos, a análise dos sintomas induzidos por vírus ainda apresenta valor, por exemplo, na identificação preliminar da virose em campo. Algumas viroses, cujos agentes causais ainda não foram identificados, podem ser estudadas apenas com base em seus efeitos nas hospedeiras e no modo de transmissão.

Os sintomas da doença são os efeitos provocados pelos vírus sobre o crescimento e o desenvolvimento normais das plantas. Como os vírus são capazes de provocar alterações em quase todos os órgãos da planta, influenciando várias funções da hospedeira, os sintomas são uma interessante alternativa de estudo, pois contribuem para o entendimento de como os vírus afetam e se relacionam com as plantas. Neste sentido, os nomes dados aos diferentes tipos de sintomas são padronizados para que possam transmitir um conjunto de informações técnicas a partir de sua designação (BOS, 1970). Os sintomas raramente ocorrem isoladamente, ou seja,

<sup>1</sup> Engenheiro-agrônomo, Dr., Pesquisador, Embrapa Uva e Vinho, Bento Gonçalves, RS. E-mail: thor.fajardo@embrapa.br; osmar.nickel@embrapa.br

<sup>2</sup> Engenheiro-agrônomo, Dr., Pesquisador, Instituto Biológico, São Paulo, SP. E-mail: eiras@biologico.sp.gov.br

um único sintoma dificilmente estará relacionado a todo processo infeccioso. O mais comum é que alguns sintomas ocorram simultaneamente ou um tipo suceda outro ao longo do processo de infecção da hospedeira.

Sintomatologia pode ser definida como: “o estudo dos sintomas de uma determinada doença, geralmente visando à sua diagnose”. Os sintomas, por sua vez, podem ser alterações apresentadas pela planta hospedeira, em decorrência de fatores abióticos ou devido à infecção por um patógeno (doenças de origem biótica), o que também se denomina exteriorização da doença. Entretanto, os patógenos também podem se multiplicar na hospedeira sem a indução de sintomas visíveis, o que se denomina infecção latente, que, por sinal, é bastante frequente em infecções virais (AGRIOS, 2005; DIANESE et al., 2015).

Há diversos agentes bióticos (e abióticos) que induzem doenças em plantas, porém, aqui, serão abordados somente os sintomas induzidos por vírus e os fatores que influenciam a expressão dos sintomas nas plantas hospedeiras.

Dentre os fatores que influenciam a expressão de sintomas induzidos por vírus em plantas podem ser citados: (i) condições ambientais, principalmente temperatura; (ii) constituição genética da planta hospedeira; (iii) localização geográfica do plantio; (iv) presença de outros patógenos, principalmente outros vírus; (v) estágio fenológico da hospedeira; (vi) quantidade inicial de inóculo; (vii) condição nutricional da planta; (viii) época de infecção; e (ix) estirpe (strain) do vírus (variante viral que apresenta propriedades biológicas e/ou moleculares distintas). Em função da virulência, uma estirpe é denominada severa, quando é capaz de induzir sintomas fortes, enquanto que, ao contrário, considerando-se as mesmas condições ambientais e genéticas da hospedeira, a estirpe fraca é aquela que induz sintomas suaves ou quase imperceptíveis (DIANESE et al., 2015; HULL, 2014). Com fins agrônômicos, o controle das viroses, atuando diretamente sobre o patógeno (vírus), não é, normalmente, uma tarefa exequível, enquanto que, as condições de cultivo e o genótipo da hospedeira podem ser mais facilmente manejados visando ao controle desses patógenos (BOS, 1970).

Com relação às hospedeiras, há também uma classificação de acordo com a expressão dos sintomas. De modo geral, pode-se dizer que aquelas que expressam sintomas são denominadas variedades suscetíveis. As variedades que não exibem sintomas, mas permitem que o vírus se replique e se distribua sistemicamente, são consideradas tolerantes. Do ponto de vista agrônômico, consideram-se tolerantes aquelas variedades que, apesar de infectadas, não apresentam perdas significativas de rendimento ou qualidade da produção. Por sua vez, denominam-se variedades resistentes aquelas que não são infectadas ou quando infectadas mantêm concentrações mínimas do patógeno (BOS, 1970; DIANESE et al., 2015).

As causas dos sintomas induzidos por vírus ainda são difíceis de se determinar, uma vez que a expressão dos sintomas deve ser entendida como um conjunto de eventos que se somam à medida que a infecção transcorre nas células e tecidos da hospedeira. Os vírus, para cumprirem as etapas de seus ciclos infecciosos, devem se replicar, traduzir suas próprias proteínas, se mover no interior das células, entre as células (movimento a curtas distâncias na planta) e sistemicamente via floema (movimento a longas distâncias na planta). Em todas essas etapas, há a participação de fatores da hospedeira que podem estar direta ou indiretamente relacionados com a expressão de sintomas. A hospedeira, ao se defender da infecção viral, poderá disparar uma série de sinais que também podem estar relacionados à expressão de sintomas. Há dois modelos que procuram elucidar a expressão de sintomas em doenças causadas por vírus (DIANESE et al., 2015; HULL, 2014): (1) Modelo competitivo, em que, ao se replicar na hospedeira, os vírus utilizam uma grande quantidade dos metabólitos celulares, o que resulta em alterações do desenvolvimento da planta; e (2) Os sintomas são reflexo da supressão ou indução de genes da hospedeira, por meio de interações específicas entre componentes da hospedeira e do vírus, com consequente alteração de processos fisiológicos da planta hospedeira. Mesmo sendo mais complexo do que o modelo competitivo, o segundo modelo parece ser mais preciso, pois pode explicar as variações na severidade da doença quando se observam vírus similares em uma mesma hospedeira ou o mesmo vírus em diferentes hospedeiras (ESPINOZA et al.,

2007; DIANESE et al., 2015). Quanto ao estágio fenológico, normalmente, plantas jovens são mais suscetíveis e as plantas mais velhas costumam apresentar maior resistência, fenômeno conhecido por resistência da planta madura, que é devido à expressão tardia de genes (DIANESE et al., 2015).

Os sintomas são a primeira indicação de uma possível infecção viral. Porém, não se deve considerar a observação de sintomas como a única ferramenta para o diagnóstico, uma vez que vírus distintos podem induzir sintomas semelhantes, principalmente em campo. Além disso, muitos sintomas aparentemente induzidos por vírus podem ser resultado de outros fatores (ver detalhes mais adiante). Portanto, recomenda-se, para o diagnóstico de doenças de etiologia viral, uma abordagem mais abrangente, com o emprego de técnicas complementares, como microscopia eletrônica de transmissão, testes biológicos (inoculação mecânica em plantas indicadoras), testes sorológicos e/ou técnicas moleculares (CHAVES, 2012; FAJARDO; NICKEL, 2015). A maioria das viroses de plantas apresenta sintomas característicos que permitem sua identificação inicial por um produtor ou técnico experiente. Porém, há casos em que os sintomas podem se confundir com aqueles causados por outros patógenos (fungos, bactérias, nematoides, viroides), toxina de insetos sugadores e agentes abióticos (deficiência nutricional, fitotoxidez por defensivos, condições ambientais) e, assim, uma identificação mais precisa requer ensaios adicionais de laboratório (CHAVES, 2012; FAJARDO; NICKEL, 2015).

Os sintomas mais evidentes são aqueles observados nas folhas, tais como mosaico (alternância de áreas verde-escuras e claras ou amareladas), necrose sistêmica, amarelecimento (clorose), clareamento das nervuras, manchas anelares, linhas necróticas e redução, encarquilhamento ou enrolamento do limbo foliar. Nos frutos podem surgir manchas, anéis, endurecimento da polpa, redução do tamanho e queda, comprometendo a produção. Manchas e lesões podem surgir nos ramos e, em casos severos, podem induzir a morte de partes da planta pelo anelamento causado pela fusão de lesões (KITAJIMA; REZENDE, 2004). Na planta como um todo podem ocorrer nanismo, declínio e até mesmo a morte. Em vários casos, a infecção por vírus resulta em alterações do sistema vascular, prejudicando

o sistema radicular e levando à manifestação de sintomas secundários como clorose generalizada, redução de porte e sintomas de deficiência nutricional. Não são raros os casos de vírus que causam infecções sem a indução de sintomas (latência) cuja identificação, normalmente, torna-se mais difícil. Outro fator que dificulta a diagnose visual é o fato de comumente ocorrerem infecções múltiplas por dois ou mais vírus e que resultam em efeitos sinérgicos, acentuando ou induzindo novos sintomas (KITAJIMA; REZENDE, 2004).

Os vírus estão comumente associados à redução no rendimento da produção. Entretanto, os danos e as perdas podem variar consideravelmente, dependendo de fatores ambientais, estirpe do vírus, genética da hospedeira e a época de infecção, diretamente associada à época do ano e fenologia da cultura. Alguns vírus causam sintomas suaves, que levam a uma pequena redução do rendimento. Ao contrário, em algumas situações, a infecção viral pode resultar em plantas mais sensíveis a estresses bióticos e abióticos, tais como extremos de temperatura ou deficiências nutricionais (GUERRA et al., 2012; DIANESE et al., 2015).

A redução, a remissão ou o desaparecimento por completo dos sintomas é relativamente comum em infecções causadas por algumas espécies virais, por exemplo, dos gêneros *Cucumovirus* e *Nepovirus*. Diversos fatores podem estar envolvidos na recuperação da planta, incluindo o ambiente. Porém, esse fenômeno parece estar envolvido diretamente com mecanismos de defesa da planta do tipo silenciamento gênico (AGRIOS, 2005; DIANESE et al., 2015; ZERBINI et al., 2005).

Os sintomas também podem estar relacionados com interações planta-patógeno, em nível molecular. A expressão de sintomas pode, nesse caso, ser disparada após interação de um fator da hospedeira, que se liga especificamente a um fator do patógeno, gerando uma reação de hipersensibilidade (HR). Células que circundam o ponto inicial de infecção sofrem necrose e impedem que o vírus se mova para outras células, restringindo o vírus a uma infecção localizada (BOS, 1970; DIANESE et al., 2015).

Os sintomas das viroses vegetais, quando considerados isoladamente, em geral, têm valor diagnóstico restrito, pois é comum diversos

vírus causarem sintomas semelhantes ou mesmo indistinguíveis em determinada hospedeira. Inversamente, o mesmo vírus pode ocasionar sintomas completamente distintos ao infectar diferentes espécies de hospedeiras. O *Cucumber mosaic virus* (CMV) infecta mais de mil espécies de plantas, induzindo vários sintomas em hospedeiras distintas. Além disso, em muitos casos, estirpes diferentes de um determinado vírus podem causar sintomas diferentes. No caso do CMV, se os sintomas fossem utilizados exclusivamente como critério taxonômico, cada isolado poderia ser considerado um vírus distinto, pois sempre ocorrem diferenças. Entretanto, após todas essas considerações, o uso criterioso, embasado em ampla experiência, pode transformar a observação de sintomas em um valioso auxílio na identificação viral. No campo e durante a interação com produtores e técnicos, a correta identificação e a nomeação dos sintomas são importantes, pois, muitas vezes, são as únicas informações que podem ser obtidas, no momento, com vistas à diagnose (ZERBINI et al., 2002).

A maioria dos nomes de vírus em uso remete a um ou mais sintomas macroscópicos predominantes na planta hospedeira em que o vírus foi encontrado ou descrito pela primeira vez. Desta forma, uma determinada virose vegetal não se manifesta apenas pelo sintoma macroscópico referido em seu nome. Por exemplo, o mosaico induzido em fumo e tomateiro pelo *Tobacco mosaic virus* (TMV) vem acompanhado de outras alterações morfofisiológicas, destacando a deformação foliar em diferentes intensidades e o subdesenvolvimento, ambos tanto mais acentuados quanto mais precoce for a infecção da planta (BOS, 1970; CARVALHO, 1987).

A multiplicação dos vírus nas células e tecidos resulta nos sintomas, que são alterações morfológicas ou funcionais perceptíveis. No início da infecção, modificações estruturais relacionadas ou não com as organelas celulares já se evidenciam, constituindo o que é designado por alterações ou sintomas citológicos. Estes são sucedidos pelas modificações nos tecidos para, finalmente, se tornarem perceptíveis as alterações macroscópicas ou sintomas morfológicos nos órgãos vegetais. Os sintomas macroscópicos são, portanto, antecedidos por vários outros, ocorrendo ou não de forma simultânea (CARVALHO, 1987; HULL, 2014).

Para efeitos didáticos ZERBINI et al. (2002) mencionaram que os sintomas induzidos por vírus de plantas na hospedeira podem ser divididos em sintomas morfológicos e citológicos, tendo em vista o nível ou local de observação, ou seja, se no órgão ou na célula da hospedeira, respectivamente. Nesta publicação, devido ao enfoque aplicado, serão abordados com destaque os sintomas morfológicos.

## Sintomas morfológicos

Os sintomas externos induzidos nas plantas pelos vírus são muito variados, abrangendo a exibição de muitas formas e tipos que podem ser classificados em:

### A. Sintomas de desvios de cor

É o tipo de sintoma mais comum nas viroses vegetais. Devido à natureza intracelular obrigatória dos vírus, um dos efeitos imediatos na hospedeira é a diminuição na concentração de metabólitos essenciais da célula, dos quais a clorofila é o mais fácil de ser evidenciado. Os desvios de cor mais comuns incluem:

**Amarelecimento:** diminuição da concentração de clorofila acompanhada do aumento da concentração de outros pigmentos como xantofilas e carotenoides. Esse sintoma é fundamentalmente distinto da clorose, com a qual não deve ser confundida. Ex.: planta herbácea provalmente infectada por geminivírus (Fig. 1).

**Bronzeamento:** aumento da concentração de pigmentos semelhantes à melanina. Ex.: tomateiro infectado por tospovírus (Fig. 2).

**Branqueamento (ou albinismo):** perda total ou redução drástica de todos os pigmentos. Afeta, geralmente, apenas as folhas, sendo de ocorrência infrequente.

**Clorose ou clareamento de nervuras:** nervuras foliares esmaecidas, em contraste com o verde normal do resto do limbo. Decorre da multiplicação do vírus nos tecidos associados ao floema. Esse sintoma é comum em diversos casos de infecção viral, em seus estádios iniciais. Na maioria dos casos, o sintoma evolui para mosqueado ou mosaico. Ex.: clorose de nervuras em fumo (*Nicotiana* spp.)



inoculado com *Grapevine virus B* (GVB) (Fig. 3); clareamento de nervuras em couve-flor infectada por potyvírus (Fig. 4); clareamento de nervuras em *Sida* spp. infectada por begomovírus (Fig. 5).

**Clorose:** diminuição da concentração de clorofila e outros pigmentos afins, causada pela destruição ou malformação dos cloroplastos, sem aumentar a concentração de outros pigmentos. Esse é um dos sintomas mais comuns de viroses vegetais, embora normalmente ocorra em conjunto com outros sintomas, ou como parte do sintoma de mosaico. Ex.: CMV estirpe Pn infectando pimenteira-do-reino (Fig. 6); fumo infectado por begomovírus (Fig. 7); tomateiro infectado por begomovírus (Fig. 8).

**Estriado:** riscas amareladas ou esbranquiçadas abundantemente presentes no órgão vegetal.

**Lesões locais cloróticas:** áreas geralmente circulares e cloróticas, correspondendo aos pontos de infecção em folhas inoculadas por meio de fricção do extrato vegetal contendo o vírus. Ex.: *Chenopodium quinoa* infectada por potyvírus (Fig. 9).

**Line pattern (padrão de linha):** surgimento de linhas cloróticas ou amarelas ao longo do limbo foliar, formando padrões típicos. Ex.: roseira infectada por *Prunus necrotic ringspot virus* (PNRSV) (Fig. 10).

**Mosaico:** consiste em mistura de áreas com matizes de verde, clorótico e/ou amarelo, distribuídas irregularmente pela superfície da folha, geralmente com bordos nítidos delimitando cada área. É um dos sintomas mais comumente causados por vírus de plantas. O sintoma de mosaico, por ser muito comum, é frequentemente adjetivado de acordo com suas características: mosaico anão, quando acompanhado de subdesenvolvimento da planta; mosaico amarelo, quando existem áreas com amarelecimento; mosaico dourado, quando o amarelecimento é intenso; mosaico rugoso, quando há deformação foliar. Nas monocotiledôneas, as áreas em contraste correm paralelas e longitudinalmente nas folhas. Ex.: mosaico comum do trigo cv. BRS Reponete (Fig. 11); abobrinha-de-moita infectada por potyvírus (Fig. 12); mosaico e bolhas em abobrinha-de-moita infectada por potyvírus (Fig. 13).

**Mosqueado (mottling):** diferentes matizes de verde, pouco contraste, bordos indefinidos. Na prática, os sintomas de mosqueado e mosaico podem ser facilmente confundidos. Ex.: planta herbácea (nabo) infectada por potyvírus (Fig. 14); planta herbácea (lava-prato) infectada por potyvírus (Fig. 15).

**Variação nas pétalas:** áreas e riscos completamente despigmentados, quebra de cor (breaking) nas pétalas de flores. Ex.: mosaico na folha e variação nas pétalas em planta de nabiça infectada por potyvírus (Fig. 16).

**Mancha anelar (ou anular):** anéis concêntricos, cloróticos ou necróticos; manchas em forma de anel. Pode ocorrer em folhas ou frutos. Ex.: anéis necróticos em *Datura stramonium* infectada por tospovírus (Fig. 17); folha de cafeeiro infectado por rhabdovírus (Fig. 18); pontos e anéis necróticos em couve-chinesa infectada por potyvírus (Fig. 19); fumo inoculado com ilarvírus (Fig. 20); fruto de citros com leprose causada por *Citrus leprosis virus* (CiLV) (Fig. 21); pêssego com sintomas do *Plum pox virus* (PPV) (Fig. 22).

**Mancha-café:** sementes de soja apresentam manchas escuras devido ao sintoma de descoloração ou derramamento do hilo quando infectadas pelo *Soybean mosaic virus* (SMV).

## B. Sintomas de deformações

**Redução de crescimento:** a redução do crescimento, de uma parte ou de toda a planta, é o sintoma mais comum das viroses vegetais, entretanto, diversos outros fatores podem causar subcrescimento de plantas, incluindo causas abióticas, como deficiência nutricional ou hídrica. Ex. muda de videira com infecção viral múltipla (à direita) (Fig. 23).

**Subdesenvolvimento (ou subcrescimento):** consiste na redução generalizada da taxa de crescimento da planta suscetível, sendo considerado o mais comum dos sintomas relacionados com as viroses vegetais, e será tanto mais acentuado quanto mais precocemente iniciar-se a infecção. O subcrescimento e o nanismo resultam em queda na quantidade e qualidade da produção. Esta é, em geral, a razão pela qual certas viroses crônicas têm importância econômica tão acentuada. Ex.: pimenteira-do-reino infectada pelo CMV estirpe Pn (à direita) (Fig. 24).

**Nanismo:** refere-se, em geral, à planta fortemente subdesenvolvida. É o efeito maior da infecção generalizada e muito precoce por um vírus. Nanismo é o subcrescimento extremo, também conhecido por enfezamento. Ex.: plantas de cebola infectadas pelo *Onion yellow dwarf virus* (OYDV) (na frente) (Fig. 25).

**Bolhas (bolhosidades):** bolhas são formadas quando porções do tecido com crescimento normal são cercadas por porções com redução acentuada de crescimento; o tecido normal torna-se abaulado com aspecto de bolha. Ex.: mosaico e bolhas em abobrinha-de-moita infectada por potyvírus (Fig. 26); bolhas em folha de hortaliça devido a virose (Fig. 27).

**Canelura (*stem pitting*):** depressões no lenho de plantas lenhosas, de puntiformes a alongadas no sentido longitudinal, às quais correspondem a saliências na face interna da casca. Ex.: caneluras observadas em corte transversal do tronco de videira infectada pelo *Grapevine rupestris stem pitting-associated virus* (GRSPaV) (à esquerda) (Fig. 28).

**“Cordão-de-sapato”:** folíolos ou limbos foliares afilados; na verdade, o que ocorre é o desaparecimento total ou parcial do limbo foliar, restando, muitas vezes, somente a nervura central.

**Enação:** saliência ou supercrescimento perceptível nas nervuras, de cor verde-escura, variando, na forma, desde puntiforme até histoide ou folioide.

**Enrolamento:** enrolamento dos bordos do limbo foliar, em geral, para baixo, embora possam se enrolar para cima, como no caso de batateira infectada pelo *Potato leafroll virus* (PLRV). Normalmente este sintoma é uma consequência do acúmulo de carboidratos nas folhas sob a forma de amido. Ex.: virose do enrolamento da folha em videiras tinta e branca (Fig. 29).

**Enrugamento:** encarquilhamento de folhas, por exemplo, causado pela infecção mista dos vírus *Potato virus Y* (PVY) e *Potato virus X* em batateira.

**Encrespamento:** no encrespamento apical, as folhas apicais mostram-se raquíticas e fortemente deformadas, enrolando-se para baixo sobre si mesmas.

**Epinastia:** encurvamento das folhas para baixo, causado pela redução do crescimento da superfície inferior da folha, enquanto a superfície superior permanece com crescimento normal. Ex.: macieira com virose apresentando epinastia foliar (Fig. 30).

**Espessamento:** aumento da espessura, em geral, de folhas, mas também possível de ser verificado em outras partes da planta, como nos ramos. Ex. intumescimento dos ramos da videira (complexo do lenho rugoso) causado pelo *Grapevine virus B* (GVVB) e outros vírus (Fig. 31).

**Tumor:** supercrescimento não generalizado nas raízes e caule. São típicos os tumores esferoidais produzidos no caule e raízes do trevo-doce pelo vírus do tumor de ferida (WTV).

## C. Sintomas de necrose

**Lesões locais necróticas:** morte rápida das células infectadas, o que em muitos casos pode estar relacionada à uma manifestação de resistência da planta (hipersensibilidade). Esses sintomas são mais facilmente visualizados em folhas artificialmente inoculadas com extrato foliar infectado com vírus. Ex.: *Nicotiana glutinosa* inoculada com potyvírus (Fig. 32).

**Necrose:** são mais frequentes a das nervuras, a do floema e a necrose apical. É rara a morte da planta ou de um órgão vegetal ser causada pela infecção por vírus. Necrose do Floema: pode levar ao enrolamento das folhas ou à clorose e necrose generalizadas; em alguns casos mais severos, pode levar à morte da planta. Ex.: *Apple stem grooving virus* (ASGV) infectando macieira cv. Virginia Crab (Fig. 33). Necrose Apical (Necrose do Topo): morte do meristema apical. Necrose de Nervuras: GRSPaV estirpe VN em folha do porta-enxerto de videira cv. R110 (Fig. 34).

**Riscas:** linhas curtas aclaradas ou amareladas (riscas cloróticas) e também necróticas. Podem surgir nas folhas, caules e frutos.

## Viroses com infecções latentes

Existem também as infecções por vírus de plantas, das quais não resultam sintomas macroscópicos e histológicos facilmente perceptíveis. O efeito de uma

virose latente na produção pode até exigir alguma sofisticação para ser medida, no entanto, mesmo que o efeito deletério do vírus para a planta seja menor, ele existirá. A infecção latente é crônica nas plantas. Em muitos casos, está ligada à própria propagação vegetativa de culturas como a batata, morangueiro e citros. Além disso, já se desenvolveu na planta doente um certo equilíbrio na interação vírus-planta suscetível. Plantas daninhas podem estar infectadas por certos vírus, sem, todavia, evidenciarem alterações; no entanto, podem atuar como fonte de inóculo viral para a próxima cultura hospedeira (AGRIOS, 2005; CARVALHO, 1987).

### Alterações e sintomas citológicos

Os sintomas citológicos normalmente consistem em alterações em organelas, como o cloroplasto ou o núcleo, ou em inclusões formadas por proteínas ou partículas virais no interior da célula vegetal. As alterações nas organelas são consequências do efeito direto ou indireto da multiplicação viral. O cloroplasto é a organela mais evidentemente afetada, provavelmente devido à grande demanda por metabólitos fundamentais, como nucleotídeos e aminoácidos, utilizados em grande quantidade pelos vírus durante o processo de replicação. O núcleo também é comumente afetado, principalmente no caso de vírus que se replicam nessa organela, como os geminivírus e os nucleorhabdovírus. A presença de inclusões citoplasmáticas ou nucleares pode ter algum valor diagnóstico. Em determinados casos, as inclusões representam tão somente o acúmulo de grande quantidade de partículas virais. Em outras situações, as inclusões podem ser locais onde a replicação viral ocorre, ou ainda, serem resultado do acúmulo de proteínas virais, produzidas em excesso durante a replicação (HULL, 2014; ZERBINI et al., 2002).

Quase toda célula infectada por um vírus apresentará algum tipo de sintoma citológico. É praticamente impossível que um parasita, utilizando grande quantidade de metabólitos essenciais, não cause efeito deletério à célula. Os sintomas citológicos mais comuns são: cloroplastos anormais, inclusões citoplasmáticas ou nucleares cristalinas, inclusões tipo cata-vento no citoplasma, viroplasmas e efeitos no núcleo.

Os mosaicos, amarelecimentos, “ilhas” verdes nas folhas e cloroses, citados anteriormente, são, em sua maioria, causados por destruição ou má formação dos cloroplastos, o que consequentemente interfere na produção de pigmentos pela planta. A forma mais comum de alterações citológicas observadas nos cloroplastos é o desenvolvimento de pequenas e numerosas vesículas na periferia dessas organelas, que só podem ser visualizadas por meio de microscopia eletrônica de transmissão. Muitas dessas anomalias só se manifestam quando o tecido é infectado em fase de diferenciação, ou seja, quando a planta ou parte da planta afetada ainda é muito jovem. A replicação viral também pode ocorrer em folhas infectadas tardiamente sem, entretanto, afetar sua fisiologia e sem haver expressão de sintomas evidentes (BOS, 1970; DIANESE et al., 2015).

### Outros fatores que induzem sintomas semelhantes a infecções por vírus

Alguns fatores ou condições abióticas podem levar à expressão de sintomas parecidos com aqueles induzidos por vírus, tais como (AGRIOS, 2005; ZERBINI et al., 2002):

**Deficiências nutricionais:** podem causar clareamento de nervuras, clorose generalizada da folha ou mosaico. Ex.: videira cv. Bordô exibindo carência de magnésio (Fig. 35).

**Toxinas produzidas por insetos ou ácaros:** a colonização por alguns ácaros pode induzir deformações foliares; as toxinas produzidas por algumas espécies de cigarrinha podem causar subcrescimento acentuado da planta; a colonização de plantas de *Cucurbita pepo* pela “mosca-branca” (*Bemisia argentifolii*) causa prateamento das folhas. Ex.: videira cv. Cabernet Sauvignon infestada com o ácaro vermelho europeu (*Panonychus ulmi*) (Fig. 36).

**Distúrbios de origem genética:** produzem mosaico muito semelhante àquele causado por vírus. O padrão em mosaico pode ocorrer pela distribuição de tipos diferentes de cloroplastos (com e sem capacidade de sintetizar clorofila). Ex. videira cv. Niágara Rosada exibindo variação (alteração genética) na folha (Fig. 37).

**Toxidez por inseticidas ou herbicidas:** podem causar clorose e deformação foliar. Ex.: videira com sintomas foliares de fitotoxidez por herbicida (Fig. 38).

**Alta temperatura:** plantas de fumo mantidas por 48 horas a 37°C e, em seguida, a 25°C apresentam sintomas semelhantes aos de infecção viral, incluindo mosaico e deformação foliar.

Os testes normalmente utilizados na diagnose e caracterização de uma doença viral compreendem a determinação da gama de hospedeiras do vírus, a visualização da partícula viral, o conhecimento da forma de transmissão, a indexação em plantas indicadoras e a caracterização da própria partícula (BEDENDO, 1995), atualmente, implementada com a utilização de modernas técnicas de biologia molecular (FAJARDO; NICKEL, 2015). A seguir serão abordadas apenas as técnicas de diagnóstico viral que se valem dos sintomas para a identificação do patógeno.

## Testes biológicos

Os testes biológicos, que envolvem a transmissão do patógeno para plantas hospedeiras adequadas, são os únicos meios de diagnóstico que permitem avaliar a infectividade viral. Estes testes são de uso geral e também são os únicos realizados mesmo quando o agente causal (vírus) ainda não foi devidamente identificado. Os testes biológicos mais utilizados são aqueles baseados em inoculação mecânica, união de tecidos (enxertia) e transmissão por organismos vetores (insetos, ácaros, fungos e nematoides). Como toda técnica laboratorial, estes procedimentos de transmissão devem respeitar metodologias específicas e requerem conhecimento prévio de características importantes, como da gama de hospedeiras, principalmente das espécies botânicas que um determinado vírus é capaz de infectar; a interpretação dos sintomas exibidos pelas plantas indicadoras e as relações vírus-vetor envolvidas na transmissão (AGRIOS, 2005; CHAVES, 2012).

Ressalta-se a importância da observação dos sintomas na análise da gama de hospedeiras de um determinado vírus, que visa descrever e catalogar quais plantas são afetadas por certo isolado viral e com quais sintomas. É uma forma de identificação

biológica de um vírus. A análise inicial do material formado por plantas de diferentes gêneros e espécies é realizada por meio da observação detalhada dos sintomas expressados após a inoculação viral (DIANESE et al., 2015).

## Inoculação mecânica

Este método de transmissão experimental é o mais eficiente para a maioria dos vírus já descritos e seu sucesso depende da utilização de diferentes plantas hospedeiras específicas. Estas plantas são denominadas indicadoras, pois se comportam como espécies hospedeiras de um determinado vírus por reagirem à infecção com sintomas evidentes e específicos. Normalmente, os laboratórios de virologia vegetal utilizam as mesmas espécies de plantas indicadoras que, de acordo com a espécie do vírus, devem responder de forma idêntica, independentemente da origem do isolado (distribuição geográfica) e da planta hospedeira original coletada em campo. Assim, o diagnóstico, a partir dos sintomas induzidos em plantas indicadoras, é realizado segundo a comparação com sintomas relatados em bibliografia especializada (CHAVES, 2012; HULL, 2014).

Após a inoculação, as plantas indicadoras são mantidas em casa de vegetação para a observação do surgimento de sintomas. Neste sistema, baseado na relação vírus-indicadoras, há a necessidade de observar lesões bem definidas nas folhas inoculadas, esses são os sintomas locais e, também, observar alterações expressivas nas folhas situadas acima das folhas inoculadas, que constituem os sintomas sistêmicos (CHAVES, 2012).

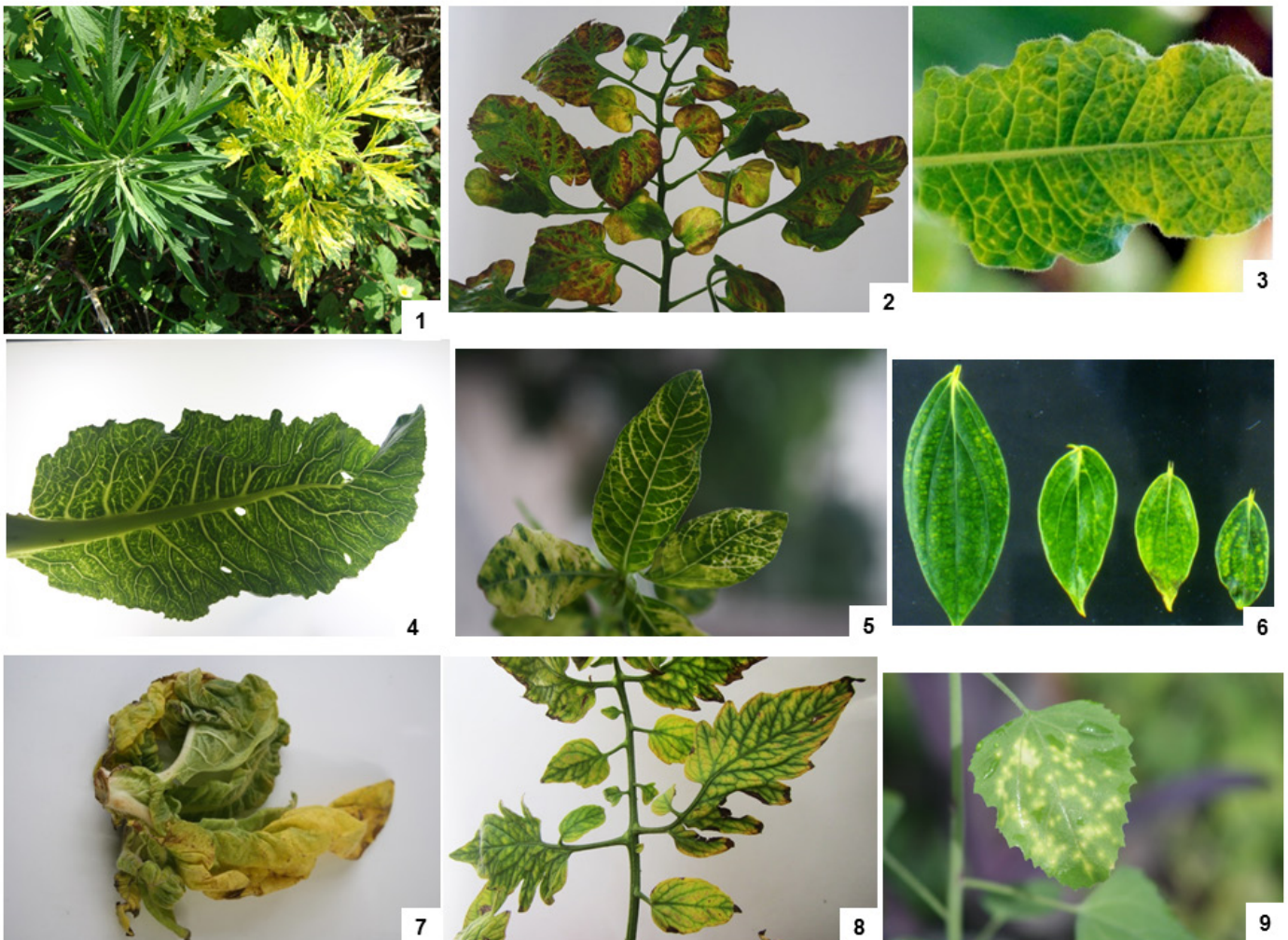
Com a utilização de algumas espécies de plantas indicadoras adequadas, denominadas de indicadoras diferenciais, é possível detectar diferentes espécies de vírus ocorrendo em infecções múltiplas. Além disso, características como diferenças nos sintomas produzidos, capacidade ou não de o vírus se tornar sistêmico, resistência ou tolerância ao vírus observada nas plantas indicadoras diferenciais, também permitem determinar estirpes (variantes biológicas) de uma mesma espécie de vírus, conforme padrões previamente estabelecidos (CHAVES, 2012).



## União de tecidos (Enxertia)

Este procedimento é utilizado principalmente para o diagnóstico em espécies de plantas cuja propagação é vegetativa, para vírus restritos aos vasos condutores e que, portanto, não são transmitidos por inoculação mecânica ou, também, em casos em que o vetor do vírus ainda não é conhecido. Esta técnica pode ser utilizada em plantas herbáceas, arbustivas ou lenhosas e consiste na união de tecidos (enxertia) de gemas, ramos ou folhas provenientes de materiais suspeitos de infecção sobre um porta-enxerto (planta indicadora) sadio que deve pertencer, pelo menos, à mesma família botânica, visando conferir maior probabilidade de êxito da enxertia e, conseqüentemente, da transmissão do vírus (CHAVES, 2012) (Fig. 39).

É muito importante que o produtor ou técnico saiba identificar corretamente os diferentes sintomas de viroses em plantas, pois isto contribuirá para a identificação do agente causal da doença, que por sua vez determinará a escolha de medidas adequadas de manejo e/ou controle da virose. Principalmente nas pequenas propriedades agrícolas, o produtor cultiva diferentes culturas, tais como fruteiras temperadas ou tropicais, hortaliças, dentre outras. A incidência de doenças virais nesses cultivos comerciais ou em pequenos grupos de plantas cultivadas na propriedade ou, ainda, em plantas daninhas presentes dentro da ou próximas à cultura, deve ser monitorada de maneira integrada. Isto porque o agente causal de uma virose em determinada cultura pode afetar outros cultivos ou plantas na mesma propriedade ou em áreas vizinhas, principalmente, se o vírus possuir vetor para realizar sua dispersão.







10



11



12



13



14



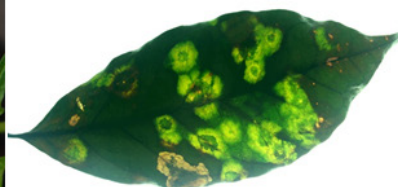
15



16



17



18



19



20



21



22



23



24



25



26





27



28



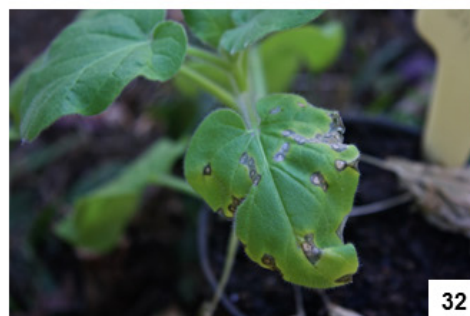
29



30



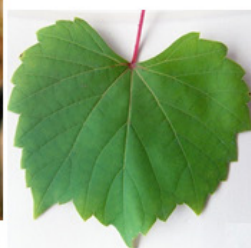
31



32



33



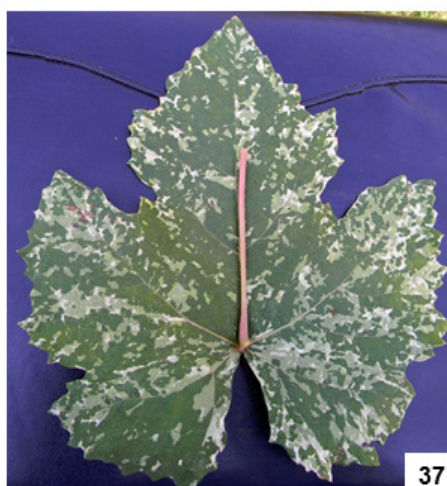
34



35



36



37



38



39

**Figuras 1 a 39.** Gama de sintomas induzidos por vírus em plantas e sintomas semelhantes àqueles induzidos por vírus. (1) planta herbácea provavelmente infectada por geminivírus, (2) tomateiro infectado por tospovírus, (3) clorose de nervuras em fumo (*Nicotiana* spp.) inoculado com *Grapevine virus B* (GVB), (4) clareamento de nervuras em couve-flor infectada por potyvírus, (5) clareamento de nervuras em *Sida* spp. infectada por begomovírus, (6) CMV estirpe Pn infectando pimenteira-do-reino, (7) fumo infectado por begomovírus, (8) tomateiro infectado por begomovírus, (9) *Chenopodium quinoa* infectada por potyvírus, (10) roseira infectada por *Prunus necrotic ringspot virus* (PNRSV), (11) mosaico comum do trigo cv. BRS Reponte, (12) abobrinha-de-moita infectada por potyvírus, (13) mosaico e bolhas em abobrinha-de-moita infectada por potyvírus, (14) planta herbácea (nabo) infectada por potyvírus, (15) planta herbácea (lava-prato) infectada por potyvírus, (16) mosaico na folha e variação nas pétalas em planta de nabiça infectada por potyvírus, (17) anéis necróticos em *Datura stramonium* infectada por tospovírus, (18) folha de cafeeiro infectado por rhabdovírus, (19) pontos e anéis necróticos em couve-chinesa infectada por potyvírus, (20) fumo inoculado com ilarvírus, (21) fruto de citros com leprose causada por *Citrus leprosis virus* (CiLV), (22) pêssego com sintomas do *Plum pox virus* (PPV), (23) muda de videira com infecção viral múltipla (à direita), (24) pimenteira-do-reino infectada pelo CMV estirpe Pn, (25) plantas de cebola infectadas pelo *Onion yellow dwarf virus* (OYDV), (26) mosaico e bolhas em abobrinha-de-moita infectada por potyvírus, (27) bolhas em folha de hortaliça devido a virose, (28) caneluras no tronco de videira infectada pelo *Grapevine rupestris stem pitting-associated virus* (GRSPaV), (29) virose do enrolamento da folha em videiras tinta e branca, (30) macieira com virose apresentando epinastia foliar, (31) intumescimento dos ramos da videira (complexo do lenho rugoso) causado pelo *Grapevine virus B* (GVB) e outros vírus, (32) *Nicotiana glutinosa* inoculada com potyvírus, (33) *Apple stem grooving virus* (ASGV) infectando macieira cv. Virginia Crab, (34) GRSPaV estirpe VN em folha do porta-enxerto de videira cv. R110 com necrose de nervuras, (35) videira cv. Bordô exibindo carência de magnésio, (36) videira cv. Cabernet Sauvignon infestada com o ácaro vermelho europeu (*Panonychus ulmi*), (37) videira cv. Niágara Rosada exibindo variação (alteração genética) na folha, (38) videira com sintomas foliares de fitotoxidez por

herbicida, (39) enxertia por união de tecidos onde a gema da videira com suspeita de infecção viral foi enxertada sobre a indicadora.

**Autoria das fotos:** 1, 3, 6, 10, 14, 15, 20, 21, 23, 24, 25, 27, 28, 29, 31, 34, 35, 39 (Thor Fajardo); 2, 4, 5, 7, 8, 9, 12, 13, 16, 17, 18, 19, 22, 26, 32 (Marcelo Eiras); 30, 33 (Osmar Nickel); 11 (Douglas Lau); 36 (Marcos Botton); 37 (João Dimas G. Maia); 38 (Gilmar Kuhn).

## Agradecimentos

Os autores agradecem a Douglas Lau (Embrapa Trigo), João Dimas G. Maia e Marcos Botton (Embrapa Uva e Vinho) e Gilmar B. Kuhn pela cedência de fotos que ilustram esta publicação.

## Referências

- AGRIOS, G. N. **Plant Pathology**. 5th ed. Burlington, USA: 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**. vol.1. 3ª ed. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 1995. pp.899-906.
- BOS, L. **Symptoms of virus diseases in plants**. Second edition. Wageningen: Centre for Agricultural Publishing and Documentation. 1970. 206 p.
- CARVALHO, M. G. **Viroses Vegetais e Fitovírus**. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG: Imprensa Universitária, out., 1987. 54 p. (Documento, 256).
- CHAVES, A. L. R. Vírus. Capítulo 6. In: EIRAS, M.; GALLETI, S. R. (Ed.). **Técnicas de Diagnóstico de Fitopatógenos**. São Paulo: Devir Livraria, 2012. pp. 155-179.
- DIANESE, E. C.; PEREIRA-CARVALHO, R. C.; MEDEIROS, R. B. Sintomas causados por vírus em plantas. In: MEDEIROS, R. B.; RESENDE, R. O.; PEREIRA-CARVALHO, R. C.; DIANESE, E. C.; COSTA, C. L.; SGRO, J-Y. (Ed.). **Virologia Vegetal. Conceitos, Fundamentos, Classificação e Controle**. Brasília: Editora UnB, 2015. pp. 439-474.



ESPINOZA, C.; VEGA, A.; MEDINA, C.; SCHLAUCH, K.; CRAMER, G.; ARCE-JOHNSON, P. Gene expression associated with compatible viral diseases in grapevine cultivars. **Functional and Integrative Genomics**, v. 7, p. 95-110, 2007.

FAJARDO, T. V. M.; NICKEL, O. **Técnicas de detecção e estudo de vírus em plantas**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, set, 2015. 8 p. (Embrapa Uva e Vinho. Comunicado Técnico, 179). Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/131838/1/Comunicado-Tecnico-179.pdf>.

GUERRA, D. S.; NICKEL, O.; DEL PONTE, E. M.; SANHUEZA, R. M. V.; FAJARDO, T. V. M.; MARODIN, G. A. B. Development of Glomerella Leaf Spot is enhanced in virus-infected Maxi Gala apples. **Journal of Plant Pathology**, v. 94, p. 237-241, 2012.

HULL, R. **Plant Virology**. 5th ed. San Diego, USA: Elsevier Academic Press, 2014. 1118 p.

KITAJIMA, E. W.; REZENDE, J. A. M. Os vírus, esses terríveis inimigos. **Cultivar HF**, Pelotas, RS, n. 23, p. 18-24, dez.2003 / jan.2004.

ZERBINI, F. M.; ALFENAS, P. F.; ANDRADE, E. C. O silenciamento de RNA como um mecanismo de defesa de plantas a vírus. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, v. 13, p. 191-246, 2005.

ZERBINI, F. M.; CARVALHO, M. G.; MACIEL-ZAMBOLIM, E. **Introdução à Virologia Vegetal**. Viçosa, MG: Editora UFV, 2002. 145 p. (Cadernos Didáticos, 87).

## Comunicado Técnico, 202

Ministério da  
Agricultura, Pecuária  
e Abastecimento



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  
<https://www.embrapa.br/uva-e-vinho/>

1ª edição  
Edição digitalizada: 2017

## Comitê de Publicações

Presidente: César Luis Girardi  
Secretária-executiva: Sandra de Souza Sebben  
Membros: Adeliano Cargnin, Alexandre Hoffmann, Ana Beatriz da Costa Czermainski, Henrique Pessoa dos Santos, João Caetano Fioravanço, João Henrique Ribeiro Figueredo, Jorge Tonietto, Rochelle Martins Alvorcem e Viviane Maria Zanella Bello Fialho

## Expediente

Editoração gráfica: Cristiane Turchet  
Normalização bibliográfica: Rochelle Martins Alvorcem