



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGROECOSSISTEMAS
NÍVEL MESTRADO

AELTON DOS SANTOS BEZERRA

**FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES EM ÁREAS COM
SINTOMAS DE DECLÍNIO E MORTE DA VIDEIRA NA REGIÃO DO
ALTO VALE DO RIO DO PEIXE - SC**

Florianópolis

2020

AELTON DOS SANTOS BEZERRA

**FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES EM ÁREAS COM SINTOMAS DE
DECLÍNIO E MORTE DA VIDEIRA NA REGIÃO DO ALTO VALE DO RIO DO
PEIXE - SC**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-graduação em Agroecossistemas da Universidade Federal de Santa Catarina para obtenção do título de Mestre em Agroecossistemas.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Emílio Lovato.
Coorientador: Prof. Dr. Cláudio Roberto Fonseca Sousa Soares.

Florianópolis

2020

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Bezerra, Aelton dos Santos

FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES EM ÁREAS COM SINTOMAS DE DECLÍNIO E MORTE DA VIDEIRA NA REGIÃO DO ALTO VALE DO RIO DO PEIXE - SC / Aelton dos Santos Bezerra ; orientador, Paulo Emilio Lovato, coorientador, Cláudio Roberto Fonseca Sousa Soares, 2020.

54 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós Graduação em Agroecossistemas, Florianópolis, 2020.

Inclui referências.

1. Agroecossistemas. 2. Viticultura. 3. Micorrizas arbusculares. 4. Fertilidade do solo. 5. Estresses bióticos e abióticos. I. Emilio Lovato, Paulo. II. Roberto Fonseca Sousa Soares, Cláudio. III. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas. IV. Título.

AELTON DOS SANTOS BEZERRA

**FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES EM ÁREAS COM SINTOMAS DE
DECLÍNIO E MORTE DA Videira NA REGIÃO DO ALTO VALE DO RIO DO
PEIXE – SC**

O presente trabalho em nível de mestrado foi avaliado e aprovado por banca examinadora
composta pelos seguintes membros:

Prof. Cláudio Roberto Fonseca Sousa Soares, Dr.
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Arcângelo Loss, Dr.
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof.^a Andréa Hentz de Mello, Dra.
Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará

Certificamos que esta é a **versão original e final** do trabalho de conclusão que foi julgado
adequado para obtenção do título de mestre em Agroecossistemas.

Prof. Arcângelo Loss, Dr.
Coordenador do Programa de Pós-Graduação

Prof. Paulo Emílio Lovato, Dr.
Orientador

Prof. Cláudio Roberto Fonseca Sousa Soares, Dr.
Coorientador

Florianópolis, 2020.

Este trabalho é dedicado aos meus pais Maria dos Santos Bezerra e Antonio de Oliveira Bezerra.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por guiar meus passos e estar sempre comigo em todos os momentos.

Agradeço especialmente a minha família, meu pai Antonio de Oliveira, minha mãe Maria dos Santos Bezerra e meus irmãos que sempre estiveram ao meu lado.

Ao orientador Paulo Emílio Lovato, por toda paciência, apoio e conhecimento científico compartilhado que ajudou no meu desenvolvimento profissional e pessoal.

Ao professor Cláudio Roberto Fonsêca Sousa Soares por toda a ajuda e apoio no desenvolvimento da dissertação, inclusive nos dias de campo, pelas aventuras nos municípios de Santa Catarina e Rio Grande do Sul e a todos os demais professores que de alguma forma contribuíram para realização desse trabalho.

Aos agricultores do Vale do Rio do Peixe em Santa Catarina, por confiar e disponibilizar as áreas para coleta de solo.

A todos os amigos e colegas da pós-graduação, que de alguma maneira auxiliaram durante a jornada no Mestrado: Clarissa Assis, Rodolfo Assis, Karoline Ferreira, Caroline Massignani, Neyeli Assis, Ricardo Barbosa, Roberta Barbosa, Marcelo Betancur, Juliana Bortolini, Ednilson Meyer, Anna Flávia, Shantau Stoffel, Emanuella Pille, Juliana Scarsanella, André Steiner Vieira, Andressa Canei, Kelly Besen, Anabel Hernández. A todas as pessoas do laboratório de classificação do solo. Em especial aos amigos que são considerados como meus irmãos Barbara Ventura e Gildean Portela, por auxiliarem desde o início na chegada a Florianópolis.

Aos colegas da Coleção Internacional de Cultura de Glomeromycota da Universidade Regional de Blumenau FURB em Blumenau, em especial a Karl Kimmelmeier pela ajuda na identificação dos FMA.

Agradeço a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Embrapa Uva e Vinho de Bento Gonçalves pelo apoio financeiro a pesquisa. E a Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Videira pelo suporte nas coletas e dias de campo.

Agradeço à Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação de Santa Catarina FAPESC e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior CAPES, pela bolsa de estudo concedida, por meio da Universidade Federal de Santa Catarina.

Muito obrigado a todos.

“A educação deve formar seres aptos para governar a si mesmo e não para ser governado pelos outros.” (Herbert Spencer)

RESUMO

A região do Alto Vale do Rio do Peixe, em Santa Catarina, destaca-se na produção de uva. Nessa região, tem-se verificado a ocorrência dos sintomas de declínio e morte da videira (DMV). Diversos fatores de natureza biótica e abiótica causam o DMV, que tem se tornado problema importante para a viticultura. O objetivo do trabalho foi caracterizar as comunidades de fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) em plantas com e sem sintomas de DMV em quatro vinhedos na região do Alto Vale do Rio do Peixe, SC, bem como avaliar a relação dessas comunidades com atributos químicos do solo. Coletaram-se amostras de solo em vinhedos (V) nos municípios de Videira (V1 e V4), Pinheiro Preto (V2) e Tangará (V3). Em cada vinhedo foram coletadas amostras de solo nas proximidades do sistema radicular de sete plantas com sintomas de DMV e sete plantas consideradas sadias, totalizando 56 amostras. Adicionalmente, foram preparadas culturas armadilhas para avaliação das comunidades dos FMAs. A extração dos esporos de FMAs foi realizada por peneiramento úmido e centrifugação em gradiente de sacarose. Os esporos foram separados por morfotipos, visando facilitar a identificação morfológica. A ocorrência das espécies presentes foi classificada pela frequência de ocorrência (FO) como dominante ($85\% \leq FO \leq 100\%$), mais comum ($50\% \leq FO < 85\%$), comum ($30\% \leq FO < 50\%$) e rara ($FO < 30\%$). O número médio de esporos de FMAs em 50 cm^3 apresentou variação entre 287 a 432 nas plantas que apresentavam DMV, e de 357 a 464 nas plantas sadias, e não houve diferenças entre videiras com DMV e sadias. As famílias Glomeraceae e Acaulosporaceae tiveram o maior número de espécies identificadas. As comunidades de FMAs diferiram entre os vinhedos, mas não houve diferenças na riqueza de espécies de FMAs entre com ou sem sintomas de DMV. *Claroideoglomus etunicatum*, *Funneliformis mossea* e *Archaeospora trappei* foram as espécies que ocorreram com maior frequência. Os atributos químicos do solo não foram determinantes para ocorrência da maioria das espécies identificadas. Espécies de FMAs dominantes devem ser testadas em condições controladas para se avaliar o benefício no controle do DMV. Os efeitos de tipo de solo, diversidade de plantas espontâneas e de cobertura também devem ser levados em consideração para trabalhos futuros.

Palavras-chave: Viticultura. Micorrizas arbusculares. Fertilidade do solo. Estresse biótico. Estresse abiótico.

ABSTRACT

The Alto Vale do Rio do Peixe region, in Santa Catarina, Southern, Brazil, is an important grape producer. In that region, symptoms of grapevine decline and death (GDD) have been detected. Various biotic and abiotic factors cause GDD, and it has become an important problem for viticulture. The objective of this work was to characterize arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) communities in plants with and without symptoms of GDD in four vineyards in the region of Alto Vale do Rio do Peixe (SC), as well as to evaluate the relationship of these communities with soil chemical attributes. Soils were sampled in vineyards in the municipalities of Videira (V1 and V4), Pinheiro Preto (V2), and Tangará (V3). In each vineyard, soil samples were collected around the root system of seven plants with symptoms of GDD and seven asymptomatic plants, totaling 56 samples. Also, trap cultures were prepared for the evaluation of AMF communities. AMF spores were extracted by wet sieving and centrifugation in a sucrose gradient and separated by morphotypes through morphological identification. The frequency of species occurrence (FO) were classified as dominant ($85\% \leq FO \leq 100\%$), more common ($50\% \leq FO < 85\%$), common ($30\% \leq FO < 50\%$), and rare ($FO < 30\%$). The mean number of spores of AMF per 50 cm^3 varied between 287 to 432 in plants that presented decline, and from 357 to 464 in asymptomatic plants, with no differences between declining and healthy grapevines. The Glomeraceae and Acaulosporaceae families had the highest number of identified species. AMF communities differed among vineyards, but there were no differences in species richness between grapevines with or without GDD symptoms. The species *Claroideoglossum etunicatum*, *Funneliformis mosseae*, and *Archaeospora trappei* were the most frequent. Soil chemical attributes were not determinant for the occurrence of most species. Dominant AMF species should be tested under controlled conditions to evaluate benefits in GDD control. The effects of soil type, cover crops, and spontaneous plant diversity should also be considered in future work.

Keywords: Viticulture. Arbuscular mycorrhizae. Soil fertility. Biotic stress. Abiotic stresses.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 – Localização dos municípios de Videira, Pinheiro Preto e Tangará, no Vale do Rio do Peixe, onde se realizaram as coletas de solo sob plantas de videira com e sem sintomas de declínio e morte 26
- Figura 2 – Esquema de coleta das amostras de solo por ponto de amostragem, realizada em cada vinhedo 26
- Figura 3 – Número de esporos de FMAs (média \pm erro padrão), extraído de 50 cm³ de solo proximo a ríz das plantas sem e com sintomas de Declínio e Morte da Videira, coletado em quatro vinhedos no Vale do Rio do Peixe, Santa Catarina – SC. Vinhedo 1 plantas com declínio (V1D) e sadias (V1S); vinhedo 2 plantas com declínio (V2D) e sadias (V2S); vinhedo 3 plantas com declínio (V3D) e sadias (V3S); vinhedo 4 plantas com declínio (V4D) e sadias (V4S)..... 32
- Figura 4 – Análise de Coordenadas Principais (PCoA) utilizando coeficiente de similaridade de *jaccard* para os dados de presença-ausência de espécies de FMAs em quatro vinhedos (V1 a V4) que apresentavam plantas com sintomas de declínio (D) e plantas sadias (S) no Vale do Rio do Peixe, Santa Catarina – SC 36
- Figura 5 – Análise de redundância baseada em distância (dbRDA) entre ocorrência de espécies de fungos micorrízicos arbusculares (FMAs, em vermelho, ver identificação na Tabela 3) e os atributos químicos do solo (em azul, ver identificação na Tabela 2) em quatro vinhedos (V1 a V4) com plantas com sintomas de declínio (D) ou sadias (S) no Vale do Rio do Peixe, Santa Catarina – SC 37
- Figura 6 – Diagrama de Venn da presença total de espécies de FMAs identificadas em amostras de solo e compartilhas entre os quatro vinhedos (V1 a V4) com plantas com sintomas de declínio (D) ou sadias (S) no Vale do Rio do Peixe, Santa Catarina – SC..... 39

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – - Informações sobre os vinhedos amostrados no Vale do Rio do Peixe, Santa Catarina.....	26
Tabela 2 – Análise dos atributos químicos do solo (0 a 20 cm) em vinhedos no Vale do Rio do Peixe, Santa Catarina – SC.....	33
Tabela 3 – Frequência de ocorrência (FO) e frequência global (F%) de espécies de FMAs identificados em quatro vinhedos (V1 a V4) com plantas com sintomas de declínio (D) ou sadias (S) no Vale do Rio do Peixe, Santa Catarina – SC.....	34
Tabela 4 – Teste de permanova utilizando coeficiente de similaridade de <i>Jaccard</i> para os dados de presença-ausência de espécies de FMAs em vinhedos com plantas com sintomas de declínio (D) ou sadias (S) no Vale do Rio do Peixe, Santa Catarina – SC.....	37
Tabela 5 – Autovalores, variabilidade explicada e coordenadas da análise da dbRDA para os atributos químicos do solo em quatro vinhedos (V1 a V4) com plantas com sintomas de declínio (D) ou sadias (S) no Vale do Rio do Peixe, Santa Catarina – SC.....	38

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CGEN - Conselho de Gestão do Patrimônio Genético

D - Declínio

DbRDA - Distance-based redundancy analysis

DMV - Declínio e morte da videira

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

EPAGRI - Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina

FMA's - Fungos micorrízicos arbusculares

IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IBRAVIN - Instituto Brasileiro do Vinho

INVAM - International Culture Collection of Arbuscular Mycorrhizal Fungi

M.O - Matéria orgânica do solo

NMDS - Non-metric Multidimensional Scaling

PCoA - Principal Coordinates Analysis

PE-VITISUL - Prospecção e Ajustes Tecnológicos de Porta-enxertos de Videira para Superação de Estresses Típicos de Áreas de Replântio no Sul do Brasil

PERH/SC - Plano Estadual de Recursos Hídricos de Santa Catarina

PVLG - Álcool Polivinílico-ácido Lático-glicerol

RDA - Resource Description and Access

RS - Rio Grande do Sul

S - Sadia

SC - Santa Catarina

TSBF - Tropical Soil Biology and Fertility

V1 - Vinhedo 1

V2 - Vinhedo 2

V3 - Vinhedo 3

V4 - Vinhedo 4

LISTA DE SÍMBOLOS

% - Percentagem

* - Asterisco

† - Dagger

Al - Alumínio

Ca - Cálcio

cm³ - Centímetro cúbico

cmolc dm⁻³ - Centimol de carga por decímetro cúbico

CTC - Capacidade de troca de cátions

Cu - Cobre

Fe - Ferro

g - Grama(s)

g kg⁻¹ - Grama por kilograma

H⁺+Al⁺³ - Acidez Potencial

ha - Hectare(s)

K - Potássio

KCl - Cloreto de potássio

mg dm⁻³ - Megagrama(s) por decímetro cúbico

Mg - Magnésio

N - Nitrogênio

P - Fósforo

P.r - Fósforo resina

pH - Potencial hidrogeniônico

pHH₂O - Potencial hidrogeniônico em água

SMP - Shoemaker, Mac lean e Pratt

NaOH - Hidróxido de sódio

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	HIPÓTESE	17
1.1.1	Objetivo Geral	17
1.1.2	Objetivos Específicos.....	17
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	18
2.1	A IMPORTÂNCIA DO CULTIVO DA VIDEIRA.....	18
2.2	FATORES LIMITANTES A MANUTENÇÃO DE VINHEDOS.....	20
2.3	PREVENÇÃO DO DECLÍNIO E MORTE DA VIDEIRA (DMV).....	21
2.4	FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES NO EQUILÍBRIO NUTRICIONAL E RESISTÊNCIA DE PLANTAS	23
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	25
3.1	ÁREA DE ESTUDO	25
3.2	AMOSTRAGENS A CAMPO	29
3.3	IDENTIFICAÇÃO MORFOLÓGICA DE FMAs	29
3.4	CULTURAS ARMADILHAS	30
3.5	ANÁLISE DE FERTILIDADE DO SOLO	30
4	ANÁLISES DE RIQUEZA DE ESPÈCIE DE FMAs E ESTATÍSTICA	31
4.1	MEDIDAS DE RIQUEZA ESPECIFICA DE FMAs.....	31
4.2	SEMELHANÇA DAS COMUNIDADES DE FMAs NAS DIFERENTES ÁREAS DE VINHEDOS E RELAÇÃO COM AS VARIÁVEIS QUÍMICAS DO SOLO	31
5	RESULTADOS.....	32
6	DISCUSSÃO	39
7	CONCLUSÕES	45
8	REFERÊNCIAS	46

1 INTRODUÇÃO

O presente trabalho faz parte de um projeto mais amplo, coordenado pela Embrapa Uva e Vinho, localizada em Bento Gonçalves, RS, intitulado “Prospecção e ajustes tecnológicos de porta-enxertos de videira para superação de estresses típicos de áreas de replantio no Sul do Brasil (PE-VITISUL)”.

Atualmente a fruticultura contribui para o desenvolvimento da agricultura do Brasil, e em Santa Catarina ela é praticada principalmente pela agricultura familiar (BUSTAMANTE, 2009). A produção de uva no Brasil tem apresentado pequenas oscilações, e nas safras de 2015 e 2016 a produção foi de aproximadamente 1,5 milhão de toneladas (IBGE, 2017). Nos estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul, destacam-se as regiões do Alto Vale do Rio do Peixe (SC) e a Serra Gaúcha (RS), respectivamente, com vinhedos de características similares.

A vitivinicultura da Serra Gaúcha é mais significativa, com quase 12 mil propriedades, enquanto Santa Catarina dispõe de duas mil unidades de produção (EPAGRI, 2013). O Alto Vale do Rio do Peixe, no Meio-Oeste do estado de Santa Catarina, é responsável por mais de dois terços da produção estadual e os principais municípios produtores são Tangará, Videira, Pinheiro Preto e Caçador (BACK; BRUNA; DALBÓ, 2013). Os plantios são realizados em pequenas propriedades, com área total média de 13 ha, com 1,4 a 2,7 ha de vinhedos, administração familiar e foco em uvas rústicas, como *Vitis labrusca*, destinadas à elaboração de sucos e vinhos de mesa (MENEZES-NETTO et al., 2016).

As possibilidades de ampliação das áreas de cultivo são restritas em função do relevo, do custo da terra ou da necessidade de desmatamento, proibido pela legislação ambiental. Desse modo, os produtores adotam replantio para renovação e mudanças de cultivares nos vinhedos, mas a prática tem se tornado difícil por causa das condições adversas das áreas que incluem ocorrência de pragas, doenças e desequilíbrio nutricional das plantas, fatores que influenciam no surgimento do declínio e morte da videira (DMV). Somado a isso, o manejo do solo e o uso de diferentes produtos químicos, tendem a ter efeitos negativos ao longo do tempo (LINARES et al., 2014).

A toxidez causada pelo acúmulo de cobre (Cu) no solo, resultado de sucessivas aplicações de fungicidas cúpricos, pode causar desequilíbrio nas plantas, tornando-as vulneráveis a agentes patogênicos que contribuem para o DMV. Essas aplicações ao longo do

ciclo da cultura e a ocorrência de doenças foliares como antracnose, míldio e a ocorrência nas raízes de nematoides e pérola-da-terra, podem atuar de modo combinado, dificultando a sobrevivência da videira. Com isso, as plantas de videira apresentam baixo vigor com deficiência de potássio, magnésio, fósforo, enxofre, e excesso de cobre nas folhas (TERRA et al., 2003).

A influência de patógenos radiculares no estabelecimento da videira podem estar associados à suscetibilidade de algumas variedades. Desse modo, o uso de porta-enxertos de videiras resistentes a nematoides, filoxera, à pérola-da-terra, aos fungos de solo ou tolerância ao encharcamento do solo, pode constituir uma ferramenta fundamental para o cultivo da videira (SOMAVILLA; GOMES; QUECINI, 2012). Devido à importância da cultura para o país, pesquisas buscam compreender os fatores que levam ao DMV, cujas causas ainda precisam ser esclarecidas.

No DMV, as plantas apresentam baixo vigor, clorose internerval nas folhas, brotações fracas e desuniformes, e acabam morrendo antes de se amortizar o investimento feito para implantação do vinhedo (MENEZES-NETTO et al., 2016). Esses sintomas se relacionam a diversos fatores, inclusive com o estágio vegetativo da planta, que no início da frutificação pode estar mais suscetível ao aparecimento do DMV (AL-MAWAALI et al., 2013). Tais aspectos podem ser observados por causa de características da videira, como vulnerabilidade a ataque de fungos patogênicos, que varia de acordo com a cultivar utilizada (GRAMAJE et al., 2009). Isso resulta em baixo estande de plantas a campo, e para solucionar problemas decorrentes das condições adversas a que as videiras são submetidas, busca-se entender a relação entre planta e fungo micorrízicos arbusculares (FMAs), que são microrganismos benéficos e que podem ajudar a superar o estresse ambiental.

As micorrizas constituem importante ligação entre os componentes bióticos e abióticos do solo, com papel fundamental na sobrevivência, no crescimento e desenvolvimento das plantas (SMITH; READ, 2008). Os FMAs contribuem para o estabelecimento de mudas, em condições desfavoráveis de fertilidade do solo e com presença de pragas e doenças (SILVA et al., 2017). O sistema de manejo da cultura como a adubação fosfatada, aplicação de fungicidas diversos e a incidência de doenças radiculares que dificultam a associação dos FMAs com as plantas, podem interferir no ciclo de vida e consequentemente, na ocorrência desses fungos nos vinhedos. Os principais mecanismos micorrízicos de promoção de tolerância a danos ou resistência a fungos patogênicos são: aumento da nutrição da planta, compensação de danos às raízes, competição por fotossintatos

das plantas, competição por pontos de entrada e colonização das raízes, e ativação dos mecanismos de defesa da planta (AZCON-AGUILAR; BAREA,1996). Além disso, a inoculação de videiras jovens com FMAs contribui para o estabelecimento da planta em solo com alto teor de Cu, e os benefícios proporcionados pela associação simbiótica variam de acordo com a cultivar (ROSA et al., 2016).

Devido aos benefícios dos FMAs para o crescimento vegetal, existe a possibilidade da ocorrência predominante desses em plantas de videiras saudáveis. Isso permitiria a obtenção de isolados promissores a serem empregados em trabalhos futuros de préinoculação de mudas de videiras a serem transplantadas para o campo, com objetivo de superar as condições adversas e reduzir perdas.

As perdas ocasionadas pelo DMV podem ser amenizadas por distintas medidas incluindo a substituição de plantas susceptíveis por variedades resistentes de videira e obtenção de características desejáveis por meio da enxertia. No entanto, somente essas práticas não são suficientes para solucionar os problemas, sendo necessárias novas tecnologias que tragam melhores perspectivas para os produtores. Uma dessas tecnologias é a utilização dos FMAs que podem contribuir para a perenização de plantas em condições ambientais adversas.

1.1 HIPÓTESE

A riqueza específica e a composição da comunidade de FMAs são afetadas por atributos químicos do solo, e diferem entre vinhedos com e sem sintomas de declínio e morte da videira.

1.1.1 Objetivo Geral

Caracterizar as comunidades de FMAs em solos de vinhedos que apresentam sintomas de declínio e morte da videira no Vale do Rio do Peixe, SC, e caracterizar a relação dessas comunidades com os atributos químicos do solo.

1.1.2 Objetivos Específicos

Avaliar a ocorrência das espécies e a composição da comunidade de FMAs em solos de vinhedos com e sem sintomas de declínio e morte, a partir de amostras de campo e de cultura armadilha.

Associar atributos químicos do solo com a riqueza específica e composição da comunidade de FMAs em vinhedos que apresentam declínio e morte da videira.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 IMPORTÂNCIA DO CULTIVO DA VIDEIRA

Os principais estados com cultivo da videira no Brasil são Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, São Paulo, Minas Gerais, Espírito Santo, Goiás, Mato Grosso, Bahia e Pernambuco no Vale do SubMédio Rio São Francisco (CAMARGO; TONIETTO; HOFFMANN, 2011). Isso evidencia que o país tem grande potencial para produção de uvas e derivados, mesmo sendo afetada em algumas regiões por fatores ambientes que prejudicam a cultura da videira.

Um vinhedo deve ter uma vida útil com alta produtividade por no mínimo 15 anos para apresentar viabilidade econômica, além de recuperar o capital investido na instalação, estimado entre R\$ 40 e 50 mil por hectare (LAZZAROTTO; TAFFAREL; MONTEIRO, 2016). Há relatos frequentes de produtores e técnicos sobre a morte precoce de plantas e o declínio das videiras, que tem agravado a situação econômica e financeira dos viticultores.

Problemas diversos, como lesões de locais de remoção de porta-enxertos mal cicatrizados e uniões de enxertos feitas no viveiro, ou condições inadequadas de armazenamento e transporte do material propagado, favorecem o declínio da videira (RUMBOS; RUMBOU, 2001). A baixa porcentagem de sobrevivência das plantas de videira observada nos últimos anos se deve em parte ao material de propagação infectado e a novas infecções estabelecidas em viveiros (HALLEEN; CROUS; PETRIN, 2003). A propagação vegetativa e trocas frequentes de material propagativo entre países contribuem para surgimento de doenças complexas e a introdução de vários agentes virais em uma única planta (BASSO; FAJARDO; SALDARELLI, 2017).

Os sintomas específicos associados à síndrome são diversos, e podem ser confundidos com vários outros problemas como tiloses, doença do pé-preto, vírus, problemas fisiológicos ou baixa fertilidade do solo (SPILMONT et al., 2016). A ocorrência de patógenos fúngicos do tronco da videira, associados ao declínio na Espanha, foram evidenciados, sugerindo uma conexão entre a presença dos fungos nos viveiros e a doença nos campos (GIMÉNEZ-JAIME et al., 2006). No entanto, a contribuição desses fungos para o declínio da videira ainda precisa ser investigada (RUMBOS; RUMBOU, 2001), visto que eles são

responsáveis por importantes perdas na colheita em países produtores de uva em todo o mundo (ÚRBEZ-TORRES, 2011).

O porta-enxerto deve ser um fator considerado na avaliação nutricional e na recomendação de adubação da videira com relação a nutrientes, especialmente K e Mg, pois porta-enxertos híbridos podem ter maiores relações K/Mg (DALBÓ; SCHUCK; BASSO, 2011). A escolha do genótipo apropriado para porta-enxerto pode melhorar a nutrição da videira, que está correlacionada ao pH do solo (BRANCADORO; VALENTI; REINA, 1995). O nitrogênio (N) e o potássio (K) desempenham um papel importante no desenvolvimento da videira logo após o rompimento das gemas (KOTZÉ; VILLIERS, 1989). Os teores de K no solo são normalmente bastante elevados, ao contrário do P, que frequentemente apresenta teores inferiores à faixa considerada ideal (DALBÓ et al., 1989).

Ao contrário de outras regiões vitivinícolas do mundo, no Sul do Brasil ocorrem altos índices de precipitação pluviométrica durante as safras, o que favorece a incidência elevada de doenças fúngicas (ALVES; TONIETTO, 2015). As condições climáticas, principalmente no inverno, durante a estação de poda, são favoráveis à liberação e propagação de inóculo fúngico, sendo mais provável que ocorram infecções na planta (VAN NIEKERK; HALLEEN; FOURIE, 2011). Os respingos, nas superfícies de plantas, de água da chuva contendo corpos de frutificação e esporos ajudam na dispersão dos propágulos (BASKARATHEVAN et al., 2013). Com o tipo de manejo empregado no solo podem ocorrer restrições de drenagem que, associadas ao excesso de pluviosidade, favorecem a proliferação de fungos patogênicos.

Para viabilizar a produção, são realizados frequentes tratamentos fitossanitários, principalmente à base de cobre, como a calda bordalesa. Este padrão de manejo condiciona um aporte constante de metais no solo (MELO et al., 2008). Destacam-se como estresses abióticos nestas áreas o acúmulo de nutrientes, resultante de adubações desequilibradas, a presença de solos compactados, mal drenados e o uso intensivo de herbicidas (MELO; ZALAMENA, 2016).

Em suma, condições do solo podem estar diretamente ligadas aos sintomas de declínio e morte da videira. Segundo Gliessman (2002) o solo é compreendido como um sistema vivo, dinâmico e integrante do ecossistema. O ambiente edáfico é um componente fundamental proporcionando equilíbrio para promoção da sustentabilidade dos agroecossistemas (WELC et al., 2012). O manejo empregado no solo pode se refletir de forma

positiva ou negativa no desenvolvimento das plantas, e desse modo é necessário conhecer os atributos do solo para manejar a videira e amenizar ou evitar o DMV.

2.2 FATORES LIMITANTES A MANUTENÇÃO DE VINHEDOS

A produção dos vinhedos pode ser limitada por fatores de diversas ordens, bióticos e abióticos. Entre os fatores bióticos, as doenças têm grande importância, pelas condições de clima das regiões vitícolas do Brasil.

As doenças que afetam as videiras surgem em diferentes partes da planta como tronco, folhas e frutos, dependendo das características dos diferentes patógenos associados, e das interações hospedeiro-patógeno (BERTSCH et al., 2012). Com solo úmido, comum nas áreas de plantio, o ambiente fica favorável à ocorrência de fungos causadores de doenças como a fusariose, fazendo com que sejam necessárias mudas resistentes.

Em diferentes países, patógenos e doenças do tronco e raízes causadas por fungos afetam a videira. Na Califórnia, por exemplo, estudos demonstram que a colonização da raiz pelos fungos patogênicos, *Acremonium cucurbitacearum*, *Rhizopycnis vagum* e *Monosporascus cannonballus* pode contribuir para o declínio da videira, e pode haver outros fatores que contribuam para a senescência precoce (AEGERTER; GORDON; DAVIS, 2000). Na Austrália, baixa produtividade e pouca longevidade são causadas por várias espécies de fungos da Família Botryosphaeriaceae, considerado um dos mais importantes agentes patogênicos que afetam as plantas, levando a eventual morte (BILLONES-BAAIJENS et al., 2018). Na França, a ocorrência desse fungo em vinhedos pode variar em severidade de acordo com a estação do ano (KUNTZMANN; VILLAUME; BERTSCH, 2009). No Chile, esses fungos causam declínio e morte da videira de forma precoce (VALÊNCIA et al., 2015). Em vinhedos no Brasil foram contabilizados dezoito vírus, três viróides e duas doenças semelhantes a vírus (BASSO et al., 2017).

Somado a isso, pesquisas têm mostrado os danos causados pela pérola-da-terra (*Eurhizococcus brasiliensis*) e filoxera (*Daktulosphaira vitifoliae*), a doença do pé-preto (*Cylindrocarpon destructans*), murchas vasculares, morte descendente de ramos e doença de petri (MENEZES-NETTO et al., 2016). Nas áreas de replantio também tem sido verificado uma alta incidência de nematóides (GOMES; CAMPOS; COSTA, 2009). Atualmente, os programas de melhoramento genético, continuam buscando novos genótipos que possam ser

implantados nas áreas adversas, e que consigam superar os fatores que contribuem para o DMV. No entanto, também devem ser considerados fatores abióticos.

A aplicação de produtos à base de cobre no cultivo da videira, para controle das doenças foliares fúngicas, conduz à acumulação de cobre no solo, o que aumenta o potencial de toxicidade para as plantas e de contaminação ambiental (MIOTTO, 2013). A acumulação de Cu no solo de vinhedos ocorre especialmente na camada superior, havendo acúmulo maior nas videiras que tenham histórico longo de aplicação de fungicida cúprico (BRUNETTO et al., 2014). Esses fatores, juntamente com o excesso de umidade e risco de geadas, tornam as plantas mais suscetíveis à síndrome do DMV no Sul do Brasil (VIEIRA; GARCIA; BRUCH, 2015).

2.3 PREVENÇÃO DO DECLÍNIO E MORTE DA VIDEIRA (DMV)

Os vinhedos têm apresentando aumento crescente de sintomas de declínio e morte de plantas, resultando na inviabilização da viticultura em diversas propriedades em Santa Catarina e no Rio Grande do Sul (DAMBROS et al., 2016). São necessárias alternativas que possam contribuir para viabilização da atividade, assim como a manutenção de sistemas de produção sustentáveis e diversificados, a conservação da biodiversidade e o uso de produtos alternativos (SANTOS et al., 2009). Para amenizar a incidência e severidade do declínio e morte da videira, é necessária a adoção de um conjunto de métodos para se obter maiores produtividades (SÔNEGO; GARRIDO; JÚNIOR, 2005). Entre essas medidas está a resistência genética, que permite classificar vários materiais genéticos de videira pelo grau de suscetibilidade à fusariose (GALLOTI, 1991). O porta-enxerto Paulsen 1103 (P1103), híbrido de *Vitis berlandieri* x *Vitis rupestris*, foi caracterizado como o mais tolerante ao fungo *Fusarium oxysporum* f.sp. *herbemontis* (SÔNEGO, 1998). No entanto, o emprego do P1103 não tem sido uma solução para problemas bióticos e abióticos que ocorrem nas áreas adversas (MENEZES-NETTO et al., 2016). A cultivar VR 043-43, originada do cruzamento entre *V. rotundifolia* x *Vitis vinifera*, tem sido outra opção como porta-enxerto para a viticultura nacional, pela resistência a problemas fitossanitários de solo, como a fusariose e o ataque por inseto *Eurhizococcus brasiliensis* (Hempel) causador da pérola-da-terra (SALIBE et al., 2010).

O preparo inicial do solo para implantação de vinhedos tem grande importância, pois o mesmo pode evitar ou amenizar possíveis perdas. O êxito no manejo do solo depende do conhecimento de suas características físicas, químicas e biológicas, bem como de sua relação

com as plantas. Os fatores ambientais que provocam stress nas plantas, tais como problemas de mobilização e de compactação do solo ou drenagem, estão relacionados com o desenvolvimento do declínio da videira (HALEEN et al., 2007).

A abertura de trincheiras (valas para drenagem) na linha de plantio tem efeito significativo na diminuição de ataque de fungos, e tal efeito benéfico pode estar relacionado à melhor drenagem (DALBÓ; PERUZZO; SCHUCK, 2007). Além desses métodos, de acordo com tipo de solo e a declividade, podem ser feitos canais divergentes, patamares e camalhões. A confecção de camalhões no preparo do solo, associados ou não a drenos, para implantação de vinhedos ajuda na aeração do solo e no crescimento radicular (VEIGA; DAMBRÓS; DALBÓ, 2015). Em avaliação do tipo de manejo do solo, em área com histórico de alta mortalidade de plantas e com arações regulares, testaram-se confecção de drenos e camalhões, e os melhores resultados na diminuição de incidência de declínio foram obtidos com camalhões (DAMBROS et al., 2016).

Práticas de manejo do solo não são suficientes, por si só ou isoladamente, para evitar o DMV. O cultivo protegido com cobertura plástica é uma alternativa para diminuição da incidência de doenças fúngicas e redução do uso de fungicidas (CHAVARRIA; SANTOS, 2013). A remoção de madeira morta ou enterrio dos detritos da poda são recomendados, pois corpos de frutificação dos fungos podem ser retidos nos vinhedos e se tornar uma fonte potencial de inóculo para novas infecções (ELENA; LUQUE, 2016).

O controle biológico de fungos patogênicos em mudas de videiras nos estágios de hidratação, calos e pré-plantio em viveiros italianos reduziu a infecção por *P. chlamydospora* e *P. minimum*, sendo o tratamento de hidratação o mais eficaz (PERTOT et al., 2016). A aplicação de *Trichoderma atroviride* e *T. harzianum* como controle biológico em viveiros reduziu a suscetibilidade das plantas durante a fase de hidratação nos viveiros (GRAMAJE; ÚRBEZ-TORRES; SOSNOWSKI, 2018).

Os mecanismos de ação do agente de controle biológico devem ser estudados, assim como, os efeitos benéficos da micorrização na resposta das infecções de fungos patogênicos que causam doenças na videira. Nesse sentido, pesquisas são conduzidas a fim de entender os reais benefícios dos FMAs, por ser uma alternativa viável e economicamente sustentável tanto para o agricultor como para o meio ambiente.

2.4 FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES (FMAs) NO EQUILÍBRIO NUTRICIONAL E RESISTÊNCIA DE PLANTAS

Os FMAs, pertencentes ao filo Glomeromycota, são simbioses obrigatórias que formam associações com plantas, produzindo estruturas especializadas dentro e em torno das raízes das plantas, denominadas micorrizas arbusculares (SCHÜBLER; SCHWARZOTT; WALKER, 2001). A maioria das plantas vasculares forma micorrizas, sendo que cerca de 72% fazem associação com os FMAs (BRUNDRETT; TEDERSOO, 2018).

As associações micorrízicas apresentam grande potencial para agricultura, por ocorrerem amplamente e por esses fungos serem comuns em solos. No processo de simbiose, os fungos obtêm carbono da planta hospedeira, e em troca melhoram a aquisição de nutrientes e aumentam a resistência da planta a estresses bióticos e abióticos, o que resulta em ganhos na produção (SMITH; READ, 2008).

As hifas são estruturas filamentosas que se prolongam das raízes ao solo, ocupando espaço não alcançado pelas raízes das plantas e ajudando na absorção de nutrientes (SIQUEIRA et al., 2010). A ocorrência de micorrizas modifica a morfologia da raiz, e se desenvolve uma rede de hifas que incrementa a absorção de nutrientes e água pelas plantas, permitindo a redução no uso de fertilizantes, além de promover agregação das partículas de solo (BOLAN, 1991).

A identificação de espécies de FMAs é baseada na morfologia dos esporos, de modo que a combinação de amostragem a campo e cultura armadilha fornece uma estimativa mais abrangente da organização da comunidade desses fungos (MORTON; BENTIVENGA; BEVER, 1995). As restrições comuns atribuídas aos esporos coletados a campo são baixa quantidade de esporos viáveis, parasitismo pela fauna do solo e falta de estruturas subcelulares dos esporos necessárias para uma identificação precisa das espécies (LEAL; STÜRMER; SIQUEIRA, 2009).

Estudo realizado por Silva et al. (2015) em dois municípios no Rio Grande do Sul, de clima do tipo Cfa caracterizado por precipitação anual variando de 1900 a 2200 mm, o gênero *Glomus* foi abundante nos vinhedos e a abundância de esporos foi maior em plantio direto. O levantamento das comunidades de FMAs em cinco municípios da Serra Gaúcha (RS) teve número alto de espécies identificadas, distribuídas em oito gêneros, sendo que as principais espécies pertencem ao gênero *Glomus* (SILVEIRA, 2006). As condições edafoclimáticas e a presença de DMV podem ter influenciado na comunidade de FMAs identificadas pelos

autores. As pesquisas em regiões tradicionais no cultivo da videira buscam identificar as comunidades de FMAs presente nas áreas, servindo de base para outros trabalhos que buscam descobrir se existem diferenças nas comunidades de FMAs em plantas com ou sem sintomas de doenças específicas ou de DMV, como é o objetivo desse trabalho.

Os FMAs conferem proteção contra a toxicidade do cobre em plantas por meio de mecanismos de retenção desses elementos no micélio fúngico, ou pela melhoria do estado nutricional do simbionte vegetal (SOARES; SIQUEIRA, 2008). A nutrição e o crescimento vegetativo dos porta-enxertos de videira VR 043-43 e Paulsen 1103 foram melhorados pelos FMAs *Glomus etunicatum* e *Scutellospora heterogama*, respectivamente (ANZANELLO; SOUZA; CASAMALI, 2011). A inoculação com *Rhizophagus irregularis* e *Rhizophagus clarus* beneficiou a produção de massa seca das raízes de mudas de videira em solo com excesso de cobre (SOARES et al., 2013).

O crescimento da videira é fortemente dependente dos FMAs, e em determinados solos o aumento da massa seca da planta deve-se principalmente ao aumento da absorção de P e outros nutrientes pela associação micorrízica (SCHREINER, 2007). A nutrição equilibrada das plantas pode acarretar menor incidência e severidade das doenças (MORALES; SANTOS; TOMAZELI, 2012), e isso se aplica a plantas perenes, como a videira. No nordeste da Espanha, em área de replantio da videira com presença do fungo que causa a podridão da raiz (*Armillaria mellea*), o fungo micorrízico arbuscular, *Glomus intraradices* teve efeito positivo no crescimento inicial da planta (CAMPRUBÍ et al., 2008). Embora as condições de clima e solo sejam distintas daquelas encontradas no Brasil, esse estudo aponta a importância dos FMAs para manutenção do cultivo da videira.

A ativação dos mecanismos de defesa das plantas também pode ocorrer pela colonização micorrízica. Ao contrário do que ocorre com outros microrganismos, os genes de defesa são regulados e sua expressão pode ser reprimida, através de um processo de reconhecimento mútuo entre o FMA e a planta (FOLLI-PEREIRA et al., 2012).

As plantas produzem substâncias contra fungos patogênicos, como as enzimas hidrolíticas quitinases e β -1,3-glucanases, responsáveis por degradar a quitina e β -glucanas, os principais componentes da parede celular dos fungos (ALMEIDA et al., 2012). Isso ocorre devido à ativação de mecanismo de defesa da planta contra patógenos, e de acordo com a composição da comunidade dos fungos FMAs, pode se potencializar a produção dessas substâncias. A espécie de FMAs *Glomus intraradices* promoveu aumento na expressão das enzimas hidrolíticas quitinases e β -1,3-glucanases, no sistema radicular do porta-enxerto de

videira SO4, após a inoculação de *F. oxysporum* f. sp. *herbemontis* (COSTA; LOVATO; SETE, 2010).

Estudos sobre os FMAs são abundantes, e os benefícios que esses trazem, tanto ao solo quanto as plantas, já são comprovados. No entanto, são limitadas as informações sobre a identificação e composição das comunidades dos FMAs em áreas adversas de cultivo da videira que apresentam sintomas de declínio e morte, sendo necessárias pesquisas para identificação dos FMAs, para que eles possam ser usados para manutenção da viticultura.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 ÁREA DE ESTUDO

As amostras de solo foram coletadas em quatro vinhedos, com diferentes idades e históricos de cultivo no Vale do Rio do Peixe, no estado de Santa Catarina. O clima da região apresenta dois tipos: o subtropical mesotérmico úmido com verões quentes (Cfa) e o subtropical mesotérmico úmido com verões amenos (Cfb), com precipitação total anual variando entre 1.300 mm a 1.900 mm (PANDOLFO et al., 2002). De acordo com os dados do Plano Estadual de Recursos Hídricos de Santa Catarina (2017), o clima do tipo Cfa é caracterizado por temperaturas médias maiores que 10°C no mês mais frio e maiores que 22°C no mês mais quente, e o clima do tipo Cfb é caracterizado por temperaturas médias do ar menores que 22°C no mês mais quente.

Os vinhedos (V) estão localizados nos seguintes municípios (Figura 1): Videira (V1 e V4), 719 metros de altitude, coordenadas S 27°03'53.3"W 051°09'54.8" e S 27°01'57.1"W 051°08'02.7"; Pinheiro Preto (V2), 709 metros de altitude, coordenadas S 27°04'03.1"W 051°10'42.9"; e Tangará (V3), 641 metros de altitude, coordenadas S 27°05'30.2"W 051°12'59.2".

A escolha dos vinhedos amostrados foi realizada juntamente com a equipe da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural (EPAGRI) de Videira (SC), que identificou as áreas em que os agricultores relataram incidência de DMV de forma precoce Fig. 1 e as coletas em cada vinhedo foram amostradas de acordo com a Fig. 2. Na Tabela 1 são fornecidas as principais informações sobre os vinhedos.

Figura 1 - Localização dos municípios de Videira, Pinheiro Preto e Tangará, no Vale do Rio do Peixe, onde se realizaram as coletas de solo sob plantas de videira com e sem sintomas de declínio e morte.

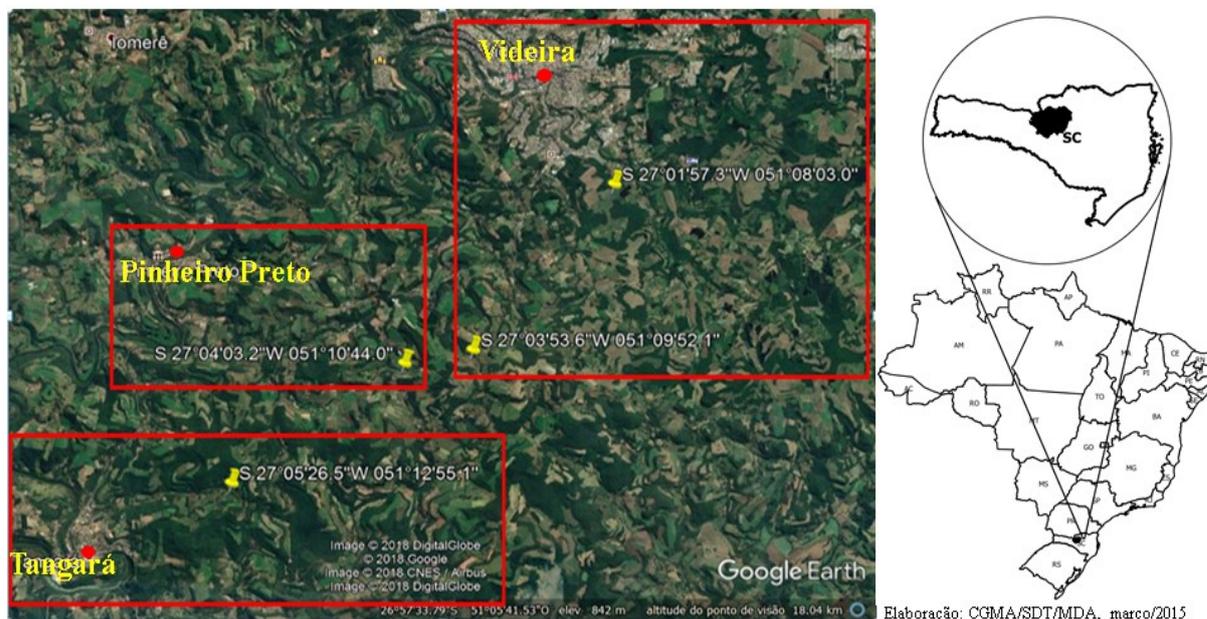


Figura 2 - Esquema de coleta das amostras de solo por ponto de amostragem, realizada em cada vinhedo.

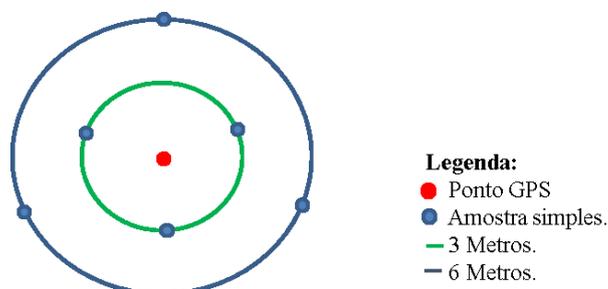


Tabela 1 - Informações sobre os vinhedos amostrados no Vale do Rio do Peixe, Santa Catarina.

	V1	V2	V3	V4
Cultivar de videira (porta-enxerto/enxerto)	VR 043-43 / Bordô	VR 043-43 / Isabel Precoce	Paulsen-1103 / Isabel Precoce	Paulsen1103 / Chardonnay
Classificação do solo	Nitossolos	Nitossolos	Nitossolos	Nitossolos
Idade (anos)	8	8	30	10
Município	Videira	Pinheiro Preto	Tangará	Videira
Área (ha)	0,6	0,5	2,0	0,7

O V1, com cultivo anterior de milho, na implantação do vinhedo foi realizado a calagem do solo com calcário, e uma vez ao ano, depois da poda das plantas, ocorre adubação com formulação 2:20:20 (N:P2O5:K2O). Outras formas de fertilizantes são utilizadas, como

16-16-16, cloreto de potássio, ureia e adubo orgânico, no caso cama de aviário. A implantação do vinhedo foi no método tradicional, derrubada, limpeza do terreno, abertura das covas e plantação das mudas de videira, sem utilização de métodos específicos voltados para a redução do declínio e morte da videira. O agricultor usa produtos a base de cobre como calda bordalesa, mistura de sulfato de cobre e cal em água. Outro produto utilizado é Recop, um fungicida bactericida cúprico de contato, para uso preventivo, o uso desses produtos são geralmente após as podas ou quando é identificado ataque severo de agentes patogênicos. Os princípios ativos são oxiclreto de cobre e cobre metálico, e que pode ser aplicado no aparecimento dos primeiros sintomas das doenças. As plantas de cobertura utilizadas são aveia preta e nabo forrageiro semeadas em 2018 e aveia preta, centeio e ervilhaca semeadas em 2019 sempre que necessário as plantas são roçadas.

O vinhedo V2 não tem histórico de cultivo na área, antes da implantação do vinhedo havia vegetação nativa, sendo a implantação do vinhedo realizada pelo método tradicional. Em 2016, com objetivo de reduzir os sintomas do declínio e morte da videira, o agricultor fez aplicação de Aliette, princípio ativo (hidrogenofosfonato de etilo = FOSETIL), por pulverização da parte aérea das plantas. Após algum tempo deixou-se de usar o produto por não ter resultado significativo na redução de mortalidade. Em 2018 até atualmente o agricultor usa aplicações com o inseticida Regent[®] 20 GR, princípio ativo (RS)-5-amino-1-(2,6-dicloro- α,α,α -trifluoro-p-tolil)-4-trifluorometilsulfinilpirazol-3-carbonitrila = FIPRONIL), indicado para o controle das pragas, que pertence ao grupo 2 B (bloqueadores de canais de cloro mediados pelo Gaba). Como planta de cobertura é utilizada a aveia preta semeada em 2018, e nabo forrageiro que ocorre espontaneamente, quando necessário é realizada a roçagem.

Na área do V3, havia vegetação nativa antes da implantação do vinhedo. Na implantação do vinhedo foi realizada a calagem na área total. As adubações são realizadas na brotação, com 20 kg de N, 50 kg de P₂O₅ e 20 kg de K₂O na pós-floração, com 80 kg de K₂O, e na pós-colheita é feita adubação nitrogenada. São feitas aproximadamente 10 aplicações anuais de sulfato de cobre (SO₄²⁻) 1%, para controle de doenças fúngicas. As aplicações são complementadas com fungicidas sintéticos, com aproximadamente 3 a 4 aplicações de Delan[®] (5,10- di-hidro-5,10- dioxonaphtho[2,3-b]-1,4-dithiine-2,3-dicarbonitrilo = DITIANONA), que apresenta mecanismo de ação da atividade de contato multi-sítio, pertencente ao Grupo M09.

Também se utilizam Academic (1-(2-ciano-2-metoxi-iminoacetil)-3-etilureia = CIMOXANIL) e manganês etilenobis (ditiocarbamato(polimérico) complexado com sal de zinco (MANCOZEBE), que apresentam mecanismos de ação desconhecido e atividade de contato multi-sítio, pertencentes aos Grupo Desc e M03. O Curzate[®] (1-(2-ciano-2-metoxi-iminoacetil)-3-etilureia = CIMOXANIL) e (manganês etilenobis(ditiocarbamato(polimérico) complexado com sal de zinco = MANCOZEBE) é aplicado no início do ciclo da videira, apresenta ação sistêmica local, com ação preventiva e efeito de pós-infecção e ação anti-esporulante que evita a disseminação e o desenvolvimento das doenças, como o míldio e a requeima. O Ridomil gold[®] MZ princípio ativo (metilo N- metoxiacetil-N-2,6-xylyl-D-alaninate (METALAXIL-M) com o isômero S e (manganês etilenobis(ditiocarbamato(polimérico) complexado com sal de zinco = MANCOZEBE) é uma mistura de um fungicida sistêmico, metalaxil-M, pertencente à classe química das fenilamidas, sub-classe acilalaninato, e um fungicida de contato da classe dos ditiocarbamatos, apresentado na formulação do tipo pó molhável. Na floração é aplicado o Censor[®] princípio ativo (S)-1-anilino-4-metilo-2-metiltio-4- fenilimidazolina-5-one = FENAMIDONA), um fungicida de efeito translaminar do grupo imidazolinona. O agricultor relata que em algumas ocasiões é aplicado sulfato de cobre, mas em período de chuvas prolongadas utiliza o Score, que é um fungicida sistêmico de princípio ativo (cis-trans-3-cloro-4-[4-metilo-2-(1H-1,2,4-triazol-1-ilmetil)-1,3-dioxolano-2-l]fenil-4- éter clorofenílico = DIFENOCONAZOL) em substituição ao sulfato de cobre. As plantas de cobertura presentes na área são aveia preta, azevém e ervilhaca ocorrem espontaneamente, quando necessário as plantas são roçadas.

No vinhedo V4 a vegetação anterior na área era de plantas espontâneas, sendo as principais famílias Poaceae e Brassicaceae. A implantação do vinhedo, no ano de 2009, ocorreu à calagem em toda área e houve preparo de camalhões nas linhas de plantio, com objetivo de melhorar a aeração do solo evitando excesso de umidade. Em 2018 ocorreram as seguintes adubações na pós-colheita N-P-K de formulação 02-20-20 pós-raleio, em outubro. No ano de 2019 ocorreu adubação com uréia na pós-colheita, e N-P-K de formulação 04-20-20 pós-raleio, em outubro.

São realizadas aplicações de 15 fungicidas sendo os principais Emzeb 800 WP de princípio ativo (etilenobis de manganês (ditiocarbamato(polimérico) complexado com sal de zinco) = (MANCOZEBE), Ridomil gold[®] princípio ativo (METALAXIL-M e MANCOZEBE), Cabrio[®] Top princípio ativo (Etilenobis de amônio e zinco (ditiocarbamato)–

poli(dissulfeto de etilenotiamina) = (METIRAM) e (Metil/N-{2-[1-(4-clorofenil)-1H-pirazol-3-iloximetil]fenil}(N-metoxi)carbamato) = (PIRACLOSTROBINA) e Academic[®] (1-(2-ciano-2-metoxi-iminoacetil)-3-etilureia) = (CIMOANIL) e (etilenobis de manganês (ditiocarbamato(polimérico) complexado com sal de zinco)) = (MANCOZEBE). O solo recebe o tratamento de Actara[®] 250 WG princípio ativo (3-(2-cloro-1,3-tiazol-5-ilmetil)-5-metilo-1,3,5-oxadiazinan-4-ilideno(nitro)amina) = (TIAMETOXAM) e Aliette[®] princípio ativo (hidrogenofosfonato de etilo) = (FOSETIL). As plantas de cobertura presentes na área são aveia preta, semeada no ano de 2018, e azevém e nabo que ocorrem espontaneamente, quando necessário as plantas são roçadas. As informações como quantidade e frequência de aplicação de adubos e inseticidas que podem faltar no histórico de cada vinhedo é devido os agricultores não possuírem a informação.

3.2 AMOSTRAGENS A CAMPO

A coleta de solo a campo para realizar as avaliações ocorreu em junho de 2018, cujas amostragens de solo foram realizadas de acordo com metodologia proposta pelo TSBF (*Tropical Soil Biology and Fertility*) (MOREIRA; BIGNELL; HUISING, 2008). Em cada vinhedo foi coletado solo em 14 pontos de amostragem, sete próximos de plantas com sintomas de declínio e outros sete próximos de plantas sadias. Em cada ponto, uma planta central foi georreferenciada e outras seis plantas próximas foram amostradas e misturadas formando uma amostra composta com aproximadamente 1,0 kg de solo. As amostras de solo foram coletadas com trado holandês na camada de 0-20 cm de profundidade e transportadas para o laboratório em caixas térmicas sendo mantidas a 4 °C até processamento. No total foram coletadas nos quatro vinhedos 56 amostras de solo, sendo 28 de plantas sadias e 28 de plantas que apresentavam sintomas de DMV.

3.3 IDENTIFICAÇÃO MORFOLÓGICA DE FMAs

De cada amostra de solo coletado no campo, utilizaram-se 50 cm³ para extração dos esporos de FMAs por peneiramento úmido (GERDEMANN; NICOLSON, 1963), seguido de centrifugação em sacarose 60% (JENKINS, 1968). Os esporos foram separados em peneiras de 180, 90 e 45 µm, para uma primeira caracterização por tamanho. Esporos de cada classe de tamanho foram colocados sobre lâmina de microscópio em uma gota de PVLG. Outra amostra, semelhante em composição e número de esporos, foi colocada na mesma lâmina em

uma gota de PVLG com reagente de Melzer.

Após esses procedimentos, foram colocadas lamínulas e em seguida foi aplicada uma pressão suave até se conseguir o rompimento da parede dos esporos. A identificação taxonômica das espécies foi baseada nas descrições morfológicas disponíveis na página on-line de descrição de espécies do INVAM da West Virginia University, EUA, *International Culture Collection of Arbuscular Mycorrhizal Fungi* (<http://invam.caf.wvu.edu>) e AMF phylogeny (<http://www.amf-phylogeny.com/>).

As espécies de FMAs identificadas foram cadastradas no Sistema Nacional de Gestão do Patrimônio Genético e do Conhecimento Tradicional Associado (SisGen), cadastro de nº A9FA3BC, em atendimento ao previsto na Lei no 13.123/2015 e seus regulamentos.

3.4 CULTURAS ARMADILHAS

Uma alíquota de cerca de 400g de cada amostra de solo coletada nos vinhedos foi utilizada para produção de cultura armadilha, conforme a metodologia proposta por (MORTON et al., 1993). As amostras de solo foram dispostas em vasos (1,5 kg) contendo 40% de solo sem tratamento, 30% de vermiculita e 30% de areia esterilizada. Em cada vaso foi semeado aproximadamente 400 sementes de *Urochloa decumbens*, usada como planta isca, em um total de 56 vasos, o preparo da cultura armadilha ocorreu em julho de 2018 e foram conduzidas em estufa, onde a temperatura variou de 16 °C a 28 °C entre os meses de julho a dezembro.

Nos dois meses iniciais, as plantas foram irrigadas três vezes durante a semana, e um mês após a semeadura foi realizada uma poda com objetivo de provocar distúrbio fisiológico e aumentar o perfilhamento. Após o período de estabelecimento de 30 dias, as plantas foram submetidas periodicamente a estresse hídrico de cinco dias sem água, com o objetivo de favorecer a esporulação micorrízica das plantas. Ao se completarem cinco meses após o plantio, a irrigação foi totalmente suspensa, e aos seis meses foi feita a extração de esporos e a montagem em lâminas, como descrito acima, no item 3.3.

3.5 ANÁLISE DE FERTILIDADE DO SOLO

As análises de fertilidade do solo foram realizadas no laboratório de solos da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA - Uva e Vinho em Bento Gonçalves, Rio Grande do Sul. As análises foram feitas segundo Embrapa (1997): a acidez

ativa foi medida pelo método potenciométrico em água 1:1 (v:v); o potássio e fósforo por extração em solução de Mehlich I, com coloração em solução redutora P-C e P-B (HCl 0.87 M e $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) para fósforo, e leituras em fotometria de chama e espectrometria UV-visível para potássio e fósforo, respectivamente. Alumínio (Al), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) trocáveis foram extraídos com solução KCl 1 mol L⁻¹ e as concentrações foram medidas em espectrofotometria de absorção atômica. A capacidade de troca de cátions (CTC) a pH 7 foi calculada pela soma de cátions. Os teores da acidez potencial ($\text{H}^+ + \text{Al}^{+3}$) foi determinado com acetato de cálcio tamponado a pH 7,0 e determinado volumetricamente com solução de NaOH em presença de fenolftaleína como indicador.

O fósforo resina (P.r) foi estimado pelo método de resina de troca aniônica com coloração em molibdato de amônio e solução redutora P-C (ácido 1-amino-2-naftol-4-sulfônico, sulfito de sódio e metabissulfito de sódio), com leituras em espectrômetro UV-visível (TEDESCO, 1995).

4 ANÁLISE DE RIQUEZA DE ESPÉCIES DE FMAs E ESTATÍSTICA

4.1 MEDIDAS DE RIQUEZA ESPECÍFICA DE FMAs

A riqueza de espécies foi calculada com o número de espécies de FMAs identificados nas amostras de campo e os recuperados em cultura armadilha, sendo a frequência global (F) calculada pela Eq. (1):

$$F = (J_i/K) * 100 \quad (1)$$

onde F é a frequência das espécies i; J_i é o número de amostras em que a espécie foi detectada e K é o número total de amostras. As espécies foram classificadas quanto a frequência de ocorrência (FO) como dominante ($85\% \leq \text{FO} \leq 100\%$), mais comum ($50\% \leq \text{FO} < 85\%$), comum ($30\% \leq \text{FO} < 50\%$) e rara ($\text{FO} < 30\%$) de acordo com (STÜRMER; SIQUEIRA, 2011).

4.2 SEMELHANÇA DAS COMUNIDADES DE FMAs NAS DIFERENTES ÁREAS DE VINHEDOS E RELAÇÃO COM AS VARIÁVEIS QUÍMICAS DO SOLO

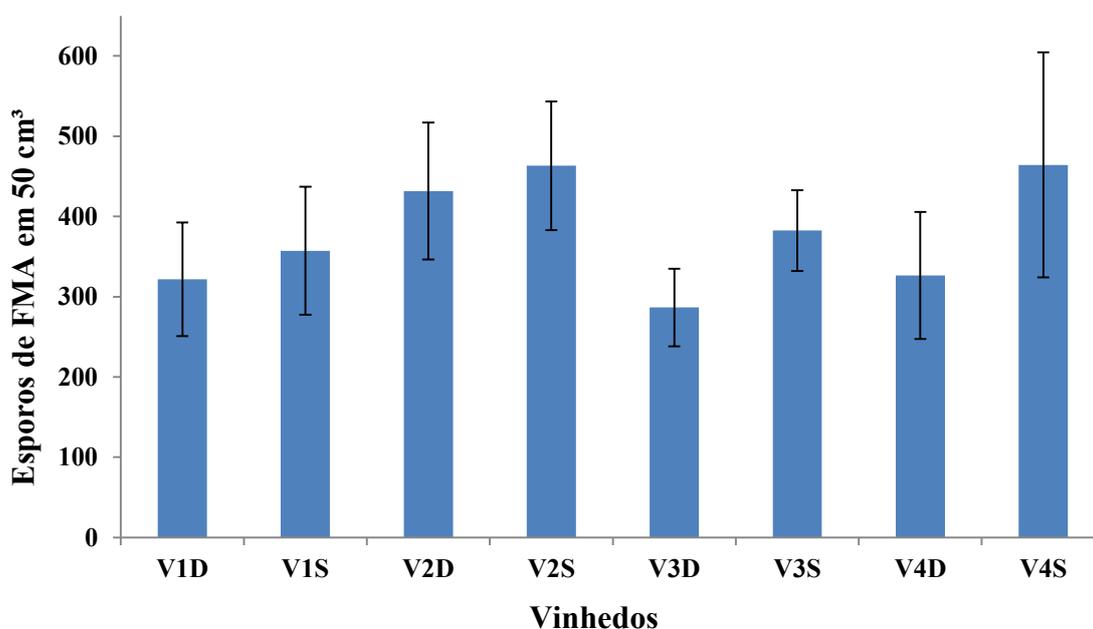
A semelhança entre as comunidades dos quatro vinhedos foi estimada pela escala multidimensional não métrica (NMDS) com base em diferenças de *Jaccard*, conforme

descrito em (CLARKE, 1993). A influência das variáveis químicas do solo de vinhedos, em relação às comunidades de FMAs foi analisada por meio da Análise Canônica de Redundância - RDA (BORCARDT; GILLET; LEGENDRE, 2011). Essas análises foram realizadas utilizando-se o pacote vegan (OKSANEN et al., 2013) no programa R studio 3.1.4.

5 RESULTADOS

Houve variação entre 287 a 432 esporos cm^{-3} de solo nas plantas que apresentavam declínio, e de 357 a 464 para as plantas saudias. Entretanto, o número médio de esporos de FMAs não diferiu entre os vinhedos, nem entre as plantas com declínio e saudias. O número de esporos encontrado pode ser considerado alto em todas as áreas estudadas, em que o valor mínimo chegou próximo a 300 esporos em 50 cm^{-3} de solo (Fig. 3).

Figura 3 - Número de esporos de FMAs (média \pm erro padrão), extraído de 50 cm^3 de solo próximo a ríz das plantas sem e com sintomas de Declínio e Morte da Videira, coletado em quatro vinhedos no Vale do Rio do Peixe, Santa Catarina – SC. Vinhedo 1 plantas com declínio (V1D) e saudias (V1S); vinhedo 2 plantas com declínio (V2D) e saudias (V2S); vinhedo 3 plantas com declínio (V3D) e saudias (V3S); vinhedo 4 plantas com declínio (V4D) e saudias (V4S).



Os locais amostrados apresentaram diferenças nos atributos químicos do solo. Segundo a Comissão de Química e Fertilidade do Solo (2004), o pH variou de baixo a alto, o teor de K foi de alto a muito alto, enquanto Ca, Mg, Cu, M.O, CTC foram altos para todas as áreas, P Melich foi muito alto para todas as áreas e o P resina variou de alto a muito alto (Tabela 2).

Tabela 2 - Análise dos atributos químicos do solo (0 a 20 cm) em vinhedos no Vale do Rio do Peixe, Santa Catarina – SC.

	V1	Classificação	V2	Classificação	V3	Classificação	V4	Classificação
pH em H ₂ O	5,7	Médio	6,1	Alto	6,5	Alto	5,1	Baixo
SMP	5,9		6,1		6,4		5,6	
H+Al (mmol _c dm ⁻³)	55		42		28		69	
K(mg dm ⁻³)	427	Muito alto	486	Muito alto	185	Muito alto	158	Alto
P Melich (mg dm ⁻³)	34	Muito alto	154	Muito alto	90	Muito alto	52	Muito alto
P resina (mg kg ⁻¹)	38	Alto	130	Muito alto	53	Muito alto	46	Muito Alto
Al (mmol _c dm ⁻³)	0,31		0,04		0,00		1,10	
Ca (mmol _c dm ⁻³)	86	Alto	172	Alto	155	Alto	85	Alto
Mg (mmol _c dm ⁻³)	37	Alto	45	Alto	41	Alto	30	Alto
Cu Melich (mg dm ⁻³)	9,0	Alto	23	Alto	65	Alto	10	Alto
CTC (mmol _c dm ⁻³)	189	Alto	272	Alto	229	Alto	188	Alto
Argila (gKg ⁻¹ %)	490	Classe 2	360	Classe 3	470	Classe 2	650	Classe 1
M.O (g kg ⁻¹)	34	Alto	31	Alto	28	Alto	36	Alto

O levantamento de FMAs por características morfológicas resultou em 42 espécies, que provém de amostras de campo e culturas armadilhas. Do total identificado, 24 morfotipos estavam presentes tanto nas culturas armadilhas como nas amostras de campo, 15 morfotipos ocorreram somente nas amostras de campo e três morfotipos foram exclusivos das culturas armadilhas.

As espécies identificadas pertencem às famílias Acaulosporaceae, Ambisporaceae, Archaeosporaceae, Claroideoglomeraceae, Diversisporaceae, Gigasporaceae, Glomeraceae, Incertae sedis e Paraglomeraceae. As famílias Glomeraceae e Acaulosporaceae foram as que apresentaram maior número de espécies identificadas (20 e 8, respectivamente) (Tabela 3).

Tabela 3 - Frequência de ocorrência (FO) e frequência global (F%) de espécies de FMAs identificados em quatro vinhedos (V1 a V4) com plantas com sintomas de declínio (D) ou sadias (S) no Vale do Rio do Peixe, Santa Catarina – SC.

Espécies presentes nas amostras de campo e cultura armadilha		Plantas com declínio				Plantas sadias				F%
		V1	V2	V3	V4	V1	V2	V3	V4	
Família Acaulosporaceae										
Aa	<i>Acaulospora alpina</i> Oehl, Sýkorová & Sieverd	-	-	-	-	-	-	R	-	1.8
Af	<i>Acaulospora foveata</i> Trappe & Janos	-	-	-	-	-	R	-	-	1.8
Am	<i>Acaulospora mellea</i> Spain & N.C. Schenck	MC	C	R	D	MC	R	MC	R	46.4
Ae	<i>Acaulospora morrowiae</i> cf. Spain & N.C. Schenck	D	R	-	R	C	R	R	R	25.0
Ad	<i>Acaulospora reducta</i> Oehl, B.T. Goto & C.M.R. Pereira	-	R	-	-	-	-	R	-	3.6
As	<i>Acaulospora scrobiculata</i> Trappe	R	R	MC	R	C	-	R	R	28.6
Ac	<i>Acaulospora tuberculata</i> Janos & Trappe	R	-	-	-	-	-	-	-	3.6
Aw	<i>Acaulospora walkeri</i> cf. Kramad. & Hedger	-	-	-	-	-	-	R	R	3.6
Família Ambisporaceae										
Al	<i>Ambispora leptoticha</i> (N.C. Schenck & G.S. Sm.) C. Walker, Vestberg & A. Schüßler	MC	-	-	-	-	R	-	-	8.9
Ar	<i>Ambispora reticulata</i> Oehl & Sieverd	-	-	-	R	-	R	-	MC	12.5
Família Archaeosporaceae										
At	<i>Archaeospora trappei</i> (R.N. Ames & Linderman) J.B. Morton & D. Redecker	D	D	D	D	MC	D	D	MC	83.9
Família Claroideoglomeraceae										
Cc	<i>Claroideoglomerus claroideum</i> (N.C. Schenck & G.S. Sm.) C. Walker & A. Schüßler	R	-	MC	-	-	MC	R	-	17.9
Ce	<i>Claroideoglomerus etunicatum</i> (W.N. Becker & Gerd.) C. Walker & A. Schüßler	D	D	MC	D	D	MC	D	D	92.9
Família Diversisporaceae										
D1	<i>Diversispora</i> sp1	D	D	MC	MC	D	MC	C	D	75.0
D2	<i>Diversispora</i> sp2	-	R	D	D	R	-	D	MC	48.2
D3	<i>Diversispora</i> sp3	-	-	R	R	-	-	D	-	21.4
Família Gigasporaceae										
Cp	<i>Cetraspora pellucida</i> (T.H. Nicolson & N.C. Schenck) Oehl, F.A. Souza & Sieverd	C	D	D	C	MC	R	D	R	57.1
Gm	<i>Gigaspora margarita</i> cf. W.N. Becker & I.R. Hall	R	R	-	D	R	-	R	D	33.9
Dh	<i>Dentiscutata heterogama</i> (T.H. Nicolson & Gerd.) Sieverd., F.A. Souza & Oehl	-	-	-	R	R	-	0	R	5.4
Família Glomeraceae										
Da	<i>Dominikia aurea</i> cf. (Oehl & Sieverd.) Blaszk., Chwat, G.A. Silva & Oehl	R	R	R	-	-	R	-	-	8.9
Fm	<i>Funneliformis mosseae</i> (T.H. Nicolson & Gerd.) C. Walker & A. Schüßler	D	D	D	D	MC	D	D	D	89.3
Gg	<i>Glomus microaggregatum</i> Koske, Gemma & P.D. Olexia	C	R	-	C	-	-	-	MC	21.4
Ga	<i>Glomus ambisporum</i> cf. G.S. Sm. & N.C. Schenck	MC	MC	MC	D	MC	D	MC	C	67.9
Gs	<i>Glomus spinuliferum</i> Sieverd. & Oehl	-	-	-	R	R	-	-	-	3.6
Od	<i>Oehlia diaphana</i> (J.B. Morton and C. Walker) Blaszk., Kozłowska & Dalpé	R	-	-	-	-	-	-	-	1.8
Gc	<i>Glomus microcarpum</i> Tul. & C. Tul.	R	-	R	R	-	-	R	-	8.9
Rc	<i>Rhizophagus clarus</i> (T.H. Nicolson & N.C. Schenck) C. Walker & A. Schüßler	-	-	-	C	-	-	-	R	8.9
Rf	<i>Rhizophagus fasciculatus</i> (Thaxt.) C. Walker & A. Schüßler	-	-	-	-	R	-	-	-	1.8
Sv	<i>Septoglomerus viscosum</i> (T.H. Nicolson) C. Walker, D. Redecker, Stille & A. Schüßler	R	MC	D	MC	C	MC	MC	D	62.5

Continua

Tabela 3 – Continuação.

Espécies presentes nas amostras de campo e cultura armadilha		Plantas com declínio				Plantas sadias				F%
		V1	V2	V3	V4	V1	V2	V3	V4	
Sc	<i>Septoglomus constrictum</i> (Trappe) Sieverd., G.A. Silva & Oehl	R	-	-	-	-	-	-	-	1.8
Ss	<i>Sclerocystis sinuosa</i> Gerd. & B.K. Bakshi	C	C	MC	R	MC	R	MC	-	39.3
So	<i>Sclerocystis coremioides</i> Berk. & Broome	-	-	-	-	-	-	R	R	5.4
G1	<i>Glomus</i> sp1	D	MC	C	D	D	MC	C	D	71.4
G2	<i>Glomus</i> sp2	MC	C	R	D	MC	MC	R	D	57.1
G3	<i>Glomus</i> sp3	-	-	-	-	-	-	-	R	1.8
G4	<i>Glomus</i> sp4	-	-	-	-	-	-	-	R	1.8
R1	<i>Rhizophagus</i> sp1	C	R	R	R	C	-	R	R	21.4
R2	<i>Rhizophagus</i> sp2	R	-	R	R	R	R	R	-	16.1
S1	<i>Sclerocystis</i> sp1	-	-	-	-	R	-	-	-	1.8
Família incertae sedis										
Ei	<i>Entrophospora infrequens</i> (I.R. Hall) R.N. Ames & R.W. Schneid	C	-	D	D	MC	R	D	MC	62.5
Família Paraglomeraceae										
Po	<i>Paraglomus occultum</i> (C. Walker) J.B. Morton & D. Redecker	D	R	C	R	C	R	-	R	33.9
Pb	<i>Paraglomus brasilianum</i> (Spain & J. Miranda) J.B. Morton & D. Redecker	-	-	R	-	R	-	-	-	3.6

D = dominante ($85\% \leq FO \leq 100\%$), MC = mais comum ($50\% \leq FO < 85\%$), C = comum ($30\% \leq FO < 50\%$), R = rara ($FO < 30\%$)

Dentre as espécies de FMAs identificadas nos quatro vinhedos estudados, nove espécies pertencem ao gênero *Glomus* Tul. and Tul, oito a *Acaulospora* Gerdemann & Trappe, quatro a *Rhizophagus* Dang, três são pertencentes ao gênero *Diversispora* C. Walker e A. Schüßler, três *Sclerocystis* Berk. & Broome, duas a *Ambispora* C. Walker, Vestberg e A. Schüßler, duas a *Claroideoglomus* Walker & Schüßler, duas a *Septoglomus* Sieverd, G. A. Silva & Oehl, e duas a *Paraglomus* Morton & Redecker. Os gêneros *Archaeospora* J. B. Morton & D. Redecker, *Cetraspora* Oehl, F. A Souza e Sieverd, *Gigaspora* Gerdemann and Trappe, *Dentiscutata* Sieverd, F. A Souza & Oehl, *Dominikia* Błaszk. Chwat & Kovács, *Funneliformis* Walker & Schüßler e *Entrophospora* R. N Ames e R. W Schneid tiveram uma espécie identificada cada um.

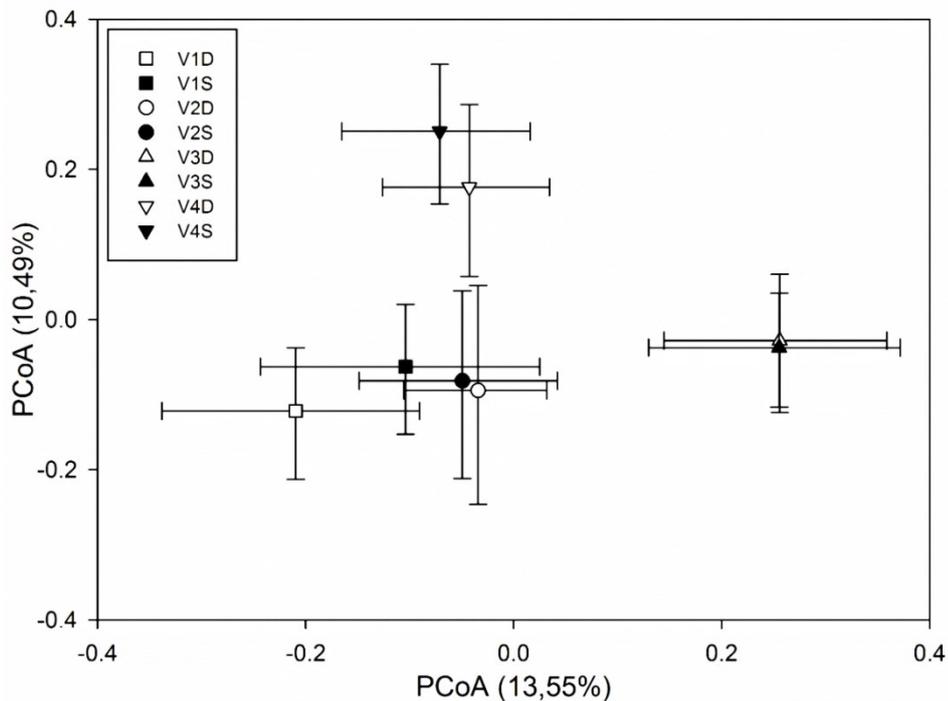
Os gêneros *Glomus* e *Acaulospora* representaram 40% de todas as espécies identificadas no estudo. As três espécies de maior frequência nos vinhedos foram *Claroideoglomus etunicatum* (W.N. Becker & Gerd.) C. Walker & A. Schüßler, *Funneliformis mosseae* (T.H. Nicolson & Gerd.) C. Walker & A. Schüßler e *Archaeospora trappei* (R.N. Ames & Linderman) J. B. Morton & D. Redecker, com 93, 89 e 84% de frequência, respectivamente, independentemente de haver plantas com ou sem sintomas de declínio e morte da videira.

Três morfotipos foram recuperados exclusivamente nas culturas armadilha, sendo identificados em nível de gênero. Duas são *Glomus* sp3 e *Glomus* sp4, e ocorreram em

amostras de solo com plantas sadias do V4. O terceiro morfotipo recuperado em cultura armadilha e determinado em nível de gênero foi *Sclerocystis* sp1, encontrado nas amostras de solo com plantas sadias do V1. De acordo com as três categorias de frequência de ocorrência, essas espécies são consideradas raras.

Os vinhedos que apresentaram maior número de espécies foram V1 e V4, com 31 e 30 espécies, respectivamente, enquanto V3 e V2 apresentaram os menores números, com 28 e 26 espécies, respectivamente. Com base na matriz de presença e ausência de espécies, a análise de coordenadas principais (PCoA), usando a escala multidimensional não métrica (NMDS) com diferenças de *Jaccard*, foi usada para separar as comunidades presentes nas áreas (Fig. 4). Em relação à ocorrência das espécies de FMAs nos quatro vinhedos, não houve diferença entre comunidades de FMAs presentes no mesmo vinhedo, independentemente de haver plantas sadias ou com DMV.

Figura 4 - Análise de Coordenadas Principais (PCoA) utilizando coeficiente de similaridade de *jaccard* para os dados de presença-ausência de espécies de FMAs em quatro vinhedos (V1 a V4) que apresentavam plantas com sintomas de declínio (D) e plantas sadias (S) no Vale do Rio do Peixe, Santa Catarina – SC.



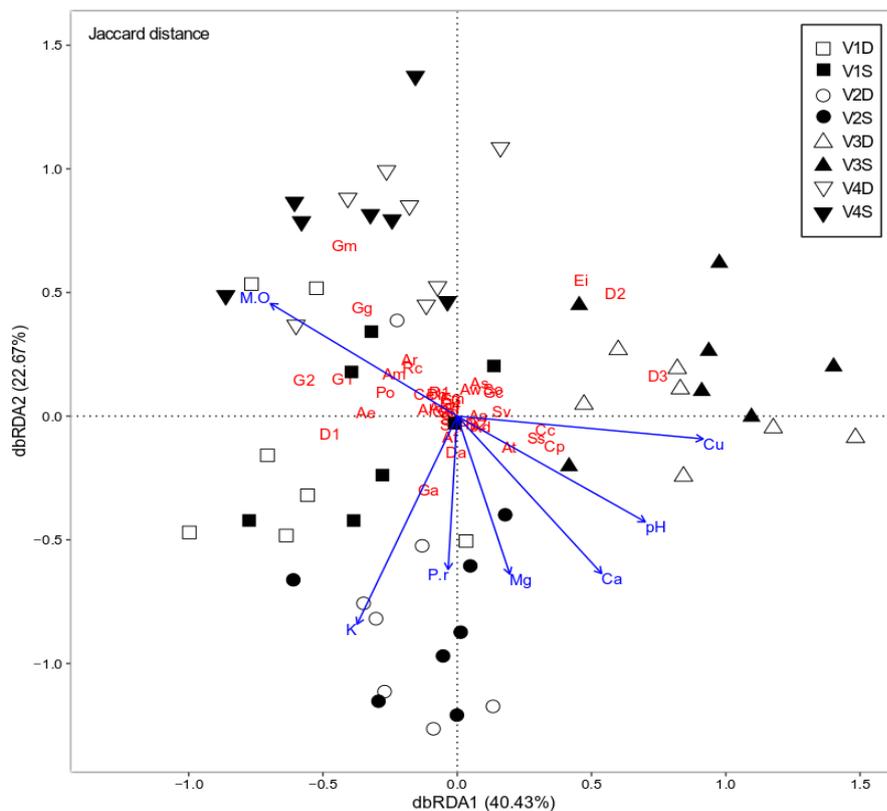
Considerando as variáveis utilizadas foi obtido 24% de explicação da variabilidade. Quando se comparam os diferentes vinhedos, houve diferença com base no teste PERMANOVA, o que indica que a composição da comunidade de FMAs teve interação com a presença de algumas espécies em relação a um dos vinhedos (Tabela 4).

Tabela 4 – Teste de permanova utilizando coeficiente de similaridade de *Jaccard* para os dados de presença-ausência de espécies de FMAs em vinhedos com plantas com sintomas de declínio (D) ou sadias (S) no Vale do Rio do Peixe, Santa Catarina – SC.

Fonte	Soma dos quadrados	Graus de liberdade	Quadrado médio	F	p
Vinhedos	2,9664	3	0,9888	6,9637	0,0001
DMV ou Sadias	0,0969	1	0,09699	0,6831	0,7757
Interação	0,7634	3	0,25447	1,7921	0,0039
Residual	6,8156	48	0,14199		
Total	10,642	55			

A análise de redundância baseada em distância (dbRDA) mostra que as percentagens de variância acumuladas para os dois primeiros eixos das variáveis foram de 40,43 e 22,67 % (Fig. 5). Estes valores indicam que as variáveis ambientais explicam 63,10 % da variação total.

Figura 5 - Análise de redundância baseada em distância (dbRDA) entre ocorrência de espécies de fungos micorrízicos arbusculares (FMAs, em vermelho, ver identificação na Tabela 3) e os atributos químicos do solo (em azul, ver identificação na Tabela 2) em quatro vinhedos (V1 a V4) com plantas com sintomas de declínio (D) ou sadias (S) no Vale do Rio do Peixe, Santa Catarina – SC.



A idade de cada vinhedo se relacionou com os atributos químicos do solo V1 e V2 com 8 anos formaram um grupo diferentes dos demais, V4 com 10 anos e V3 com 30 anos, os teores de M.O e Cu respectivamente representa o manejo adotado ao longo dos anos, de modo que V3 por ser o mais antigo entre os vinhedos apresenta forte correlação com o Cu devido as sucessivas aplicações de fungicidas. Os atributos químicos do solo, como M.O, estão fortemente correlacionados com o V4, o K, Mg, fósforo extraído por resina (P.r) estão relacionados com V1 e V2, enquanto Cu, pH se relacionam com o V3, o Ca apresentou ser significativo para separar um grupo composto pelos V1 e V2 em relação aos outros vinhedos. O Ca é o único significativo no CP1 e CP2 (Tabela 5) e está exatamente no meio do quadrante.

Tabela 5 - Autovalores, variabilidade explicada e coordenadas da análise da dbRDA para os atributos químicos do solo em quatro vinhedos (V1 a V4) com plantas com sintomas de declínio (D) ou sadias (S) no Vale do Rio do Peixe, Santa Catarina – SC.

Componentes Principais	Coordenadas	
	CAP1	CAP2
Autovalores†	1,548	0,868
Variabilidade explicada (%)	40,43	22,67
Variabilidade acumulada explicada (%)	40,43	63,10
Variável		
P.r	-0,03	-0,62*
pH	0,70*	-0,43
K	-0,37	-0,84*
M.O	-0,69*	0,45
Ca	0,54*	-0,64*
Mg	0,19	-0,64*
Cu	0,91*	-0,10

†Componentes com autovalores > 1 explicam > 10% da variância total considerada.

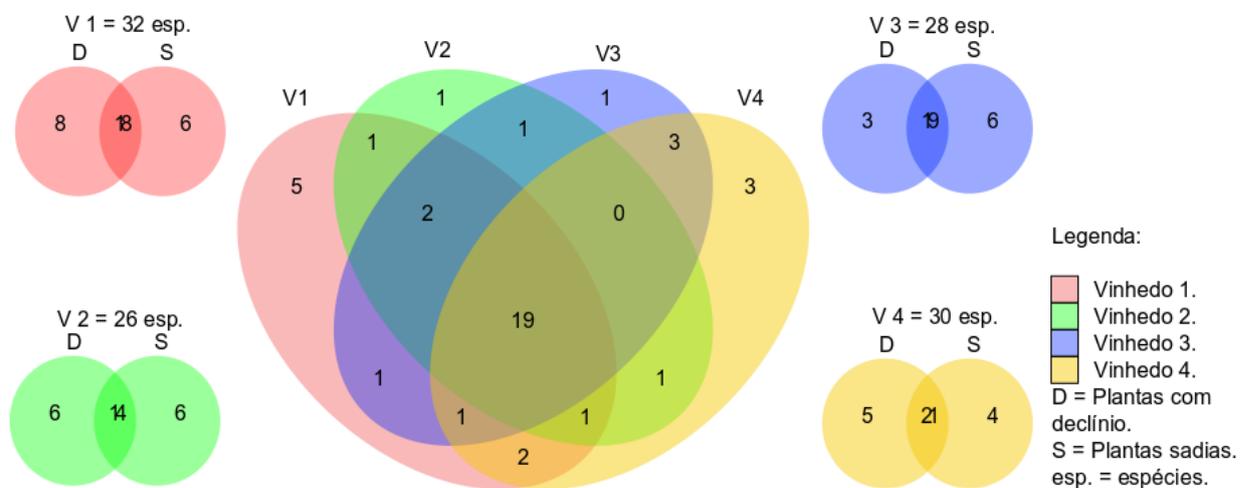
*Variáveis com projeções significativas sobre os componentes principais (valor > 0,50) (SANTOS et al., 2016).

As espécies de FMAs apresentaram correlações positivas com algumas variáveis físico-químicas do solo (Fig. 4). Os teores de matéria orgânica tiveram relação positiva com a presença de *Gigaspora margarita* (0,42 e 0,69) e *Glomus microaggregatum* (0,35 e 0,44). O Cu apresentou correlação positiva com as espécies *Entrophospora infrequens* (0,46 e 0,55), *Diversispora* sp2 (0,59 e 0,46) e *Diversispora* sp3 (0,75 e 0,16). As demais variáveis como Mg, Ca, pH e Cu, apresentaram correlação negativa com as espécies *Gigaspora margarita* e

Glomus microaggregatum, e K e P.r apresentaram correlação negativa para as espécies *Entrophospora infrequens*, *Diversispora* sp2 e *Diversispora* sp3.

A maioria das espécies identificadas é compartilhada entre os vinhedos, e entre as espécies presente nos vinhedos estudados, 19 são comuns a todos os vinhedos (Fig. 6).

Figura 6 - Diagrama de Venn da presença total de espécies de FMAs identificadas em amostras de solo e compartilhas entre os quatro vinhedos (V1 a V4) com plantas com sintomas de declínio (D) ou sadias (S) no Vale do Rio do Peixe, Santa Catarina – SC.



O tempo de implantação de cada vinhedo pode ter influenciado o número de espécies, como nas plantas doentes em V3 e V4 que tem menos espécies e são os mais antigos entre os estudados. Em plantas sadias, V4 tem menor número de espécies em comparação aos demais vinhedos.

A maioria das espécies de FMAs identificadas é comum a plantas com e sem sintomas de declínio e morte da videira, e isso ocorre em todos os vinhedos estudados. O V4 apresenta o maior número de espécies compartilhadas, e o V2 tem o menor. No que se refere ao total de espécies presentes, o V1 foi superior aos demais, sendo o vinhedo que tem mais espécies exclusivas, num total de cinco.

6 DISCUSSÃO

O estudo buscou caracterizar as comunidades de FMAs em plantas de videira com e sem sintomas de declínio e morte no Vale do Rio do Peixe, Santa Catarina – SC. A maioria

das pesquisas tem focado fungos patogênicos associados com o declínio e morte de videiras no estado do Rio Grande do Sul (DAMBROS et al., 2016, GARRIDO et al., 2004) e Santa Catarina (MENEZES-NETTO et al., 2016), mas há poucos trabalhos sobre FMAs em solos de vinhedos produtivos. Considerando os benefícios que os FMAs apresentam sobre as plantas, a identificação dos isolados mais tolerantes às condições adversas no Vale do Rio do Peixe pode servir de referência para prospeções em ações de renovação de vinhedos. O resultado poderá beneficiar os produtores de regiões vitícolas tradicionais, assim como pesquisadores, técnicos e viveiristas, para o ajuste de práticas que beneficiem o estabelecimento de novos vinhedos em áreas de replantio.

No presente estudo, mesmo no solo V3D (Fig. 3), que apresentou menor número de esporos de FMAs, o número de esporos é aproximado 6 vezes superior ao encontrado por Bettoni et al. (2016) nos municípios de Tangará e Videira, onde havia 58 esporos por 50g de solo no sistema orgânico, e 45 em sistema convencional. Tais valores são superiores aos encontrados em vinhedos do Nordeste do Brasil (FREITAS et al., 2011). Mesmo sendo mais baixos que os encontrados na Serra Gaúcha, onde o número de esporos de FMAs variou de 122 a 744 esporos por 50 cm³ (DIAS et al., 2000), o número de esporos encontrado no presente estudo pode ser considerado alto. O número relativamente alto de esporos obtido no presente trabalho pode ser atribuído à estação de amostragem (RABATIN, 1979). Em períodos de seca prolongada e severa, a comunidade de FMAs responde a essas alterações esporulando e reduzindo sua atividade durante a estação, e lentamente se restabelece após o período de seca (GUADARRAMA et al., 2014). O outono, estação em que foram realizadas as coletas de solo, apresenta grande amplitude térmica, e com isso ocorre o estresse fisiológico e nutricional da planta, o que favorece a esporulação dos FMAs.

A produção de esporos de FMAs está relacionada também com as variedades das plantas (KARAGJANNIDIS; VELEMIS; STAVROPOULOS, 1997). No presente estudo, foram avaliadas duas variedades de porta-enxerto, VR 043-43 e Paulsen-1103, e não houve diferença no número de esporos de FMAs, indicando que esses porta-enxertos compartilham a maioria das espécies de FMAs (Fig. 6). No entanto, apesar de a amostragem ter sido realizada nas proximidades do sistema radicular dessas variedades de videiras, a ocorrência de plantas de cobertura empregadas no manejo da cultura e também as espécies espontâneas podem atuar na esporulação dos FMAs nesses agrossistemas.

Outro fator a ser considerado é a dinâmica dos nutrientes no solo, que se reflete em componentes diretamente envolvidos na associação micorrízica, como produção de esporos e

colonização das raízes (FREITAS et al., 2011). Geralmente, a esporulação aumenta após a aplicação de superfosfato, sendo associada à sensibilidade ao fósforo (P) de algumas espécies dos fungos micorrízicos, de acordo com sua estratégia de vida (SYLVIA; SCHENCK, 1983). A matéria orgânica também proporciona maior esporulação e permite o estabelecimento de maior número de espécies de FMAs, como demonstrado em solo de vinhedos (FREITAS, 2006). Desse modo, os números de esporos obtidos no presente trabalho podem se relacionar com os atributos químicos do solo, principalmente o fósforo, que variou de alto a muito alto, e com a matéria orgânica, alta para todos os vinhedos (Tabela 2). Isso confirma que atributos do solo podem influenciar a esporulação mais que o estado sanitário da planta, neste caso, com DMV ou sadias.

O número de 42 espécies de FMAs identificadas neste estudo é alto, e indica que nos vinhedos amostrados existe elevada riqueza de espécies, independente de haver plantas com ou sem declínio (Tabela 3). Ao avaliar comunidades de FMAs em vinhedos da Serra Gaúcha (RS), foram identificadas 33 espécies distribuídas em oito gêneros, e *Rhizophagus clarus*, *Claroideoglomus etunicatum* e *Acaulospora* sp foram as principais espécies identificadas nos cinco municípios avaliados (SILVEIRA, 2006). Em estudo sobre os efeitos de diferentes usos do solo na comunidade de FMAs, o gênero *Glomus* foi o mais abundante nos vinhedos instalados em um Latossolo no Sul do Brasil (SILVA et al., 2015). Em 10 vinhedos no Oregon, EUA, foram encontrados 17 morfotipos, e os gêneros mais frequentes foram *Glomus* e *Acaulospora*, tendo os autores constatado que a presença de algumas espécies estava relacionada ao solo e à idade das videiras (SCHREINER; MIHARA, 2009). Estudo realizado em vinhedos no norte da Califórnia verificou que a composição das espécies diferia entre as áreas, e que a maioria pertencia ao gênero *Glomus* (CHENG; BAUMGARTNER, 2004). Os estudos citados avaliaram a ocorrência de FMAs de forma generalista nos vinhedos, não sendo possível saber se existe diferença entre as plantas de videiras com DMV e sadias, e assim o presente trabalho agrega mais informações para trabalhos futuros. Assim, os resultados sugerem que existem outros fatores a serem considerados na avaliação da ocorrência dos FMAs em solos de vinhedos, como o tipo de solo, o manejo adotado pelos agricultores e as espécies de plantas de cobertura presentes em cada vinhedo.

As plantas de cobertura, como a aveia preta, presente em todos os vinhedos, podem influenciar na diversidade e presença de espécies de FMAs (CRUZ et al., 2020). De forma similar à encontrada aqui, a aveia preta usada como planta de cobertura no cultivo de mandioca não afetou a comunidade de FMAs, e mesmo com alta disponibilidade de P a

colonização micorrízica foi elevada, independentemente das plantas de cobertura (HEBERLE et al., 2015). As comunidades de FMAs no solo são alteradas pelo tempo de permanência das plantas de cobertura, e outros fatores abióticos podem impactar mais a composição das comunidades de FMAs que o sistema de rotação das plantas de cobertura (HIGO et al., 2015). Nesse sentido, a estrutura e composição da comunidade de FMAs em vinhedos podem ser influenciadas mais pelo tipo de solo que pelas características das plantas de cobertura (BALESTRINI et al., 2010). Como os vinhedos estudados possuem solos com características diferentes em todos os vinhedos, e tem em comum o cultivo de plantas de cobertura, seja de ocorrência espontânea ou semeada, esse fator pode ter favorecido a homogeneização das condições para determinados FMAs.

A Análise de Coordenadas Principais (PCoA) demonstrou que as comunidades de FMAs diferiram entre os vinhedos, com a formação de três grupos V1+V2, V3 e V4 (Fig. 4 e Tabela 4), e as famílias Glomeraceae e Acaulosporaceae tiveram maior número de espécies (Tabela 3). Levantamento em vinhedo no município de Urussanga (SC) demonstrou a ocorrência de oito espécies de FMAs, sem diferença na ocorrência de espécies e independentemente do tipo de manejo adotado (ÁVILA et al., 2007). No trabalho citado, o gênero *Glomus* teve a maior ocorrência, enquanto no presente estudo, ficou evidente que a diferença entre vinhedos localizados em áreas distintas, pode ser devido a diferenças das condições do solo, manejo e idade dos vinhedos.

As plantas e comunidades microbianas do solo têm relações estreitas entre si, mas também estão associadas à fertilidade do solo (CASAZZA et al., 2017). A relação entre porta-enxerto e copa está relacionada à composição das comunidades dos FMAs, pois algumas espécies de FMAs podem ter mais afinidade para colonização da raiz de um porta-enxerto. De acordo com Vályi et al. (2016), existem dois tipos de filtros naturais que interferem em uma comunidade de FMAs. Um é o filtro ambiental, que seleciona espécies tolerantes aos fatores ambientais, e outro é o filtro hospedeiro, que permite a colonização apenas por parceiros fúngicos compatíveis. A variedade da videira e a diversidade de outros hospedeiros de FMAs presentes no vinhedo têm fortes efeitos na estrutura da comunidade de FMAs presente (HOLLAND et al., 2014).

Essa interação entre planta e fungo pode variar com o sistema de cultivo e a espécie de planta. Segundo Bettoni et al. (2016), os sistemas orgânicos apresentam menos incidência de declínio e morte de videiras em comparação com o sistema convencional, devido a mudanças em variáveis associadas à formação de micorrizas. A diversidade de FMAs é ainda

influenciada pelas características do ambiente e pelo manejo empregado (LUMINI et al., 2010). Os FMAs que ocorreram de forma isolada em determinado vinhedo nesta pesquisa (Tabela 3) podem estar relacionados com a diversidade de plantas presentes na área, bem as características físicas e químicas do solo, que podem dar condições de desenvolvimento para determinadas espécies de FMAs.

Variações em comunidades de FMAs podem ser atribuídas a fatores ambientais, como P disponível e localização do vinhedo (LIKAR et al., 2013). Diferenças na estrutura da comunidade de FMAs no solo estão relacionadas a adubação fosfatada, profundidade do solo, fenologia das culturas e principalmente ao P, N e pH do solo (LIU et al., 2016). Segundo Smith e Read (2008), teores baixos de P estimulam a associação micorrízica, enquanto teores elevados tendem a diminuir o percentual de colonização das raízes. O valor do fósforo nos quatro vinhedos (Tabela 1) é considerado alto (Comissão de Química e Fertilidade do Solo Comissão, 2004), e isso é mais claro para o V2 que tem histórico de adubação fosfatada e apresentou forte correlação entre o nível de P_r e o V2 (Fig. 5), o que pode ter levado ao menor número de espécies entre os quatro vinhedos (Fig. 6).

A adubação fosfatada e a inoculação de videira com FMAs podem reduzir a toxicidade do Cu em plantas jovens, o que melhora o estado nutricional das plantas e aumenta a concentração de P nas raízes e nas brotações (BRUNETTO et al., 2019). O valor mais elevado de Cu ocorreu no V3, o que pode ser relacionado com a idade e histórico de cultivo, por ser o vinhedo mais antigo entre os avaliados. No entanto, o Cu no solo (Tabela 2) não é alto o suficiente para causar toxicidade às plantas. A fitotoxicidade causada pelo Cu está relacionada a fatores como o teor de argila e matéria orgânica do solo, de modo que não existe consenso quanto a um valor crítico para a cultura da videira. Alguns autores relatam a concentração de Cu disponível no solo de 100 mg/kg⁻¹ como causando toxicidade em plântulas de videira e atrasando o estabelecimento dessas plantas a campo (AMBROSINI et al., 2018). Videiras jovens em solo com teor de Cu de 120 mg kg⁻¹ tiveram diminuição do crescimento e alterações nas trocas gasosas e fotoquímica (TIECHER et al., 2018). O acúmulo de Cu após adição de dose iguais ou superiores a 400 mg kg⁻¹ no solo causou fitotoxicidade em estacas de videira de um ano, com redução do crescimento da parte aérea e das raízes, mas esses efeitos variaram com o teor de argila do solo (TOSELLI et al., 2009). As plantas jovens de videira podem ser tolerantes a altas concentrações de Cu retendo esse elemento nas raízes, no entanto, nas doses mais altas de Cu, se observam diminuição no crescimento das plantas (DE CONTI et al., 2018; TIECHER et al., 2017). Assim, não fica

claro se os teores de cobre acumulado nos vinhedos estudados aqui são altos o suficiente para prejudicar o crescimento, o desenvolvimento ou a sanidade das plantas com possível consequência para a riqueza e composição das comunidades dos FMAs.

A ocorrência de micorrizas nas raízes das plantas é afetado pela fertilidade do solo em termos de nutrientes, matéria orgânica e pH do solo (SAS et al., 2019). O pH do solo desempenha um papel significativo na comunidade de FMAs, por sua relação com a disponibilidade de Al, Fe e Mn (MEDINA; GLACIELA; FLÁVIO, 2018). Os teores desses elementos alteram a comunidade de FMAs (SILVA et al., 2005). Solos com valor baixo de pH tendem a ter menor diversidade, mas a colonização é pouco afetada em uma faixa de aproximadamente 4,5 a 5,7 (WANG et al., 1993; DUMBRELL et al., 2010). O solo ácido inibe a formação de micorrizas por *Funneliformis mosseae* e *Gigaspora margarita*, e a correção do pH faz com que aumente a formação de micorrizas por ambas as espécies de fungos (SIQUEIRA; HUBBELL; MAHMUD, 1984). No presente estudo o pH variou de 5,1 a 6,5, e os vinhedos V1 e V4 apresentaram valores de 5,7 e 5,1 (Tabela 2) abaixo do valor de 6,0 estabelecido como adequado para a cultura da videira (Comissão de Química e Fertilidade do Solo Comissão, 2004). Assim, a colonização das raízes por FMAs em plantas de videira pode ser melhorada pelo aumento do pH do solo (SCHREINER; LINDERMAN, 2005).

As espécies associadas exclusivamente a plantas sadias foram *Acaulospora alpina*, *A. foveata*, *Rhizophagus fasciculatus* e *Sclerocystis* sp1, enquanto a única espécie exclusiva em plantas com declínio foi *Oehlia diaphana* (Tabela 3). As espécies de FMAs podem variar na demanda de carbono e isso pode definir estratégias de vida, havendo variação interespecífica e a existência de *trade-offs* funcionais (CHAGNON et al., 2013). A exsudação radicular pode afetar as estratégias de crescimento microbiano, tanto de microrganismos do solo de crescimento rápido (estrategistas-r) quanto de crescimento lento (estrategistas-K) (DORODNIKOV et al., 2009). Como os dois tipos de microrganismos estrategistas de r e K são abundantes no solo, as mudanças nas taxas de crescimento na comunidade microbiana pela disponibilidade de nutrientes podem refletir alterações nos tipos r ou K (BLAGODATSKAYA et al., 2007). Em solos com alto grau de perturbação, as espécies mais agressivas, com a estratégia do tipo r, têm vantagens sobre as espécies com menor produção de esporos. Tais características e estratégias podem explicar por que algumas espécies no presente estudo são dominantes e outras são raras (Tabela 3).

Claroideoglossum etunicatum é um estrategista r, com uma extensa produção de pequenos esporos em um curto espaço de tempo, ao contrário de *Gigaspora margarita*, que

apresenta uma estratégia do tipo K, com uma pequena produção de esporos (PINHEIRO et al., 2019). Essas espécies são onipresentes como generalistas, e estão fortemente associadas a locais altamente perturbados (OEHL et al., 2010). *Funneliformis mosseae* é um estrategista do tipo r, colonizando rapidamente habitats ruderais, com esporulação abundante e colonização rápida do solo e das raízes (SÝKOROVÁ et al., 2007). Os FMAs podem ter desenvolvido uma estratégia baseada em esporulação para sobreviver em ambientes extremos (OEHL; CHISTIAN, 2014). Segundo Spain (2003), *Archaeospora trappei* foi o fungo mais abundante encontrado em condições frias, sugerindo ter alta esporulação. Essas três espécies foram as dominantes no presente estudo, isso explica em parte a ausência de diferenças entre as comunidades de FMAs no mesmo vinhedo, independentemente de haver plantas que apresentavam sintomas de DMV ou que eram saudáveis (Fig. 4).

No presente trabalho, não houve diferenças nas comunidades de FMAs em relação ao DMV e plantas saudáveis dentro de um mesmo vinhedo. Isso pode ter acontecido porque as plantas estavam nas mesmas condições de fertilidade e manejo do solo, incluindo uso de fertilizantes e fungicidas. Além disso, o uso diverso de plantas de cobertura nos vinhedos amostrados, como a aveia preta presente em todos os vinhedos, pode ter favorecido certas espécies de FMAs, o que pode levar à diminuição nas diferenças de composição das comunidades entre os vinhedos.

7 CONCLUSÕES

As comunidades de FMAs diferem entre vinhedos da região do Alto Vale do Rio do Peixe (SC) e não há diferenças na riqueza de espécies de FMAs entre plantas com e sem sintomas de declínio e morte da videira.

As espécies de FMAs *Claroideoglossum etunicatum*, *Funneliformis mosseae* e *Archaeospora trappei* foram dominantes nos vinhedos da região do Alto do Rio do Peixe – SC.

O manejo do solo, especialmente o uso de plantas de cobertura, parece ter contribuído à homogeneização das comunidades de FMAs nos vinhedos.

Os atributos químicos do solo não foram determinantes para ocorrência da maioria das espécies identificadas, mas matéria orgânica, cobre, pH, cálcio, magnésio, fósforo extraído por resina e potássio favoreceram determinadas espécies de FMAs.

O teor de matéria orgânica do solo teve correlação direta com número de espécies de FMAs e maior em relação aos outros atributos químicos do solo.

REFERÊNCIAS

- AEGERTER, B. J.; GORDON, T. R.; DAVIS, R. M. Occurrence and Pathogenicity of Fungi Associated with Melon Root Rot and Vine Decline in California, **Plant. Dis**, Davis, v. 84, n. 3, p. 224-230, mar. 2000.
- AL-MAWAALI, Q. et al. Etiology, Development and Reaction of Muskmelon to Vine Decline under Arid Conditions of Oman. **Phytopathologia Mediterranea**, Oman, v. 52, n. 3, p. 457–465, jan. 2013.
- ALMEIDA, H. O. et al. Enzimas marcadoras de indução de resistência diferencialmente reguladas em soja resistente e suscetível à ferrugem-asiática-da-soja. **Pesq. agropec. Bras**, Brasília, v.47, n.2, p.163-172, fev. 2012.
- ALVES, M. E. B.; TONIETTO, J. **Condições meteorológicas e sua influência na safra de 2015 em regiões produtoras de vinhos finos do sul do Brasil**. Bento Gonçalves: Embrapa uva e vinho, Comunicado Técnico, n. 173, 16p. 2015.
- AMBROSINI, V. et al. High copper content in vineyard soils promotes modifications in photosynthetic parameters and morphological changes in the root system of ‘Red Niagara’ plantlets. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 128, p. 89-98, jul. 2018.
- ANZANELLO, R.; SOUZA, P. V. D.; CASAMALI, B. Fungos micorrízicos arbusculares (FMA) em porta-enxertos micropropagados de videira. **Bragantina**, Campinas, v. 70, n. 2, p. 409-415, out. 2011.
- ÁVILA, A. L. et al. Ocorrência de fungos micorrízicos arbusculares em cultivos de videira (*Vitis* sp.) sob diferentes tipos de manejo. **Rev. Bras. Agroecologia**, v. 2, n. 1, p. 641-644, fev. 2007.
- AZCON-AGUILAR, C.; BAREA, J. M. Arbuscular mycorrhizas and biological control of soil-borne plant pathogens – an overview of the mechanisms involved. **Mycorrhiza**, Spain, v. 6, p. 457-464, oct. 1996.
- BACK, Á. J.; BRUNA, D. E.; DALBÓ, M. A. Mudanças climáticas e a produção de uva no Vale do Rio do Peixe, SC. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.35, n.1, p.159-169, mar. 2013.
- BALESTRINI, R. et al. Cohorts of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) in *Vitis vinifera*, a typical Mediterranean fruit crop. **Environmental Microbiology Reports**, Italy, v. 2, v. 4, p. 594–604, feb. 2010.
- BASKARATHEVAN, J. et al. Development of isolate-specific markers for *Neofusicoccum parvum* and *N. luteum* and their use to study rainwater splash dispersal in the vineyard. **Plant Pathol**, v. 62, n. 3, p. 501-509, sep. 2013.
- BASSO, M. F.; FAJARDO, T. V. M.; SALDARELLI, P. Grapevine virus diseases: economic impact and current advances in viral prospection and management. **Rev. Bras. Frutic**, Jaboticabal, v. 39, n. 1, e-411, apr. 2017.
- BERTSCH, C. et al. Grapevine trunk diseases: Complex and still poorly understood. **Plant Pathology**, v. 62, n. 2, p. 243-265, aug. 2012.

BETTONI, J. C. et al. Colonização micorrízica de videiras cultivadas em sistemas orgânico e convencional no estado de Santa Catarina. **Agropecu. Catarin**, Florianópolis, v.29, n.1, p. 45-48, abr. 2016.

BILLONES-BAAIJENS, R. et al. Molecular methods to detect and quantify Botryosphaeriaceae inocula associated with grapevine dieback in Australia. **Plant Disease**, v.102, n. 8, p. 489-1499, feb. 2018.

BLAGODATSKAYA, E. V. et al. Priming effects in Chernozem induced by glucose and N in relation to microbial growth strategies. **Appl Soil Ecol**, v. 37, ed. 1-2, p. 95-105, 2007.

BOLAN, N. S. A Critical-Review on the Role of Mycorrhizal Fungi in the Uptake of Phosphorus by Plants. **Plant & Soil**, v. 134, p. 189-207. 1991.

BORCARDT, D., GILLET, F.; LEGENDRE, P. **Numerical Ecology with R**. New York: Dordrecht London Heidelberg, p. 234-240, 2011.

BRANCADORO, L.; VALENTI, L.; REINA, A. Rootstock effect on potassium content of grapevine. **Acta Horticulture**, Wageningen, n.383, p.115-124, 1995.

BRUNDRETT, M. C.; TEDERSOO, L. Evolutionary history of mycorrhizal symbioses and global host plant diversity. **New Phytologist**, v. 220, n. 4, p. 1108–1115, 2018.

BRUNETTO, G. et al. Mobility of copper and zinc fractions in fungicide-amended vineyard sandy soils. **Archives of Agronomy and Soil Science**, v. 60, n. 5, p. 609-624, 2014.

BRUNETTO, G. et al. Use of phosphorus fertilization and mycorrhization as strategies for reducing copper toxicity in young grapevines. **Scientia Horticulturae**, v. 248, p.176–183, 2019.

BUSTAMANTE, P. M. A. C. A Fruticultura no Brasil e no Vale do São Francisco: Vantagens e Desafios. **Rev. Econômica do Nordeste**, v. 40, n. 01, p. 153-171, 2009.

CAMARGO, U. A.; TONIETTO, J.; HOFFMANN, A. Progressos na viticultura brasileira. **Rev. Bras. Frutic**, Jaboticabal, v. 33, n. spe1, p. 144-149, 2011.

CAMPRUBÍ, A. et al. Response of the grapevine rootstock Richter 110 to inoculation with native and selected arbuscular mycorrhizal fungi and growth performance in a replant vineyard. **Mycorrhiza**, v.18, p. 211-216, 2008.

CASAZZA, G. et al. The abundance and diversity of arbuscular mycorrhizal fungi are linked to the soil chemistry of screes and to slope in the Alpic paleo-endemic *Berardia subacaulis*. **PLoS ONE**, v. 12, p.1-19, feb. 2017.

CHAGNON, P. et al. A trait-based framework to understand life history of mycorrhizal fungi. **Trends in Plant Science**, v. 18, n. 9, sep. 2013.

CHAVARRIA, G.; SANTOS, H. P. Cultivo protegido de videira: manejo fitossanitário, qualidade enológica e impacto ambiental. **Rev. Bras. Frutic**, Jaboticabal, v. 35, n. 3, p. 910-918, 2013.

CHENG, X.; BAUMGARTNE, K. Survey of Arbuscular Mycorrhizal Fungal Communities in Northern California Vineyards and Mycorrhizal Colonization Potential of Grapevine Nursery Stock. **HortScience**, v.39, n.7, p. 1702–1706, 2004.

CLARKE, K. R. Non-parametric multivariate analysis of changes in community structure. **Australian Journal of Ecology**, v. 18, p. 117-143, 1993.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO – CQFS-RS/SC. **Manual de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 10. ed. Porto Alegre, 400p. 2004.

COSTA, M. D.; LOVATO, P. E.; SETE, P. B. Micorrização e indução de quitinases e β -1,3-glucanases e resistência à fusariose em porta-enxerto de videira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.45, n.4, p. 376-383, 2010.

CRUZ, A. F.; PIRES, M. C.; NASCIMENTO, L. K. B.; RAMOS, M. L. G.; OLIVEIRA, S. A.; BLUM, L. E. B.; YAMANISH, O. K. Cover cropping system and mulching can shape soil microbial status in fruit orchards. **Scientia Agricola**, v.77, n.4, p. 1-7, 2020.

DALBÓ, A. M.; PERUZZO, E.; SCHUCK, E. Alternativas de manejo para o controle do declínio da videira. **Agropec. Catarin**, v. 20, n.1, p. 58-61, 2007.

DALBÓ, M. A.; SCHUCK, E.; BASSO, C. Influence of rootstock on nutrient content in grape petioles. *Rev. Bras. Frutic.*, Jaboticabal, v. 33, n. 3, p. 941-947, 2011.

DALBÓ, M. A. et al. Levantamento do estado nutricional da videira em Santa Catarina por análise de solo e tecido. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.13, p.335-340, 1989.

DAMBROS, R. N.; DALBÓ, M. A.; ARIOLI, C. J.; VEIGA, M, da. Control of grapevine decline with the use of drains and ridges. **Rev. Bras. Frutic**, Jaboticabal, v. 38, n. 2, p. 1-7, 2016.

DE CONTI, L. et al. Photosynthesis and growth of young grapevines intercropped with native grasses in soils contaminated with copper. **Acta Horticulturae**, v. 1217, p. 179-184, 2018.

DIAS, A. A. et al. **Determinação dos fungos micorrízicos arbusculares autóctones da região vitivinícola do Rio Grande do Sul resultados preliminares**. In: Salão de Iniciação Científica (12 : 2000 : Porto Alegre). Livro de resumos. Porto Alegre: UFRGS, 2000. p. 127, resumo 131.

DORODNIKOV, M. et al. **Stimulation of microbial extracellular enzyme activities by elevated CO² depends on soil aggregate size**. *Global Change Biology*, v. 15, 6 ed, pg. 1603-1614, 2009.

DUMBRELL, A. J. et al. Relative roles of niche and neutral processes in structuring a soil microbial community. **The ISME Journal**, v. 4, p. 337–345, 2010.

ELENA, G.; LUQUE, J. Pruning debris of grapevine as a potential inoculum source of *Diplodia seriata*, causal agent of *Botryosphaeria dieback*. **Eur. J. Plant Pathol**, v. 144, ed. 4, p. 803-810, apr. 2016.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análise de solo.** 2.ed. Rio de Janeiro, 212p. (Embrapa-CNPS. Documentos, 1), 1997.

EPAGRI. **Fruticultura Catarinense em Números.** Florianópolis: Epagri/CEPA, 61p. 2013.

FOLLI-PEREIRA, M. S. et al. Micorriza arbuscular e a tolerância das plantas ao estresse. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, v.36, n.6, 2012.

FREITAS, N. D. O de. et al. Soil biochemistry and microbial activity in vineyards under conventional and organic management at Northeast Brazil. **Scientia Agricola**, São Paulo, v.68, n.2, p.223-229, 2011.

FREITAS, N. D. O de. **Aspectos da associação de fungos micorrízicos arbusculares (Glomeromycota) em videira (Vitis sp).** Pernambuco, 2006. 86f. Dissertação (mestrado), Universidade Federal de Pernambuco.

GALLOTTI, G. J. M. Avaliação da resistência de *Vitis* spp. a *Fusarium oxysporum* f.sp. herbemontis. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.16, n.1, p.74-77, 1991.

GARRIDO, L. da R.; SONEGO, O. R.; GOMES, V. N. Fungos associados com o declínio e morte de videiras no estado do Rio Grande do Sul. **Fitopatol. bras**, Brasília, v. 29, n. 3, p. 322-324, 2004.

GERDEMANN, J. W.; NICOLSON, T. H. Spores of mycorrhizal endogone species extracted from soil by wet sieving and decanting. **Transactions of the British Mycological Society**, v. 46, p. 235-244. 1963.

GIMÉNEZ-JAIME, A. et al. Occurrence of Fungal Pathogens Associated with Grapevine Nurseries and the Decline of Young Vines in Spain. **Journal of Phytopathology**, v. 154, n. 10, p. 598-602, 2006.

GLIESSMAN, S. R. **Agroecologia: procesos ecológicos en agricultura sostenible.** LITOCAT, Turrialba, Costa Rica, 359p. 2002.

GOMES, C. B.; CAMPOS, A. D. C.; COSTA, F. A. **Levantamento de nematoides fitoparasitas associados a pomares de videira em declínio da Serra Gaúcha.** Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, Embrapa Clima Temperado, Pelotas 110, 16p. 2009.

GRAMAJE, D. et al. Fungal grapevine trunk pathogens associated with Syrah decline in Spain. **Phytopathol. Mediterr**, v. 48, n. 3, p. 396–402, 2009.

GRAMAJE, D.; ÚRBEZ-TORRESE, J. R.; SOSNOWSKI, M. R. Managing Grapevine Trunk Diseases With Respect to Etiology and Epidemiology: Current Strategies and Future Prospects. **Plant Disease**, v. 102, n. 1, p. 12-39, 2018.

GUADARRAMA, P.; CASTILLO, S.; RAMOS-ZAPATA, J. A.; HERNÁNDEZ-CUEVAS, L. V.; CAMARGO-RICALDE, S. L. Arbuscular mycorrhizal fungal communities in changing environments: The effects of seasonality and anthropogenic disturbance in a seasonal dry forest. **Pedobiologia**, v. 57, ed. 2, p. 87–95, 2014.

HALEEN, F. et al. *Neonectria liriodendri* sp. nov., the main causal agent of black foot disease of grapevines. **Studies in Micology**, Utrech, v. 55, n. 1, p. 227-234, 2007.

HALLEEN, F.; CROUS, R. W.; PETRIN, O. Fungi associated with healthy grapevine cuttings in nurseries, with special reference to pathogens involved in the decline of young vines. **Australasian Plant Pathology**, v. 32, p. 47-52, 2003.

HEBERLE, E. S. et al. Occurrence and Structure of Arbuscular Mycorrhizal Fungal Communities in Cassava after Cultivation of Cover Crops as Observed by the “PCR-DGGE” Technique. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, Viçosa, v. 39, n. 5, p. 1292-1301, 2015.

HIGO, M. et al. Temporal variation of the molecular diversity of arbuscular mycorrhizal communities in three different winter cover crop rotational systems. **Biol Fertil Soils**, v. 51, n. 21, p. 21-32, 2015.

HOLLAND, T. C. et al. How distinct are arbuscular mycorrhizal fungal communities associating with grapevines? **Biol Fertil Soils**, v. 50, n. 4, p.667-674, 2014.

IBGE - **Levantamento Sistemático da produção Agrícola: pesquisa mensal de previsão e acompanhamento das safras agrícolas no ano civil**. Levant. Sistem. Prod. Agríc, Rio de Janeiro v. 30, n. 1, p. 1-81, janeiro, 2017.

JENKINS, W.R. A rapid centrifugal floatation technique for separating nematodes from soil. **Plant Disease Report**, v. 48, n. 8, p. 692-694, 1964.

KARAGJANNIDIS, N.; VELEMIS, D.; STAVROPOULOS, N. Root colonization and spore population by VA-mycorrhizal fungi in four grapevine rootstocks. **Vitis**, v. 36, n. 2, p. 57-60, 1997.

KOTZÉ, W.; VILLIERS, de J. Seasonal uptake and distribution of nutrient elements by kiwifruit vines 1. Macronutrients. **South African Journal of Plant and Soil**, v. 6, ed. 4, p. 256-264, 1989.

KUNTZMANN, P.; VILLAUME, S.; BERTSCH, C. Conidia dispersal of *Diplodia* species in a French vineyard. **Phytopathologia Mediterranea**, n. 48, p. 150 – 154, 2009.

LAZZAROTTO, J. J.; TAFFAREL, J. C.; MONTEIRO, R. **Caracterização e Análise de Aspectos Sociais, Tecnológicos e Econômico-financeiros da Viticultura Gaúcha e Catarinense**. Documentos 97, Embrapa Uva e Vinho, 1º ed., 49 p. 2016.

LEAL, P. L.; STÜRMER, S. L.; SIQUEIRA, J. O. Occurrence and diversity of arbuscular mycorrhizal fungi in trap cultures from soils under different land use systems in the amazon, Brazil. **Braz. J. Microbiol**, v.40, n. 2, p. 111–121, 2009.

LIKAR, M. et al. Distribution and diversity of arbuscular mycorrhizal fungi in grapevines from production vineyards along the eastern Adriatic coast. **Mycorrhiza**, v. 23, p. 209–219, 2013.

LINARES, R. et al. Effects of soil management in vineyard on soil physical and chemical characteristics. **BIO Web of Conferences**, n. 3, v. 01008, p.1-8. 2014, DOI: 10.1051/bioconf/20140301008.

LIU, W. et al. Arbuscular mycorrhizal fungi in soil and roots respond differently to phosphorus inputs in an intensively managed calcareous agricultural soil. **Scientific Reports**, v. 6, n. 24902, 2016.

LUMINI, E. et al. Disclosing arbuscular mycorrhizal fungal biodiversity in soil through a land-use gradient using a pyrosequencing approach. **Environmental Microbiology**, v. 12, p. 2165–2179, 2010.

MEDINA, C. V.; GLACIELA, K.; FLÁVIO, Z. Colonization and Spore Richness of Arbuscular Mycorrhizal Fungi in Araucaria Nursery Seedlings in Curitiba, Brazil. **International Journal of Agronomy**, vol. 2018, Article ID 5294295, 6 pages, p. 1-6, feb. 2018.

MELO, G. W. B. et al. **Cobre em solos cultivados com a videira na Serra Gaúcha do Rio Grande do Sul. Embrapa Uva e Vinho**. Comunicado Técnico, n.86, 8 p. 2008.

MELO, G. W. de B.; ZALAMENA, J. **Retrato da Fertilidade de Solos Cultivados com Videira nas Regiões da Serra e Campanha Gaúcha**. Comunicado Técnico, n. 181, 9p. 2016.

MENEZES-NETTO, A. C. et al. **Declínio e morte de videiras no estado de Santa Catarina: causas e alternativas de controle**. Boletim Técnico, n. 175, 81p, Florianópolis: Epagri, 2016.

MIOTTO, A. **Cobre em solos arenosos sob vinhedos e resposta de bioquímica-fisiológica videiras em produção**. Santa Maria, 2013. 96f. Tese (doutorado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Santa Maria.

MORALES, R. G.; SANTOS, I.; TOMAZELI, V. N. Influência da nutrição mineral foliar sobre doenças da parte aérea da cultura do trigo. **Rev. Ceres**, Viçosa, v. 59, n.1, p. 71-76, 2012.

MOREIRA F. M. S.; BIGNELL, D.; HUISING, J. **A Handbook of tropical soil biology: sampling and characterization of below-ground biodiversity**. Earthscan, London, p. 17-42. 2008.

MORTON, J. B.; BENTIVENGA, S. P.; BEVER, J. D. Discovery, measurement, and interpretation of diversity in arbuscular endomycorrhizal fungi (Glomales, Zygomycetes). **Can J Bot**, v. 73, p. 25-32, 1995.

MORTON, J. B.; BENTIVENGA, S. P.; WHEELER, W. W. Germplasm in the International Collection of Arbuscular and Vesicular arbuscular mycorrhizal fungi (INVAM) and procedures for culture development, documentation, and storage. **Mycotaxon**, v. 48, p. 491-528. 1993.

OEHL, F.; CHRISTIAN, K. Multiple mycorrhization at the coldest place known for Angiosperm plant life. **Alpine Botany**, n. 124, p. 193-198, 2014.

OEHL, F. et al. Soil type and land use intensity determine the composition of arbuscular mycorrhizal fungal communities. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 42, p. 724-738, 2010.

OKSANEN, J. et al. **Package ‘vegan’**. R Packag, v. 254, p. 8-20, 2013.

PANDOLFO, C. et al. **Atlas Climatológico do Estado de Santa Catarina**. Florianópolis: Epagri, 2002, CD-ROM.

PERTOT, I. et al. Trichoderma atroviride SC1 prevents Phaeoconiella chlamydospora and Phaeoacremonium aleophilum infection of grapevine plants during the grafting process in nurseries. **BioControl**, v. 61, ed. 3, p. 257-267, 2016.

PINHEIRO, E. M. et al. Arbuscular mycorrhizal fungi in seedling formation of barbados cherry (*Malpighia emarginata* D.C). **Rev. Caatinga**, v. 32, n. 2, p. 370 – 380, 2019.

PLANO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS DE SANTA CATARINA (PERH/SC). **Caracterização geral das regiões hidrográficas de santa catarina**. Relatório. Disponível em:http://www.aguas.sc.gov.br/jsmallfib_top/DHRI/Plano%20Estadual/etapa_a/PERH_SC_RH3_CERTI-CEV_2017_final.pdf. Acessado em: 09/10/2019.

RABATIN, S. C. Seasonal and edaphic variation in vesicular-arbuscular mycorrhizal infection of grasses by *Glomus tenuis*. **New Phytol**, v. 83, p. 95-102, 1979.

ROSA, D. J. et al. Parâmetros fisiológicos em videiras ‘Paulsen 1103’ (*Vitis berlandieri* x *Vitis rupestris*) inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares em solo contaminado com cobre. **Ciência Téc. Vitiv**. v. 31, n. 1, p. 14-23, 2016.

RUMBOS, I.; RUMBOU, A. Fungi Associated with Esca and Young Grapevine Decline in Greece. **Phytopathologia Mediterranea**, v. 40, p. S330–S335, 2001.

SALIBE, A. B. et al. Enraizamento de estacas do porta-enxerto de videira ‘VR 043-43’ submetidas a estratificação, ácido indolbutírico e ácido bórico. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 3, p. 617-622, 2010.

SANTOS, J. D. et al. Gestão Sustentável do Agroecossistema e da Paisagem: Assentamentos Rurais na Mata Atlântica. **Rev. Bras. De Agroecologia**, Curitiba, v. 4, n. 2, p. 4162 – 4165, 2009.

SANTOS, J. V. et al. Biological attributes of rehabilitated soils contaminated with heavy metals. **Environ Sci Pollut Res**. v. 23, p. 6735–6748, 2016.

SAS, L. et al. Occurrence of arbuscular mycorrhizal fungi in the roots of two grapevine cultivars in response to bioproducts. **South African Journal for Enology and Viticulture**. v. 1, n. 40, p. 1-4, 2019.

SCHREINER, P. R.; LINDERMAN, R. G. Mycorrhizal Colonization in Dryland Vineyards of the Willamette Valley, Oregon. **Small Fruits Review**, v. 4, n. 3, p. 41-55, 2005.

SCHREINER, R. Effects of native and nonnative arbuscular mycorrhizal fungi on growth and nutrient uptake of ‘Pinot noir’ (*Vitis vinifera* L.) in two soils with contrasting levels of phosphorus. **Applied Soil Ecology**, v. 36, p. 205-215, 2007.

SCHREINER, P. R.; MIHARA, K. K. The diversity of arbuscular mycorrhizal fungi amplified from grapevine roots (*Vitis vinifera* L.) in Oregon vineyards is seasonally stable and influenced by soil and vine age. **Mycologia**, v. 101, n. 5, p. 599-611, 2009.

SCHÜBLER, A.; SCHWARZOTT, D.; WALKER, C. A new fungal phylum, the Glomeromycota: phylogeny and evolution. **Mycological Research**, v. 105. p. 1412-1421, 2001.

- SOMAVILLA, L.; GOMES, C. B.; QUECINI, V. M. Registro da ocorrência de *Meloidogyne incognita* no porta-enxerto 'IAC 766-campinas' no estado de Pernambuco e reação de porta-enxertos e de cultivares copa de videira a *Meloidogyne* spp. **Rev. Bras. Frutic.** v. 34, n. 3, p. 750-756, 2012.
- SILVA, E. P. et al. Micorrizas arbusculares e fósforo no desenvolvimento de mudas de Cedro-Australiano. **Ci. FI**, Santa Maria, v. 27, n. 4, p. 1269-1281, 2017.
- SILVA, G. A. et al. Arbuscular mycorrhizal fungi in a semiarid copper mining area in Brazil. **Mycorrhiza**, v. 15, p. 47-53, 2005.
- SILVA, R. F. da et al. Influência do uso do solo na ocorrência e diversidade de FMAs em Latossolo no Sul do Brasil. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 36, n. 3, p. 1851-1862, 2015.
- SILVEIRA, S. V. **Caracterização de micorrizas arbusculares autóctones de parreirais da Serra Gaúcha e otimização de métodos de multiplicação em espécies aromáticas para aplicação na fruticultura**. Porto Alegre, 2006. 146p. Tese de Doutorado em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- SIQUEIRA, J. O.; HUBBELL, D. H.; MAHMUD, A. W. Effect of liming on spore germination, germ tube growth and root colonization by vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. **Plant and Soil**, v. 76, p. 115-124, 1984.
- SIQUEIRA, J.O. et al. **Micorrizas: 30 anos de pesquisas no Brasil**. 1. ed. Lavras: UFLA, p. 153-210, 2010.
- SMITH, S. E.; READ, D. J. Mycorrhizal symbiosis. 3. ed. San Diego: Academic Press, 2008. 605 p.
- SOARES, C. R. F. S. et al. **Colonização micorrízica e crescimento da videira (*Vitis vinifera*, Porta-Enxerto P1103) em solo com alto teor de cobre**. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, v. 34, 2013.
- SOARES, C. R. F. S.; SIQUEIRA, J. O. Mycorrhiza and phosphate protection of tropical grass species against heavy metal toxicity in multi-contaminated soil. **Biol Fertil Soils**, v. 44, p. 833-841, 2008.
- SÔNIGO, O. R. **Avaliação de porta-enxertos de videira frente a fusariose, em condições de campo**. Comunicado Técnico, Embrapa - Bento Gonçalves, n. 28, 4 p. 1998.
- SÔNIGO, O. R.; GARRIDO, L. R.; JÚNIOR, A. **Principais doenças fúngicas da videira no Sul do Brasil**. Circular Técnica, Embrapa Bento Gonçalves, n. 56, 32 p. 2005.
- SPAIN, J. L. Emendation of *Archaeospora* and of its type species, *Archaeospora trappei*. **Mycotaxon**, v. 87, p. 109-112, 2003.
- SPILMONT, A. S. et al. O declínio das videiras jovens enxertadas em 161-49 C. **Acta Hortic**, v. 1136, p. 251-264, 2016.
- STÜRMER, S. L.; SIQUEIRA, J. O. Species richness and spore abundance of arbuscular mycorrhizal fungi across distinct land uses in Western Brazilian Amazon. **Mycorrhiza**, v. 21, p. 255-267. 2011.

- SÝKOROVÁ, Z. et al. The cultivation bias: different communities of arbuscular mycorrhizal fungi detected in roots from the field, from bait plants transplanted to the field, and from a greenhouse trap experiment. **Mycorrhiza**, v. 18, ed. 1, p. 1-14, 2007.
- SYLVIA, D. M.; SCHENCK, N. C. Application of superphosphate to mycorrhizal plants stimulates sporulation of phosphorus-tolerant vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. **New Phytologist**, v. 95, n. 4, p. 655-661, 1983.
- TEDESCO, M. J. et al. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. Boletim Técnico, Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, n. 5, 174p, 1995.
- TERRA, M. M. et al. Avaliação do estado nutricional da videira 'Itália' na região de Jales, SP, usando o sistema integrado de diagnose e recomendação. **Rev. Bras. Frutic**, Jaboticabal, v. 25, n. 2, p. 309-314, 2003.
- TIECHER, T. et al. The interaction of high copper and zinc doses in acid soil changes the physiological state and development of the root system in young grapevines (*Vitis vinifera*). **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 148, p. 985-994, 2018.
- TIECHER, T. et al. Tolerance and translocation of heavy metals in young grapevine (*Vitis vinifera*) grown in sandy acidic soil with interaction of high doses of copper and zinc. **Scientia Horticulturae**, v. 222, p. 203-212, 2017.
- TOSELLI, M. et al. Response of potted grapevines to increasing soil copper concentration. **Australian Journal of Grape and Wine Research**, v. 15, p. 85-92. 2009.
- ÚRBEZ-TORRES, J. R. The status of Botryosphaeriaceae species infecting grapevines. **Phytopathologia Mediterranea**, v. 50, p. S5-S45, 2011.
- VALENCIA, D. et al. Dissemination of Botryosphaeriaceae conidia in vineyards in the semiarid Mediterranean climate of the Valparaíso Region of Chile. **Phytopathologia Mediterranea**, v. 54, p. 394-402, 2015.
- VÁLYI, K. et al. Community assembly and coexistence in communities of arbuscular mycorrhizal fungi. **The ISME Journal**, v. 10, p. 2341-2351, 2016.
- VAN NIEKERK, J. M.; HALLEEN, F.; FOURIE, P. H. Temporal susceptibility of grapevine pruning wounds to trunk pathogen infection in South African grapevines. **Phytopathol. Mediterr**, v. 50, p. S139-S150, 2011.
- VEIGA, M. da.; DAMBRÓS, R. N.; DALBÓ, M. A. Soil attributes three years after making ridges and or drains for planting grapevine rootstock. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 37, n.3, p.797-805, 2015.
- VIEIRA, A. C. P.; GARCIA, J. R.; BRUCH, K. L. B. Análise exploratória dos potenciais efeitos das mudanças climáticas nos "Vales da Uva Goethe". **Ambient. Soc**, v. 18, n. 3, p. 171-190, 2015.
- WANG, G. M. et al. Field observations on the long-term liming experiments at Rothamsted and Woburn. **New Phytol**, v. 124, p. 465-472, 1993.
- WELC, M. et al. Soil bacterial and fungal communities along a soil chronosequence assessed by fatty acid profiling. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 49, p. 184-192, 2012.