



LUCIANE REIS SALES

**INOCULAÇÃO EM CAMPO DE FUNGOS MICORRÍZICOS
ARBUSCULARES NATIVOS NA PRODUTIVIDADE E
QUALIDADE DA CANA-DE-AÇÚCAR**

LAVRAS-MG

2018

LUCIANE REIS SALES

**INOCULAÇÃO EM CAMPO DE FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES
NATIVOS NA PRODUTIVIDADE E QUALIDADE DA CANA-DE-AÇÚCAR**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras,
como parte das exigências do Programa de Pós-
Graduação em Ciência do Solo, área de
concentração em Biologia, Microbiologia e
Processos Microbiológicos do Solo, para a obtenção
do título de Doutora.

Prof. Dr. Marco Aurélio Carbone Carneiro
Orientador

LAVRAS-MG

2018

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

Sales, Luciane Reis.

Inoculação em campo de fungos micorrízicos arbusculares
nativos na produtividade e qualidade da cana-de-açúcar / Luciane
Reis Sales. - 2018.

80 p. : il.

Orientador(a): Marco Aurélio Carbone Carneiro.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Lavras, 2018.
Bibliografia.

1. Saccharum. 2. Inoculação. 3. Glomeromycota. I. Carneiro,
Marco Aurélio Carbone. . II. Título.

LUCIANE REIS SALES

**INOCULAÇÃO EM CAMPO DE FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES
NATIVOS NA PRODUTIVIDADE E QUALIDADE DA CANA-DE-AÇÚCAR**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras,
como parte das exigências do Programa de Pós-
Graduação em Ciência do Solo, área de
concentração em Biologia, Microbiologia e
Processos Microbiológicos do Solo, para a obtenção
do título de Doutora.

APROVADA em, 06 de fevereiro de 2018.

Prof. Dr. Adriano Teodoro Bruzzi	UFLA
Prof. Dr. Carlos Alberto da Silva	UFLA
Prof. Dr. Jessé Valentim dos Santos	UFLA
Prof. Dr. Orivaldo José Saggin Júnior	EMBRAPA AGROBIOLOGIA

Prof. Dr. Marco Aurélio Carbone Carneiro
Orientador

LAVRAS-MG

2018

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus, pelo milagre da vida.

Aos meus pais Antônio e Nirlane por serem meus exemplos de vida.

Ao meu marido Renzo, por nossa aliança em todos os momentos e, a nossa filha Maria Eduarda, por ser a nossa obra mais perfeita, motivo de alegrias todos os dias.

À minha irmã Flávia, meu cunhado Cássio e minha afilhada-sobrinha Isis por momentos emocionantes.

À todos da família micobacter pela amizade, carinho, atenção e troca de conhecimentos.

Aos técnicos do laboratório da micro Manuel e a Marlene, pela ajuda de sempre.

Ao Instituto Agronômico de Campinas (IAC – Ribeirão Preto/SP) pela parceria na realização das análises tecnológicas.

Aos órgãos de fomento CAPES, FAPEMIG e CNPq pelo apoio financeiro. E ao Departamento de Ciências do Solo - DCS/UFLA pelo apoio institucional.

À Cachaça Bocaina por ceder a área para condução do experimento em campo.

Ao professor Marco Aurélio e sua família pela amizade, consideração, ensinamentos compartilhados.

Enfim, à todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram para a realização desse trabalho.

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar a inoculação de fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) nativos em campo na qualidade e produção de diferentes cultivares de cana-de-açúcar. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, em esquema de parcelas subdivididas no tempo: 6 x 2 x 3, sendo seis cultivares de cana (CTC1, CTC7, CTC9, CTC16, SP89-1115 e RB925345) com e sem inoculação de fungos micorrízicos arbusculares, três safras e com três repetições. A adução fosfatada no plantio foi reduzida a 50% da dose recomendada para a cultura de acordo com a análise de solo. Foram avaliados atributos microbiológicos (colonização micorrízica e densidade de esporos), características agronômicas (altura de colmo, diâmetro de colmo, número de colmo por metro linear, massa média de colmos) e as características tecnológicas: teor de sólidos solúveis (Brix), porcentagem de material insolúvel em água contida na cana (Fibra), pureza aparente, porcentagem de sacarose (Pol), açúcar total recuperável (ATR), toneladas de Pol por hectare (TPH) e toneladas de cana por hectare (TCH) obtidos nas safras 2014/2015, 2015/2016 e 2016/2017. Em grande parte das variáveis analisadas, os tratamentos inoculados foram os que apresentaram as melhores médias e a cultivar CTC9 foi a que apresentou as melhores respostas a inoculação de FMAs, comprovando que esta prática pode ser uma alternativa sustentável ecologicamente e economicamente viável para o produtor.

Palavras-chave: *Saccharum*. Inoculação. Glomeromycota.

ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the inoculation of native arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) in the field in the quality and production of different sugarcane cultivars. The experimental design was a randomized complete block design with 6 x 2 x 3 plots, with six cane cultivars (CTC1, CTC7, CTC9, CTC16, SP89-1115 and RB925345) with and without inoculation of arbuscular mycorrhizal fungi, three harvests and three replicates. Phosphate addition at planting was reduced to 50% of the recommended dose for the crop according to soil analysis. Microbiological attributes (mycorrhizal colonization and spore density), agronomic characteristics (stem height, stalk diameter, stalk number per linear meter, mean stalk mass) and the technological characteristics: soluble solids content (Brix), percentage (Pol), total recoverable sugar (ATR), tons of Pol per hectare (TPH) and tons of sugar cane per hectare (TCH) obtained in the 2014 harvest 2015, 2015/2016 and 2016/2017. In most of the analyzed variables, the inoculated treatments were those that presented the best means and the cultivar CTC9 was the one that presented the best responses to inoculation of FMAs, proving that this practice can be an ecologically and economically viable alternative for the producer.

Keywords: *Saccharum*. Inoculation. Glomermycota.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Variação mensal da precipitação pluviométrica, temperatura máxima, mínima e média do ar entre os meses de novembro de 2014 e outubro de 2017 no município de Lavras/MG.....	24
Figura 2 -	Campo experimental de produção de cana-de-açúcar - Lavras/MG, 2016.....	25
Figura 3 -	Análise de componentes principais da safra 2014/2015.....	58
Figura 4 -	Análise de componentes principais da safra 2015/2016.....	59
Figura 5 -	Análise de componentes principais da safra 2016/2017.....	60

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Resumo da Análise de Variância dos Atributos Microbiológicos: colonização micorrízica (CM) e densidade de esporos de FMAs (DE) em experimento de campo na cultura da cana-de-açúcar, Lavras-MG...	33
Tabela 2 -	Médias das variáveis colonização micorrízica (CM) e densidade de esporos (DE) de FMAs - em experimento de campo na cultura da cana-de-açúcar, Lavras-MG.....	34
Tabela 3 -	Resultados médios do desdobramento da interação cultivar x inoculação (C x I) para as variáveis colonização micorrízica (CM) e densidade de esporos (DE) que apresentaram valor significativo para o teste F nas safras 2014/2015 (safra 1) e 2015/2016 (safra 2) em experimento de campo na cultura da cana-de-açúcar, Lavras-MG.....	35
Tabela 4 -	Resultados médios do desdobramento da interação cultivar x safra (C x S) para as variáveis colonização micorrízica (CM) e densidade de esporos (DE) que apresentaram valor significativo para o teste F nas safras 2014/2015 (safra 1) e 2015/2016 (safra 2) em experimento de campo na cultura da cana-de-açúcar, Lavras-MG.....	36
Tabela 5 -	Resultados médios do desdobramento da interação safra x cultivar x inoculação (S x C x I) para a variável densidade de esporos (DE) que apresentou valores significativos para o teste F nas safras 2014/2015 (safra 1) e 2015/2016 (safra 2) em experimento de campo na cultura da cana-de-açúcar, Lavras-MG.....	37
Tabela 6 -	Resumo da Análise de Variância das características agronômicas: altura média de colmos (AC), diâmetro médio de colmos (DC), número médio de colmos (NC), massa média de colmos (MMC) e toneladas de cana por hectare (TCH) em experimento de campo na cultura da cana-de-açúcar, Lavras-MG.....	38
Tabela 7 -	Média das variáveis alturas média de colmos (AC), diâmetro médio de colmos (DC), número médio de colmos (NC), massa média de colmos (MMC) e toneladas de cana por hectare (TCH) em experimento de campo na cultura da cana-de-açúcar, Lavras-MG.....	39
Tabela 8 -	Resultados médios do desdobramento da interação cultivar x inoculação (C x I) para as variáveis altura média de colmos (AC) e massa média de colmos (MMC) que apresentaram valor significativo para o teste F nas safras 2014/2015 (safra 1), 2015/2016 (safra 2) e 2016/2017 (safra 3) em experimento de campo na cultura da cana-de-açúcar, Lavras-MG.....	40
Tabela 9 -	Resultados médios do desdobramento da interação safra x cultivar (S x C) para as variáveis massa média de colmos (MMC) e toneladas de cana por hectare (TCH) que apresentaram valor significativo para o teste F nas safras 2014/2015 (safra 1), 2015/2016 (safra 2) e 2016/2017 (safra 3) em experimento de campo na cultura da cana-de-açúcar, Lavras-MG.....	41

Tabela 10 -	Resultados médios do desdobramento da interação safra x inoculação (S x I) para as variáveis número médio de colmos (NC) e massa média de colmos (MMC) que apresentaram valor significativo para o teste F nas safras 2014/2015 (safra 1), 2015/2016 (safra 2) e 2016/2017 (safra 3) em experimento de campo na cultura da cana-de-açúcar, Lavras-MG.....	41
Tabela 11 -	Resultados médios do desdobramento da interação safra x cultivar x inoculação (S x C x I) para a variável massa média de colmos (MMC) que apresentou valor significativo para o teste F nas safras 2014/2015 (safra 1), 2015/2016 (safra 2) e 2016/2017 (safra 3) em experimento de campo na cultura da cana-de-açúcar, Lavras-MG.....	43
Tabela 12 -	Resumo da análise de variância das características tecnológicas teor de sólidos solúveis (Brix), porcentagem de material insolúvel em água contida na cana (Fibra), pureza aparente, porcentagem de sacarose (Pol), açúcar total recuperável (ATR) e toneladas de pol por hectare (TPH) em experimento de campo na cultura da cana-de-açúcar, Lavras-MG.....	45
Tabela 13 -	Média da variável teor de sólidos solúveis (Brix), porcentagem de material insolúvel em água contida na cana (Fibra), pureza aparente, porcentagem de sacarose (Pol), açúcar total recuperável (ATR) e toneladas de pol por hectare (TPH) em experimento de campo na cultura da cana-de-açúcar, Lavras-MG.....	46
Tabela 14 -	Resultados médios do desdobramento da interação cultivar x inoculação (C x I) para as variáveis sólidos solúveis (Brix), pureza aparente e toneladas de pol por hectare (TPH) que apresentaram valor significativo para o teste F nas safras 2014/2015 (safra 1), 2015/2016 (safra 2) e 2016/2017 (safra 3) em experimento de campo na cultura da cana-de-açúcar, Lavras-MG.....	48
Tabela 15 -	Resultados médios do desdobramento da interação safra x cultivar (S x C) para as variáveis teor de sólidos solúveis (Brix), porcentagem de material insolúvel em água contida na cana (Fibra), pureza aparente, açúcar total recuperável (ATR) e toneladas de pol por hectare (TPH) que apresentaram valor significativo para o teste F nas safras 2014/2015 (safra 1), 2015/2016 (safra 2) e 2016/2017 (safra 3) em experimento de campo na cultura da cana-de-açúcar, Lavras-MG.....	50
Tabela 16 -	Correlação de Pearson entre os atributos estudados na safra 2014/2015....	53
Tabela 17 -	Correlação de Pearson entre os atributos estudados na safra 2015/2016....	54
Tabela 18 -	Correlação de Pearson entre os atributos estudados na safra 2016/2017....	55
Tabela 19 -	Loadings para as componentes principais: características agrônômicas, tecnológicas e microbiológicas nas safras 2014/2015, 2015/2016, 2016/2017.....	56
Tabela 20 -	Riqueza de espécies de FMAs, frequência de ocorrência (Fr %) e densidade relativa de esporos nas safras 2014/2015 e 2015/2016 em cultivares de cana-de-açúcar com inoculação (CI) e sem inoculação (SI) de FMAs.....	63
Tabela 21 -	Produtividades (tonelada de colmo por hectare – TCH) das safras 2014/2015, 2015/2016 e 2016/2017 e produtividades acumuladas dos tratamentos inoculados com FMAs e não inoculados com FMAs.....	66
Tabela 22 -	Estudo econômico em função do ATR e TCH nos tratamentos inoculados e não inoculados com FMAs em cana-de-açúcar.....	68

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 -	Classificação taxonômica dos fungos micorrízicos arbusculares (Phylum Glomeromycota) apresentada por Redecker et al. (2013).....	17
Quadro 2 -	Relação de Cultivares Avaliada e suas respectivas produtividades.....	27
Quadro 3 -	Descrição das cultivares de cana-de-açúcar estudada.....	27
Quadro 4 -	FMA's recuperados nos cultivos armadilhas.....	28

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	12
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	14
2.1	Cana-de-açúcar.....	14
2.2	Fósforo.....	15
2.3	Fungos Micorrízicos Arbusculares.....	16
2.4	Cana-de-açúcar e FMAs.....	18
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	23
3.1	Área de estudo.....	23
3.2	Cultivares de cana-de-açúcar avaliadas.....	26
3.3	Atributos microbiológicos, características agronômicas e tecnológicas.....	29
3.4	Análise Estatística.....	32
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	33
4.1	Atributos microbiológicos.....	33
4.2	Características agronômicas.....	37
4.3	Características tecnológicas.....	44
4.4	Análises de correlações e Componentes Principais.....	51
4.5	Composição das comunidades de FMAs.....	61
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	64
6	CONCLUSÕES.....	69
	REFERÊNCIAS.....	70

1 INTRODUÇÃO

A procura de alternativas capazes de diminuir o uso de fertilizantes agrícolas tem se intensificado nos últimos anos em função, dentre outros fatores, do caráter não renovável das fontes fornecedoras destes fertilizantes é o principal, como o fósforo, elemento essencial para o desenvolvimento vegetal, porém com reservas finitas estimadas a se esgotarem, nos próximos 100 anos (CORDELL and WHITE, 2011; OWEN et al., 2015;).

Dentre estas alternativas, destaca-se o uso de microrganismos do solo como os Fungos Micorrízicos Arbusculares (FMAs). Esses fungos estabelecem uma simbiose mutualística com raízes de mais de 80% das espécies de plantas vasculares, sendo muitas destas, de interesse agrícola (BERBARA et al., 2006; VARMA, 2008). Entre os benefícios desta associação, destaca-se a maior absorção de água e nutrientes, maior taxa de sobrevivência de plantas e maior resistência a fatores de estresses bióticos e abióticos (TANG et al., 2009). Estudos comprovam que a micorrização, pode ser responsável por até 80% do fosforo absorvido pelas plantas (STÜRMER e SIQUEIRA, 2013).

Apesar de sua importância, no Brasil, a produção de inoculantes de FMAs ainda apresenta dificuldades tecnológicas, devido ao biotrofismo obrigatório dos fungos micorrízicos, ou seja, para produção de inoculante há a necessidade de um hospedeiro vivo, fato este que ainda limita a produção em larga escala para ser utilizado na agricultura (SAGGIN JÚNIOR e LOVATO, 1999).

Novos estudos utilizando o sistema de produção de inóculo micorrízico na própria fazenda (on-farm) têm sido realizados visando transferir essa tecnologia, que é economicamente viável, para o produtor (DOUDS et al., 2006; 2008; 2012; SIEVERDING, 1991; GAUR et al, 2000; SCHLEMPERAND e STÜRMER, 2014). Juntamente com esta técnica, uma estratégia que pode ser adotada é aumentar a densidade de esporos de FMAs nativos através do manejo e uso do solo com plantas micotróficas capaz de multiplicar estes fungos no próprio solo, como a braquiária. Esta estratégia tem como princípio a utilização de FMAs nativos que estão adaptados às condições edafoclimáticas da área e poderão contribuir efetivamente com o desenvolvimento e produção da cultura desejada.

Estudos de diversidade taxonômica dos FMAs em diferentes ecossistemas são necessários, pois inóculos de populações de FMAs autóctones podem apresentar maior adaptabilidade às condições edafoclimáticas (SIQUEIRA, LAMBAIS, STÜRMER, 2002). No entanto, Santos et al. (2000), avaliando o estabelecimento e a capacidade infectiva de FMAs introduzidos em relação à comunidade nativa, observou que a inoculação possibilitou o

estabelecimento de fungos inoculados nas plantas avaliadas, porém somente *Rhizophagus clarus* apresentou capacidade infectiva frente a população de fungos autóctones.

Atualmente, a cana-de-açúcar é considerada uma das grandes alternativas para o setor de biocombustíveis devido ao grande potencial na produção de etanol e aos respectivos subprodutos (CONAB, 2016). Além da produção de etanol e açúcar, as unidades de produção têm buscado operar com maior eficiência, inclusive com geração de energia elétrica, auxiliando na redução dos custos e contribuindo para a sustentabilidade da atividade e do meio ambiente (CONAB 2016).

O Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar, tendo grande importância para o agronegócio brasileiro (CONAB, 2016). O aumento da demanda mundial por etanol, oriundo de fontes renováveis, aliado às grandes áreas cultiváveis e condições edafoclimáticas favoráveis à cana-de-açúcar, tornam o Brasil um país promissor para a exportação dessa commodity (CONAB, 2016).

Novas cultivares de cana-de-açúcar são obtidas anualmente nos programas de melhoramento existentes no Brasil. Uma cultivar ideal é aquela que tem alta média de produção, mas um baixo grau de flutuação em seu desempenho quando cultivada sob diversas condições ambientais (MILLIGAN et al., 1990; NAHAR e KHALEQUE, 2001; REA e SOUZA-VIEIRA, 2001, 2002; KUMAR et al., 2004). A escolha correta das cultivares a serem plantadas, práticas de tratos culturais e manejo adequados pode proporcionar retornos financeiros plausíveis e sem custos adicionais. No entanto, o uso de microrganismos como os FMAs podem propiciar redução dos custos de produção, aumento na produtividade, melhoria na qualidade da cana e principalmente na sustentabilidade do solo.

Desta forma, objetivou-se com este trabalho, avaliar o efeito da inoculação com fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) nativos, multiplicados em casa de vegetação, na produção e qualidade de diferentes cultivares de cana-de-açúcar, em campo.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Cana-de-açúcar

A cana-de-açúcar é uma gramínea pertencente à família Poaceae, à divisão Magnoliophyta (plantas com flores), Classe Liliopsida (monocotiledôneas), Ordem Cyperales (SCARPARI e BEAUCLAIR, 2008). As espécies que compõe a cultura da cana-de-açúcar são seis, compreendidas todas no gênero *Saccharum* (*S. officinarum*, *S. barberi*, *S. robustum*, *S. spontaneum*, *S. sinensis* e *S. edule*) (SCARPARI e BEAUCLAIR, 2008). Atualmente a cana cultivada em todo país, é resultante dos híbridos obtidos destas espécies na busca por incrementos produtivos e resistência a pragas e doenças (SCARPARI e BEAUCLAIR, 2008).

Atualmente, ocupando aproximadamente 9 milhões de hectares em áreas brasileiras, a cana-de-açúcar é uma das culturas de metabolismo C4 mais importante para a produção de alimentos, sendo responsável por 75% do açúcar produzido mundialmente para consumo humano (SOUZA et al., 2008).

Para a safra 2017/2018 a produção estimada é de 646,4 milhões de toneladas de cana-de-açúcar, sendo utilizada como matéria-prima para a produção de 39,39 milhões de toneladas de açúcar e 26,12 bilhões de litro de etanol (CONAB, 2017), além de outros produtos valiosos como leveduras e saborizantes de alimentos e rações.

Além disso, desde o início as décadas de 70 e 80, esta cultura também tem se destacado por seu grande potencial agrícola na produção de energia e biocombustíveis (GOLDENBERG, 2007).

No caso do açúcar, o Brasil detém mais de 40% do mercado internacional. A demanda externa tem impulsionado sua expansão devido ao crescimento da população mundial e ao aumento do consumo em países em desenvolvimento, particularmente na Ásia. Mais recentemente, a quebra de safra em países produtores, como por exemplo China, representou incentivo adicional para o produto no mercado externo, afetando o mercado interno de etanol (ÚNICA, 2016).

O Brasil é o segundo maior produtor mundial de etanol, pouco abaixo dos Estados Unidos, no entanto, os americanos utilizam o milho para sua produção. As condições edafoclimáticas e a larga experiência acumulada na produção de álcool combustível colocam o Brasil em posição privilegiada em relação aos demais países produtores. Além de seu uso comercial para açúcar, etanol e eletricidade nas usinas, a cultura é amplamente utilizada por

pequenos agricultores, em todo o País, como alimento para animais ou como matéria-prima para a cachaça artesanal e açúcar mascavo (MARIN e NASSIF, 2013).

2.2 Fósforo

Dentre os nutrientes essenciais à essa cultura, o fósforo (P) exerce função relevante em seu metabolismo, apresentando grande importância no armazenamento e na transferência de energia e ainda atua como componente dos ácidos nucleicos, fitina e fosfolipídios (EPSTEIN e BLOOM, 2006).

Na cana-de-açúcar, o P desempenha função importante no metabolismo, particularmente na formação de proteínas, no processo de divisão celular, fotossíntese, armazenamento de energia, desdobramento de açúcares, respiração e fornecimento de energia a partir do ATP e formação de sacarose (KORNDÖRFER, 2004). O fornecimento em quantidade adequada de P favorece também o enraizamento, perfilhamento e absorção dos demais nutrientes (Lopes, 1989), além de ser elemento-chave para o desenvolvimento inicial, produtividade e longevidade da cultura, podendo também aumentar a produção de sólidos solúveis (LOPES, 1989; SANTOS, 2011).

As plantas cultivadas em solos tropicais têm baixa eficiência na absorção P, e as taxas de recuperação de fertilizantes fosfatados estão na faixa de 5 a 25% (YANG et al., 2015; YU et al., 2013; MALUF et al., 2018). Nestes solos predominam argilas 1:1 e óxi-hidróxidos de ferro e de alumínio; esses minerais possuem elevada capacidade de adsorção e fixação de P, característica esta, que pode ser um dos fatores que controlam a disponibilidade deste nutriente (SANCHEZ e UEHARA, 1980). A adsorção de fósforo nos solos pode ser afetada pela quantidade e mineralogia das argilas, teor de matéria orgânica, cálcio, ferro trivalente, alumínio e pH (SANCHEZ e UEHARA, 1980). Portanto, para suprir a demanda de P pelas plantas torna-se conveniente a aplicação do nutriente via fertilizante (CAIONE et al., 2015). Com a adição de fertilizantes fosfatados há acúmulo de P em formas inorgânicas e orgânicas com diferentes graus de energia de ligação, embora o acúmulo seja mais pronunciado nas formas inorgânicas (DAROUB et al., 2000). A redistribuição de P em diversas formas é dependente da fonte utilizada. Após a aplicação ao solo de um fertilizante fosfatado ocorre uma sequência de eventos físico-químicos que transformam esse fosfato em substância fosfatada complexa, as quais passam governar a disponibilidade desse nutriente no solo (CAIONE et al., 2015). Se o P se encontra em solução ou fracamente adsorvido, considera-se que esta é a forma lábil, pois está disponível. Entretanto, quando a adsorção ocorre por meio

de ligações mais fortes este grau de interação dificulta a dissorção do P para solução do solo, caracterizando as formas não lábeis (CAIONE et al., 2015).

Geralmente, as doses de P aplicadas nas adubações são bem maiores que as quantidades exportadas, já que normalmente a utilização de P pela cana é de 10 a 15% da quantidade total do fertilizante aplicado (TOMAZ, 2009). Em solos tropicais, os principais fatores responsáveis por essa baixa eficiência da adubação com P é o alto teor de óxidos de ferro e alumínio, que promovem a fixação do elemento (ROSSETTO et al., 2008). Dessa forma, alguns autores (Vitti e Mazza, 2002; Rossetto et al., 2008) recomendam que a melhor forma de aplicação de P em cana-de-açúcar é em área total, onde o P melhor distribuído na área, contribui para o enraizamento, aumentando assim, o volume de solo explorado.

A eficiência da adubação fosfatada é influenciada por vários fatores como, tipo de solo, fonte, forma de aplicação, dose, entre outros. Assim, o manejo da adubação deve favorecer a absorção e diminuir os processos de fixação pelo solo e, conseqüentemente, aumentar o aproveitamento do P pelas plantas (NOVAIS e SMYTH, 1999). A dissolução dos fosfatos naturais depende da superfície de contato com o solo, sendo aumentada com a aplicação em área total seguido de incorporação (Sousa e Lobato, 2003; Horowitz e Meurer, 2004), o que, não necessariamente, implica em aumento na eficiência da adubação (NOVAIS e SMYTH, 1999). No caso dos fosfatos solúveis, a recomendação é que este seja aplicado no sulco de plantio, de forma localizada (Prado et al., 2001), havendo assim, maior contato e proximidade com o sistema radicular das plantas, facilitando o processo de absorção (CAIONE et al., 2011). Diante do exposto, Lana et al. (2004) ressaltam que há necessidade de novos métodos de adubação fosfatada no que diz respeito a fontes, épocas de aplicação e localização do adubo, além de práticas que otimizem o seu uso pela planta.

2.3 Fungos Micorrízicos Arbusculares

Os fungos micorrízicos arbusculares (FMA) têm sido o foco de pesquisa nos últimos 40 anos (Koide e Mosse, 2004; Smith e Read, 2008) em todas as suas funcionalidades, inclusive no que tange ao aumento na absorção de P pelas plantas. Os FMAs formam uma das associações mais comuns na natureza, a micorriza arbuscular (MA), formada entre esses fungos e as raízes de aproximadamente 80 % das plantas terrestres, com origem presumida há aproximadamente 460 milhões de anos (INVAM, 2012). Atualmente compreendidos no Phylum Glomeromycota, têm atravessado numerosas variações na sua classificação taxonômica nos últimos anos. Os métodos de identificação de espécies de FMAs,

antigamente baseados somente em características morfológicas dos esporos, hoje em dia são integrados com evidências moleculares (FORS, 2016). Assim, uma das linhas de classificação mais recentes é a relatada por Redecker et al. (2013) que agrupa os FMAs em uma classe, quatro ordens, 9 famílias e 18 gêneros (QUADRO 1). O número total de espécies micorrízias arbusculares descritas para o phylum (excluindo o gênero *Geosiphon* que não forma micorrizas arbusculares) é atualmente de aproximadamente 270 espécies (SILVA et al., 2014).

Quadro 1 - Classificação taxonômica dos fungos micorrízicos arbusculares (Phylum Glomeromycota) apresentada por Redecker et al. (2013).

CLASSE	ORDEM	FAMÍLIA	GÊNERO
Glomeromycetes	Diversisporales	Diversisporaceae	<i>Diversispora</i>
			<i>Redeckera</i>
		Acaulosporaceae	<i>Acaulospora</i>
		Pacisporaceae	<i>Pacispora</i>
		Gigasporaceae	<i>Gigaspora</i>
			<i>Dentiscutata</i>
			<i>Cetraspora</i>
	<i>Racocetra</i>		
	Glomerales	Claroideglomeraceae	<i>Claroideoglosum</i>
			<i>Glomus</i>
		Glomeraceae	<i>Funneliformis</i>
			<i>Septoglosum</i>
			<i>Rhizophagus</i>
	Archaeosporales	Ambisporaceae	<i>Ambispora</i>
		<i>Geosiphon</i>	
	Archaeosporaceae	<i>Archaeospora</i>	
Paraglomerales	Paraglomeraceae	<i>Paraglosum</i>	
TOTAL	4	9	18

Fonte: Redecker et al. (2013).

Embora os FMAs estejam presentes em ecossistemas naturais e encontrados na maioria das famílias de plantas (Brundrett, 2009), a maior parte das pesquisas diz respeito à sua associação com culturas e pastagens agrícolas significativas nos sistemas agrícolas (KOIDE e MOSSE, 2004; SMITH e READ, 2008).

Na simbiose, os fungos obtêm carboidratos da planta para crescimento vegetativo e produção de esporos (SMITH e READ, 2008). Esta associação, entre FMAs e raízes de plantas, dentre outros benefícios, garante ao simbiote vegetal uma maior absorção de água e nutrientes, principalmente os pouco móveis como o P. Estima-se que a micorriza arbuscular

possa ser responsável por até 80 % do P absorvido pelas plantas (STÜRMER e SIQUEIRA, 2013).

A colonização das raízes pelos FMAs inicia com uma série de eventos celulares e moleculares, os quais levam a uma integração morfofuncional entre as células da planta e do fungo (Lambais, 2006; Cruz et al., 2008) e, de modo geral, o benefício das micorrizas arbusculares no crescimento e nutrição vegetal tem sido amplamente documentado, destacando-se a sua participação nos mecanismos de absorção de nutrientes, como o fósforo (P), cobre (Cu) e o zinco (Zn) (BRUNDRETT 2002; BONFANTE 2003; SMITH e SMITH, 2012; STÜRMER e SIQUEIRA, 2013).

Em plantas inoculadas com FMAs, a condutância estomática da planta, a fotossíntese, a osmoregulação, a produção de enzimas antioxidantes e o conteúdo de ácido abscísico (ABA) são frequentemente alterados, exercendo uma variedade de funções importantes, incluindo a redução da perda de água e a melhora da tolerância à seca (BIRHANE et al., 2012; YANG et al., 2015; MO et al., 2016; DOUBKOVA et al., 2013; GHOLAMHOSEINI et al., 2013). Além disso, esta simbiose confere às plantas uma maior proteção contra organismos patogênicos e condições ambientais desfavoráveis (OZTEKIN et al., 2013). Adicionalmente, várias pesquisas têm demonstrado como esta simbiose contribui na formação e manutenção da estrutura do solo através das suas hifas extra radiculares e produção de glomalina (GADKAR et. al., 2006; BEDINI et al., 2009).

2.4 Cana-de-açúcar e FMAs

Estudos sobre as interações entre cana-de-açúcar e FMAs têm sido realizados em diversos países. Na Austrália, Kelly et. al. (2001), inocularam *Rhizophagus clarus*, extraído de uma área com cultivo de cana, juntamente com diferentes doses de fósforo em cultivos sucessivos (milho, soja e cana), observaram que os FMAs promovem o crescimento do milho e da soja num sistema de rotação e que, dependendo da quantidade de propágulos de FMAs e de P no solo, a adubação fosfatada pode ser suprimida. No Paquistão, Nasim et al. (2008) descobriram que a densidade de esporos de três espécies de *Glomus* aumentou durante o desenvolvimento da cultura e que a baixa colonização da raiz por FMAs ocorreu de acordo com o agravamento da podridão vermelha nas plantas.

Na Índia, Srikumar et al. (2009), em levantamento da ocorrência de FMAs, recuperaram 11 espécies de FMAs associadas à cana-de-açúcar, enquanto Sivakumar (2012) recuperou 23 espécies e observou que a colonização micorrízica das raízes variou de 60 a

89% nas 14 áreas de cultivo em estudo. Ainda, neste país, Datta e Kulkarni (2012), determinaram a densidade, a diversidade de espécies de esporos de FMAs a colonização micorrízica e propriedades químicas do solo, correlacionando positivamente a presença dos mesmos com a cultura em 41 áreas de cultivo. Observaram que existe grande diversidade de FMAs nos diferentes solos com a mesma planta hospedeira e que esta variação na distribuição pode ser correlacionada com o estado nutricional de Cu, Fe e Zn do solo. Estes estudos permitem inferir que a cultura da cana, pode promover alta diversidade de espécies de FMAs. Dentro desta distribuição diversa, as espécies que se destacaram foram: *Glomus fasciculatum*, *Glomus intraradices*, *Glomus mosseae* e *Glomus versiforme*.

No Irã, Rokni et al. (2010) estudaram a diversidade de espécies de fungos em 60 áreas de cultivo de cana-de-açúcar e identificaram 10 espécies em quatro gêneros de FMAs (*Acaulospora colombiana*, *Rhizophagus manihotis*, *Diversispora eburnea*, *G. aggregatum*, *Funneliformis caledonius*, *F. coronatus*, *G. microcarpum*, *R. diaphanus*, *Paraglomus occultum* e *Pacispora*). Sivakumar (2012) identificou 23 FMAs e observou que a colonização radicular variou de 60 a 89% em 14 áreas de cultivo de cana-de-açúcar. E mais recentemente, na Indonésia, Kumalawati et al. (2014) reportaram identificar 11 espécies de FMAs ao explorar áreas de plantio de cana-de-açúcar.

No Brasil, um dos primeiros trabalhos realizados foi o de Andreola (1982), cujo autor fez um levantamento da comunidade de FMAs num canavial do município de Araras, São Paulo, constatando a presença de 7 espécies de FMAs. Posteriormente Reis et al. (1999) avaliaram as comunidades de FMAs presentes no solo rizosférico de 14 cultivares de cana-de-açúcar, em três áreas de cultivo nos estados do Rio de Janeiro e Pernambuco, com diferentes tipos de manejo (com queima e sem queima da cana na pré-colheita) encontrando um total de 18 espécies de FMAs, observando-se um maior número de espécies, nas áreas cuja a queimada não foi realizada.

Reis et al. (2009) ao estudarem o impacto de herbicidas na colonização micorrízica em cultivares de cana observaram que a mesma pode ser influenciada tanto pela cultivar quanto pelo tipo de herbicida. Ambrosano et al. (2010) relataram uma correlação positiva entre a colonização micorrízica de culturas rotacionais e altura da cana cultivada na sequência.

Ainda, com relação a tipos de manejo, e ao contrário do que foi observado por Reis et al (1999), Aleixo et al. (2014) não constataram diferenças significativas entre as densidades de esporos de FMAs recuperadas em áreas com e sem queima da cana, com e sem colheita mecanizada, com e sem aplicação de vinhaça. Em linha com estes resultados, Azevedo et al (2014) quando da avaliação dos impactos na comunidade microbológica do solo em áreas,

cujo o manejo foi com e sem queima prévia da cana de açúcar de três cultivares, também não observaram diferenças significativas nos índices e diversidade, número de esporos e ocorrência de espécies entre esses tipos de manejo, porém observaram que a colonização micorrízica foi maior no sistema de manejo sem queima.

Em casa de vegetação, Souza et al. (2015) ao avaliar os efeitos de níveis de estresse hídrico no solo e um inóculo contendo quatro espécies de FMAs (*Claroideoglossum etunicatum*, *Gigasporas rosea*, *Acaulospora longula*, *Fuscutata heterogama*) no desenvolvimento vegetativo inicial, produção de biomassa fresca e seca, colonização micorrízica, teores de fósforo, proteínas, enzimas e aminoácido da cultivar de cana-de-açúcar RB857515, em condições de casa de vegetação, observou sob estresse hídrico, a colonização micorrízica e o crescimento inicial da planta não foram afetados.

Em sua grande maioria, os estudos realizados que relacionam FMAs e cana-de-açúcar, tem encontrado correlações positivas entre densidade de esporos e colonização micorrízica com a nutrição de plantas, maior resistência a estresses bióticos e abióticos, tipos de manejo, entre outros. No entanto pesquisas, que focam sistemas de manejo visando o aumento da capacidade infectiva do solo com incremento do número de esporos nativos e na qualidade e quantidade (produção) são raros.

De acordo com Ijdo et al. (2011), a multiplicação em larga escala de fungos micorrízicos arbusculares com o objetivo de produzir inoculante micorrízico para aplicações em campo é geralmente realizada em sistemas baseados em substrato e *in vitro* (IJDO et al., 2011).

Inóculos comerciais produzidos usando esses sistemas estão disponíveis em vários países, entretanto, os custos associados a essa tecnologia, incluindo o estabelecimento de culturas puras de espécies de FMAs, transporte, manuseio e desenvolvimento do substrato, são viáveis somente para viveiros (DOUDS et al., 2006).

Há alguns métodos que podem ser utilizados para aumentar a infectividade do solo e o manejo da população indígena de FMAs, por exemplo, a rotação de culturas utilizando plantas micotróficas que podem favorecer a propagação de esporos e aumentar a infectividade do solo.

No sistema “on farm”, onde a produção de inóculo micorrízico é realizado na fazenda, em condições naturais, utilizando isolados de FMAs nativos ou introduzidos (Douds et al., 2008, 2012), o uso de nativos parece ser mais eficiente em algumas situações, uma vez que são adaptados localmente às condições do solo (Sreenivassa 1992). Inóculo em um sistema “on-farm” pode ser iniciado usando todos os propágulos infecciosos de FMAs (esporos, hifa,

pedaços de raiz colonizada) adicionados diretamente ao substrato ou presentes em hospedeiros pré-colonizados (DOUDS et al., 2006, SIEVERDING, 1991).

Métodos agrícolas de produção de inóculos foram desenvolvidos de várias maneiras em vários países. Na Colômbia, Sieverding (1991) preparou camadas de campo fumigadas inoculadas com *Rhizophagus manihotis* (Howeler, Sieverd., e Schenck) Walker e Schüßler (= *Glomus manihotis*) com *Brachiaria decumbens* Stapf como hospedeiro da planta. Após 6 meses, 87-99% do número total de esporos consistiu em esporos de *R. manihotis*, demonstrando a eficiência deste método para multiplicar uma espécie FMA alvo. Na Índia, Gaur et al. (2000), produzido inoculo no sistema on-farm em solo não fumigado misturado com composto orgânico e utilizando coentro, cenoura e feno como plantas hospedeiras inoculadas com FMAs de espécies mistas. Douds et al. (2006, 2008) desenvolveu um método on-farm nos Estados Unidos utilizando pastagens (*Paspalum notatum* Flugge) estabelecidas em estufa e transplantadas para canteiros suspensos ou sacos plásticos contendo vermiculita misturada com solo nativo ou adubo compostado. Douds et al. (2010) propuseram algumas modificações deste método após o teste com perlita utilizada na horticultura como alternativa para vermiculita.

Schlemper e Stürmer (2014), observando que no Brasil ainda não se desenvolveu métodos para a produção de FMAs que seja facilmente acessível aos proprietários de viveiros e aos agricultores e, que as atividades agrícolas no país geram uma grande quantidade de resíduos agrícolas lignocelulósicos como consequência de ser um líder mundial na produção de alimentos, experimentaram resíduos agrícolas lignocelulósicos como componentes de substratos para se multiplicar e produzir um inoculo de FMA utilizando uma metodologia de cultivo adaptada do método proposto por Douds et al. (2008) para climas temperados juntamente com duas espécies de FMAs (*Rhizophagus Clarus* e *Claroideoglomus etunicatum*) colonizadas em mudas de sorgo (*Sorghum bicolor*) ou em solo inóculo e concluíram que o bagaço de cana e folhas de palmeira real favorecem a multiplicação de esporos e propágulos infecciosos.

Fors (2016), ao avaliar o efeito da monocultura prolongada de cana e a inserção da cultura em solo nunca cultivado com a mesma, trabalhou com uma área de expansão do canavial sob pastagem de capim braquiária (*Brachiaria decumbens*) pela primeira vez incorporada ao processo produtivo de cana-de-açúcar e uma área de renovação de um canavial cultivado por aproximadamente 15 anos. Encontrou na primeira área (expansão do canavial) uma riqueza específica de 12 espécies de FMAs, superando a área segunda área de cultivo (monocultivo de cana) onde foram detectadas 9 espécies. *Acaulospora foveata*, *Cetraspora*

pellucida, *Racocetra fulgida* e *Racocetra persica* representaram espécies exclusivas da área de expansão do canavial. Entretanto, *Diversispora globifera* só foi encontrada na área de monocultivo de cana.

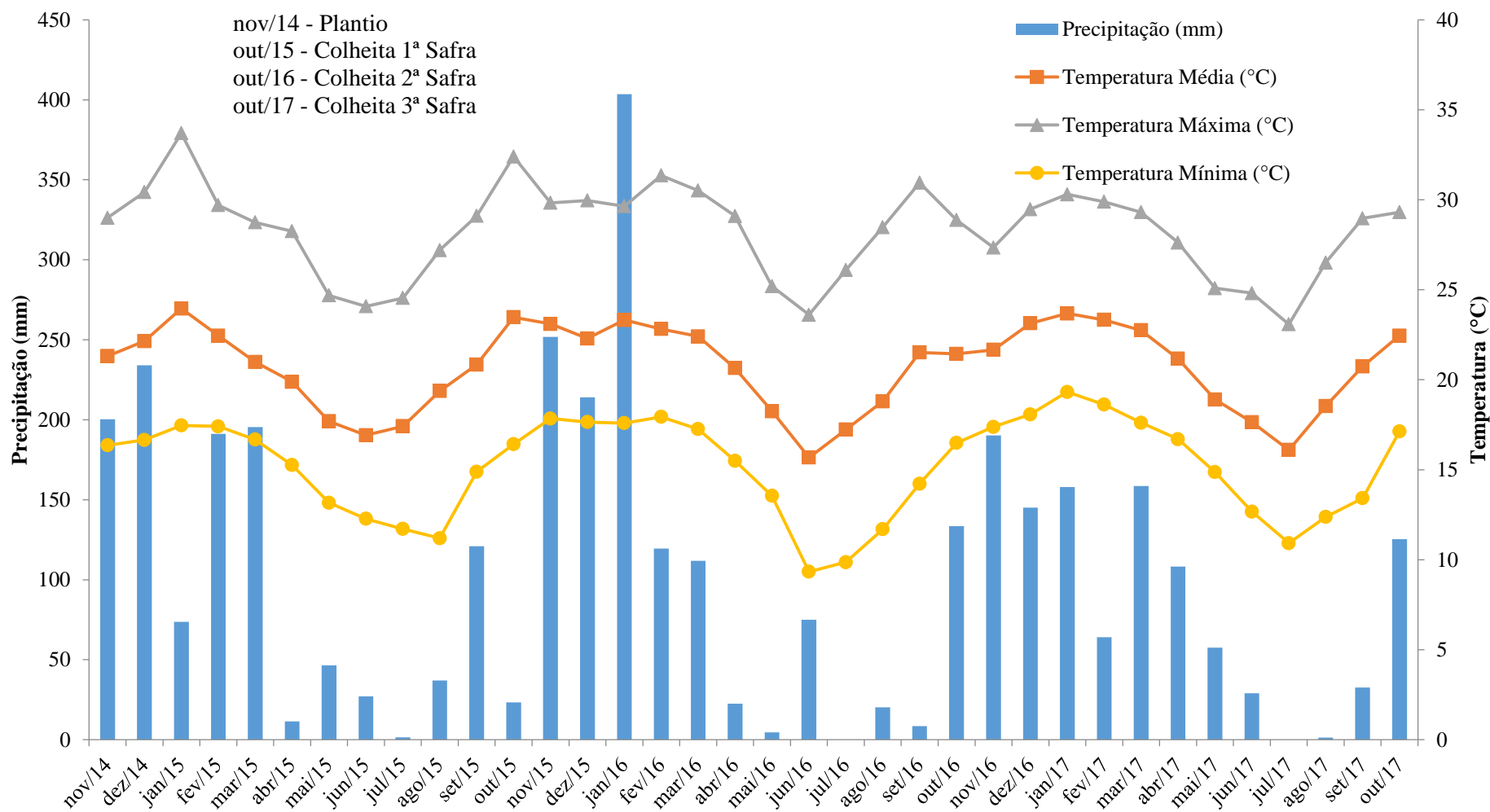
A partir destes resultados e, do princípio de que o uso de fungos micorrízicos arbusculares (FMA) têm grande importância para o crescimento de várias espécies vegetais, devido ao grande potencial para um desenvolvimento mais eficiente da cultura e à redução no uso de fertilizantes, principalmente o fósforo (Russomanno et al., 2008, Subramanian et al., 2011), obter informações sobre a diversidade de um importante grupo de fungos nativos do solo e que podem ser usados para atuar no estabelecimento de práticas de manejo sustentável em culturas comerciais, o trabalho em questão pode ser pioneiro na compreensão dos efeitos dessa prática de manejo (on-farm) na cultura da cana-de-açúcar. Apesar de o uso de inoculante ser uma forma eficiente de introduzir os FMAs, a utilização de técnicas capazes de aumentar a infectividade do solo com o estímulo da própria população nativa de FMAs seria ideal, no entanto, não há relatos na literatura. Para as condições de solo do Brasil, ainda não há estudos sobre a produção de inoculantes em larga escala e também na multiplicação de FMAs nativos.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Área de estudo

O experimento foi conduzido no município de Lavras/MG, em área de produção de cana-de-açúcar da empresa Bocaina Agroindústria e Comércio de Cachaça Ltda., localizada na rodovia BR 265 - km 349, a 912 m de altitude, $21^{\circ}16'04.45''S$ e $45^{\circ}00'12.88''W$, no período de novembro de 2014 a outubro de 2017. A classificação climática segundo Köppen é o Cwa, temperado chuvoso (mesotérmico) com inverno seco e verão chuvoso. Os dados climáticos do período de experimento pode ser observado na Figura 1.

Figura 1 - Variação mensal da precipitação pluviométrica, temperatura máxima, mínima e média do ar entre os meses de novembro de 2014 e outubro de 2017 no município de Lavras/MG.



Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia - INMET (2017).

A área em estudo possui cultivo de cana-de-açúcar há 23 anos sem a queima da palha para colheita (FIGURA 2). O preparo do solo para plantio, historicamente, segue o sistema convencional de cultivo, sendo realizada a aração seguida de gradagem com abertura de sulcos por meio de tração mecanizada. No cultivo anterior (2011-2014), foi realizada a calagem no dia do plantio, aplicando-se no sulco 2 t/ha de calcário dolomítico. Utilizaram 650 kg ha⁻¹ da formulação 8-28-16 no sulco de plantio, na adubação de base, onde o solo apresentava pH (H₂O) = 5,3; Ca = 0,6 cmol_c dm⁻³; Mg = 0,5 cmol_c dm⁻³; Al = 0 cmol_c dm⁻³; P = 0,5 mg dm⁻³; K = 15 mg dm⁻³; V = 22%; M.O. = 2,1 dag Kg⁻¹. Na adubação de cobertura, utilizaram 140 kg.ha⁻¹ de uréia, aos 60 dias após o plantio. O controle das plantas daninhas foi realizado por meio da aplicação em pós-emergência de herbicida a base dos ingredientes ativos 2,4D (1,5L.ha⁻¹) e Diuron (2,5 L.ha⁻¹).

O solo foi classificado como Latossolo Vermelho distroférrico (LVdf), profundo, bem drenado e textura muito argilosa (EMBRAPA, 2006). Na instalação do experimento, em 2014, o solo apresentou pH (H₂O) = 6,5; Ca = 2,90 cmol_c dm⁻³; Mg = 1,30 cmol_c dm⁻³; Al = 0 cmol_c dm⁻³; P = 1,13 mg dm⁻³; K = 28 mg dm⁻³; V = 67%; M.O. = 2,61 dag Kg⁻¹, P-rem = 5,63mg.L⁻¹, teor de areia = 8 dag.kg⁻¹, teor de silte = 23 dag.kg⁻¹ e teor de argila = 62 dag.kg⁻¹.

Figura 2 - Campo experimental de produção de cana-de-açúcar - Lavras/MG, 2016.



Fonte: Google Earth, 2016.

O preparo do solo seguiu o sistema convencional de cultivo, sendo realizada aração seguida de gradagem e abertura de sulcos com utilização de tração mecanizada. De acordo com a análise de solo, não foi necessária a realização da calagem.

O experimento foi instalado em dezembro de 2014, sendo adotado delineamento em blocos casualizados, em esquema fatorial 6 x 2, com 3 repetições, envolvendo 6 cultivares, com e sem inoculação de Fungos Micorrízicos Arbusculares (FMAs) nativos, totalizando 36 parcelas. Cada parcela foi constituída por três sulcos de 5,0 m lineares, espaçados em 1,3 m entre si, cuja profundidade era de 0-30 cm. A cana foi distribuída nos sulcos de plantio no esquema ponta e pé e, posteriormente, cortada em toletes de 30 cm, cujo objetivo foi o de se obter de 8 a 12 plantas por metro linear.

A adubação de plantio foi executada conforme a análise química de solo e recomendações para a cultura (Korndörfer et al., 1999), aplicando-se 50% da dose recomendada de P, correspondente a 75 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (Superfosfato Simples) e 160 kg ha⁻¹ de K₂O (Cloreto de Potássio) e, aos 60 dias após o plantio, realizou-se uma adubação nitrogenada de cobertura correspondente a 60 kg ha⁻¹ de N e 72 kg ha⁻¹ de SO₄²⁻, na forma de Sulfato de Amônio aplicado a lanço, após os cortes não houve adubações.

3.2 Cultivares de cana-de-açúcar avaliadas

Seis cultivares de cana-de-açúcar, de diferente procedências, obtidas de trabalhos realizados por Sales et. al (2016) e Lopes (2015) e dados da empresa Bocaina Agroindústria e Com. de Cachaça Ltda, foram escolhidas, utilizando-se como critério a produtividade médias das mesmas (tonelada de colmo por hectare –TCH), em safras anteriores (2011/2012 – cana planta e 2012/2013 – 1ª soca), separando-as por baixa (< 60 ton/ha) e alta (> 60 ton/ha) produtividade, como mostra a Quadro 2.

Quadro 2 - Relação de Cultivares Avaliada e suas respectivas produtividades.

Cultivares	Procedência	t colmo.ha ⁻¹ /safras			Total Acumulado	Produtividade Média
		2011/2012	2012/2013	2013/2014		
CTC 1	CTC	31,59	63,37	45,32	140,28	Baixa
CTC 7	CTC ¹	49,96	118,49	60,54	228,99	Alta
CTC 9	CTC	60,46	79,73	49,43	189,62	Alta
CTC 16	CTC	37,84	58,12	40,00	135,96	Baixa
SP89-1115	Copersucar ²	66,56	44,54	40,00	151,10	Baixa
RB925345	Ridesa ³	37,28	55,38	38,76	131,42	Baixa

¹CTC- Centro de Tecnologia Canavieira / ²Copersucar - Cooperativa dos Produtores de Cana, Açúcar e Álcool do Estado de São Paulo / ³Ridesa - Rede Interuniversitária para o Desenvolvimento do Setor Sucroalcooleiro / ⁴ t colmo.ha⁻¹ - Tonelada de colmo por hectare.

Fonte: Da autora.

Uma descrição sucinta dessas cultivares encontra-se na Quadro 3.

Quadro 3 - Descrição das cultivares de cana-de-açúcar estudada.

Cultivar	Características	Referência
CTC 1	Apresenta uma produtividade média para cana planta e alta para soca, perfilhamento médio, alto teor de sacarose e baixo teor de fibra.	CTC (2012)
CTC 7	Apresenta uma produtividade alta para cana planta e soca, alto teor de sacarose, médio teor de fibra e alto perfilhamento.	CTC (2012)
CTC 9	É uma cultivar precoce, com alto teor de sacarose, um rendimento médio para cana planta e cana soca e médios teores de fibra e perfilhamento	CTC (2012)
CTC 16	Apresenta um produtividade alta para cana planta e soca, alto teor de sacarose e alto teor de fibra.	CTC (2012)
SP89-1115	Tem um bom teor de açúcar, boa brotação, baixo teor de fibra e um bom rendimento.	ANDRADE et al, 2002; MARIN, 2005
RB925345	Possui diâmetro de colmo médio, alta produtividade, médio perfilhamento, porte alto, alto teor de sacarose e de fibra.	RIDESA, 2010

Fonte: Da autora.

Os FMAs utilizados foram obtidos na própria área experimental, que anteriormente também foi cultivada com cana-de-açúcar. Na área, antes do preparo do solo, traçou-se um transecto alocando 10 pontos, onde foram realizadas três amostras simples na profundidade de

0-20 cm, formando uma amostra composta por ponto, totalizando 10 amostras compostas de 1kg de solo no transecto.

O solo coletado foi encaminhado para o laboratório de Biologia, Microbiologia e Processos Biológicos do Solo do Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras (UFLA). Determinou-se a densidade de esporos no solo pela técnica de peneiramento úmido encontrando 50 esporos em 50dm³ de solo. Para a multiplicação dos FMAs, utilizaram vasos com capacidade para 2 kg, desinfestados com solução de hipoclorito a 5%, por 24 horas e enxaguados abundantemente. Montou-se o cultivo armadilha para multiplicação dos esporos nativos. A montagem dos vasos seguiu a ordem: uma camada no fundo do vaso de 950 ml de areia esterilizada (areia lavada e esterilizada, 2 autoclavagens a 121°C, por 50 minutos, com intervalo de 24 horas), uma camada de 50 ml de solo inoculo e mais uma camada de 950 ml de areia esterilizada, semeando-se *Urochloa brizantha* (60 a 80 sementes). Os vasos permaneceram em cultivo por 6 meses, com temperatura média de 27°C e umidade média de 67%, a irrigação foi feita de acordo visando atingir a capacidade de campo (60% do volume total de poros – VTP). A cada 15 dias a partir da data do plantio, aplicou-se Solução de Hoagland, sem fósforo (P). Após 6 meses de cultivo armadilha, realizou-se a extração de esporos de FMAs deste solo, seguindo a técnica de decantação e peneiramento úmido (Gerdemann e Nicolson, 1963), seguida de centrifugação em água e sacarose (50%). Posteriormente, foi realizada a contagem dos mesmos em uma placa canelada, seguida pela identificação morfológica dos esporos de FMAs (Redecker et al, 2013), que está descrita no Quadro 4.

Quadro 4 - FMAs recuperados nos cultivos armadilhas.

Família	Espécies de FMAs encontradas
Acaulosporaceae	[<i>Acaulospora scrobiculata</i> <i>Acaulospora mellea</i>
Archaeosporaceae	
Gigasporaceae	<i>Cetraspora pellucida</i>
Glomeraceae	[<i>Funneliformis mosseae</i> <i>Glomus sp.</i>
	<i>Septoglomus viscosum</i>
4 famílias	7 espécies

Fonte: Da autora.

O solo inóculo de FMAs foi introduzido no sulco de plantio da fileira central (fileira de avaliação) de cada parcela, juntamente com a cana, na proporção de 400 g de solo inóculo por metro linear, contendo aproximadamente 2.600 esporos de FMAs, além de hifas e raízes colonizadas que também atuam como propágulo de FMAs. No tratamento sem inoculação, também foi aplicado a mesma quantidade de solo inóculo, no entanto, este foi autoclavado por 1 hora a 120°C, por duas vezes, eliminando assim possíveis propágulos de FMAs.

3.3 Atributos microbiológicos, características agronômicas e tecnológicas

No solo rizosférico, avaliou-se a colonização micorrízica e a densidade de esporos, além da identificação das espécies de FMAs presentes no solo. Para estas análises, amostragens de solo rizosférico e de raízes da cana de açúcar foram realizadas juntamente com o corte de cana. Foram coletadas amostras de 100 g de solo próximo as raízes na parcela útil, em profundidade de 0-20 cm. As amostras foram acondicionadas em sacos de plásticos, tomando-se cuidado com a higienização e desinfestação do instrumento de coleta para evitar possíveis contaminações de uma amostra para outra, armazenadas sob refrigeração a 4°C, até a realização das análises laboratoriais.

Para colonização micorrízica foram coletadas aproximadamente 1g de raízes finas para aplicação do método proposto por Phillips e Hayman (1970), em que as raízes são clarificadas com solução de KOH (10%) coloridas com uso de azul de metila e posteriormente avaliadas pelo método da placa quadriculada conforme, Giovanetti e Mosse (1980).

Uma amostra de 50 ml de solo foi utilizada para a extração de esporos de FMAs e determinação da densidade de esporos (Gerdemann e Nicolson, 1963) e identificação morfológica das espécies de FMAs. A identificação por análise taxonômica e contagem de esporos de cada espécie foi realizada em microscópio óptico e comparadas às descrições das espécies na “homepage” do INVAM (International Culture Collection (Vesicular) Arbuscular Mycorrhizal Fungi) disponível em <http://invam.wvu.edu/> e de acordo com Redecker et al. (2013).

Os índices ecológicos foram calculados utilizando-se o número de espécies recuperadas em cada tratamento a partir de 50 mL de solo; a riqueza de espécies foi mensurada pelo número total de indivíduos de uma espécie em cada tratamento; a frequência de ocorrência (Fr%) de cada espécie foi calculada pela razão entre o número de amostra que a espécie de FMA estava presente e o número total de amostra e multiplicados por 100; a

densidade relativa de cada espécie de FMA em cada tratamento foi obtido pela razão entre o número de esporos de uma dada espécie e o número total, multiplicado por 100.

As características agronômicas das plantas foram obtidas na fileira central de cada parcela experimental no momento do primeiro e segundo corte (novembro de 2015 e novembro de 2016, respectivamente), sendo avaliadas:

- 1) **Número de colmo por metro linear (NC):** obtido pela contagem total de colmos na fileira central, dividido pelo comprimento do sulco;
- 2) **Diâmetro médio de colmo (DC):** obtido com o auxílio de um paquímetro com precisão de 1 mm, tomando-se três plantas ao acaso para obtenção da média;
- 3) **Altura de colmo (AC):** medida em centímetros, do nível do solo até a inserção da primeira folha, com o auxílio de uma trena graduada, tomando-se três plantas ao acaso para obtenção da média;
- 4) **Massa média de colmos (MMC):** obtida através da pesagem média, em balança do tipo dinamômetro, de 10 colmos despontados e despalhados.

Para determinação das características tecnológicas, foram coletados aleatoriamente dez colmos de cada parcela experimental, ao acaso, por ocasião das colheitas, os quais foram enviados para o Centro Avançado de Pesquisa Tecnológica do Agronegócio de Cana do IAC (Instituto Agrônomo de Campinas – Ribeirão Preto/SP). Tais atributos foram determinados de acordo com a metodologia proposta pelo Conselho dos Produtores de Cana-de-açúcar, Açúcar e Álcool do Estado de São Paulo – CONSECAN (2006).

As características tecnológicas avaliadas foram:

- 1) **Brix do Caldo (Brix % do caldo):** é a porcentagem de sólidos solúveis contidos em uma solução açucarada (TASSO JÚNIOR, 2007). Para a determinação do Brix % do caldo (teor de sólidos solúveis por cento, em peso, de caldo) foi utilizado um refratômetro digital, de leitura automática, com correção automática da temperatura, em que o valor final é expresso a 20°C.

UNIDADE: %

- 2) **Fibra da cana (Fibra % cana):** para o cálculo da fibra da cana-de-açúcar utilizou-se a seguinte equação:

$$\text{Fibra na cana (\%)} = (0,08 \times \text{PBU}) + 0,876$$

Onde:

PBU = Peso do Bagaço Úmido da prensa, em gramas.

UNIDADE: %

3) Pureza aparente do caldo (Pureza do caldo): é definida como a porcentagem de POL (% de sacarose) no Brix (% de sólidos solúveis). É calculada a partir da seguinte equação:

$$\text{Pureza do caldo (\%)} = (100 \times \text{Pol da cana}) / \text{Brix do caldo}$$

UNIDADE: %

4) Leitura sacarimétrica do caldo (Pol % da Cana): representa a porcentagem aparente de sacarose contida no caldo da cana-de-açúcar. Determinada em sacarímetro digital, automático, calibrado a 20°C, após a clarificação do caldo com uma mistura clarificante à base de alumínio. Assim, a equação completa para o cálculo da Pol da cana foi a seguinte:

$$\text{Pol da Cana (\%)} = (1,00621 \times \text{LAL} + 0,05177) \times (0,2605 - 0,0009882 \times \text{B})$$

Onde:

LAL = Leitura sacarimétrica obtida da mistura clarificante à base de alumínio.

B = Brix do Caldo.

UNIDADE: %

5) Açúcar total recuperável (ATR): é calculado através da POL da cana (PC) e dos Açúcares Redutores da Cana (AR) a partir da seguinte equação:

$$\text{ATR} = (10 \times \text{PC}) \times (1,05263 \times 0,905) + (10 \times \text{AR} \times 0,905)$$

ou

$$\text{ATR} = (9,5263 \times \text{PC}) + (9,05 \times \text{AR})$$

Onde:

10 x PC = POL por tonelada de cana;

1,05263 = Coeficiente Estequiométrico para a Conversão da Sacarose em Açúcares

Redutores;

0,905 = Coeficiente de Recuperação, para uma perda industrial de 9,05%.

10 x AR = Açúcares Redutores por Tonelada de Cana

UNIDADE: Kg de açúcar. Tonelada de cana⁻¹

6) Toneladas de POL por hectare (TPH): é determinada pela seguinte equação:

$$\text{TPH} = (\text{TCH} \times \text{POL da cana}) / 100$$

TCH: toneladas de cana por hectare

7) Toneladas de cana por Hectare (TCH): diferentemente, das demais características, colheu-se todas as plantas do sulco de avaliação (fileira central) de cada parcela e calculou-se por meio da transformação do peso total das parcelas em toneladas por hectare.

3.4 Análise Estatística

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e a comparação entre as médias dos tratamentos pelo teste de Scott Knott e Tukey a 5% de probabilidade e correlação de Pearson utilizando-se o programa estatístico Sisvar (FERREIRA, 2011). Para a análise de componentes principais utilizou-se o software Past 3.16.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a análise conjunta dos dados, a precisão do experimento foi alta, visto que os coeficientes de variação foram baixos (Tabelas 1, 5 e 10), tanto para os atributos microbiológicos e características agrônômicas e tecnológicas. A precisão experimental dos resultados de ensaios de competição de cultivares é importante para a qualificação e interpretação das conclusões (CARGNELUTTI FILHO e STORCK, 2009).

4.1 Atributos microbiológicos

A colonização micorrízica (CM) apresentou diferenças significativas para os fatores inoculação (I), safra (S) e na interação safra x cultivar (S x C) (Tabela 1). Já a densidade de esporos apresentou diferenças significativas para os fatores cultivar (C), inoculação (I), safra (S) e nas interações safra x cultivar (S x C) e safra x cultivar x inoculação (S x C x I) (TABELA 1).

Tabela 1 - Resumo da Análise de Variância dos Atributos Microbiológicos: colonização micorrízica (CM) e densidade de esporos de FMAs (DE) em experimento de campo na cultura da cana-de-açúcar, Lavras-MG.

Fonte de Variação	GL	-----Quadrados Médios -----	
		CM %	DE unid. 50ml de solo ⁻¹
Bloco	2	13,20 ^{ns}	14,22 ^{ns}
Cultivar (C)	5	24,51 ^{ns}	174,06**
Inoculação (I)	1	1088,11**	3612,50**
C x I	5	224,62**	73,20**
Erro 1	22	77,33	14,65
Safra (S)	1	21598,04**	4576,06**
Erro 2	2	25,52	17,38
S x C	5	1876,03**	206,28**
S x I	1	4,69 ^{ns}	32,00 ^{ns}
S x C x I	5	12,41 ^{ns}	48,57**
Erro 3	22	44,38	10,90
Total	71		
CV 1 (%)		17,33	16,84
CV 2 (%)		9,96	18,35
CV 3 (%)		13,13	14,35

** e * significativo a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F e ^{ns} - não significativo pelo teste F.

Fonte: Da autora.

A CM não apresentou diferenças significativas entre as cultivares, variando de 49,61% (CTC 16) a 53,54% (CTC 1). Segundo Kelly et al. (1997), os valores obtidos para CM na cultura em estudo varia de 44 a 54% em plantas não adubadas, chegando a valores inferiores a 4% com adição de 500 kg de P por hectare. Diferentemente da variável densidade de esporos variou entre as cultivares, cujas maiores médias foram observadas para a cultivar CTC 9 (28,83 esporos em 50 ml de solo) (Tabela 2). Em geral, os valores encontrados para DE, apesar de serem baixos, estão dentro da ampla faixa (19 a 815 esporos em 50ml de solo) encontrada por Reis, Paula e Döbereiner (1999) em um estudo sobre comunidades de FMAs na forma de esporos no solo sob diversas lavouras de cana-de-açúcar. Azevedo (2008) encontrou valores próximos a este, variando de 23 esporos em 50 ml de solo para cana com queima prévia (RB72454) e 34 esporos em 50 ml de solo para cana sem queima prévia (SP81-3250). Já Fors (2016), encontrou valores bem superiores, variando de 75 a 413 esporos em 50ml de solo em áreas de monocultivo (15 anos) da cultura. Para ambas as variáveis, os tratamentos inoculados com FMAs apresentaram as maiores médias, 54,63 % para CM e 29,80 esporos em 50 ml de solo para DE. Observa-se que para DE os tratamentos inoculados com FMAs as médias foram 15% maiores do que os tratamentos não inoculados com FMAs, já para DE essas médias foram 47% maiores. Com relação as safras, observa-se uma queda de aproximadamente 50% nas médias entre estas variáveis da safra 1 para a safra 2. (TABELA 2).

Tabela 2 - Médias das variáveis colonização micorrízica (CM) e densidade de esporos (DE) de FMAs - em experimento de campo na cultura da cana-de-açúcar, Lavras-MG.

Cultivares	CM %	DE unid. 50ml de solo⁻¹
CTC1	53,54 a	24,42 b
CTC7	50,51 a	21,00 c
CTC9	50,00 a	28,83 a
CTC16	49,61 a	17,42 d
SP89-1115	50,71 a	21,67 c
RB925345	50,04 a	23,00 c
Com inoculação	54,63 a	29,80 a
Sem inoculação	46,85 b	15,64 b
Safra 1	68,05 a	30,69 a
Safra 2	33,41 b	14,75 b

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna pertencem ao mesmo grupo, de acordo com o agrupamento de Scott Knott (1974), a 5% de probabilidade para as cultivares e pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade para inoculação e safras.

Fonte: Da autora.

Com relação à interação C x I (Tabela 3), é possível observar o efeito da inoculação de FMAs nas cultivares em estudo, as quais apresentaram as maiores médias, tanto para o fator CM quanto DE. Nesta interação, para a variável CM, destacaram-se a CTC9 inoculada com FMAs, cujas médias foram 25% maiores quando comparadas ao tratamento não inoculado com FMAs e, para DE, destacou-se a SP89-1115 inoculada com FMAs, cuja média foi 60% maior do que quando não inoculada. No geral, o valores médios encontrados para DE, quando inoculados com FMAs nativos foi 47,51% superiores aos tratamentos não inoculados no solo cultivado com cana-de-açúcar, o que aumenta o poder infectivo deste solo.

Tabela 3 - Resultados médios do desdobramento da interação cultivar x inoculação (C x I) para as variáveis colonização micorrízica (CM) e densidade de esporos (DE) que apresentaram valor significativo para o teste F nas safras 2014/2015 (safra 1) e 2015/2016 (safra 2) em experimento de campo na cultura da cana-de-açúcar, Lavras-MG.

Cultivares	CM %		DE unid. 50ml de solo ⁻¹	
	Com Inoculação	Sem inoculação	Com inoculação	Sem inoculação
CTC1	59,66 aA	47,42 aB	32,16 aA	16,67 aB
CTC7	55,25 aA	45,77 aB	25,50 aA	16,50 aB
CTC9	57,23 aA	42,76 aB	38,50 aA	19,17 aB
CTC16	53,98 aA	45,24 aA	21,33 aA	13,50 aB
SP89-1115	46,01 aB	55,40 aA	31,33 aA	12,00 aB
RB925345	55,60 aA	44,48 aB	30,00 aA	16,00 aB

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna pertencem ao mesmo grupo, de acordo com o agrupamento de Scott Knott (1974), a 5% de probabilidade. Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha pertencem ao mesmo grupo pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade.

Fonte: Da autora.

Na tabela 4, podemos observar através da interação S x C, o efeito da safra no desempenho das cultivares, as quais apresentaram as maiores médias para CM e DE na safra 1, exceto a cultivar CTC 1 que apresentou maior CM na segunda safra.

Tabela 4 - Resultados médios do desdobramento da interação cultivar x safra (C x S) para as variáveis colonização micorrízica (CM) e densidade de esporos (DE) que apresentaram valor significativo para o teste F nas safras 2014/2015 (safra 1) e 2015/2016 (safra 2) em experimento de campo na cultura da cana-de-açúcar, Lavras-MG.

Cultivares	CM %		DE unid. 50ml de solo ⁻¹	
	Safra 1	Safra 2	Safra 1	Safra 2
CTC 1	47,45 cB	59,63 aA	35,17 aA	13,67 aB
CTC 7	76,50 aA	24,53 cB	30,33 aA	11,67 aB
CTC 9	63,88 bA	36,11 bB	41,83 aA	15,83 aB
CTC 16	74,18 aA	25,04 cB	20,17 aA	14,67 aA
SP89-1115	77,65 aA	23,76 cB	30,50 aA	12,83 aB
RB925345	68,66 bA	31,42 bB	26,17 aA	19,83 aB

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna pertencem ao mesmo grupo, de acordo com o agrupamento de Scott Knott (1974), a 5% de probabilidade. Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha pertencem ao mesmo grupo pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade.

Fonte: Da autora.

A redução no número de esporos na safra 2 em relação à safra 1 pode ter ocorrido em função do plantio da cana, que pode ter provocado maior esporulação de FMAs nativos tanto nos tratamentos inoculados quanto nos tratamentos que permaneceram só com os esporos presentes no próprio solo (tratamentos não inoculados com FMAs), uma vez que o manejo do solo pode levar ao rompimento do equilíbrio entre os componentes do sistema micorrízico (CARRENHO et al., 2010). Como consequência, se estimula o desenvolvimento de estruturas de propagação resistentes, neste caso esporos. Na segunda safra (Tabela 4), a diminuição do número de esporos nos tratamentos não inoculados com FMAs pode ter acontecido como parte de um processo de estabilização da comunidade de FMAs após o plantio da cana, esses resultados corroboram com os resultados obtidos por Fors (2016).

Observou-se também resultados significativos na interação safra x cultivar x inoculação (S x C x I) para a variável DE, cujos resultados de desdobramento estão na tabela 5.

Tabela 5 - Resultados médios do desdobramento da interação safra x cultivar x inoculação (S x C x I) para a variável densidade de esporos (DE) que apresentou valores significativos para o teste F nas safras 2014/2015 (safra 1) e 2015/2016 (safra 2) em experimento de campo na cultura da cana-de-açúcar, Lavras-MG.

Safras	Cultivares	DE unid. 50ml de solo ⁻¹	
		Com inoculação	Sem inoculação
Saфра 1	CTC 1	43,33 bA	27,00 aB
	CTC 7	33,67 cA	27,00 aA
	CTC 9	52,00 aA	31,67 aB
	CTC 16	22,33 cA	18,00 aA
	SP89-1115	42,00 bA	19,00 aB
	RB925345	29,33 cA	23,00 aA
	Saфра 2	CTC 1	21,00 aA
CTC 7		17,33 aA	6,00 aB
CTC 9		25,00 aA	6,67 aB
CTC 16		20,33 aA	9,00 aB
SP89-1115		20,61 aA	5,00 aB
RB925345		30,37 aA	9,00 aB

Cultivares	DE unid. 50ml de solo ⁻¹			
	Com inoculação		Sem inoculação	
	Safra 1	Safra 2	Safra 1	Safra 2
CTC 1	43,33 A	21,00 B	27,00 A	6,33 B
CTC 7	33,67 A	17,33 B	27,00 A	6,00 B
CTC 9	52,00 A	25,00 B	31,67 A	6,67 B
CTC 16	22,33 A	20,33 A	18,00 A	9,00 B
SP89-1115	42,00 A	20,61 B	19,00 A	5,00 B
RB925345	29,33 A	30,37 A	23,00 A	9,00 B

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna pertencem ao mesmo grupo, de acordo com o agrupamento de Scott Knott (1974), a 5% de probabilidade. Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha pertencem ao mesmo grupo pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade.

Fonte: Da autora.

Em geral, as maiores médias foram observadas na safra 1, tanto para as cultivares quanto para os tratamentos inoculados ou não com FMAs. As médias mais expressivas foram observadas para a cultivar CTC9 inoculada com FMAs, a qual se destacou em ambas as safras.

4.2 Características agronômicas

Para as características agronômicas, os resultados podem ser observados na tabela 6. A variável altura média de colmos (AC) não apresentou diferenças significativas entre as

cultivares em estudo. Geralmente, esta é uma característica que varia de cultivar para cultivar, no entanto, estudos como o de Barbosa (2005), que trabalhando com cinco cultivares em sistema irrigado e de sequeiro, também não observou efeito significativo na altura média dos colmos no estágio de colheita, assim como Sales et al. (2016), estudando 16 cultivares diferentes quanto ao potencial produtivo agroindustrial também não obteve diferenças significativas com relação à altura de colmos, estes resultados permitem inferir que esta não é uma regra, ou seja, que as cultivares podem ser semelhantes com relação à altura.

Para o fator cultivar observamos resultados significativos para as variáveis de diâmetro médio de colmos (DC), número médio de colmos (NC) e massa média de colmos (MMC) e toneladas de cana por hectare (TCH). Para o fator inoculação, essa significância pôde ser observada para as variáveis altura média de colmos AC, NC, MMC e TCH. Para o fator safra os resultados foram significativos em todas as variáveis.

Tabela 6 - Resumo da Análise de Variância das características agronômicas: altura média de colmos (AC), diâmetro médio de colmos (DC), número médio de colmos (NC), massa média de colmos (MMC) e toneladas de cana por hectare (TCH) em experimento de campo na cultura da cana-de-açúcar, Lavras-MG.

Fonte de Variação	GL	-----Quadrados Médios -----				
		AC cm	DC mm	NC nº de colmos m ⁻¹	MMC kg colmo ⁻¹	TCH t.ha ⁻¹
Bloco	2	325,19 ^{ns}	5,57 ^{ns}	1,55 ^{ns}	0,01 ^{ns}	256,72 ^{ns}
Cultivar (C)	5	487,21 ^{ns}	29,76*	20,91**	0,26**	4092,91**
Inoculação (I)	1	1036,76*	13,64 ⁿ	22,89**	0,23**	4433,03**
C x I	5	845,77**	10,14 ⁿ	3,60 ^{ns}	0,04**	178,09 ^{ns}
Erro 1	22	215,05	6,04	1,55	0,01	74,25
Safra (S)	2	16311,43	40,88*	17,33**	0,26**	2990,35**
Erro 2	4	154,21	0,81	0,54	0,01	103,34
S x C	10	166,53 ^{ns}	2,95 ^{ns}	1,44 ^{ns}	0,06**	351,69**
S x I	2	68,23 ^{ns}	0,00 ^{ns}	9,39**	0,06**	76,92 ^{ns}
S x C x I	10	32,51 ^{ns}	2,86 ^{ns}	1,75 ^{ns}	0,02**	112,03 ^{ns}
Erro 3	44	148,42	2,26	1,28	0,01	65,58
Total	107					
CV 1 (%)		8,44	9,78	15,94	11,12	15,86
CV 2 (%)		7,15	3,60	9,39	11,08	18,71
CV 3 (%)		7,02	5,98	14,47	9,81	14,90

** e * significativo a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F e ^{ns} - não significativo pelo teste F.

Fonte: Da autora.

Com relação ao fator cultivar, os melhores resultados foram observados para a cultivar CTC 9, cujas as médias, em sua maioria, foram as maiores. Quando comparamos as menores e maiores médias entre as cultivares em estudo, pôde-se observar que para NC a CTC 9 (9,23 colmos m⁻¹) apresentou-se 29% maior quando comparada a cultivar CTC 1 (6,55 colmos m⁻¹), para MMC essa diferença foi de 33% e para TCH chegou a 50% (Tabela 5). Exceto para DC, foi possível observar efeito significativo da inoculação de FMAs, para AC (3,5%), NC (11%), MMC (9,5%) e TCH (22%). Observou-se também influência das safras nos resultados dessas variáveis (TABELA 7).

Tabela 7 - Média das variáveis altura média de colmos (AC), diâmetro médio de colmos (DC), número médio de colmos (NC), massa média de colmos (MMC) e toneladas de cana por hectare (TCH) em experimento de campo na cultura da cana-de-açúcar, Lavras-MG.

Cultivares	AC	DC	NC	MMC	TCH
	cm	mm	nº de colmos m ⁻¹	kg colmo ⁻¹	t.ha ⁻¹
CTC1	171,05 a	26,20 a	6,55 c	0,83 d	42,26 e
CTC7	178,24 a	25,27 a	8,86 a	0,95 b	65,59 b
CTC9	173,17 a	25,90 a	9,23 a	1,09 a	78,37 a
CTC16	169,97 a	22,61 b	6,95 c	0,73 c	38,89 e
SP89-1115	168,00 a	25,44 a	8,09 b	0,86 c	53,52 c
RB925345	181,51 a	25,35 a	7,25 c	0,86 c	47,44 d
Com inoculação	176,76 a	25,49 a	8,28 a	0,93 a	60,75 a
Sem inoculação	170,56 b	24,78 a	7,36 b	0,84 b	47,93 b
Safra 1	152,74 b	26,18 a	8,33 a	0,98 a	63,55 a
Safra 2	195,02 a	24,06 b	8,08 a	0,86 b	53,63 a
Safra 3	173,79 b	25,12 b	7,01 b	0,82 b	45,35 b

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna pertencem ao mesmo grupo, de acordo com o agrupamento de Scott Knott (1974), a 5% de probabilidade para as cultivares e pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade para inoculação e safras.

Fonte: Da autora.

Na safra 2016/2017, as médias nacionais de produtividade da cultura (toneladas de cana por hectare – TCH) foram de 72,62 t.ha⁻¹ (CONAB, 2016). A inoculação com FMAs incrementou 20% na produtividade desta safra, cujos os valores inoculados com FMAs foi de 60,75 t ha⁻¹ e 47,93 t ha⁻¹ sem inoculação. Vale destacar ainda, que as médias de produtividade nacional são provenientes de cana de ano e meio, o que não é o caso do presente estudo.

Na interação C x I, para a variável AC, observamos resultados expressivos para cultivá-la CTC7, CTC16, uma vez que estas cultivares, quando inoculadas com FMAs apresentaram incremento de aproximadamente 12% em suas médias, já para a variável MMC, destacamos as cultivares CTC 1 e CTC 16 cujo incremento da inoculação foi de aproximadamente 24% em suas médias (TABELA 8).

Tabela 8 - Resultados médios do desdobramento da interação cultivar x inoculação (C x I) para as variáveis altura média de colmos (AC) e massa média de colmos (MMC) que apresentaram valor significativo para o teste F nas safras 2014/2015 (safra 1), 2015/2016 (safra 2) e 2016/2017 (safra 3) em experimento de campo na cultura da cana-de-açúcar, Lavras-MG.

Cultivares	AC cm		MMC kg colmo ⁻¹	
	Com inoculação	Sem inoculação	Com inoculação	Sem Inoculação
CTC1	171,33 bA	170,78 aA	0,95 bA	0,71 cB
CTC7	190,00 aA	166,50 aB	0,97 bA	0,93 bA
CTC9	167,80 bA	178,53 aA	1,11 aA	1,06 aA
CTC16	180,25 aA	159,68 aB	0,83 cA	0,64 cB
SP89-1115	165,78 bA	170,22 aA	0,89 cA	0,84 bA
RB925345	185,38 aA	177,64 aA	0,85 cA	0,87 bA

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna pertencem ao mesmo grupo, de acordo com o agrupamento de Scott Knott (1974), a 5% de probabilidade. Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha pertencem ao mesmo grupo pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade.

Fonte: Da autora.

Em geral, a tendência das variáveis MMC e TCH é de decrescer com a passagem das safras, características estas da própria cultura. Com relação ao destaque entre as cultivares, destacamos a cultivar CTC 9 que em todas as safras apresentou as maiores médias para essas variáveis (TABELA 9).

Tabela 9 - Resultados médios do desdobramento da interação safra x cultivar (S x C) para as variáveis massa média de colmos (MMC) e toneladas de cana por hectare (TCH) que apresentaram valor significativo para o teste F nas safras 2014/2015 (safra 1), 2015/2016 (safra 2) e 2016/2017 (safra 3) em experimento de campo na cultura da cana-de-açúcar, Lavras-MG.

Cultivares	MMC kg colmo ⁻¹			TCH t.ha ⁻¹		
	Safra 1	Safra 2	Safra 3	Safra 1	Safra 2	Safra 3
CTC 1	0,79 cB	0,93 aA	0,77 bB	42,40dA	49,00bA	35,36bA
CTC 7	1,19 aA	0,90 aB	0,76 bB	82,34bA	65,00 aA	49,42bB
CTC 9	1,17 aA	0,98 aB	1,11 aA	95,97aA	68,67 aB	70,47aB
CTC 16	0,79 cA	0,74 bA	0,67 bA	45,59dA	40,02bA	31,05bA
SP89-1115	1,01 bA	0,78 bB	0,75 bB	66,60cA	48,04 bB	41,79bB
RB925345	0,92 cA	0,84 bA	0,81 bA	47,86dA	51,04bA	43,44bA

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna pertencem ao mesmo grupo, de acordo com o agrupamento de Scott Knott (1974), a 5% de probabilidade. Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha pertencem ao mesmo grupo pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade.

Fonte: Da autora.

Para as variáveis NC e MMC, observou-se diferenças significativas na interação safra x inoculação (S x I). Para NC, destacamos um incremento de 22% da inoculação de FMAs na safra 1, para as demais safras não houve diferença significativas. Para MMC, o maior incremento obtido pela inoculação de FMAs ocorreu na safra 3 (19%) (TABELA 10).

Tabela 10 - Resultados médios do desdobramento da interação safra x inoculação (S x I) para as variáveis número médio de colmos (NC) e massa média de colmos (MMC) que apresentaram valor significativo para o teste F nas safras 2014/2015 (safra 1), 2015/2016 (safra 2) e 2016/2017 (safra 3) em experimento de campo na cultura da cana-de-açúcar, Lavras-MG.

Safras	NC nº de colmos m ⁻¹		MMC kg colmo ⁻¹	
	Com inoculação	Sem inoculação	Com inoculação	Sem inoculação
1	9,34 aA	7,26 bB	0,98 aA	0,98 aA
2	8,23 bA	7,93 aA	0,90 bA	0,82 bB
3	7,14 bA	6,89 bA	0,90 bA	0,73 bB

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: Da autora.

Na interação safra x cultivar x inoculação (S x C x I), para a variável MMC, na safra 2014/2015 (safra 1) a inoculação com FMAs, em sua maioria, não apresentou diferenças significativas entre as cultivares, e dentre estas, as que mais se destacaram tanto inoculadas como sem inoculação de FMAs foram as cultivares CTC 7 e CTC 9, na segunda safra (2015/2016), as cultivares inoculadas com FMAs não diferiram suas médias, no entanto com relação a inoculação as cultivares CTC 16 e SP89-1115 incrementaram suas médias em aproximadamente 25% quando comparadas aos tratamentos não inoculados (TABELA 11). Na terceira safra (2016/2017), dentre as cultivares inoculadas com FMAs, destacou-se a cultivar CTC 9 (1,20 kg colmo⁻¹), essa mesma cultivar também se destacou entre os tratamentos não inoculados com FMAs, apresentando uma média de 1,03 kg colmo⁻¹. Estatisticamente, para esta cultivar, a inoculação com FMAs não interferiu nos resultados, no entanto, a inoculação com FMAs, incrementou as médias para as cultivares CTC 1 (37%) e CTC 16 (26%). Quando observamos a média de MMC das cultivares com e sem inoculação de FMAs dentro das safras, é possível observar que a inoculação pode incrementar a MMC em até 26% (CTC 1). O efeito da safra foi minimizado quando da inoculação de FMAs para praticamente todas as cultivares em estudo, exceto a cultivar CTC 7.

Tabela 11 - Resultados médios do desdobramento da interação safra x cultivar x inoculação (S x C x I) para a variável massa média de colmos (MMC) que apresentou valor significativo para o teste F nas safras 2014/2015 (safra 1), 2015/2016 (safra 2) e 2016/2017 (safra 3) em experimento de campo na cultura da cana-de-açúcar, Lavras-MG.

Safra	Cultivares	MMC kg colmo ⁻¹	
		Com inoculação	Sem inoculação
Safra 1	CTC 1	0,97 bA	0,61 cB
	CTC 7	1,18 aA	1,20 aA
	CTC 9	1,14 aA	1,21 aA
	CTC 16	0,86 bA	0,72 cA
	SP89-1115	0,92 bB	1,14 aA
	RB925345	0,86 bA	0,97 bA
Safra 2	CTC 1	0,96 aA	0,89 aA
	CTC 7	0,92 aA	0,87 aA
	CTC 9	1,00 aA	0,96 aA
	CTC 16	0,85 aA	0,63 bB
	SP89-1115	0,89 aA	0,67 bB
	RB925345	0,80 aA	0,89 aA
Safra 3	CTC 1	0,91 bA	0,62 bB
	CTC 7	0,82 bA	0,71 bA
	CTC 9	1,20 aA	1,03 aA
	CTC 16	0,77 bA	0,57 bB
	SP89-1115	0,82 bA	0,71 bA
	RB925345	0,89 bA	0,74 bA

Cultivares	MMC kg colmo ⁻¹					
	Com inoculação			Sem inoculação		
	Safra 1	Safra 2	Safra 3	Safra 1	Safra 2	Safra 3
CTC 1	0,97 A	0,96 A	0,91 A	0,61B	0,89A	0,62B
CTC 7	1,17 A	0,92 B	0,81 B	1,20 A	0,87 B	0,71 B
CTC 9	1,14 A	1,00 A	1,20 A	1,21 A	0,96 B	1,03 B
CTC 16	0,86 A	0,85 A	0,77 A	0,72 A	0,63 A	0,57 A
SP89-1115	0,91 A	0,89 A	0,82 A	1,14 A	0,67 B	0,71 B
RB925345	0,86 A	0,80 A	0,89 A	0,97 A	0,87 A	0,74 A

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna pertencem ao mesmo grupo, de acordo com o agrupamento de Scott Knott (1974), a 5% de probabilidade. Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha pertencem ao mesmo grupo pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade.

Fonte: Da autora.

Com relação às características agrônômicas podemos observar que as alturas de colmos não apresentaram diferenças significativas entre as cultivares. Já as características diâmetro de colmo (DC) e número de colmos (NC) apresentaram diferenças significativas nas 3 safras para o fator cultivar. De acordo com Marafon (2012), essas características podem

estar diretamente relacionada ao acúmulo de sacarose (pol), esta informação não corrobora com os resultados obtidos no presente trabalho, uma vez que entre as cultivares em estudo. No tocante ao NC, segundo Silva, Jerônimo e Dal'Col Lúcio (2008), o desenvolvimento da cana, relaciona-se positivamente a um maior perfilhamento, o qual resulta em maior produtividade. Isso pode ser comprovado neste estudo, visto que as cultivares que apresentaram as maiores médias para número de colmos (CTC7 e CTC9), foram aquelas que também apresentaram maior produtividade (TCH).

Os valores da massa média de colmos (MMC) na primeira, segunda e terceira safra foi de 0,98 kg, 0,86 kg e 0,81 kg, respectivamente, e a cultivar que mais se destacou foi a CTC9, que apresentou as maiores médias em todas as safras (2014/2015 – 1,17 kg; 2015/2016 – 0,98 kg; 2016/2017 – 1,11 kg) (Tabela 8). Além da variação entre as cultivares, houve diferenças entre os tratamentos inoculados e não inoculados com FMAs, na segunda e na terceira safra, sendo que na terceira safra os tratamentos inoculados incrementou 19% na MMC. Essa variável está diretamente relacionada com altura de colmo e diâmetro de colmos e seu valor infere no valor da TCH.

4.3 Características tecnológicas

O resultado da análise conjunta para as características tecnológicas encontram-se na tabela 11. Em geral, os coeficientes de variação foram baixos, ($\leq 20\%$) o que indica boa precisão do experimento (TABELA 12).

Tabela 12 - Resumo da análise de variância das características tecnológicas teor de sólidos solúveis (Brix), porcentagem de material insolúvel em água contida na cana (Fibra), pureza aparente, porcentagem de sacarose (Pol), açúcar total recuperável (ATR) e toneladas de pol por hectare (TPH) em experimento de campo na cultura da cana-de-açúcar, Lavras-MG.

Fonte de Variação	GL	-----Quadrados Médios -----					
		Brix %	Fibra	Pureza % cana	Pol	ATR Kg ton ⁻¹	TPH t ha ⁻¹
Bloco	2	0,35 ^{ns}	1,91 ^{ns}	3,25 ^{ns}	1,25 ^{ns}	84,43 ^{ns}	6,23 ^{ns}
Cultivar (C)	5	2,33**	15,50**	5,39**	3,26 ^{ns}	175,61**	132,93**
Inoculação	1	6,94**	0,47 ^{ns}	35,21**	10,44*	539,26**	176,05**
C x I	5	1,38**	0,52 ^{ns}	3,53**	1,31 ^{ns}	14,58 ^{ns}	6,87**
Erro 1	22	0,25	0,60	0,96	1,70	22,09	1,48
Safra (S)	2	96,17**	39,38**	2079,32**	100,50**	11834,54**	41,90**
Erro 2	4	0,59	1,54	2,14	0,93	57,42	2,79
S x C	10	2,09*	2,16**	3,38*	1,57 ^{ns}	124,09**	8,11**
S x I	2	1,02 ^{ns}	0,67 ^{ns}	15,19**	1,16 ^{ns}	139,45**	0,92 ^{ns}
S x C x I	10	0,56 ^{ns}	0,89 ^{ns}	1,97 ^{ns}	1,45 ^{ns}	30,21 ^{ns}	3,57 ^{ns}
Erro 3	44	0,42	0,46	1,44	1,13	21,76	1,76
Total	107						
CV 1 (%)		2,27	5,95	1,10	7,51	2,78	12,92
CV 2 (%)		3,45	9,52	1,64	5,55	4,48	17,62
CV 3 (%)		2,90	5,18	1,34	6,12	2,76	14,09

** e * significativo a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F e ^{ns} - não significativo pelo teste F.

Fonte: Da autora.

Para as características tecnológicas, observaram-se diferenças significativas para quase todas as variáveis no que tange ao fator cultivar, exceto para porcentagem de sacarose (Pol). Para o fator inoculação a única variável que não apresentou diferenças significativas foi a porcentagem de material insolúvel em água contida na cana (Fibra). A fibra da cana é a parte sólida da planta formada pela celulose, hemicelulose, ligninas, pentosanas, pectinas, e outros componentes. O teor de fibra é uma característica varietal, mas também influenciável por diversos fatores ambientais, como clima (precipitação e temperatura), solo, tratamentos culturais e época de corte (FERNANDES, 2000). Segundo Tasso Júnior (2007), a porcentagem de fibra ideal deve estar com um valor de aproximadamente 12 e 14%. Na primeira safra, o valor médio foi de 14,11% (tabela 13), sendo a menor média 11,50% (SP89-1115) e a maior média 15,46% (CTC1) (TABELA 14). Na segunda safra, a média geral foi de 12,03%, variando de

10,75% para a SP89-1115 e 12,77% para RB925345. Na terceira safra a média geral foi de 12,99%, variando de 12,00% para a SP89-1115 e 13,47% para a cultivar CTC 1.

Para a variável pureza % cana, obtive-se altas médias nas três safras, superiores a 80%. Este valor indica maturidade fisiológica da cana-de-açúcar, refletindo a relação entre o teor de sacarose e todos os demais sólidos solúveis. Segundo Stupiello (2000), a alta pureza na cana-de-açúcar é prenúncio de altos rendimentos, isto é verificado pela baixa quantidade de não sacarose, como componentes normais do caldo, aminoácidos, ácidos orgânicos, amido, açúcares redutores além de outros precursores e formadores de cor.

O efeito significativo da safra foi observado para todas as variáveis tecnológicas em estudo (TABELA 12). Com relação as interações, observou-se diferenças significativas para C x I, S x C e S x I. Na interação C x I, as variáveis que diferiram significativamente foram teor de sólidos solúveis (Brix), pureza aparente e toneladas de pol por hectare (TPH). Para S x C, só não houve diferenças significativas para a variável Pol, as demais diferiram significativamente. Já para S x I, somente as variáveis pureza e açúcar total recuperável (ATR), apresentaram diferenças estatísticas significativas. A média das variáveis em relação aos fatores em estudo encontra-se na tabela 13.

Tabela 13 - Média da variável teor de sólidos solúveis (Brix), porcentagem de material insolúvel em água contida na cana (Fibra), pureza aparente, porcentagem de sacarose (Pol), açúcar total recuperável (ATR) e toneladas de pol por hectare (TPH) em experimento de campo na cultura da cana-de-açúcar, Lavras-MG.

Cultivares	Brix % caldo	Fibra	Pureza % cana	Pol	ATR Kg ton⁻¹	TPH t ha⁻¹
CTC1	22,02 b	13,79 a	88,92 b	16,76 a	166,77 c	7,10 e
CTC7	22,03 b	12,69 b	89,48 b	17,10 a	168,44 c	11,08 b
CTC9	22,73 a	13,04 b	90,12 a	17,95 a	174,11 a	13,92 a
CTC16	22,14 b	13,86 a	88,72 b	17,38 a	165,80 c	6,71 e
SP89-1115	21,80 b	11,40 c	89,20 a	17,69 a	170,43 b	9,35 c
RB925345	22,59 a	13,55 a	88,68 b	17,52 a	170,54 b	8,31 d
Com inoculação	22,47 a	13,12 a	89,76 a	17,71 a	171,48 a	10,68 a
Sem inoculação	21,96 b	12,99 a	88,61 b	17,08 b	167,01 b	8,13 b
Safra 1	20,52 b	14,11 a	91,72 a	15,60 b	150,19 b	9,91 a
Safra 2	23,75 a	12,03 b	80,65 b	18,85 a	172,33 a	10,12 a
Safra 3	22,45 a	12,99 b	95,28 a	17,80 a	185,83 a	8,14 b

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna pertencem ao mesmo grupo, de acordo com o agrupamento de Scott Knott (1974), a 5% de probabilidade para as cultivares e pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade para inoculação e safras.

Fonte: Da autora.

Para os teores de sólidos solúveis totais (BRIX), os bons resultados obtidos advêm da época de corte (final do período seco e início das chuvas) em ambas as safras. A indústria sucroenergética considera que uma cana-de-açúcar, para ser processada deve ter, entre outras características, um caldo que contenha no mínimo 18° Brix % caldo (Fernandes, 2000), podendo considerar, no momento da colheita, tanto de cana-planta como de cana-soca estes índices como ponto de maturação necessário para industrialização (FRANCO, 2003). Para a esta variável podemos observar as maiores médias para as cultivares CTC 9 (22,73 %) e RB925345 (22,59%), para fibra os destaques foram as cultivares CTC 1 (13,79%), CTC 16 (13,86%) e RB925345 (13,55%). Para pureza aparente, as maiores médias foram observadas para as cultivares CTC 9 (90,12%) e SP89-1115 (88,68%). A cultivar CTC 9 também foi destaque para as variáveis ATR (174,11 kg ton⁻¹) e TPH (13,92 t ha⁻¹). Para a variável inoculação de FMAs, o incremento da inoculação foi de 2,26% para Brix, 1,28% para pureza, 3,55% para pol, 2,60% para ATR e 23,87% para TPH. Com relação às safras, não há uma tendência no comportamento das variáveis de acordo com os ciclos em estudo (safra 1, safra 2, safra 3).

A pol (% cana) é a porcentagem de sacarose existente na cana (TASSO JÚNIOR, 2007). Para Fernandes (2000), a cana para ser considerada madura além do brix ser maior que 18%, a pol% da cana deve ser em torno de 15,3% no transcorrer da safra. Os valores de pol foram 15,60%, 18,85% e 17,80% para as safras 1,2 e 3, respectivamente. Esses altos valores condizem com os baixos percentuais de fibra observados nessas safras (2015/2016 e 2016/2017). Ferreira et al. (2007), destaca que esta variável merece uma atenção especial, uma vez que, juntamente com TCH, ela condiciona o quanto de açúcar será produzido em um hectare (TPH).

As variáveis açúcares totais recuperáveis (ATR), toneladas de pol por hectare (TPH) e toneladas de cana por hectare (TCH) constituem em eficientes variáveis que permitem a análise de desempenho de cultivares de cana-de-açúcar (TASSO JÚNIOR, 2007). A média nacional de ATR para a safra 2014/2015 foi de 136,5 kg ton⁻¹ (CONAB, 2016), quando comparamos este valor à média do experimento em questão (150,19 kg.ton⁻¹), observamos um ganho de aproximadamente 9% no total (TABELA 12). Para a safra 2015/2016 a média nacional foi 3,7% inferior à safra passada, ou seja, 131,45 kg.ton⁻¹ (CONAB, 2016), e do experimento em questão foi de 172,33 kg ton⁻¹ e na terceira safra (2016/2017), as médias de ATR, também foram superiores à média nacional (134,6 kg.ton⁻¹ – CONAB, 2017) sendo 185,53 kg ton⁻¹. Para esta variável, em geral, as maiores médias foram observada para a

CTC9, cujas a média inoculada com FMAs foi de 171,48 kg ton⁻¹ e sem inoculação foi de 167,01 kg ton⁻¹.

As médias gerais de toneladas de pol por hectare (TPH) para as três safras foram 9,91 t ha⁻¹, 10,12 t ha⁻¹ e 8,14 t ha⁻¹, respectivamente. Em geral variaram de 7,29 t ha⁻¹ (CTC 16) a 15,90 t ha⁻¹ (CTC 9) para os tratamento inoculados com FMAs e de 5,22 t ha⁻¹ (CTC 1) a 11,93 t ha⁻¹ (CTC 9). Silva et al. (2011) avaliando divergência genética entre genótipos de cana-de-açúcar verificaram que a média desta variável é de aproximadamente 10,09 kg.ton⁻¹, destacando sempre as cultivares CTC7 e CTC9. Os resultados do presente trabalho, permite inferir que os tratamentos que receberam inoculação com FMAs apresentaram as maiores médias de TPH com valores sempre próximos a 10 kg.ton⁻¹. De acordo com Sales et al. (2016), essa variável está diretamente relacionada as variáveis pol e TCH.

O desdobramento da interação C x I, encontra-se na tabela 14.

Tabela 14 - Resultados médios do desdobramento da interação cultivar x inoculação (C x I) para as variáveis sólidos solúveis (Brix), pureza aparente e toneladas de pol por hectare (TPH) que apresentaram valor significativo para o teste F nas safras 2014/2015 (safra 1), 2015/2016 (safra 2) e 2016/2017 (safra 3) em experimento de campo na cultura da cana-de-açúcar, Lavras-MG.

Cultivares	Brix % caldo		Pureza % cana		TPH t ha ⁻¹	
	Com inoculação	Sem inoculação	Com inoculação	Sem inoculação	Com inoculação	Sem inoculação
CTC1	22,64 aA	21,41 aB	89,46 aA	88,38 aA	8,98 cA	5,22 aB
CTC7	22,06 aA	22,00 aA	89,90 aA	89,05 aA	12,69 bA	9,46 aB
CTC9	22,83 aA	22,63 aA	90,15 aA	90,08 aA	15,90 aA	11,93 aB
CTC16	22,15 aA	22,14 aA	89,46 aA	87,96 aA	7,29 cA	6,13 aA
SP89-1115	22,39 aA	21,22 aB	90,54 aA	87,86 aB	10,20 cA	8,49 aA
RB925345	22,77 aA	22,41 aA	89,01 aA	88,35 aA	9,07 cA	7,54 aB

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna pertencem ao mesmo grupo, de acordo com o agrupamento de Scott Knott (1974), a 5% de probabilidade. Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha pertencem ao mesmo grupo pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade.

Fonte: Da autora.

Para as variáveis Brix e Pureza, não foram observados diferenças significativas entre as cultivares. Com relação à inoculação, para a variável Brix, as diferenças significativas foram observadas para as cultivares CTC 1 e SP89-1115, cujo incremento da inoculação com FMAs foi de 5,4 e 5,2%, respectivamente, sendo que esta última cultivar, SP89-1115, também apresentou diferenças significativas no que tange a inoculação, cujo incremento foi

de 3%. Já na variável TPH, as maiores médias foram observadas para a cultivar CTC 9 inoculada com FMAs ($15,90 \text{ t ha}^{-1}$). Para esta variável é possível observar que a inoculação com FMAs, na maioria das cultivares, apresentaram as maiores médias.

Os resultados do desdobramento da interação S x C apresenta-se na tabela 15.

Tabela 15 - Resultados médios do desdobramento da interação safra x cultivar (S x C) para as variáveis teor de sólidos solúveis (Brix), porcentagem de material insolúvel em água contida na cana (Fibra), pureza aparente, açúcar total recuperável (ATR) e toneladas de pol por hectare (TPH) que apresentaram valor significativo para o teste F nas safras 2014/2015 (safra 1), 2015/2016 (safra 2) e 2016/2017 (safra 3) em experimento de campo na cultura da cana-de-açúcar, Lavras-MG.

Cultivares	Brix			Fibra			Pureza			ATR			TPH		
	Safra 1	Safra 2	Safra 3	Safra 1	Safra 2	Safra 3	Safra 1	Safra 2	Safra 3	Safra 1	Safra 2	Safra 3	Safra 1	Safra 2	Safra 3
CTC 1	19,62aB	24,22aA	22,23aA	15,46aA	12,44aB	13,47aB	90,48aA	80,88aB	95,40aA	141,59aB	188,72aA	168,19aA	6,12cB	8,97bA	6,20bB
CTC 7	20,58aB	23,22aA	22,29aA	13,92aA	11,37aB	12,77aA	91,54aA	81,65aB	95,24aA	150,45aB	183,75aA	171,14aA	12,27bA	12,25aA	8,72bB
CTC 9	20,88aB	24,44aA	22,86aB	14,00aA	12,09aA	13,02aA	93,23aA	81,16aB	95,95aA	153,50aB	191,50aA	177,35aA	15,22aA	13,51aA	13,01aA
CTC 16	20,65aB	23,59aA	22,16aA	15,38aA	12,78aB	13,41aB	92,17aA	79,11aB	94,86aA	146,79aB	182,20aA	168,40aA	7,24cA	7,50bA	5,40bA
SP89-1115	20,98aB	22,38aA	22,28aA	11,50bA	10,75aA	12,04aA	91,96aA	81,22aB	94,92aA	159,23aB	180,99aA	173,45aA	11,00bA	8,97bB	7,48bB
RB925345	20,31aB	24,64aA	22,84aB	14,82aA	12,77aB	13,07aB	90,89aA	79,90aB	95,26aA	148,10aB	187,84aA	175,66aA	7,46cA	9,52bA	7,94bA

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna pertencem ao mesmo grupo, de acordo com o agrupamento de Scott Knott (1974), a 5% de probabilidade. Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha pertencem ao mesmo grupo pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade.

Fonte: Da autora.

No desdobramento da interação S x C, a variável Brix não apresentou diferenças significativas entre as cultivares em nenhuma das safras e maiores médias foram observadas na safra 2. Para a variável fibra, com relação ao fator cultivar, somente a SP89-1115 apresentou uma média relativamente menor que as demais cultivares na safra 1, uma vez que nas demais safras as cultivares não diferiram entre si. Com relação ao efeito das safras, para esta variável a melhor safra foi a primeira (safra 1). Seguindo a tendência da variável Brix, as variáveis pureza e ATR também não diferiram as médias entre as cultivares em nenhuma das safras, no entanto, para a variável Brix, as maiores médias foram observadas para as safras 1 e 2, já para ATR as melhores safras foram 2 e a 3. A variável TPH apresenta resultados mais objetivos, destacando a cultivar CTC 9, uma vez que esta cultivar apresentou as maiores médias nas três safras para cultivares e suas médias também não diferiram entre as safras em estudo.

4.4 Análises de correlações e Componentes Principais

As matrizes de correlações mostram existência de várias relações significativas entre os atributos microbiológicos, características agrônomicas e tecnológicas estudadas para as 3 safras de cultivos de cana-de-açúcar tanto nos tratamentos inoculados quanto não inoculados com FMAs (TABELAS 16, 17 e 18).

Na primeira safra (2014/2015), pode-se observar algumas correlações positivas já esperadas com alta significância para NC x TCH ($r=0,880$; $p<0,01$), NC x TPH ($r=0,887$; $p<0,01$) e TCH x TPH ($r=0,983$; $p<0,01$) para os tratamentos inoculados com FMAs e também para os não inoculados, NC x TCH ($r=0,603$; $p<0,01$), NC x TPH ($r=0,551$; $p<0,01$) e TCH x TPH ($r=0,966$; $p<0,01$). No entanto, aqueles que receberam inoculação estas correlações foram maiores. Outro fato que deve ser destacado é a correlação positiva CM x ATR, CM x AC, DE x TCH e DE x TPH, para os tratamentos inoculados, demonstrando que houve efeito significativos da inoculação de FMAs nesta safra no cultivo da cultura em questão, uma vez que CM e DE se correlacionaram com importantes características tecnológicas.

Quando se tem uma associação negativa entre os fatores estudados, tem-se uma correlação inversa, neste estudo, esta correlação negativa pode ser observada para a FIBRA x ATR ($r= -0,758$; $p<0,01$), FIBRA x NC ($r=-0,546$; $p<0,01$), FIBRA x TCH ($r= -0,486$; $p<0,05$) e FIBRA x TPH ($r= -0,542$; $p<0,05$) para os tratamentos inoculados com FMAs e FIBRA x MMC ($r= -0,549$; $p<0,01$). FIBRA x TCH ($r= -0,481$; $p<0,05$), FIBRA x TPH ($r= -$

0,481; $p < 0,05$), FIBRA x CM ($r = -0,505$; $p < 0,05$) para os tratamentos não inoculados com FMAs. No caso do fator FIBRA, esse resultado é positivo, visto que um menor teor de fibra pode inferir na obtenção de ganhos indiretos na produtividade. Maiores correlações negativas para fibra foram observadas para os tratamentos inoculados com FMAs.

Na segunda safra (2015/2016), observa-se que a tendência das correlações positivas mais altas para NC x TCH ($r = 0,931$; $p < 0,01$), NC x TPH ($r = 0,921$; $p < 0,01$) e TCH x TPH ($r = 0,992$; $p < 0,01$) nos tratamentos inoculados com FMAs permanecem e ainda são maiores que na primeira safra, além de se observar correlações positivas entre CM x BRIX, CM x POL e CM x ATR, inferindo benefícios da inoculação nas características tecnológicas.

Na terceira safra (2016/2017) as correlação não mudam muito em relação as demais safras, no entanto os valores não se diferem significativamente entre tratamentos inoculados e não inoculados com FMAs, possivelmente em função da estabilidade do canavial na terceira safra. Porém podemos destacar que a variável ATR, neste momento, apresenta correlação positiva com MMC, TCH e TPH nos tratamentos inoculados com FMAs.

Tabela 16 - Correlação de Pearson entre os atributos estudados na safra 2014/2015.

	Fibra ²	Pureza ³	Pol ⁴	ATR ⁵	NC ⁶	DC ⁷	AC ⁸	MMC ⁹	TCH ¹⁰	TPH ¹¹	DE ¹²	CM ¹³
Com inoculação de FMAs												
Brix ¹	-	-	0,490*	-	-	0,536*	-	-	-	-	-	-
Fibra		-	-	-0,758**	-0,546**	-	-	-	-0,486*	-0,542*	-	-
Pureza			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pol				-	-	-	-	-	-	-	-	-
ATR					0,479*	-	-	-	-	0,473*	-	0,521*
NC						-	-	-	0,880**	0,887**	-	-
DC							-	-	-	-	-	-
AC								-	-	-	-	0,544**
MMC									0,741**	0,689**	-	-
TCH										0,983**	0,536*	-
TPH											0,561*	-
DE												-
Sem inoculação de FMAs												
Brix	-	0,490*	-	-	-	-	-	-	0,480*	0,484*	-	0,522*
Fibra			-	-	-	-	-	-0,549**	-0,481*	-0,481*	-	-0,505*
Pureza				-	-	-	0,534*	-	-	-	-	-
Pol				-	-	-	-	-	-	-	-	-
ATR					-	-	-	0,502*	0,522*	0,547**	-	-
NC						-	-	-	0,603**	0,551**	-	-
DC							-	-	-	-	0,533*	-
AC								0,697**	0,495*	0,506*	-	-
MMC									0,833**	0,827**	-	0,490*
TCH										0,966**	-	-
TPH											-	-
DE												-0,461

*Significativo a 5%.; ** Significativo a 1%.¹Brix (teor de sólidos solúveis); ²Fibra (material insolúvel em água contida na cana), ³Pureza (pureza aparente); ⁴Pol (porcentagem de sacarose); ⁵ATR (açúcar total recuperável); ⁶NC (número médio de colmos); ⁷DC (diâmetro médio de colmos); ⁸AC (altura média de colmos); ⁹MMC (massa média de colmos); ¹⁰TCH (toneladas de colmos por hectare); ¹¹TPH (toneladas de pol por hectare); ¹²DE (densidade de esporos de FMAs); ¹³CM (colonização micorrízica de FMAs).

Fonte: Da autora.

Tabela 17 - Correlação de Pearson entre os atributos estudados na safra 2015/2016.

	Fibra ²	Pureza ³	Pol ⁴	ATR ⁵	NC ⁶	DC ⁷	AC ⁸	MMC ⁹	TCH ¹⁰	TPH ¹¹	DE ¹²	CM ¹³
-----Com inoculação de FMAs-----												
Brix ¹	0,658**	-0,529*	0,831**	0,679*	-	-	-	-	-	-	0,651**	0,698**
Fibra		-0,819**	0,793**	0,538**	-	-	-	-	-	-	-	0,684**
Pureza			-0,546**	-	-	-	-	-	0,474*	-	-0,513*	-
Pol				0,721**	-	-	-	-	-	-	0,629**	0,689**
ATR					-	-	-	-	-	-	-	0,711**
NC						-	-	-	0,931**	0,921**	-	-
DC							-	-	-	-	-	-
AC								-	-	-	-	-
MMC									0,661**	0,664**	-	-
TCH										0,992**	-	-
TPH											-	-
DE												-
-----Sem inoculação de FMAs-----												
Brix	0,727**	-	-	0,706**	-	-	-	0,638**	-	-	-	-
Fibra		-0,566**	-	-	-	-	-	-	-	-	0,611**	-
Pureza			-	-	-	0,547**	-	0,602**	0,530*	0,573**	-0,568**	-
Pol				-	-	-	-	-	-	-	-	-
ATR					-	-	-	0,901**	0,591**	0,527*	-	-
NC						-	-	-	0,671**	0,586**	-	-0,507*
DC							0,492*	0,503*	-	-	-	-
AC								-	-	-	-	-
MMC									0,619**	0,567**	-	-
TCH										0,891**	-	-
TPH											-	-
DE												-

*Significativo a 5%.; ** Significativo a 1%.¹Brix (teor de sólidos solúveis); ²Fibra (material insolúvel em água contida na cana), ³Pureza (pureza aparente); ⁴Pol (porcentagem de sacarose); ⁵ATR (açúcar total recuperável); ⁶NC (número médio de colmos); ⁷DC (diâmetro médio de colmos); ⁸AC (altura média de colmos); ⁹MMC (massa média de colmos); ¹⁰TCH (toneladas de colmos por hectare); ¹¹TPH (toneladas de pol por hectare); ¹²DE (densidade de esporos de FMAs); ¹³CM (colonização micorrízica de FMAs).

Fonte: Da autora.

Tabela 18 - Correlação de Pearson entre os atributos estudados na safra 2016/2017.

	Fibra ²	Pureza ³	Pol ⁴	ATR ⁵	NC ⁶	DC ⁷	AC ⁸	MMC ⁹	TCH ¹⁰	TPH ¹¹
----- Com inoculação de FMAs -----										
Brix ¹	-	0,706**	0,507*	0,512*	-	-	-	-	-	-
Fibra		-0,542*	-0,609**	-0,583**	-	-	-	-	-	-
Pureza			-	-	-	-	-	-	-	-
Pol				0,897**	-	-	-	-	-	-
ATR					-	-	-	0,645**	0,602**	0,648**
NC						-	-	-	0,744**	0,749**
DC							-	-	-	-
AC								-	-	-
MMC									0,874**	0,873**
TCH										0,995**
----- Sem inoculação de FMAs -----										
Brix	-	0,573**	0,658**	0,856**	-	-	-	0,514**	-	-
Fibra		-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pureza			-	-	-	-	-	-	-	-
Pol				-	0,507*	-	-	-	0,567**	0,595**
ATR					-	-	-	0,501*	-	0,505*
NC						-	-	-	0,748**	0,726**
DC							0,563**	0,559**	-	-
AC								-	-	-
MMC									0,843**	0,861**
TCH										0,996**

*Significativo a 5%.; ** Significativo a 1%.¹Brix (teor de sólidos solúveis); ²Fibra (material insolúvel em água contida na cana), ³Pureza (pureza aparente); ⁴Pol (porcentagem de sacarose); ⁵ATR (açúcar total recuperável); ⁶NC (número médio de colmos); ⁷DC (diâmetro médio de colmos); ⁸AC (altura média de colmos); ⁹MMC (massa média de colmos); ¹⁰TCH (toneladas de colmos por hectare); ¹¹TPH (toneladas de pol por hectare).

Fonte: Da autora.

Corroborando com estes resultados, a análise de componentes principais da primeira safra (2014/2015) explicou 53,14% da variância total (CP1: 40,29% e CP2: 12,85%), para a safra 2015/2016 explicou 54,80% da variância total (CP1: 34,88% e CP2: 19,92%) e na terceira safra (2016/2017) explicou 61,19% da variância total (CP1: 46,30% e CP2: 14,89%) (Tabela 19).

Tabela 19 - Loadings para as componentes principais: características agronômicas, tecnológicas e microbiológicas nas safras 2014/2015, 2015/2016, 2016/2017.

	Safra 2014/2015		Safra 2015/2016		Safra 2016/2017	
	CP1	CP2	CP1	CP2	CP1	CP2
Brix ¹	0.26	-0.01	0.34	-0.24	0.31	0.26
Fibra ²	-0.21	0.36	0.19	-0.35	-0.13	0.34
Pureza ³	0.26	0.19	0.33	-0.22	0.28	0.38
Pol ⁴	0.09	-0.08	0.14	0.04	0.35	-0.01
ATR ⁵	0.32	-0.12	0.41	-0.09	0.37	0.13
NC ⁶	0.32	0.22	0.12	0.52	0.25	-0.50
DC ⁷	0.09	0.37	0.15	-0.03	0.14	0.33
AC ⁸	0.21	-0.25	0.14	-0.19	0.07	0.43
MMC ⁹	0.30	-0.18	0.38	0.06	0.38	0.07
TCH ¹⁰	0.41	0.08	0.32	0.43	0.38	-0.22
TPH ¹¹	0.41	0.08	0.34	0.41	0.39	-0.20
DE ¹²	0.27	0.48	0.25	-0.05	-	-
CM ¹³	0.23	-0.53	0.25	-0.30	-	-
Variância Individual (%)	40,29	12,85	34,88	19,92	46,30	14,89
Variância Acumulada (%)	53,14		54,80		61,19	

¹Brix (teor de sólidos solúveis); ²Fibra (material insolúvel em água contida na cana), ³Pureza (pureza aparente); ⁴Pol (porcentagem de sacarose); ⁵ATR (açúcar total recuperável); ⁶NC (número médio de colmos); ⁷DC (diâmetro médio de colmos); ⁸AC (altura média de colmos); ⁹MMC (massa média de colmos); ¹⁰TCH (toneladas de colmos por hectare); ¹¹TPH (toneladas de pol por hectare); ¹²DE (densidade de esporos de FMAs); ¹³CM (colonização micorrízica de FMAs).

Fonte: Da autora.

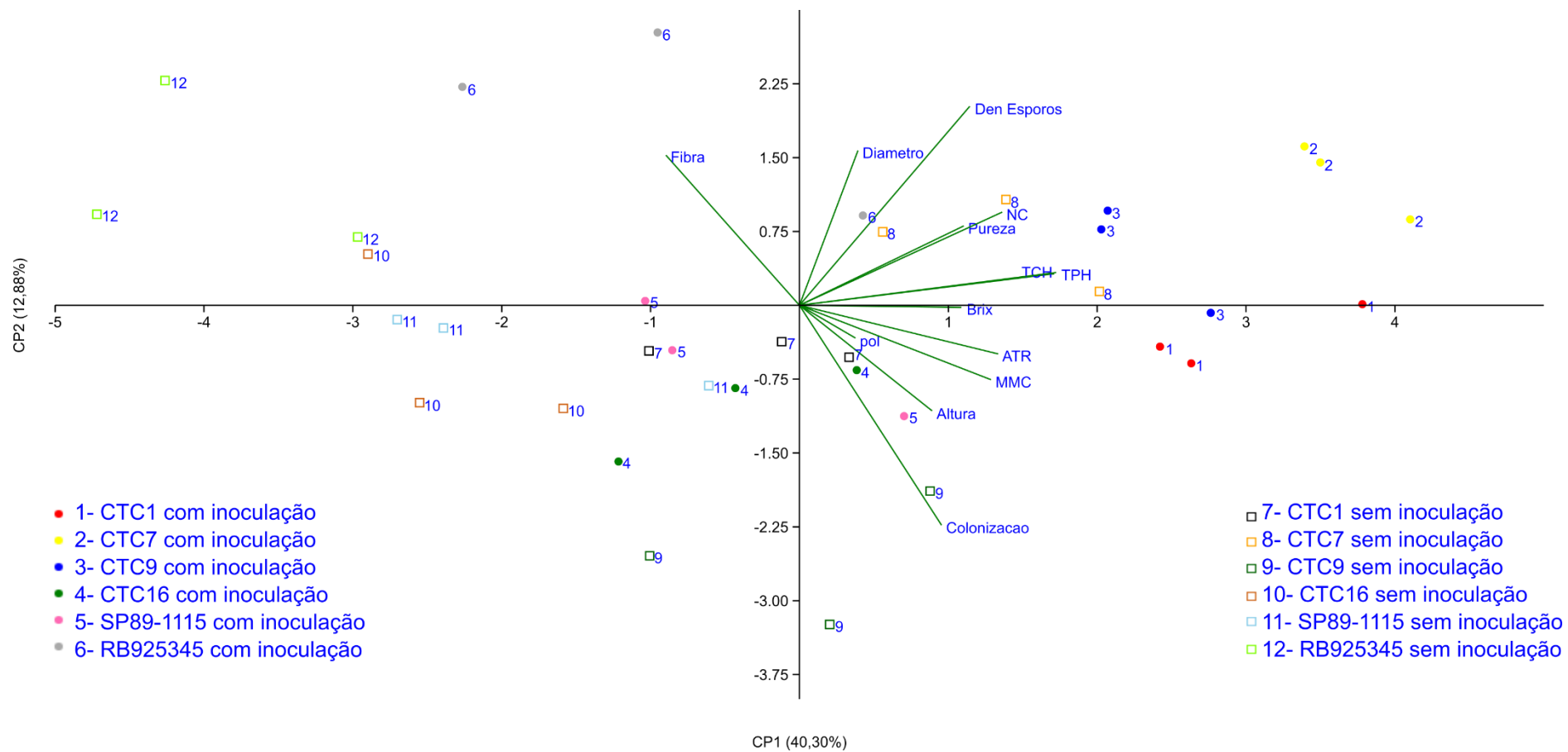
Na figura 3 observamos que as variáveis altamente correlacionadas apresentam-se próximas umas das outras, como por exemplo, as características tecnológicas, Pureza, TPH, TCH, Brix, Pol e ATR e MMC. E quanto mais próxima a cultivar dessas variáveis, melhores foram os resultados obtidos desta cultivar para essas variáveis, isso fica claro para os tratamentos inoculados com FMAs, destacando a cultivar CTC9 inoculada com FMAs, a qual apresentou as maiores médias para TPH e TCH. A CM e DE foram as variáveis de maior peso

na explicação dos dados e isso vai de encontro ao que tentamos justificar neste trabalho, a influência da inoculação de FMAs na cultura da cana-de-açúcar. Nota-se também que aqueles tratamentos que não receberam inoculação com FMAs encontram-se do lado oposto às loadings (setas), ou seja, apresentaram menores médias para as variáveis estudadas.

Na figura 4 as variáveis ficaram muito próximas a CP1 (34,88%), e podemos observar também que algumas loadings, como a TPH, TCH, ATR, Brix apresentaram-se maior quando comparadas à safra anterior, bem como a DE e CM apresentaram-se menor em relação à safra 2014/2015 (tabela 20). Nesta figura fica ainda mais claro o efeito da inoculação com FMAs na cultura, visto que apenas uma cultivar que não recebeu a inoculação (CTC 7 sem inoculação) está próxima das loading, as demais estão todas no lado oposto.

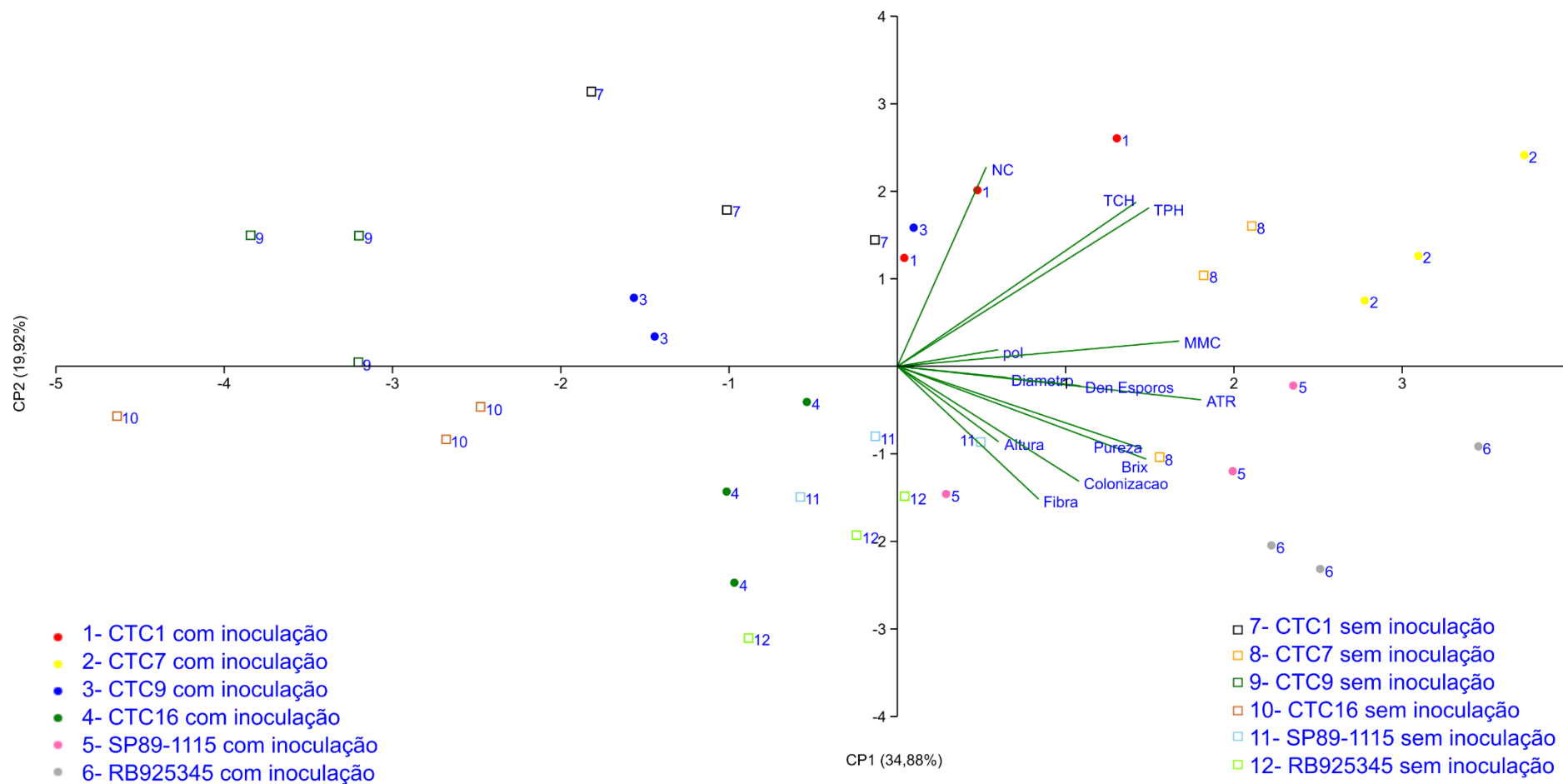
A tendência da proximidade das variáveis à CP1 (46,30%) permanece na safra 2015/2016 (Figura 5) e as loadings TPH (0.38) e TCH (0.39) foram maiores que a segunda safra (Tabela 20), porém menores que a primeira. E mais uma vez, a maioria das cultivares que receberam a inoculação com FMAs apresentaram-se do mesmo lado no gráfico, mostrando o efeito da inoculação nas mesmas.

Figura 3 - Análise de componentes principais da safra 2014/2015.



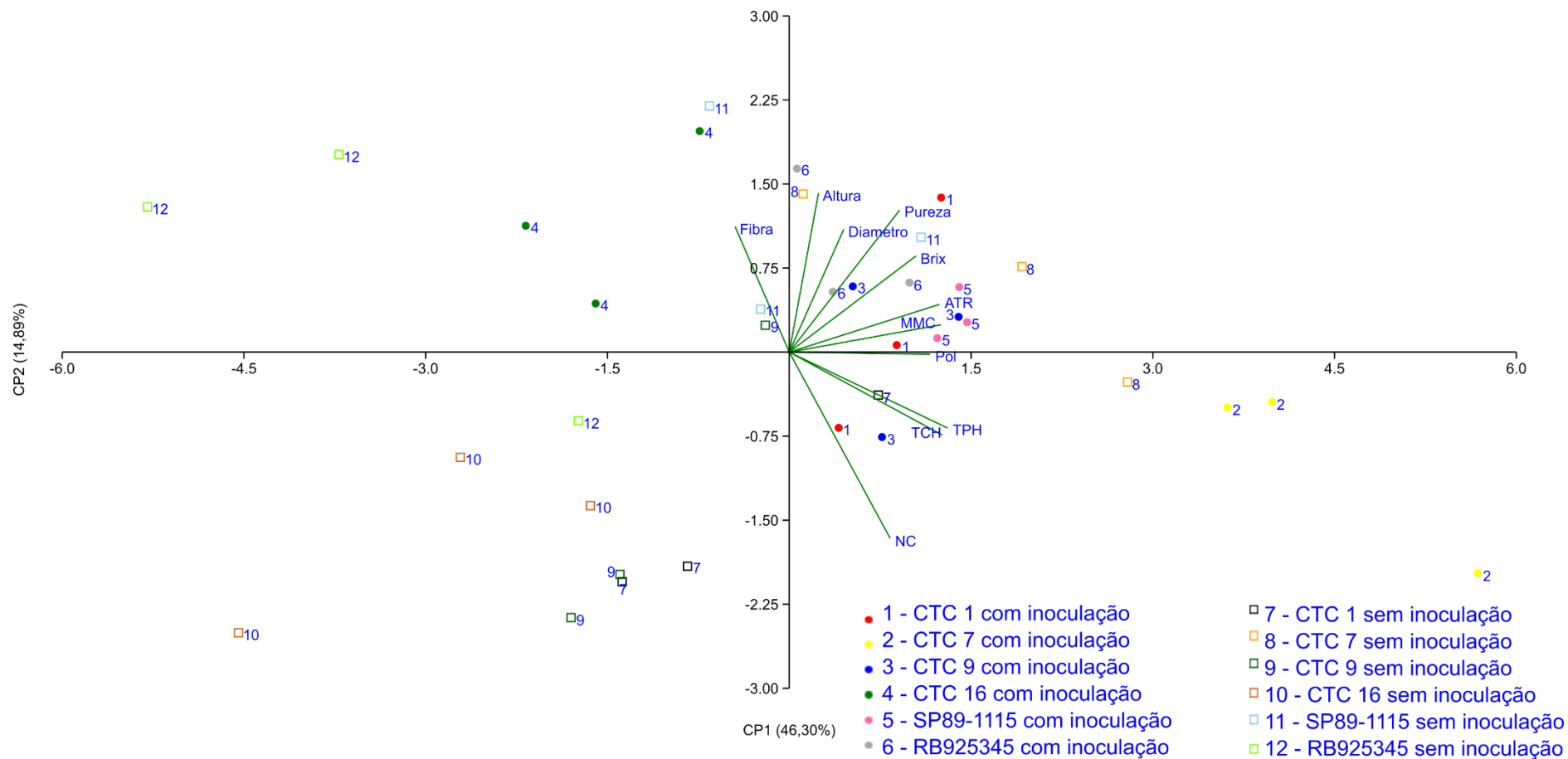
Fonte: Da autora.

Figura 4 - Análise de componentes principais da safra 2015/2016.



Fonte: Da autora.

Figura 5 - Análise de componentes principais da safra 2016/2017.



Fonte: Da autora.

4.5 Composição das comunidades de FMAs

Na primeira safra (2014/2015), foram identificadas 7 espécies de FMAs (Tabela 20), sendo essas as mesmas espécies encontradas antes do instalação do experimento. Essas espécies pertencem 6 gêneros (*Acaulospora*, *Archaeospora*, *Cetraspora*, *Funneliformis*, *Glomus* e *Septoglomus*). A maior frequência de ocorrência entre essas espécies foi para a *Acaulospora scrobiculata* (71,81%), seguida da *Glomus sp* (16,19%). A ocorrência dessas duas espécies entre as cultivares foi bem equilibrada, o que pode ser observado através da densidade relativa de seus esporos. Além disso, a ocorrência das mesmas aconteceu tanto nos tratamento inoculados quanto naqueles não inoculados com FMAs.

Com relação a riqueza de espécies de FMAs na segunda safra (2015/2016), houve um aumento no número de espécies encontradas, com relação a safra anterior, aumentando de 7 para 12 espécies, e de 6 para 7 o número de gêneros. Nesta safra as espécies encontradas foram: *Acaulospora mellea*, *Acaulospora morrowiae*, *Acaulospora rehmi*, *Acaulospora scrobiculata*, *Acaulospora splendida*, *Archaeospora trappei*, *Cetraspora pellucida*, *Funneliformis mosseae*, *Gigaspora gigantea*, *Glomus aggregatum*, *Glomus sp* e *Septoglomus viscosum*. Apesar do aumento no número de espécies, as maiores frequências de ocorrência permaneceu para *Acaulospora scrobiculata* (66,55%) e *Glomus sp* (16,94%), bem como suas ocorrências em tratamentos inoculados ou não com FMAs.

A diversidade das espécies e a ocorrência generalizada dos FMAs tem sido relatada em diversas culturas. Siqueira et al. (1989) ao estudaram vários agroecossistemas em Minas Gerais constataram que o solo sob cultivo de cana-de-açúcar foi o que apresentou maior diversidade de espécies, recuperando de 10 a 142 esporos em 50ml de solo, destacando-se, assim como no estudo em questão a *A. scrobiculata*. Andreola (1982) em levantamento de FMAs em canaviais cultivados na região de Araras/SP, identificou sete espécies diferentes de FMAs: *R. fasciculatus*, *G. leptothicus*, *A. scrobiculata*, *G. gilmorei*, *A. laevis*, *G. microcarpus* e *Gigaspora* spp. O autor concluiu que a proporção dos gêneros *Acaulospora* e *Gigaspora* foi de 4 a 30% e do gênero *Glomus* variou de 70 a 96%. Nasim et al. (2008) relacionaram a presença dos FMAs com a ocorrência da podridão vermelha na cultura da cana-de-açúcar, observando que a abundância de esporos de três espécies de *Glomus* (*G. mosseae*, *R. fasciculatum* e *G. monosporum*) foi influenciada pela estação e, que de acordo com o avanço da maturação da cultura a esporulação reduzia.

Moura (2015) avaliando FMAs em solos cultivados com diferentes cultivares de cana-de-açúcar em sistema de produção orgânico e convencional identificou 13 espécies diferentes

sendo os indivíduos mais frequentes pertencem aos gêneros *Gigaspora*, *Acaulospora*, *Glomus*, *Archaeospora* e *Scutellospora*. Datta e Kulkarni (2012) estudaram 41 áreas comerciais de produção de cana-de-açúcar de onze distritos na Índia e observaram a ocorrência dessas espécies.

Na literatura, os trabalhos disponíveis mostram a capacidade das variedades de *Saccharum* spp. de formar micorrizas do tipo arbuscular, uma vez que têm sido achadas raízes altamente colonizadas em algumas situações. Embora alguns trabalhos têm obtido resultados negativos na inoculação de cana-de-açúcar com (Andreola, 1982, Kelly et al., 2005) FMAs é válido testar a resposta desta cultura à inoculação com outras espécies de FMAs, pois níveis de preferência específica são conhecidos nos estudos com FMAs (Collozi Filho et al., 2000; Pouyu-Rojas et al., 2006), como por exemplo os gêneros *Acaulospora* e *Glomus*, que se destacaram no trabalho em questão nos demais citados.

Tabela 20 - Riqueza de espécies de FMAs, frequência de ocorrência (Fr %) e densidade relativa de esporos nas safras 2014/2015 e 2015/2016 em cultivares de cana-de-açúcar com inoculação (CI) e sem inoculação (SI) de FMAs.

Espécies de FMAs	Safr 2014/2015.....												
	Fr (%)	CTC 1		CTC 7		CTC 9		CTC 16		SP89-1115		RB925345	
		CI	SI	CI	SI	CI	SI	CI	SI	CI	SI	CI	SI
<i>Acaulospora mellea</i> *	1,04	-	15,32	2,60	-	-	-	-	-	-	-	-	15,54
<i>Acaulospora scrobiculata</i> *	71,81	81,73	42,88	33,80	44,74	22,80	40,00	38,64	60,00	46,00	60,00	38,50	58,17
<i>Archaeospora trapei</i> *	0,52	-	-	-	-	-	-	2,84	-	-	-	-	-
<i>Cetraspora pellucida</i> *	5,22	-	-	2,60	5,26	-	-	-	-	-	8,00	-	2,77
<i>Funneliformis mosseae</i> *	0,52	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,77
<i>Glomus sp</i> *	16,19	18,27	32,61	58,40	50,00	59,64	46,07	52,84	36,00	54,00	42,00	45,96	36,29
<i>Septoglomus viscosum</i> *	4,70	-	9,19	2,60	-	17,56	13,93	5,68	4,00	-	-	-	-
Riqueza de Espécies		2	4	5	3	3	3	4	3	2	3	3	4
Densidade de Esporos		43,33	32,33	28,67	23,33	42,67	37,00	21,00	20,00	37,33	31,67	42,00	23,00
Safr 2015/2016.....													
<i>Acaulospora mellea</i>	2,25	-	10,52	2,17	-	-	-	-	-	-	-	15,38	-
<i>Acaulospora morrowiae</i>	1,30	-	-	2,17	-	-	-	2,27	-	-	-	-	-
<i>Acaulospora rehmi</i>	1,13	-	5,26	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,70
<i>Acaulospora scrobiculata</i>	66,55	76,47	36,82	32,55	47,37	21,05	39,29	38,64	57,90	42,86	45,00	38,46	55,56
<i>Acaulospora splendida</i>	0,56	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10,00	-	-
<i>Archaeospora trapei</i>	0,56	-	-	-	-	-	-	2,27	-	-	-	-	-
<i>Cetraspora pellucida</i>	2,82	-	-	2,17	5,26	5,26	-	-	-	-	5,00	-	3,70
<i>Funneliformis mosseae</i>	0,56	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,70
<i>Gigaspora gigantea</i>	0,56	-	10,52	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Glomus aggregatum</i>	1,69	-	-	-	-	-	-	-	-	7,14	-	3,85	7,40
<i>Glomus sp</i>	16,94	23,53	31,62	58,77	47,37	57,89	46,43	52,27	36,84	50,00	40,00	42,31	25,93
<i>Septoglomus viscosum</i>	5,08	-	5,26	2,17	-	15,80	14,28	4,54	5,26	-	-	-	-
Riqueza de espécies		2	6	6	3	4	3	5	3	3	4	4	6
Densidade de Esporos**		21,00	6,33	17,33	6,00	25,00	6,67	20,33	9,00	20,67	5,00	30,67	9,00

*Espécies também encontradas na área antes do plantio. **Densidade de esporos (nº de esporos em 50ml de solo).

Fonte: Da autora.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Segundo Doude et al. (2016), a multiplicação dos fungos micorrízicos arbusculares em casa de vegetação, pode aumentar de forma efetiva a potência do inóculo do solo, em média de 80%, e deve ser amplamente aplicável para aumentar o potencial de colonização dos inóculos dos FMAs. O método consegue aproveitar vários aspectos da biologia do fungo e aspectos práticos da utilização como inóculo (DOUDS et al., 2016). Isso foi comprovado no estudo em questão inferindo que a multiplicação dos FMAs nativos em casa de vegetação e o uso do solo inóculo no momento do plantio da cultura da cana-de-açúcar pode ser uma alternativa eficiente na redução do uso da adubação fosfatada, com efeitos residuais em safras subsequentes, mesmo quando as porcentagens de colonização reduziram em função dos cortes. Essa redução pode ser explicada pela maior exploração do sistema radicular no solo após três anos de cultivo, limitando assim a simbiose da planta com o fungo, o que é normal para um cultivo em campo.

De acordo Barbieri (2007) e Manhães et al. (2015), o ciclo da cana-de-açúcar normalmente é de cinco anos, sendo que o plantio é realizado apenas no primeiro, e nos demais anos o rebrote é cultivado e colhido anualmente até que sua produtividade demonstre ser economicamente viável sua renovação. Vários fatores podem interferir na produtividade e na qualidade tecnológica da cana-de-açúcar, representando a integração das diferentes condições a que a cultura ficou sujeita (GILBERT et al., 2006). Deve-se destacar que a adubação do canavial, foi realizada somente no plantio, as demais socas se favoreceram somente desta primeira adubação e dos benefícios da inoculação dos FMAs.

A densidade de esporos (DE) apresentou diferenças significativas entre as cultivares e na inoculação de FMAs, mostrando-se maior no momento da primeira colheita (safra 2104/2015), apresentando uma média de 37,11 esporos em 50ml de solo nos tratamentos inoculados com FMAs e 24,28 esporos em 50ml de solo. Na segunda safra as médias para as cultivares inoculadas foram 69% maiores do que aquelas não inoculadas. A redução na DE em função das safras pode estar relacionada aos momentos das amostragens, que foram junto das colheitas.

No presente estudo, o gênero *Glomus* representou aproximadamente 16% na proporção dos gêneros em ambas as safras, ficando ranqueado em segundo lugar, sendo o maior destaque a *Acaulospora scrobiculata*, representando 71,81% na primeira safra e 64,8% na segunda safra. Essa espécie revelou boa adaptação para produzir maiores densidades de esporos no cultivo armadilha em casa de vegetação e na transferência do solo inóculo ao

campo para o cultivo de cana-de-açúcar. Levantamentos de FMA em diferentes ecossistemas revelaram que os FMAs podem exibir certo grau de especificidade ecológica (McGonigle e Fitter, 1990), em função desta informação o uso de espécies nativas pode ser favorável, uma vez que a adaptação das mesmas pode ser mais eficiente. Na segunda safra observamos que algumas espécies diferentes da primeira safra estavam presentes, tais como: *Acaulospora morrowiae*, *Acaulospora rehmi*, *Acaulospora splendida*, *Gigaspora gigantea*, e *Glomus aggregatum*. Possivelmente, elas tenham aparecido em função das diferentes condições climáticas entre as safras, Mehrotra (1998) também demonstrou que as espécies de FMAs variam quanto à adaptação às condições de umidade do solo.

Em geral, as características agronômicas tem alta correlação umas com as outras e conseqüentemente influenciam nas características tecnológicas, isso pode ser observado nas figuras de análises de componentes principais (FIGURAS 3 e 4). Os estudos que relacionam FMAs com características agronômicas, ocorrem somente na fase de desenvolvimento inicial da cultura, como por exemplo Sousa et al.(2015) que avaliou o desenvolvimento inicial e componentes químicos da cana-de-açúcar sob estresse hídrico associado a fungos micorrízicos arbusculares e Kelly et al. (2005) que avaliou a associação dos FMAs e diferentes doses de P no desenvolvimento inicial da cultura. Estudos que associam os FMAs com as características agronômicas e tecnológicas da cultura não são relatados até o presente momento.

Quando comparamos as produtividades (TCH) acumuladas dos tratamentos inoculados com FMAs das três safras (tabela 21) com os dados de produtividade referência para o estudo em questão (quadro 2), observamos que, mesmo com 50% da dose de P recomendada para a cultura de acordo com a análise de solo, as cultivares CTC 9 (263,02 t.ha⁻¹), SP89-1115 (183,54 t.ha⁻¹) e RB925345 (180,50 t.ha⁻¹) apresentaram maiores produtividades acumuladas (tabela 14), isso ocorreu em função dos benefícios da inoculação com FMAs nativos no solo. Para a cultivar CTC 9 e RB925345 os ganhos em produtividade foram de aproximadamente 30% e para a cultivar SP89-1115 aproximadamente 20%.

Tabela 21 - Produtividades (tonelada de colmo por hectare – TCH) das safras 2014/2015, 2015/2016 e 2016/2017 e produtividades acumuladas dos tratamentos inoculados com FMAs e não inoculados com FMAs.

Cultivar	Safra 2104/2015	Safra 2015/2016	Safra 2016/2017	Total Ac.
	-----Com inoculação-----			
CTC1	56,37 c	38,95 c	45,45 b	140,77 c
CTC7	104,65 a	71,53 a	53,64 b	229,82 a
CTC9	107,02 a	74,36 a	81,64 a	263,02 a
CTC16	52,63 c	48,00 c	32,06 b	132,69 c
SP89-1115	78,59 b	62,38 b	42,57 b	183,54 b
RB925345	47,82 c	82,00 a	50,68 b	180,50 b
	-----Sem inoculação-----			
CTC1	24,69 d	22,96 c	25,26 b	72,91 c
CTC7	59,65 b	70,49 a	45,20 a	175,34 a
CTC9	86,48 a	63,97 a	59,31 a	209,76 a
CTC16	42,21 c	45,38 b	30,04 b	117,63 b
SP89-1115	79,59 a	65,26 a	40,43 b	185,28 a
RB925345	48,42 c	47,43 b	36,19 b	132,04 b

Fonte: Da autora.

A TCH apresentou maior valor na primeira safra (tabela 5), assim como à colonização micorrízica foi maior no momento primeira colheita (68,05%) em relação à segunda colheita (33,41%) (tabela 2). Em função das operações do plantio, e do baixo teor de P no solo (1,13 mg dm⁻³), possivelmente, após sinalização da cana para ser colonizada, estabeleceu-se a simbiose micorrízica arbuscular e conseqüentemente aumentos na colonização das raízes na primeira safra. A posterior queda na taxa de colonização se deu em função de um processo de estabilização da comunidade de FMAs após o primeiro ano de cultivo.

Correlacionado a essas informações ainda é possível observar na figura 1 que as condições climáticas da safra 2015/2016 foram mais favoráveis ao desenvolvimento da cultura, uma vez que se consideram condições climáticas ótimas para o cultivo canavieiro, quando ocorrem duas estações distintas: i) quente e úmida: para proporcionar o desenvolvimento (primeiro estágio da cultura); ii) fria e seca: para promover a maturação e, conseqüentemente, o acúmulo de sacarose nos colmos (segundo estágio) (CARNEIRO et al, 2015). Portanto, o segundo estágio possui relevante importância, pois promove uma redução/interrupção do crescimento da planta, fazendo com que produtos assimilados sejam armazenados no colmo da cana, em vez de serem utilizados no processo de crescimento

(INMAN-BAMBER et al., 2005 e 2008). Alguns estudos mostram que a quantidade de água necessária para a cultura atingir seu máximo potencial é em torno de 1.200 a 1.300mm (INMAN-BAMBER et al., 2008). Os períodos de déficit hídrico podem ocorrer durante todo o ciclo da cultura, mas seu efeito sobre a produtividade de cana, varia muito em função da interação entre a época do ano em que ocorre a fase do ciclo fenológico da cultura (INMAN-BAMBER et al., 2008; MACHADO et al., 2009).

Com relação à TCH ter sido maior na primeira safra, este fato pode estar relacionado com a maior quantidade de chuva durante o período de maturação da cultura (março a outubro) nesta safra em relação às outras duas safras (2015/2016 e 2016/2017), o que pode ter favorecido o acúmulo de sólidos solúveis diferentes da sacarose (frutose e glicose). Este fato pode ser comprovado pelas médias da pureza, que foram menores nesta safra e pelas médias de fibra que foram maiores, com relação a segunda e terceira safras (2015/2016 e 2016/2017). Assim, pode-se inferir que uma alta TCH nem sempre significa qualidade da matéria-prima.

Para a indústria sucroalcooleira é importante quantificar a sacarose presente na matéria-prima (Fernandes, 2000), sendo este um dos parâmetros utilizados para a definição do valor da cana-de-açúcar (VALSECHI et al., 1983). O modelo de pagamento da cana é denominado sistema de remuneração da tonelada de cana pela qualidade – definido pelo sistema CONSECANA. Para efeito de cálculo do valor da tonelada de cana-de-açúcar, considera-se a quantidade de açúcar total recuperável (ATR), contida na matéria-prima entregue na unidade de processamento (SEGATO et al., 2006).

Quando realizamos um estudo econômico em função dos dados obtidos de ATR e TCH, os resultados demonstram que a inoculação com FMAs na cultura pode ser também financeiramente viável para o produtor, obtendo-se uma média de lucro de R\$1370,17/ha/safra (TABELA 22). Para os cálculos, foram utilizados os valores do Kg de ATR acumulados R\$0,4763, R\$0,5552 e R\$0,6839 nas safras 2014/2015, 2015/2016 e 2016/2017, respectivamente, obtidos através da Organização dos Plantadores de Cana (Orplana) e a União da Indústria da Cana-de-açúcar (UNICA).

Tabela 22 - Estudo econômico em função do ATR e TCH nos tratamentos inoculados e não inoculados com FMAs em cana-de-açúcar.

	Safra 2014/2015	Safra 2015/2016	Safra 2016/2017
-----ATR (kg ton ⁻¹)-----			
Com inoculação	151,39	186,91	176,86
Sem inoculação	145,29	184,62	170,52
-----TCH (t ha ⁻¹)-----			
Com inoculação	74,51	62,87	51,01
Sem inoculação	56,84	52,58	39,40
-----R\$ / kg ATR-----			
Com inoculação	72,10	103,17	120,95
Sem inoculação	69,20	102,50	116,62
-----R\$ por TCH-----			
Com inoculação	5372,17	6486,30	6169,66
Sem inoculação	3933,33	5389,45	4594,83
Lucro	1438,84	1096,85	1574,83

Fonte: Da autora.

Dentre as cultivares que apresentaram as melhores respostas a inoculação de FMAs, destaca-se a cultivar CTC 9, que em praticamente todas as variáveis analisadas sempre observou-se com as maiores médias, comprovando que a inoculação de FMAs nativos pode ser uma alternativa sustentável ecologicamente e economicamente viável, uma vez que podemos reduzir as dosagens da adubação fosfatada e que o inoculo de FMAs, através do manejo no solo, pode ser multiplicado in loco, sem custos adicionais para o produtor.

No estudo em questão, a multiplicação dos FMAs nativos foi realizado em casa de vegetação, no entanto, o produtor pode cultivar antes do plantio da cana, espécies vegetais que são hospedeiros e contribuem para a propagação dos FMAs e realizar a multiplicação na própria área de plantio, além de multiplicar os FMAs, o solo ainda poderá se beneficiar dos restos culturais da cultura utilizada como hospedeira, podendo até mesmo se favorecer de uma adubação verde.

6 CONCLUSÕES

A inoculação de FMAs nativos no campo favorece a qualidade e a produção da cana-de-açúcar.

Diferentes cultivares de cana-de-açúcar apresenta diferente resposta a inoculação de FMAs.

A melhor cultivar refere-se à CTC 9 associada a inoculação com FMAs em relação a ATR e TCH.

REFERÊNCIAS

- ALEIXO, A.P.; KASCHUK, G. e ALBERTON, O. Soil fungal and bacterial biomass determined by epifluorescence microscopy and mycorrhizal spore density in different sugarcane managements. **Ciência Rural**, v.44, n.4, p. 588-594, 2014.
- AMBROSANO, E.J.; AZCÓN, R.; CANTARELLA, H.; AMBROSANO, C.M.B.; SCHAMMASS, E.A.; MURAOKA, T.; TRIVELIN, P.C.O.; ROSSI, F.; GUIRADO, N.; UNGARO, M.R.G. e TERAMOTO, J.R.S. Crop rotation and arbuscular mycorrhizal fungi effects on sugarcane yield. **Sci. Agric.** (Piracicaba, Braz.), v. 67, n. 6, p. 692-701, 2010.
- ANDRADE, L.A.B. et al. Utilização de variedades selecionadas de cana-de-açúcar na produção de cachaça de alambique. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.23, n.217, p.33-36, 2002.
- ANDREOLA, F. **Micorrizas vesiculares-arbusculares em cana-de-açúcar**. 1982. 74 p. Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP (Dissertação), 1982.
- AZEVEDO, L.C.B. **Comunidade de fungos micorrízicos arbusculares no solo e raízes de cana-de-açúcar**. 2008. 110 p. Universidade de São Paulo Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP (Tese).
- AZEVEDO, L.C.B.; STÜRMER, S.L. e LAMBAIS, M.R. Early changes in arbuscular mycorrhiza I in sugarcane under two harvest management systems. **Brazilian Journal of Microbiology**. V. 45, No. 3, p. 995-1005, 2014.
- BARBIERI, D. M. **Formas do relevo e variabilidade espacial de atributos químicos e mineralógicos de um argissolo cultivado com cana-de-açúcar**. 2007. 95 f. (Dissertação de mestrado). Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP, Jaboticabal, 2007.
- BARBOSA, E.A. **Avaliação fitotécnica de cinco variedades de cana-de-açúcar para o município de Salinas – MG** (Dissertação de Mestrado). Vitória da Conquista: UESB, 70p., 2005.
- BEDINI, S.; PELLEGRINO, E.; AVIO., L.; BAZZOFFI, P.; ARGESE, E. e GIOVANETTI, M. Changes in soil aggregation and glomalin related soil proteion content as affected by arbuscular mycorrhizal fungal species *Glomus mosseae* and *Glomus intraradices*. **Soil Biol. Biochem.**, v.41, p. 1491-1496, 2009.
- BERBARA, R. L. L.; SOUZA, F. A. e FONSECA, H. M. A. C. **Fungos Micorrízicos arbusculares: Muito além da nutrição**. In: FERNANDES, M. S (ed). Nutrição Mineral de Plantas. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. p. 53 – 88
- BIRHANE, E.; STERCK, F. J.; FETENE, M.; BONGERS, F.; KUYPER, T. W. Arbuscular mycorrhizal fungi enhance photosynthesis, water use efficiency, and growth of frankincense seedlings under pulsed water availability conditions. **Oecologia**. 169: 895-904, 2012.

BONFANTE, P. Plants, mycorrhizal fungi and endobacteria: a dialog among cells and genomes. **Biological Bulletin** v.204, p. 215-220, 2003.

BRUNDRETT MC. Coevolution of roots and mycorrhizas of land plants. **New Phytol.** 2002;154:275–304.

BRUNDRETT MC. Mycorrhizal associations and other means of nutrition of vascular plants: Understanding the global diversity of host plants by resolving conflicting information and developing reliable means of diagnosis. *Plant Soil.* 2009;320:37–77.

CAIONE, G.; LANGE, A.; BENETT, C.G.S.; FERNANDES, F.M. Fontes de fósforo para dubação de cana-de-açúcar forrageira no cerrado. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.41, n.1, p.66-73, 2011.

CAIONE G.; PRADO, R. M.; CAMPOS, C. N. S.; RODRIGUES, M.; PAVINATO, P.S.; AGOSTINHO, F.B. Phosphorus Fractionation in Soil Cultivated with Sugarcane Fertilized by Filter Cake and Phosphate Sources, **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, 2015.

CARGNELUTTI FILHO, A.; STORCK, L. Medidas do grau de precisão experimental em ensaios de competição de cultivares de milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.44, p.111-117, 2009.

CARNEIRO, V.A.; CASAROLI, D.; SANTOS, F.C.V. Cana-de-açúcar: uma abordagem climática. **Revista Mirante**, Anápolis-GO, v.8, n.3, 2015.

CARRENHO, R.; GOMES-DA-COSTA, S.M.; BALOTA, E.L. e COLOZZA-FILHO, A. **Fungos micorrízicos arbusculares em agrossistemas brasileiros**. In: SIQUEIRA, J.O., SOUZA, F.A.; CARDOSO, E.J.B.N. e TSAI, S.M., eds. *Micorrizas 30 anos de pesquisa no Brasil*. Lavras, Universidade Federal de Lavras, p.154-214, 2010.

CTC - Centro de Tecnologia Canavieira, Piracicaba, 2012. Disponível em:<
<http://new.ctc.com.br/>>.

COLOZZI FILHO, A.; CARDOSO, E. J. B. N. Detecção de fungos micorrízicos arbusculares em raízes de cafeeiro e de crotalária cultivada na entrelinha. **Pesq. agropec. bras.[online]**. vol.35, n.10, pp.2033-2042, 2000.

COLOZZI-FILHO, A. et al. **Comunidade e atividade microbiana em agrossistemas**. In: FERTIBIO: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 25.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 8.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 6.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 3. Londrina, 2000. Anais... Santa Maria: UFSM, 2000. (CD ROM).

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira de cana de açúcar, v.3 – Safra 2016/2017, n.1, Primeiro Levantamento**, Brasília, p.1-66, 2016. Disponível em:
<http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16_04_18_14_27_15_boletim_cana_portugues_-_1o_lev_-_16.pdf> Acesso em: 25 de janeiro de 2018.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira de cana de açúcar, v.4 – Safra 2017/2018, n.3, Terceiro Levantamento**, Brasília, p.1-77, 2017. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/18_01_08_09_08_38_cana_dezembro_novo.pdf> Acesso em: 25 de janeiro de 2018.

CONSELHO DOS PRODUTORES DE CANA-DE-AÇÚCAR, AÇÚCAR E ÁLCOOL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Manual de Instruções**. Piracicaba, 2006. Disponível em: <http://www.orplana.com.br/manual_2006.pdf> Acesso em: 25 de janeiro de 2018.

CORDELL D., WHITE S. Peak phosphorus: clarifying the key issues of a vigorous debate about long-term phosphorus security. **Sustainability** **3**, 2027–2049. 10.3390/su3102027, 2011.

CRUZ, C.; CORREIA, P.; RAMOS, A.C.; CARVALHO, L.; BAGO, A.; KLIRONOMOS, J.; MARTINS-LOUÇÃO, M.A. **Arbuscular mycorrhiza in plant physiological morphological adaptations**. In: Ajit, V, Ed. Mycorrhiza: State of the Art, Genetics and Molecular Biology, Eco-Fuction, Biotechnology, Eco-physiology, Strutucture and Systematics. Heidelberg, Springer-Verlag, 733-754, 2008.

DAROUB, S. H.; PIERCE, F. J.; ELLIS, B. G. Phosphorus fractions and fate of phosphorus-33 in soils under plowing and no-tillage. **Soil Science Society of America Journal**, v.64, n.1, p.170-176, 2000. <<http://dx.doi.org/10.2136/sssaj2000.641170x>>. 10 Jan. 2010.

DATTA, P.; KULKARNI, M. Arbuscular mycorrhizal fungal diversity in sugarcane rhizosphere in relation with soil properties. **Notulae Scientia Biologicae**, v.4, n.1, p.66-74. 2012. Disponível em: <<http://notulaebiologicae.ro/index.php/nsb/article/view/6567>>

DE SOUZA, C.C.M.; PEDROSA, E.M.R.; ROLIM, M.M.; CAVALCANTE, U.M.T.; JÚNIOR, I.P.M.; PEREIRA FILHO, J.V. Initial development and chemical componentes of sufarcane under water stress associated with arbuscular mycorrhizal fungi. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, PB, v.19, n.6, p548-552, 2015.

DOUBKOVA, P., VLAS AKOV A, E., SUDOV A, R. Arbuscular mycorrhizal symbiosis alleviates drought stress imposed on *Knautia arvensis* plants in serpentine soil. **Plant Soil** **370**, 149e161, 2013.

DOUDS DD JR, LEE J, ROGERS L, LOHMAN ME, PINZON N, GANSER S. Utilization of inoculum of AM fungi produced on-farm for the production of *Capsicum annum*: a summary of seven years of field trials on a conventional vegetable farm. **Biol Agric Hortic** 28:129–145, 2012.

DOUDS D.D.; WILASON, D.O.; SEIDEL, R.; ZIEGLER-ULSH, C. A method to minimize the time needed for formation of mycorrhizad in sweet corn seedlings for outplanting using AM fungus inoculum produced on-farm. **Scietia Horticulturae** (203) p.62-68, 2016.

DOUDS DD JR, NAGAHASHI G, HEPPELRY PR. Production of inoculum of indigenous AM fungi and options for diluents of compost for onfarm production of AM fungi. **Bioresour Technol** 101:2326–2330, 2010.

DOUDS DD JR, NAGAHASHI G, PFEFFER PE, KAYSER WM, REIDER C. On-farm production of AM fungus inoculum mixtures of compost and vermiculite. **Bioresour Technol** 97:809–818, 2006.

DOUDS DD JR, NAGAHASHI G, REIDER C, HEPPELRY PR. Choosing a mixture ratio for the on-farm production of AM fungus inoculum in mixtures of compost and vermiculite. **Compost Sci Util** 16:52–60, 2008.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. Rio de Janeiro, 2006. 306p.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A.J. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas**. Londrina: Editora Planta, 2006. 403p.

FERNANDES, R. P et al. **Cálculos na Agroindústria da cana de açúcar**. Piracicaba: STAB: Açúcar, Álcool e Subprodutos, 2000. 193 p.

FERREIRA, M.F et al. Relações fenotípicas e genotípicas entre componentes de produção em cana-de-açúcar. **Bragantia**, Campinas, v. 66, n. 4, p. 605-610, 2007.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

FRANCO, A. **Cana-de-açúcar cultivada em solo adubado com lodo de esgoto e vinhaça: nitrogênio no sistema solo-planta, produtividade e características tecnológicas**. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2003.

FORS, R. O. **Identificação, quantificação e inoculação de Fungos Micorrízicos Arbusculares no sistema de produção de cana-de-açúcar**. Dissertação (Mestrado em Agronomia (Ciências do Solo)) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2016.

GADKAR, V.; DRIVER, J.D. e M.C. RILLING. A novel in vitro cultivation system to produce and isolate soluble factors released from hyphae of arbuscular mycorrhizal fungi. **Biotechnol. Lett.**, v.28, p.1071-1076, 2006.

GAUR A, ADHOLEYA A, MUKERJI KG. On-farm production of VAM inoculum and vegetable crops in marginal soil amended with organic matter. **Trop Agric** 77:21–26, 2000.

GERDEMANN, J. e NICHOLSON, T.H. Spores of mycorrhizal Endogone species extracted from soil by wet sieving and decanting. Trans. **Br. Mycol.**, v.46, p. 235-244, 1963.

GIOVANETTI M, MOSSE B. An evaluation of techniques for measuring vesicular-arbuscular mycorrhizal infection in roots. **New Phytol.** 84: 489-500, 1980.

GHOLAMHOSEINI, M., A. GHALAVAND, A. DOLATABADIAN, E. JAMSHIDI, AND A. KHODAEI-JOGHAN. Effects of arbuscular mycorrhizal inoculation on growth, yield, nutrient uptake and irrigation water productivity of sunflowers grown under drought stress. **Agric. Water Manag.** 117, 106-114. Doi: 10.1016/j. agwat.2012.11.007., 2013.

GILBERT, R.A.; SHINE JUNIOR, J.M.; MILLER, J.D.; RICE, R.W.; RAINBOLT, C.R. The effect of genotype, environment and time of harvest on sugarcane yields in Florida, USA. **Field Crops Research**, [S.l.], v. 95, p. 156-170, 2006.

GOLDENBERG, J. Ethanol for a sustainable energy future. *Science* 315:808-810, 2007

HOROWITZ, N.; MEURER, E. J. **Eficiência agrônômica dos fosfatos naturais**. In: YAMADA, T.; ABDALLA, S. R. S. Fósforo na agricultura brasileira. Piracicaba: Potafos, 2004. p.665-688.

INMAN-BAMBER, N.G.; BONNETT, G.D.; SMITH, D.M.; THORBURN, P.J. Sugarcane physiology: integrating from cell to crop to advance sugarcane production. **Field Crops Research**, Amsterdam v.92, p.115-117, 2005.

INMAN-BAMBER, N.G.; BONNETT, G.D.; SPILLMAN, M.F.; HEWITT, M.L.; JACKSON, J. Increasing sucrose accumulation in sugarcane by manipulating leaf extension and photosynthesis with irrigation. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.59, p.13-26, 2008.

INVAM (International Culture Collection of Vesicular Arbuscular Mycorrhizal Fungi). **Culture Methods**. Disponível em: < <https://invam.wvu.edu/> > Acesso em 25 de janeiro de 2018.

IJDO M, CRANENBROUCK S, DECLERCK S. Methods for large-scale production of AM fungi: past, present, and future. **Mycorrhiza** 21:1–16, 2011.

KELLY, R.M. et al. Responses of sugarcane, maize, and soybean to phosphorus and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.52, p.731-743, 2001.

KELLY, R.M.; EDWARDS, D.G.; THOMSON, J.P. e MAGAREY, R.C. Growth responses of sugarcane to mycorrhizal spore density and phosphorus rate. **Australian Journal of Agricultura Research**, Vol.56, p. 1405-1413, 2005.

KELLY, R.M.; EDWARDS, D.G.; MAGAREY, R.C. e THOMPSON, J.P. Effects of VAM on the growth and nutrition of sugarcane. **Proceedings of Australian Society of Sugar Cane Technologists**, p.73-79, 1997.

KOIDE, R.T. e MOSSE, B. **A history of research on arbuscular mycorrhiza**. **Mycorrhiza**, 14:145-163, 2004.

KORNDÖRFER, G.H. **Fósforo na cultura da cana-de-açúcar**. In: FÓSFORO NA AGRICULTURA BRASILEIRA. Piracicaba, 2004. Anais... São Pedro: POTAFOS, p.291-305, 2003.

KORNDÖRFER, G.H.; RIBEIRO, A.C.; ANDRADE, L.A.B. **Cana-de-açúcar**. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ, V.H. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p.285-288.

KUMALAWATI, Z.; MUSA, Y.; AMIN, N.; ASRUL, L. e RIDWAN, I. Exploration Of Arbuscular Mycorrhizal Fungi From Sugarcane Rhizosphere In South Sulawesi. **International Journal of Scientific e Technology Research**. Vol. 3, No, 1, p. 201-203, 2014.

KUMAR, H. M. ; GAJARIA, S. C. ; RADHA, K. S. Growth and development of catla (Catla catla) fed with different levels of diet containing Spirogyra sp.. **Biores. Technol.**, 95 (1): 73–76, 2004.

LAMBAIS, M.R. Unraveling the signaling and signal transduction mechanisms controlling arbuscular mycorrhiza development. **Scientia Agricola**, 63:405-413, 2006.

LANA, R.M.Q.; ZANÃO JÚNIOR, L.A.; KORNDORFER, G.H. e MACIEL JUNIOR, V.A. Parcelamento da adubação potássica na cana-planta. **STAB Açúcar, Álcool Subpr.**, 23:28-31, 2004

LOPES, A.S. **Manual de Fertilidade do Solo**. Trad. e adapt. De soil Fertiliy manual. Piracicaba: 1989

MACHADO, R. S.; RIBEIRO, R. V.; MARCHIORI, P. E. R.; MACHADO, D. F. S. P.; MACHADO, E. C.; LANDELL M. G. A. Respostas biométricas e fisiológicas ao deficit hídrico em cana-de-açúcar em diferentes fases fenológicas. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v.44, n.12, p.1575-1582, 2009.

MALUF, H. J. G. ; SILVA, CARLOS A. ; CURI, N. ; Norton, L. D. ; ROSA, S. D. . Adsorption and availability of phosphorus in response to humic acid rates in soils limed with CaCO₃ or MgCO₃. **CIÊNCIA E AGROTECNOLOGIA (ONLINE)**, v. 42, p. 1-14, 2018.

MANHÃES, C.M.C.; GARCIA, R.F.; FRANCELINO, F.M.; FRANCELINO, H.O.; COELHO, F.C. Fatores que afetam a brotação e o perfilhamento da cana-de-açúcar. **Revista Vértice**, Campo dos Goytacazes, RJ, v.17, n.1, p.163-181, 2015.

MARAFON, A.C. **Análise quantitativa de crescimento em cana-de-açúcar: uma introdução ao procedimento prático**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2012. 29p. (Embrapa Tabuleiros Costeiros. Documentos, 168).

MARIN, F.; NASSIF, D. S. P. Mudanças climáticas e a cana-de-açúcar no Brasil: Fisiologia, conjuntura e cenário futuro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.17, n.2, p.232-239, 2013.

MARIN, F.R. **Variedades de cana-de-açúcar. 2005**. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01_42_1110200717570.html> Acesso em: 25 de janeiro de 2018.

McGONIGLE, T. P.; FITTER, A. H. Ecological specificity of vesicular-arbuscular mycorrhizal associations. **Mycological Research**, v. 94, p.120-122, 1990.

MEHROTRA, V. S. Arbuscular mycorrhizal associations of plants colonizing coal mine spoil in India. **Journal of Agricultural Science**, v. 130, p. 125-133, 1998.

MILLIGAN, S.B.; GRAVOIS, K.A.; BIRCHOFF, K.P.; MARTIN, F.A. Crop effects on broad-sense heritabilities and genetic variances of sugarcane yield components. **Crop Science**, Madison, v. 30, p. 344-349, 1990.

MOURA, J. B. **Diversidade e colonização micorrízica em diferentes usos do solo no cerrado**. Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 124 p. Tese de Doutorado, 2015.

MO, Y.L., WANG, Y.Q., YANG, R.P., ZHENG, J.X., LIU, C.M., LI, H., MA, J.X., ZHANG, Y., WEI, C.H., ZHANG, X. Regulation of Plant Growth, Photosynthesis, Antioxidation and osmosis by an arbuscular mycorrhizal fungus in watermelon seedlings under well-watered and drought conditions. **Front. Plant Sci.**, <http://dx.doi.org/10.3389/fpls.2016.00644>, 2016.

NAHAR, S.M.N.; KHALEQUE, M.A. Genotype – environment interaction and stability in sugarcane. **Indian Sugar**, New Delhi, v. 50, n. 11, p.811-820, 2001.

NASIM, G.; ALI, A.; MUNAWAR, A.; BAJWA, R. Seasonal dynamics of AM fungi in sugarcane (*Saccharum officinarum* L. CV. SPF-213) in relation to red rot (*Colletotrichum falcatum*) disease from Punjab, Pakistan, **Pakistan Journal of Botany**, 40(6): 2587-2600, 2008.

Novais, R. F.; Smyth, T. J. **Fósforo em solos e planta em condições tropicais**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 1999. 399p

OZTEKIN, G.B.; TUZEL, Y. e TUZEL, I.H. Does mycorrhiza improve salinity tolerance in grafted plants. **Scientia Horticulturae**, v.149, p. 55-60.2013

OWEN, D.; WILLIAMS, A.P.; GRIFFITH, G.W.; WITHERS, P.J.A. Use of commercial bio-inoculants to increase production through improved phosphorus acquisition. *Applied Soil Ecology*, **Amsterdam**, v.86, p.41-54, 2015.

POUYU-ROJAS, E.; SIQUEIRA, J.O. e SANTOS, J.G.D. Compatibilidade simbiótica de fungos micorrízicos arbusculares com mudas de espécies arbóreas tropicais. **R. Bras. Ci. Solo**, 30:413-424, 2006.

PALEONTOLOGICAL STATISTICS – PAST – Version 3.18. Oyvind Hammer. Natural History Museum – University of Oslo. 1999-2017.

PHILLIPS, J. M.; HAYMAN, D. S. Improved procedures for cleaning roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. **Transactions of the British Mycological Society**, London, v. 55, p. 158-161, Aug. 1970.

PRADO, R.M.; FERNANDES, F.M.; ROQUE, C.G. Resposta da cultura do milho a modos de aplicação e doses de fósforo, em adubação de manutenção. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.25, p.83-90, 2001.

REDECKER, D.; SCHÜBLER, A.; STOCKINGER, H.; STÜRMER, S.L., MORTON, J.B. e WALKER, C. An evidence-based consensus for the classification of arbuscular mycorrhizal fungi (Glomeromycota). **Mycorrhiza**, v.23, n.7, p. 515-531, 2013.

REIS, V.M.; PAULA, M.A. e DÖBEREINER, J. Ocorrência de micorrizas arbusculares e da bactéria diazotrófica *Acetobacter diazotrophicus* em cana-de-açúcar. **Pesq. Agropec.** 77WW77., Brasília, v.34, n.10, p. 1933-1947, 1999.

REDE INTERUNIVERSITÁRIA PARA O DESENVOLVIMENTO DO SETOR SUCROALCOOLEIRO. **Catálogo nacional de variedades “RB” de cana-de-açúcar.** Curitiba, 2010. 136 p.

REA, R.; SOUSA-VIEIRA, O. Genotype x environment interactions in sugarcane yield trials in the Central-Western region of Venezuela. **Interciencia**, Caracas, v.27, n.11, p.620-624, 2002.

REA, R.; SOUSA-VIEIRA, O. Interaccion genotipo x ambiente y analisis de estabilidad en ensayos regionales de caña de azúcar en Venezuela. **Caña de Azúcar**, Yaracuy, v.19, n.(único), p.3-15, 2001.

REIS, M.R.; TIRONI, S.P.; COSTA, M.D.; SILVA, M.C.S.; FERREIRA, E.A.; BELO, A.F.; BARBOSA, M.H.P. e SILVA, A.A. Colonização micorrízica e atividade de fosfatases ácidas na rizosfera de cultivares de cana-de-açúcar após aplicação de herbicidas. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v.27, p. 977-985, 2009.

REIS, V.M.; PAULA, M.A. e DÖBEREINER, J. Ocorrência de micorrizas arbusculares e da bactéria diazotrófica *Acetobacter diazotrophicus* em cana-de-açúcar. **Pesq. Agropec.** WW., Brasília, v.34, n.10, p. 1933-1947, 1999.

ROKNI, N. e GOLTAPPEH, M. Diversity of Arbuscular Mycorrhizal Fungi associated with common sugarcane varieties in Iran. **Journal of Agricultural Technology**, Vol. 7, No. 4, p. 1017-1022, 2011.

ROSSETTO, R.; DIAS, F.L.F.; VITTI, A.C.; PRADO JÚNIOR, J.P.Q. Fósforo. In: DINARDO-MIRANDA, L.L.; VASCONCELOS, A.C.M.; LANDELL, M.G.A. **Cana-de-açúcar.** Campinas: Instituto Agrônômico, 2008. p.271-287.

RUSSOMANNO, O. M. R.; KRUPPA, P. C.; MINHOMI, M. T. A. Influência de fungos micorrízicos arbusculares no desenvolvimento de plantas de alecrim e manjerição. **Arquivos do Instituto Biológico**, v.75, p.37-43, 2008.

ROKNI N.; GOLTAPPEH M.E.; ALIZADEH A. Some new recorded species of arbuscular mycorrhizal fungi associated with sugarcane crop in Iran. **J Agric Technol** 6:67-78, 2010.

SAGGIN JÚNIOR, O. J.; LOVATO, P. E. **Aplicação de micorrizas arbusculares na produção de mudas e plantas micropropagadas.** In: SIQUEIRA, J. O.; MOREIRA, F. M. S.; LOPES, A. S.; GUILHERME, L. R. L.; FAQUIM, V. Inter-relação fertilidade, biologia do solo e nutrição de plantas, Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo/Ufla, 1999. p. 725-773

SANCHEZ, P. A.; UHERA, G. **Management considerations for acid soils with high phosphorus fixation capacity.** In: Khasawneh, F. E.; Sample, E. C.; Kamprath, E. J. The role of phosphorus in agriculture. Madison: ASA; CSSA; SSSA, 1980. p. 471-514.

- SANTOS, D. H.; SILVA, M. A.; TIRITAN, C. S.; FOLONI, J. S. S.; ECHER, F. R. Qualidade tecnológica da cana-de-açúcar sob adubação com torta de filtro enriquecida com fosfato solúvel. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, n.5, p.443–449, 2011. <<http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662011000500002>>.
- SALES, L.R.; CÉSAR, L.E.V.; BRUZI, A.T.; NUNES, J.A.R.; ANDRADE, L.A.B.; LOPES, M.F. Seleção de cultivares de cana-de-açúcar potenciais para o município de Lavras – sul de Minas Gerais. *Revista Agrogeoambiental*. Pouso Alegre, V.8. n.1. p97-109, 2016.
- SCARPARI, M. S.; BEAUCLAIR, E. G. F. **Anatomia e Botânica**. In: DINARDOMIRANDA, L. L.; VASCONCELOS, A. C. M.; LANDELL, M. G. A. Cana de açúcar. Campinas: Instituto Agronomico, p. 47 – 56, 2008.
- SCHLEMPER, T.R. e STÜRMER, S.L. On farm production of arbuscular mycorrhizal fungi inoculum using lignocellulosic agrowastes. **Mycorrhiza**, 24:571-580, 2014.
- SEGATO, S.V.; MATTIUZ, C.F.M.; MOZAMBANI, A.E. **Aspectos fenológicos da cana-de-açúcar**. In: SEGATO, S.V.; PINTO, A.S.; JENDIROBA, E. et. al. (Eds.) Atualização em produção de cana-de-açúcar. 1.ed. Piracicaba: Livro cereas, 2006. p.19-36.
- SIEVERDING E. Vesicular-arbuscular mycorrhiza management in tropical agrosystems. Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH. Eschborn, Germany, 1991.
- SILVA, K.A.; GOTO, B.T.; OEHL, F.; SILVA, G.A.; NOBRE, C.P.; PEREIRA, C.M.R.; MELLO, C.M.A.; ASSIS, D.M.A.; MARINHO, F.; SILVA, I.R.; PONTES, J.S.; JOBIM, K.; VIEIRA, L.C.; SOUSA, N.M.F.; LIMA, R.A.A. e MAIA, L.C. Arbuscular mycorrhizal fungi: new records in Northeast Brazil. **Bol. Mus. Biol. Mello Leitão**, Vol. 36, p. 35-50, 2014.
- SILVA, M. A.; JERONIMO, E. M.; LUCIO, A. D.. Height of cut and harvest period effects on tillering and yield of sugarcane. **Pesq. agropec. bras.** [online]. 2008, vol.43, n.8, pp.979-986.
- SIQUEIRA, J.O.; LAMBAIS, M.R. e STÜRMER, S.L. Fungos micorrízicos arbusculares. Características, associação simbiótica e aplicação na agricultura. **Biotecnología, Ciência e Desenvolvimento**, n.25, p.12-21, 2002.
- SIQUEIRA, J.O.; COLOZZI FILHO, A.; OLIVEIRA, E. Ocorrência de micorriza vesicular-arbusculares em agro e ecossistemas do Estado de Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileiras**, 1989.
- SIVAKUMAR N. Effect of edaphic factors and seasonal variation on spore density and root colonization of arbuscular mycorrhizal fungi in sugarcane fields. *Ann Microbiol*. 2012 doi: 10.1007/s13213-012-0455-2
- SMITH, S.E. e READ, D.J. *Mycorrhizal Symbiosis*. Elsevier, Great Britain. 768 p, 2008.
- SMITH, S.E. e SMITH, F.A. Fresh perspectives on the roles of arbuscular mycorrhizal fungi in plant nutrition and growth. **Mycologia**, v.104, n.1., p. 1-13, 2012.

SOUSA, C.C. M. de et al. Desenvolvimento inicial e componentes químicos da cana-de-açúcar sob estresse hídrico associado a fungos micorrízicos arbusculares. **Rev. bras. eng. agríc. ambient.** [online]. vol.19, n.6, pp.548-552, 2015.

SOUSA, D.M.G. e LOBATO, E. **Adubação fosfatada em solos da região do Cerrado.** Piracicaba, Potafos, 2003. 16p. (Informações Agronômicas, 102)

SOUZA, A. P.; GASPAR, M.; SILVA, E. A.; ULIAN, E. C.; WACLAWOSKY, A. J.; NISHIYAMA JR., M. Y.; SANTOS, R. V.; TEIXEIRA, M. M.; SOUZA, G. M.; BUCKERIDGE, M. S. Elevated CO₂ increases photosynthesis, biomass and productivity, and modifies gene expression in sugarcane. **Plant, Cell e Environment**, v.31, p.1116-1127, 2008.

SREENIVASSA MN. Selection of an efficient vesicular–arbuscular mycorrhizal fungus for Chili (*Capsicum annuum* L.). **Sci Horti** 50:53–58, 1992.

SRIKUMAR R, MURUGAIAN P, THANGARAJ R. Survey of arbuscular mycorrhizal fungi-associated with sugarcane in south India. **Agric Sci Dig.** 2009;29:19–22

STUPIELLO, J.P. **Pontas de cana: problema industrial.** STAB, Açúcar, Álcool e Subprodutos, v.18, p.12, 2000.

STÜRMER, S.L. e SIQUEIRA, J.O. **Fungos micorrízicos.** In: MOREIRA, F.M.S.; CARES, J.E.; ZANETTI, R. e STÜRMER, S.L. Ecosistema Solo: Componentes, relações ecológicas e efeitos na produção vegetal. UFLA, Lavras, 352 p., 2013.

SUBRAMANIAN, K. S.; TENSIA, J. S. V.; JAYALAKSHMI, K.; RAMACHANDRAN, V. Antioxidant enzyme activities in arbuscular mycorrhizal (*Glomus intraradices*) fungus inoculated and non-inoculated maize plants under zinc deficiency. **Indian Journal Microbiology**, v.51, p.37-43, 2011. <http://dx.doi.org/10.1007/s12088-011-0078-5>

TANG, M.; CHEN, H.; HUANG, J.C. e TIAN, Z.Q. AM fungi effects on the growth and physiology of *Zea mays* seedlings under diesel stress. **Soil Biol. Biochem.**, 41:936-940, 2009.

TASSO JÚNIOR, L.C. **Caracterização agrotecnológica de cultivares de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) na região centro-norte do Estado de São Paulo.** 2007. 167 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2007.

TOMAZ, H. V. Q. **Fontes, doses e formas de aplicação de fósforo na cana-de-açúcar.** Piracicaba: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 2009. 93p. Dissertação Mestrado. <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11136/tde-24022010-093150/pt-br.php>>. 24 Jan. 2010.

UNICA (União da Indústria da Cana-de-açúcar). **Área plantada com cana-de-açúcar 2012.** Disponível em: <<http://www.unicadata.com.br/>> Acesso em: janeiro de 2018.

VALSECHI, O. A.; PARAZZI, C.; ANTONIO A.; DANIEL, M. L. **Pagamento de cana pelo teor de sacarose no Estado de São Paulo.** Araras: IAA/ PLANALSUCAR. 1983. 20p.

VARMA, A. Mycorrhiza State of Art, Genetics and Molecular Biology, Eco-Function, Biotechnology, Eco-Physiology, Structure and Systematics. **Springer**, Berlin, 797 p., 2008.

VITTI, G.C.; MAZZA, J.A. Planejamento, estratégias de manejo e nutrição da cultura de cana-de-açúcar. **Informações Agronômicas**. Piracicaba: Potafós, 2002. 16p.

YANG, Y.R., HAN, X.Z., LIANG, Y., GHOSH, A., CHEN, J., TANG, M. The combined effects of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) and lead (Pb) stress on Pb accumulation plant growth parameters, photosynthesis, and antioxidant enzymes in *Robinia pseudoacacia* L. **PLoS One** 10, 1–24, 2015.

YU L., NICOLAISEN M., LARSEN J., RAVNSKOV S. Organic fertilization alters the community composition of root associated fungi in *Pisum sativum*. **Soil Biolo. Biochem.** 58 36–41, 2013.