

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO UNIVERSITÁRIO NORTE DO ESPÍRITO SANTO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA TROPICAL**

VALÉRIA PANCIERI SALLIN

**RESPOSTA DE ENRAIZAMENTO DE GENÓTIPOS
CONTRASTANTES DE *Coffea canephora* MEDIANTE
USO DO AIB**

**São Mateus-ES
Fevereiro de 2022**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO UNIVERSITÁRIO NORTE DO ESPÍRITO SANTO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA TROPICAL**

**RESPOSTA DE ENRAIZAMENTO DE GENÓTIPOS
CONTRASTANTES DE *Coffea canephora* MEDIANTE
USO DO AIB**

VALÉRIA PANCIERI SALLIN

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Agricultura Tropical, para obtenção do título de Mestre em Agricultura Tropical.

Orientador: Prof. Dr^a. Sara Dousseau Arantes

**São Mateus - ES
Fevereiro de 2022**

Ficha catalográfica disponibilizada pelo Sistema Integrado de
Bibliotecas - SIBI/UFES e elaborada pelo autor

S168r Sallin, Valéria Pancieri, 1995-
Resposta de enraizamento de genótipos contrastantes de
Coffea canephora mediante uso do AIB / Valéria Pancieri
Sallin. - 2022.
81 f. : il.

Orientadora: Sara Dousseau Arantes.
Coorientador: Jean Marcel Sousa Lira.
Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical) -
Universidade Federal do Espírito Santo, Centro Universitário
Norte do Espírito Santo.

1. Café conilon. 2. Qualidade de mudas. 3. Auxina. 4.
Sistema radicular. 5. Rizogênese adventícia. 6. Bibliometria. I.
Arantes, Sara Dousseau. II. Lira, Jean Marcel Sousa. III.
Universidade Federal do Espírito Santo. Centro Universitário
Norte do Espírito Santo. IV. Título.

CDU: 63

VALÉRIA PANCIERI SALLIN

**RESPOSTA DE ENRAIZAMENTO DE GENÓTIPOS
CONTRASTANTES DE *Coffea canephora* MEDIANTE USO DO AIB**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agricultura Tropical da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Agricultura Tropical.

Aprovada em 25 de fevereiro de 2022.

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof^a. Dr^a. Sara Dousseau Arantes
Universidade Federal do Espírito Santo
Orientadora

Prof. Dr. Antelmo Ralph Falqueto
Universidade Federal do Espírito Santo

Prof. Dr. Jean Marcel Sousa Lira
Universidade Federal de Alfenas

Prof^a. Dr^a. Cátia Aparecida Simon
Faculdade Espírito Santense



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

PROTOCOLO DE ASSINATURA



O documento acima foi assinado digitalmente com senha eletrônica através do Protocolo Web, conforme Portaria UFES nº 1.269 de 30/08/2018, por
ANTELMO RALPH FALQUETO - SIAPE 1648734
Departamento de Ciências Agrárias e Biológicas - DCAB/CEUNES
Em 03/03/2022 às 15:43

Para verificar as assinaturas e visualizar o documento original acesse o link:
<https://api.lepisma.ufes.br/arquivos-assinados/369927?tipoArquivo=O>

ASSINATURAS (3)

Documento original assinado eletronicamente, conforme MP 2200-2/2001, art. 10, § 2º, por:

SARA DOUSSEAU ARANTES
AGENTE DE PESQUISA E INOVACAO EM DESENVOLVIMENTO
RURAL
CPDI NORTE - INCAPER - GOVES
assinado em 03/03/2022 15:48:11 -03:00

JEAN MARCEL SOUSA LIRA
CIDADÃO
assinado em 03/03/2022 23:19:11 -03:00

CÁTIA APARECIDA SIMON
CIDADÃO
assinado em 04/03/2022 09:14:54 -03:00



INFORMAÇÕES DO DOCUMENTO

Documento capturado em 04/03/2022 09:14:55 (HORÁRIO DE BRASÍLIA - UTC-3)
por SARA DOUSSEAU ARANTES (AGENTE DE PESQUISA E INOVACAO EM DESENVOLVIMENTO RURAL - CPDI
NORTE - INCAPER - GOVES)
Valor Legal: ORIGINAL | Natureza: DOCUMENTO NATO-DIGITAL

A disponibilidade do documento pode ser conferida pelo link: <https://e-docs.es.gov.br/d/2022-CJJ877>

“Eu tentei 99 vezes e falhei, mas na centésima tentativa eu consegui, nunca desista de seus objetivos mesmo que esses pareçam impossíveis, a próxima tentativa pode ser a vitoriosa.”

Albert Einstein

AGRADECIMENTOS

A Deus, pai de bondade, que esteve comigo em mais uma presepada acadêmica, fonte de inspiração, poder e força interior. Por sustentar a minha alma e as aflições do meu coração, permitindo que viessem os momentos de angústia antes da colheita farta.

Aos meus pais, Odair e Regina, pelo apoio incondicional em todos os meus projetos e decisões, por acolherem minhas falhas e frustrações, por me permitirem viver essa experiência com plenitude e em tempo integral, alcançando resultados que sozinha eu não teria. Esse trabalho tem mais de vocês que de mim.

Ao meu noivo, Elder que incondicionalmente apoiou a minha decisão de seguir carreira acadêmica, por compreender as minhas ausências e estresses, suportando a saudade durante os dias de escrita, por enfrentar comigo todos os percalços do caminho, vivificando os meus dias com amor e fortalecendo-me nos momentos de vulnerabilidade, a ti meu eterno amor e dedicação.

Aos meus irmãos, Matheus, Calixto e Hugo por colorirem meus dias com gracinhas, provocações e risadas.

Aos meus avós, Nahilde, Jair e Maria Nilda, pelo afeto e carinho, pelo exemplo de perseverança, fé e gratidão diante das batalhas da vida. Por serem presentes nos meus dias, exaltando minhas habilidades e não deixando os fatores externos abalarem a estrutura, essa vitória também é de vocês.

A Diana, Bianca e Laís, presentes que ganhei em fases iniciais da caminhada de formação. Pelos momentos de partilha dos problemas, reclamações e alegrias, por estarem disponíveis quando não havia ninguém, oferecendo ajuda e reflexões, mostrando-me que algumas pessoas realmente chegam para ficar e qualificar a vida.

A minha orientadora, mentora e musa inspiradora de vida profissional, professora Dra Sara, por abrir as portas do PPGAT e do conhecimento para mim, por toda a base científica ensinada, por ser firme nas orientações, mas sem perder a ternura, me fazendo sair de zonas confortáveis no aprendizado e amadurecer academicamente. Por acolher todos os meus déficits e limitações, suportar minhas insistências e teimosias, sempre sendo luz em busca de soluções para os imprevistos de um mestrado a distância, a você toda minha admiração e reconhecimento.

Ao professor Dr. Jean que apesar de todas as ocupações e imprevistos topou o desafio da coordenação, totalmente a distância, com prazos extremamente curtos e falhas no decorrer do caminho. Por dedicar-me tempo, paciência e ensinamentos, meu muito obrigada.

A equipe do Laboratório de Fisiologia Vegetal e Pós-Colheita da Fazenda Experimental do Incaper de Linhares, especialmente a Hérica, Basílio e Ana Paula, por todo suporte na execução do projeto, avaliação e tentativas de interpretação dos resultados, sem o trabalho e entrega de vocês essas páginas jamais existiriam.

À Universidade Federal do Espírito Santo, ao Centro Universitário Norte do Espírito Santo (CEUNES) e ao Programa de Pós-Graduação em Agricultura Tropical (PPGAT), pela oportunidade da realização do curso de mestrado, superando todas as expectativas e dificuldades em meio a uma pandemia mundial.

Ao Consórcio de Pesquisas Cafeeiras, pela disponibilização de recursos do projeto “Desenvolvimento de estratégias para melhorar a eficiência do uso da água em mudas de cafeeiro conilon” aprovado no Consórcio de Pesquisas Cafeeiras.

À Fundação de Amparo a Pesquisa do Espírito Santo (FAPES) por incentivar a permanência no programa e fornecer a bolsa durante toda a trajetória.

À todos que estiveram comigo nestes últimos dois anos, que de maneira direta ou indireta motivaram e fortaleceram a caminhada, tornando esse momento real.

Muito Obrigada.

SUMÁRIO

RESUMO.....	viii
ABSTRACT	x
CAPITULO 1	1
TENDÊNCIAS E DESCOBERTAS DO ENRAIZAMENTO DO CAFEIRO CONILON: UMA REVISÃO BIBLIOMÉTRICA.....	1
1. RESUMO	1
2. ABSTRACT	1
3. INTRODUÇÃO	3
4. METODOLOGIA	4
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	5
6. CONCLUSÕES	18
7. REFERÊNCIAS.....	19
8. APÊNDICE A	24
CAPÍTULO 2.....	35
RESPOSTA DE ENRAIZAMENTO DE GENÓTIPOS CONTRASTANTES DE COFFEA CANEPHORA MENDIANTE USO DO AIB	36
1. RESUMO	36
2. ABSTRACT	37
3. INTRODUÇÃO	38
4. METODOLOGIA	39
5. RESULTADOS.....	42
6. DISCUSSÕES.....	49
7. CONCLUSÃO	55
8. REFERÊNCIAS.....	55

RESUMO

SALLIN, Valéria Pancieri; MSc; Universidade Federal do Espírito Santo; fevereiro de 2022; **Resposta de enraizamento de genótipos contrastantes de *Coffea canephora* mediante uso do AIB**; Orientadora: Sara Dousseau Arantes; Coorientador: Jean Marcel Sousa Lira.

No cultivo do cafeeiro conilon, diferentes práticas vêm sendo aprimoradas afim de otimizar o desempenho agrônômico, garantindo a produção e longevidade das lavouras em meio as adversidades típicas do clima tropical. Nas abordagens científicas que tocam áreas como a propagação, caracterização genética e tolerância ao estresse hídrico, variáveis relacionadas ao sistema radicular do cafeeiro ganharam atenção, devido o papel deste órgão na absorção de água e nutrientes e seus reflexos nos resultados de crescimento e produtividade. Entretanto, apesar do volume de trabalhos de publicados, há uma necessidade de análise do grau de significância dos temas, o comportamento na evolução temporal, apontamentos de estudo futuro e aplicação na pesquisa, afim de verificar o desenvolvimento tecnológico e científico da pesquisa, como também favorecer a busca referencial e entendimento de possíveis tendências. Por isso, dois trabalhos foram desenvolvidos. O primeiro, intitulado “Tendências e descobertas do enraizamento do cafeeiro conilon: uma revisão bibliométrica”, é uma análise exploratória da literatura, onde objetivou-se realizar uma revisão e análise bibliométrica na base de dados Web Of Science (WOS) acerca das principais contribuições de estudos, pesquisadores, organizações e países relevantes na pesquisa acadêmica sobre o enraizamento de *Coffea canephora*. Para isso, foram selecionados 92 artigos na base referencial WOS, a partir da busca pelos termos “*Coffea canephora*” AND “Root”, e no software Vosviewer, elaborou-se gráficos de rede e densidade. Os resultados mostraram a avaliação de raízes em *C. canephora* desde 1982 com um estudo de diversidade genética, que posteriormente evoluiu para áreas da propagação vegetativa (com estacas herbáceas), nematologia (resistência e manejo) e tolerância ao estresse hídrico com enfoque na resposta de genótipos contrastantes, sendo essa área junto a tópicos como risco climático, manejo hídrico e tolerância a seca, uma linha de pesquisa que tende a evoluir nos próximos anos. Com base nisso o segundo capítulo, intitulado “Resposta de enraizamento de genótipos contrastantes de *Coffea canephora* mediante uso do AIB”, teve por objetivo caracterizar componentes morfológicos de genótipos contrastantes de cafeeiro

conilon, na propagação por estaquia e adição de AIB, enfatizando a qualidade de mudas e os parâmetros de raízes. Neste, conduziu-se um experimento em delineamento de blocos casualizados, esquema fatorial 2 x 2, sendo o primeiro fator composto por genótipos contrastantes em enraizamento (LB1 e 02) e o segundo fator constituído pela aplicação de ácido indol-butírico (AIB) na dose 0 e 400 ppm em estacas de cafeeiro conilon. As mudas foram avaliadas quanto ao comprimento e diâmetro do caule, número de folhas, área foliar, massa seca da raiz, parte aérea e total, índice de qualidade de Dickson, comprimento, área superficial e volume de raízes em dez classes de diâmetro, bem como anatomia do xilema no caule, folhas e raízes. Não houve interação do AIB e genótipo na resposta de morfologia de parte aérea das mudas, no entanto para todos os demais parâmetros, houve influência das variações genótípicas, em que o 02 apresentou incremento desejável em termos de massa seca, expansão de estruturas anatômicas e aperfeiçoamento da arquitetura radicular, por meio do aumento de raízes finas em comprimento e área superficial, enquanto o LB1 apresentou ganhos apenas nos atributos radiculares.

Palavras-chave: Café conilon, bibliometria, qualidade de mudas, arquitetura radicular, auxina.

ABSTRACT

Sallin, Valeria Pancieri; MSc; Federal University of Espirito Santo; February 2022; **Rooting response of contrasting genotypes of *Coffea canephora* using IBA**; Advisor: Sara Dousseau Arantes; Co-advisor: Jean Marcel Sousa Lira.

In the cultivation of conilon coffee, different practices have been improved in order to optimize agronomic performance, ensuring the production and longevity of crops amid the typical adversities of the tropical climate. In scientific approaches that touch areas such as propagation, genetic characterization and tolerance to water stress, variables related to the coffee root system have gained attention, due to the role of this organ in the absorption of water and nutrients and its reflexes in the results of growth and productivity. However, despite the volume of published works, there is a need to analyze the degree of significance of the themes, the behavior in the temporal evolution, notes for future study and application in research. Therefore, two works were developed. The first one, entitled "Trends and discoveries in rooting of the conilon coffee tree: a bibliometric review", is an exploratory literature review, which aimed to carry out a bibliometric review and analysis in the Web Of Science (WOS) database about the main contributions of studies, researchers, organizations and countries relevant to academic research on the rooting of *Coffea canephora*. Constructed from the principles of the theory of the consolidated meta-analytic approach, with the results of the WOS base when searching the terms "*Coffea canephora*" AND "Root", network and density graphs were elaborated in the Vosviewer Software. The results showed the evaluation of roots in *C. canephora* since 1982 with a study of genetic diversity and since it has evolved into areas of vegetative propagation (with herbaceous cuttings), nematology (resistance and management) and tolerance to water stress with a focus on the response of genotypes. This area, together with topics such as climate risk, water management and drought tolerance, is a line of research where the root system tends to be modulated and investigated in depth in the coming years. Based on this, the second chapter, entitled "Rooting response of contrasting genotypes of *Coffea canephora* using IBA", aims to characterize morphological components of contrasting genotypes of conilon coffee, in propagation by cuttings and addition of IBA, emphasizing the quality of seedlings and root parameters. In this one, an experiment was carried out in a randomized block design, 2 x 2 factorial scheme, the first factor being composed of contrasting genotypes in rooting (LB1 and 02) and the second

factor consisting of application or not of indole-butyric acid (IBA) in the propagation of cuttings. The seedlings were evaluated for stem length and diameter, number of leaves, leaf area, root dry mass, shoot and total, Dickson quality index, length, surface area and root volume in ten diameter classes, as well as as xylem anatomy in stem, leaves and roots. There was no interaction between AIB and genotype in the shoot morphology response of the seedlings, however, for all other parameters, there was an influence of genotypic variations, in which O2 showed a desirable increase in terms of dry mass, expansion of anatomical structures and improvement of root architecture, through the increase of fine roots in length and surface area, while LB1 showed gains only in root attributes.

Keywords: Conilon coffee, bibliometrics, seedling quality, root architecture, auxin.

CAPITULO 1

TENDÊNCIAS E DESCOBERTAS DO ENRAIZAMENTO DO CAFEEIRO CONILON: UMA REVISÃO BIBLIOMÉTRICA

1. RESUMO

A estrutura do sistema radicular do cafeeiro conilon vem sendo aprimorada ao longo dos anos por meio da propagação, estudos genéticos e agronômicos como resposta às demandas de melhorias no desenvolvimento vegetal, produção e sobrevivência da espécie. É entendido que a pesquisa científica tem papel importante na geração de tecnologias bem como segurança nas aplicações, entretanto há uma necessidade em refinar o conteúdo gerado afim de descobrir descobertas e tendências na temática. Nisso, o presente estudo tem por objetivo realizar uma revisão e análise bibliométrica na a base de dados Web Of Science (WOS) acerca das principais contribuições de estudos, pesquisadores, organizações e países relevantes na pesquisa acadêmica sobre o enraizamento de *Coffea canephora*. Os dados da base WOS publicados entre 1982 e 2021 e sistematizados no software Vosviewer, mostraram um conjunto de 92 artigos onde a maior parte origina-se no Brasil e França, tendo como principais grupos, a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Universidade Federal de Viçosa e o CIRAD. Em termos da evolução temporal dos desafios da pesquisa, nota-se a divisão do estudo em quatro áreas: diversidade genética propagação assexuada, nematologia, tolerância ao estresse hídrico e micropropagação, contudo, ressalta-se que no contexto das mudanças climáticas e seu impacto sobre a produção e longevidade da cafeicultura brasileira, vê-se a emergência de pesquisas voltadas para o sistema radicular, integrando-o em linhas que explorem e integrem tópicos como risco climático, manejo hídrico, tolerância a seca e irrigação por gotejamento, incluindo seus reflexos no desempenho agronômico da cafeeiro.

Palavras-chave: *Coffea canephora*, bibliometria, sistema radicular.

2. ABSTRACT

The structure of the conilon coffee root system has been improved over the years through propagation, genetic and agronomic studies in response to the demands for improvements in plant development, production and survival of the species. It is understood that scientific research plays an important role in the generation of

technologies as well as security in applications, however there is a need to refine the generated content in order to discover discoveries and trends in the subject. Therefore, the present study aims to carry out a bibliometric review and analysis in the Web Of Science (WOS) database about the main contributions of studies, researchers, organizations and relevant countries in academic research on the rooting of *Coffea canephora*. The data from the WOS database published between 1982 and 2021 and systematized in the Vosviewer software, showed a set of 92 articles where most of them originate in Brazil and France, with the main groups being the Brazilian Agricultural Research Corporation, Federal University of Viçosa and the CIRAD. In terms of the temporal evolution of the research challenges, the study is divided into four areas: genetic diversity, asexual propagation, nematology, tolerance to water stress and micropropagation, however, it is noteworthy that in the context of climate change and its impact on production and longevity of Brazilian coffee production, there is an emergence of research focused on the root system, integrating it into lines that explore and integrate topics such as climatic risk, water management, drought tolerance and drip irrigation, including their reflexes on the agronomic performance of coffee.

KEY WORDS: *Coffea canephora*, bibliometrics, root system.

3. INTRODUÇÃO

O café conilon (*Coffea canephora* Pierre ex Fröher) é uma commodity de grande impacto no mercado global, sendo o Brasil um dos maiores produtores e exportadores da espécie, alcançando no ano de 2021 uma média 3,97 milhões de sacas exportadas ao mês (OIC, 2022). Porém, no contexto das mudanças climáticas, estudos envolvendo análise espacial e modelagens, apontam que até 2050, área aptas para o cultivo do cafeeiro, serão reduzidas em até 60% (GOMES *et al*, 2020), e portanto, pesquisas voltadas para obtenção de plantas resistentes e adaptadas a situações extremas, é cada vez maior (DAMATTA *et al.*, 2019)

Para o cafeeiro conilon, o desenvolvimento do sistema radicular, em termos de comprimento, volume e arquitetura, é imprescindível para sobrevivência da espécie e sucesso da produção, especialmente em se tratando de lavouras sujeitas ao estresse hídrico (ALVES *et al.*, 2018). E por isso, na literatura, é amplamente esclarecido que características funcionais do sistema radicular, como aspectos morfológicos e distribuição das raízes ao longo do perfil do solo, estão relacionados a estratégias da planta para explorar água e nutrientes, e podem ser manipuladas de acordo com métodos de propagação (PARTELLI *et al.*, 2014), manejo de irrigação (BONOMO *et al.*, 2017; SOUZA *et al.*, 2018) e nutrição mineral (FLORES *et al.*, 2016; BARROS *et al.*, 2021).

No melhoramento genético, o sistema radicular também é objeto de estudos, seja em pesquisas que avaliam variabilidade genética da espécie (SILVA *et al.*, 2020) ou naquelas em que objetivo é avaliar o comportamento de diferentes genótipos em exposição a seca (PINHEIRO *et al.*, 2005; RAMALHO *et al.*, 2018), bem como, os mecanismos de tolerância a *Meloidogyne* spp (LIMA *et al.*, 2015).

Com isso, é notável a existência e aprimoramento de pesquisas importantes, envolvendo os atributos radiculares no cafeeiro conilon, em diferentes áreas e atuações, contudo, questões-chave permanecem abertas: quais as lacunas de pesquisa direcionaram os estudos envolvendo o enraizamento do cafeeiro conilon? Quais instituições e países contribuem ativamente na produção deste conhecimento científico?

Nesse cenário, a análise bibliométrica se faz indispensável, no intuito de fornecer um panorama abrangente das pesquisas sobre o enraizamento em café

conilon, especialmente considerando que, à medida que a quantidade de publicações expande em taxas crescentes e fragmentadas, o acúmulo de conhecimento torna-se complexo, e a existência de uma estrutura intelectual pode contribuir para novas descobertas na pesquisa científica (ARIA e CUCCURULLO, 2017).

Além disso, a análise bibliométrica é um recurso validado em estudos que buscam mensurar a evolução de publicações em diversos setores agrícolas, expondo com detalhamento a situação atual, lacunas e perspectivas do conhecimento, que são informações importantes, mas não atendidas em revisões tradicionais (VELASCO-MUÑOZ *et al.*, 2018; HUANG, XIA e CAO, 2022; REJEB *et al.*, 2022). A visualização gráfica, sistematizada por essa metodologia, permite ainda explorar informações básicas da temática, contextualizando como as evidências estão conectadas, o que vem sendo pesquisado e por quem (ROMANELLI *et al.*, 2021).

Diante da conjuntura apresentada, e da compreensão do enraizamento como um importante tópico no avanço da ciência cafeeira, o presente trabalho, tem por objetivo, realizar uma revisão e análise bibliométrica na base de dados Web Of Science acerca principais contribuições de estudos, pesquisadores, organizações e países relevantes na pesquisa acadêmica sobre o enraizamento de *Coffea canephora*, expondo sua evolução conceitual e tendências.

4. METODOLOGIA

Para este estudo, foram utilizados artigos indexados na Web Of Science (WOS), que é considerada uma das bases mais completas e vastamente empregada na execução de análises bibliométricas e revisões de literatura de estudos agrônomicos (CAÑAS-GUERRERO, 2013; CABRERA, CALDARELLI e DA CAMARA, 2020; BIRKLE *et al.*, 2020). A seleção de artigos foi realizada no dia 31 de janeiro de 2022, pesquisando-se os termos “*Coffea canephora*” E “root”. Os termos foram inseridos entre aspas afim de garantir maior precisão nos registros, e como o objetivo da presente proposta envolve a análise quantitativa do crescimento e evolução dos termos pesquisados, não foi aplicado filtro temporal

O conjunto de 102 artigos foram baixados no formato texto sem formatação, constando para análise bibliométrica a opção “Registro completo” que inclui todas as informações de autoria, título do trabalho e fonte, resumo, palavras-chave, referências

citadas e financiamento. Posteriormente, para confirmar a correspondência do trabalho com o tema da presente pesquisa, foi realizada a leituras dos títulos e resumos, removendo artigos duplicados ou de outras áreas que não avaliaram variáveis relacionadas as raízes (pesquisa de pós-colheita, comparação genética com outras espécies da família *Rubiaceae*, entre outros), realizou-se também a detecção de sinônimos presentes na lista de palavras-chave e fez-se a conferência da grafia das referências citadas devido a ocorrência de diferentes formas de escrita do nome de um mesmo autor.

Com isso, restaram 92 artigos (Apêndice A), organizados em documento no formato '.txt' e exportado o VosViewer 1.6.18, um software de domínio público, baseado em JAVA, desenvolvido por Eck e Waltman (2009) que atua como uma ferramenta que permite a construção e visualização de uma rede bibliométrica que caracteriza o panorama de tendência da produção científica. A partir disso, foram analisadas a tendência anual do volume de publicações, porcentagem de publicação e citação das principais revistas, principais organizações de pesquisa, acoplamento bibliográfico, rede de co-citação e rede de coautoria. O mapa de distribuição global foi construído utilizando-se o pacote Bibliometrix, escrito na linguagem R (ARIA; CUCCURULLO, 2017).

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

As análises bibliométricas revelaram a publicação de 95 artigos que envolvem o estudo da raiz do cafeeiro conilon entre 1982 e 2021 (Figura 1). Até 1991 observou-se poucas pesquisas com '*Coffea canephora*' no que tange avaliações de características radiculares e seu reflexo no crescimento vegetal, nesse período, identificou-se apenas 1 publicação ao ano, até o intervalo entre 1999 e 2001 onde o manejo de nematoides e propagação *in vitro* começaram a ser investigados, conforme a base de dados Web Of Science.

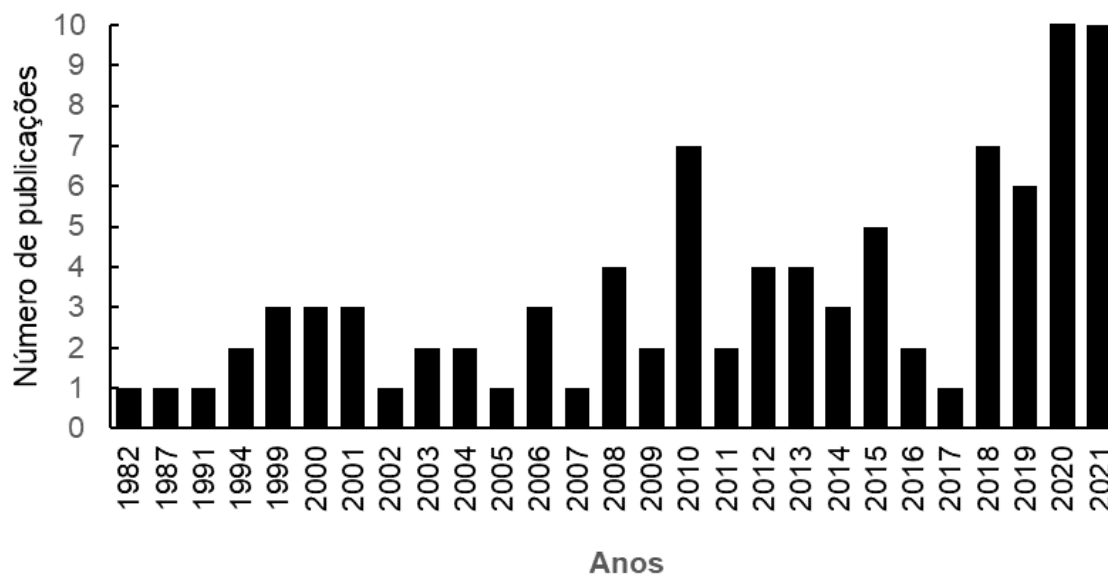


FIGURA 1. Evolução do número de publicações acerca da raízes de *C. canephora* entre 1982 e 2021.

Apesar da espécie '*Coffea canephora*', apresentar alogamia e consequentemente, alta variabilidade genética (SOUZA *et al.*, 2013; GILES *et al.*, 2019) a investigação entorno de respostas genótipo-dependentes, concentrava-se apenas em pesquisas acerca de nematoides. A partir de 2005, quando Pinheiro *et al.* (2005) identificaram diferenças no desenvolvimento do sistema radicular de dois clones e consequentemente, na tolerância a seca, é que comparação de genótipos se consolidou.

Por meio da mineração dos dados foram contatadas 605 palavras-chaves comuns nos 92 artigos, e destas selecionou-se 100 termos com ocorrência em pelo menos dois trabalhos, moldando um mapa de rede com visualização temporária (Figura 2) que deixa clara, a evolução dos assuntos envolvendo o enraizamento no cafeeiro conilon, nota-se nos tons de azul que as primeiras pesquisas da série histórica capturada, descreviam a "diversidade genética", "propagação vegetativa" e "relações hídricas", evoluindo posteriormente (em tons de verde) para "nematoides", "cultura de tecido" e "enxerto" enquanto a "tolerância a seca", "auxina", "estresse abiótico" e "risco climático" apresentam maior ocorrência entre 2015 e 2021.

Com base na Figura 2, é possível constatar o objetivo em avaliar as raízes do cafeeiro conilon, evoluiu da caracterização da espécie e propagação e ganhou espaço nos assuntos de interesse do melhoramento genético, onde almeja-se a expressão de atributos que garantam a produção apesar das adversidades, seja ela de origem

Ao observar ainda o gráfico de palavras-chaves sem visualização temporal, nota-se que, embora a maioria das pesquisas tenham ligação com resistência a nematoides, é possível identificar uma divisão dos tópicos de pesquisa em 8 clusters principais (Figura 3). O primeiro na cor vermelha caracteriza o aprimoramento do enraizamento cafeeiro por meio da propagação *in vitro*, um segundo grupo representado pela cor verde, relaciona tolerância a seca com respostas a estresse abiótico, incluindo parâmetros genotípicos e hormonais (auxina), entre o cluster verde e vermelho, situa-se o cluster azul turquesa, agrupando estudos envolvendo a expressão gênica, biossíntese e *Agrobacterium tumefaciens*, essa última palavra-chave, relaciona-se diretamente com as iniciativas de transgenia em *C. canephora*, onde pesquisadores propuseram protocolos para regeneração direta de embriões, utilizando explantes de folhas (HATANAKA *et al.*, 1999) e segmentos de hipocótilo (KUMAR *et al.*, 2005; SRIDEVI *et al.*, 2010) por meio da infecção com *Agrobacterium tumefaciens*.

O quarto cluster, na cor azul, predomina a espaço gráfico e mostra uma forte ligação (expressa pela espessura aumentada da linha) das pesquisas da formação e estrutura das raízes por meio da diversidade genética e enxertia no manejo de nematoides em *Coffea canephora* e na sequência um quarto cluster em amarelo tem como termo principal a “tolerância” (identificada pelo diâmetro da etiqueta), pesquisada em trabalhos que envolvem diversidade genética, sombreamento e eficiência de uso da água.

O quinto cluster, na cor lilás, reúne a palavra-central (*Coffea canephora*) a termos recorrentes em trabalhos que avaliaram a relação entre raízes e disponibilidade hídrica, incluindo, seca, métodos de propagação (estaquia e sementes) e irrigação por gotejamento. Logo acima, na lateral esquerda, fortemente relacionado com o cluster verde, está o cluster laranja, reunindo palavras geralmente citadas em estudos envolvendo estresse abiótico, onde são mensurados o estresse oxidativo, as relações hídricas e déficit hídrico.

E o último cluster, identificado pela cor marrom, com os termos “risco climático”, “manejo” e “variabilidade”. É notável a curta distância entres este cluster e as palavras-centrais (*Coffea canephora* e *root*), expondo novamente que, o interesse acerca do sistema radicular deixou o enfoque da caracterização genética e propagação de plantas e ganhou espaço nos trabalhos que ousam aprimorar a

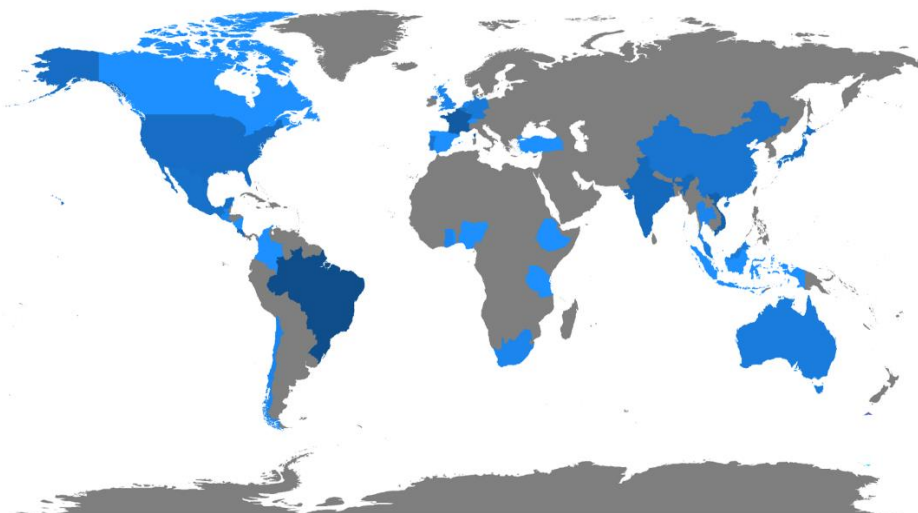
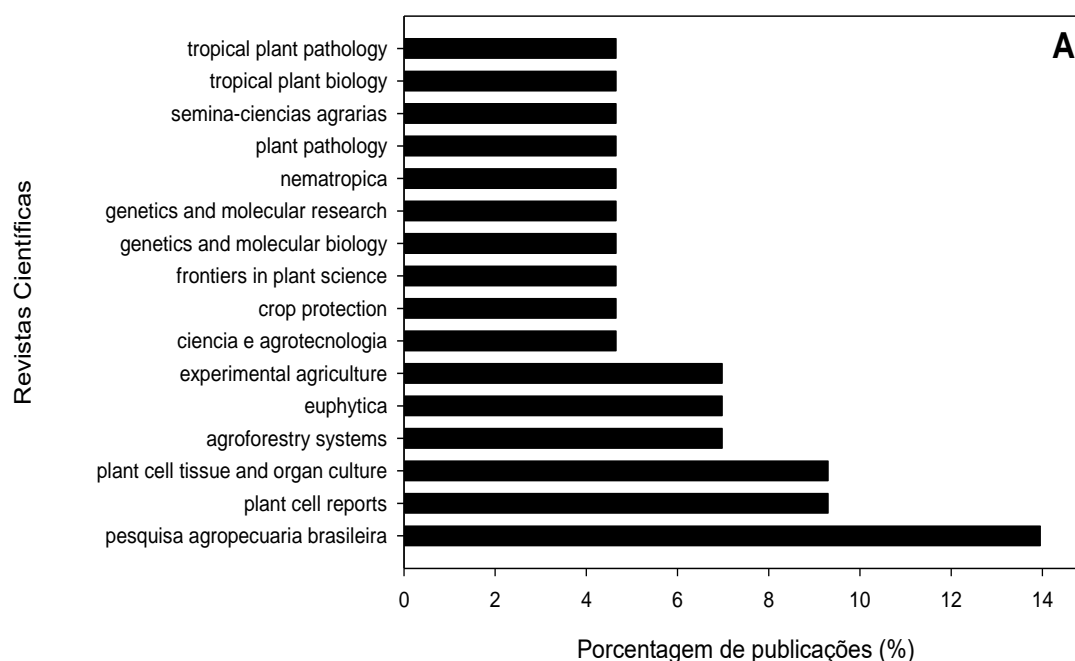


FIGURA 4. Distribuição global da produção científica que envolve o enraizamento de *Coffea canephora*. Quanto mais escura o tom de azul, maior o número de trabalhos publicados.

Os 92 artigos que abordam o enraizamento do cafeeiro conilon, foram publicados e 65 revistas diferentes, uma média de 1,41 artigos por revista. Na Figura 5 a, é possível observar as 16 revistas com pelo menos 2 publicações sobre a temática pesquisada, estando na base, com maior porcentagem de publicações, a “Pesquisa Agropecuária Brasileira”, que uma revista editada mensalmente pela Embrapa Informação Tecnológica, e tem por objetivo divulgar os resultados pioneiros produzidos por pesquisadores da própria Embrapa (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária) e também de outras instituições, sejam elas nacionais ou internacionais.

Considerando os artigos selecionados para este estudo, nota-se que as temáticas publicadas na “Pesquisa Agropecuária Brasileira”, avaliam fatores que afetam a distribuição radicular, a citar como fonte de variação, a espécie, sistema de irrigação e método de propagação. Em contrapartida, outras duas revistas com maior número de publicações, a “Plant Cell Reports” e a “Plant Cell Tissue and Organ Culture”, são voltadas para a cultura de tecido, sendo que a primeira abrange todos os aspectos da ciência das células vegetais, genética vegetal e biologia molecular, enquanto a segunda, enfatiza tecnologias e descobertas em biologia vegetal, biotecnologia e controles moleculares envolvidos na morfogênese de células e tecidos vegetais.

Já se tratando de trabalhos mais citados, verifica-se na Figura 5b, as dezesseis revistas mais relevantes em estudos de enraizamento de *C. canephora*, considerando-se o mínimo de vinte citações. As duas revistas com maior número de citações, elaboraram protocolos importantes até os dias de hoje, para o estudo do enraizamento do cafeeiro. Na “Annals of Botany” foi publicado o artigo elaborado por Pinheiro *et al.* (2005), no qual pesquisadores avaliaram o estresse hídrico na cultura, caracterizando o comportamento de genótipos contrastantes em relação a sensibilidade ao estresse hídrico, integrando respostas biométricas (especialmente a profundidade e biomassa do sistema radicular), à condutância estomática e razão de isótopos de carbono. Já na revista “Plant Cell Reports” foram publicados os artigos que validaram o protocolo para micropropagação (HATANAKA *et al.*,1991; HATANAKA *et al.*, 1999; KUMAR *et al.*, 2006; PRIYONO *et al.*, 2020).



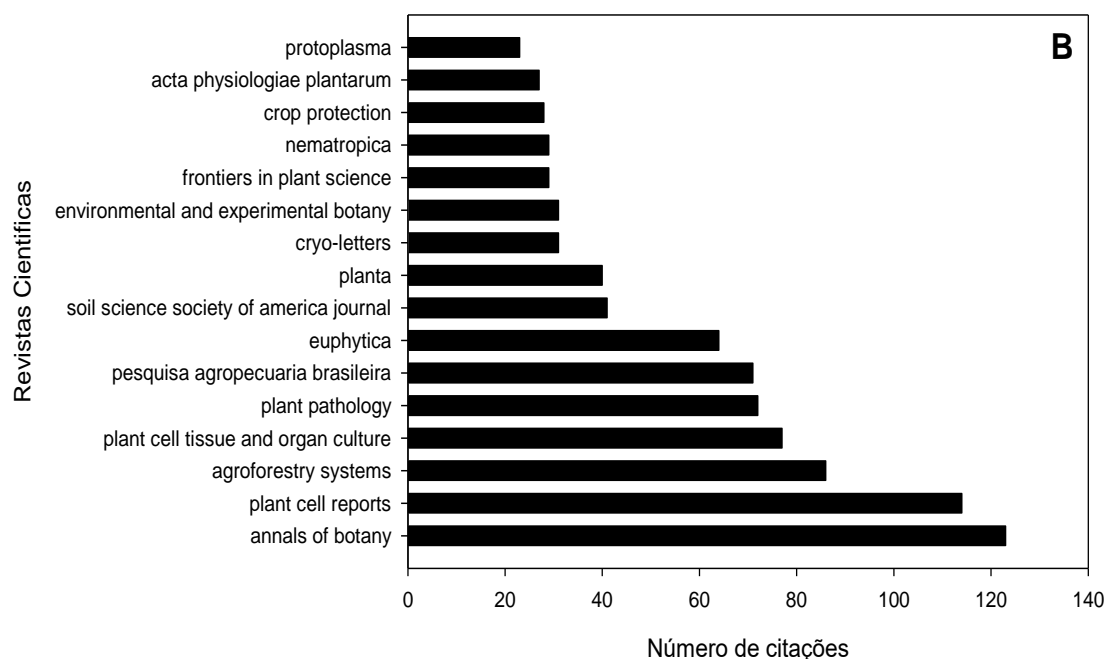


FIGURA 5. As 16 revistas científicas mais influentes no estudo do enraizamento do cafeeiro conilon (A) e em porcentagem de publicações no assunto (B).

Na Figura 6 é retratada a conexão entre as organizações envolvidas na pesquisa do cafeeiro conilon, onde foram detectadas cerca de 127 organizações agrupadas em cinco clusters. Nessa rede, o CIRAD é disposto de maneira central, e embora seja uma organização francesa, o material produzido tem mais vínculos com instituições públicas de pesquisa, tanto a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) quanto o Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural do Espírito Santo (INCAPER). Próximo a estas instituições, está o cluster das universidades (na cor azul) situadas no Espírito Santo, Minas Gerais e Rio de Janeiro. Os demais clusters reúnem instituições internacionais, que conduzem linhas de pesquisas similares, porém em número reduzido e as instituições Ghent University e Vietnam Academy Of Science And Technology agrupam-se de maneira mais distante das demais (cluster verde).

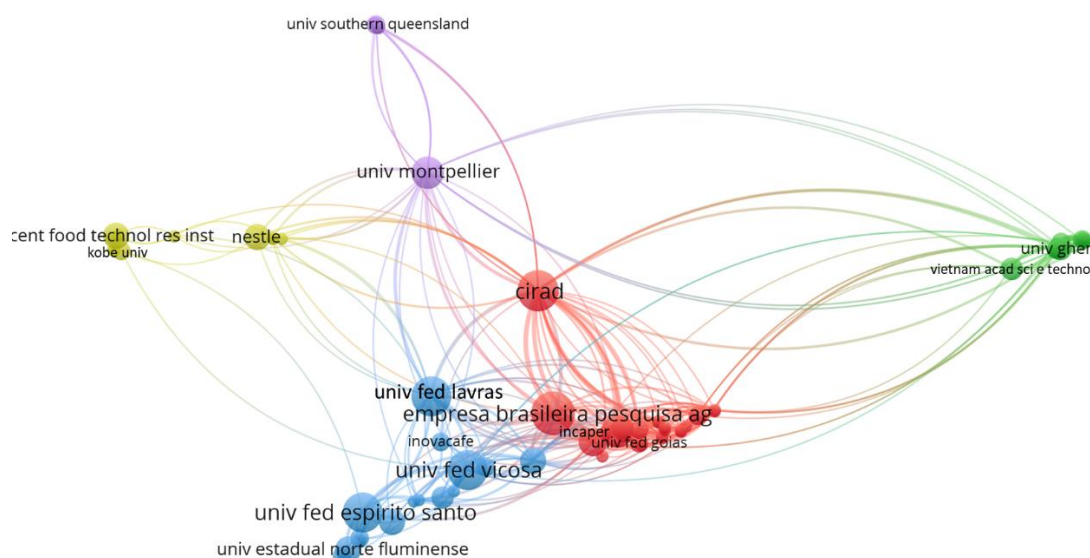


FIGURA 6. Rede de coautoria de pesquisa agrônômica do enraizamento de cafeeiro conilon a nível das organizações.

Na tabela 1 é possível analisar detalhadamente a influência dos órgãos de pesquisa e o predomínio do Brasil e França sobre as instituições envolvidas na produção científica de enraizamento do cafeeiro. A Universidade Federal de Viçosa lidera o ranking de citações, e junto com as outras cinco universidades brasileiras, apontam a importância da integração do ensino a pesquisa na produção científica e tecnológica do café. Além disso, representando instituições de pesquisa brasileira, a Embrapa lidera a produção científica, com maior número de trabalhos publicados sobre enraizamento de café, seguido pela CIRAD que é uma instituição onde o pesquisador Benoit Bertrand iniciou e aprofundou as investigações acerca de nematoides na cultura e a influência do sistema radicular na resistência ao patógeno, sendo referência mundial no assunto e tornando a instituição reconhecida.

TABELA 1. As 15 organizações relevantes na pesquisa agrônômica do café em termos de citações (NC) e número de documentos (ND).

Organização	ND	NC
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária	11	78
Cirad	10	179
Universidade Federal de Viçosa	9	218
Universidade Federal de Lavras	9	75
Universidade Federal do Espírito Santo	9	42
Institut de recherche pour le développement	6	169
Universidade de montpellier	6	69

Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural	5	53
Central Food Technological Research Institute	4	96
Nestle	4	67
Empresa de pesquisa agropecuária de Minas Gerais	4	52
Universidade de São Paulo	4	32
Universidade Estadual Norte Fluminense Darcy Ribeiro	4	24
Universidade de Brasília	3	33
Universidade de Ghent	3	27

Visualiza-se na Figura 7 o acoplamento bibliográfico dos 92 documentos e a formação de oito grandes clusters, sendo destes, quatro centros avermelhados que representam os documentos com mais impacto na pesquisa de raízes no cafeeiro conilon. O maior agrupamento refere-se aos estudos dedicados a pesquisa envolvendo os mecanismos de resistência ao patógeno., liderada por Bertrand *et al.* (2000), Noir *et al.* (2003) e Lima *et al.* (2015).

O segundo cluster em evidência na Figura acima, reforça novamente a relevância do estudo desenvolvido por Pinheiro *et al.* (2005) e seu impacto entorno das investigações acerca nas características radiculares na otimização da lavoura cafeeira, dada sua recorrência em novos estudos. Neste agrupamento destaca-se também a evolução dos estudos do pesquisador Fábio Luiz Partelli, que explorou o desenvolvimento radicular de cafeeiros 'Conilon' propagados por estacas e sementes e os reflexos na produtividade entre 2006 e 2014, bem como contribuição o modelo de estudo proposto por Silva *et al.* (2018), que ao explorarem a enxertia recíproca entre clones *C. canephora* contrastantes em tolerância a seca, destacaram que genótipos tolerantes tendem a aumentar a concentração do ácido abscísico tanto na raiz quanto na parte aérea durante a exposição a seca.

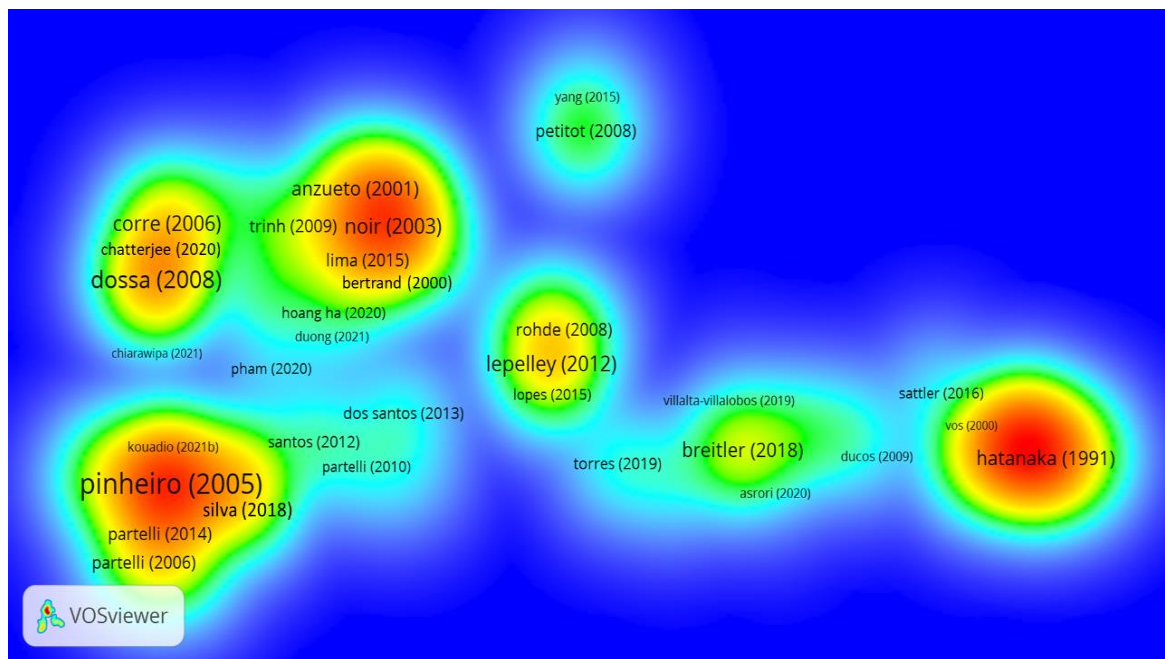


FIGURA 7. Mapa científico de acoplamento bibliográfico das pesquisas envolvendo o enraizamento de *Coffea canephora*.

A terceira tendência de pesquisa direcionada pelo acoplamento bibliográfico, diz respeito à busca por soluções à otimização do sistema radicular do cafeeiro conilon por meio de tecnologias da micropropagação, e o trabalho de Hatanaka *et al.* (1991) pioneiro nesse tipo de investigação, é até os dias de hoje um modelo replicável e com resultados que auxiliam na compreensão de novas investigações.

Os artigos selecionados para este estudo bibliométrico citam sua estrutura, cerca de 2.503 autores, e aplicando a opção de selecionar autores com o mínimo de 5 citações, restaram 81 autores para exibição da densidade de co-citation. Nesse tipo de análise, é possível averiguar semelhanças, relações e relevâncias entres os pesquisadores que constroem determinadas sub-áreas na base intelectual sobre o enraizamento de *C. canephora*, destacando-se mais uma vez a ocorrência de autores concentrados em três principais clusters.

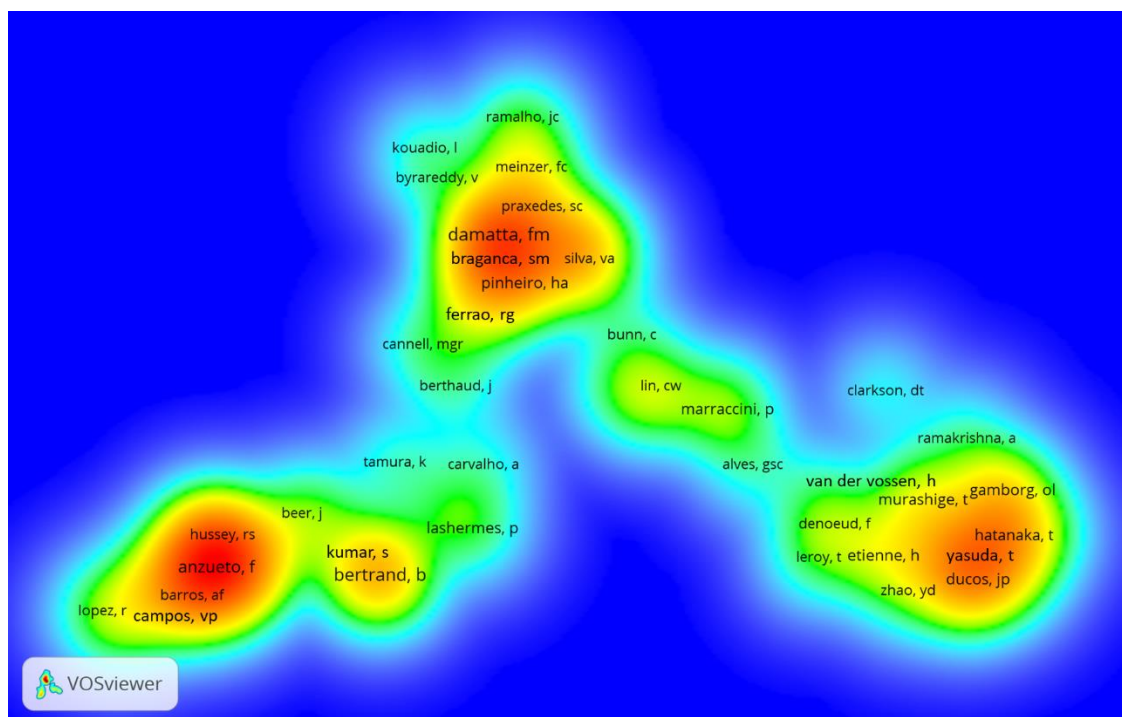


FIGURA 8. Mapeamento científico da cocitação dos autores mais relevantes na pesquisa de enraizamento de *Coffea canephora*.

O grupo central reúne em sua maioria, os pesquisadores brasileiros, principalmente do INCAPER (Ferrão, R. G.; Bragança, S. M.) e da Universidade Federal de Viçosa (Damatta, F. M.; Pinheiro, H. A.; Praxedes, S. C.) que atuaram com pesquisas acerca do melhoramento genético de clones e fisiologia do estresse, respectivamente. No cluster a esquerda, Vicente Paulo Campos e a Aline Ferreira Barros são os únicos pesquisadores brasileiros que se sobressaem na nematologia do cafeeiro, dominada por trabalhos de profissionais da França.

Os 92 artigos selecionados para este estudo, foram construídos por 401 autores, e ao selecionar a ocorrência em pelo menos dois trabalhos, resulta-se na rede de 62 em que apenas 26 se conectam a um conjunto (Figura 9) de 4 cluster. Essa análise de co-autoria pode ser complementada com as informações de número de documentos e citações da tabela 2, mostrando que Benoit Bertrand, pesquisador do CIRAD, tem o maior número de publicações, no total 8 artigos citados por 201 vezes em trabalhos indexados na plataforma Web of Science, conferindo ao agrupamento a cor vermelha intensa.

Na sequência, Fábio Luiz Partelli, doutor em fisiologia vegetal pela UENF e professor associado da UFES, é segundo autor em termos de número de trabalhos publicados, um total de 6 artigos que somam 56 citações. Se seguir o ranking o 3º e

4º lugar em número de trabalhos publicados, são ocupados por Herve Etienne e Pierre Marraccini, que desempenham pesquisas em conjunto na área molecular e micropropagação.

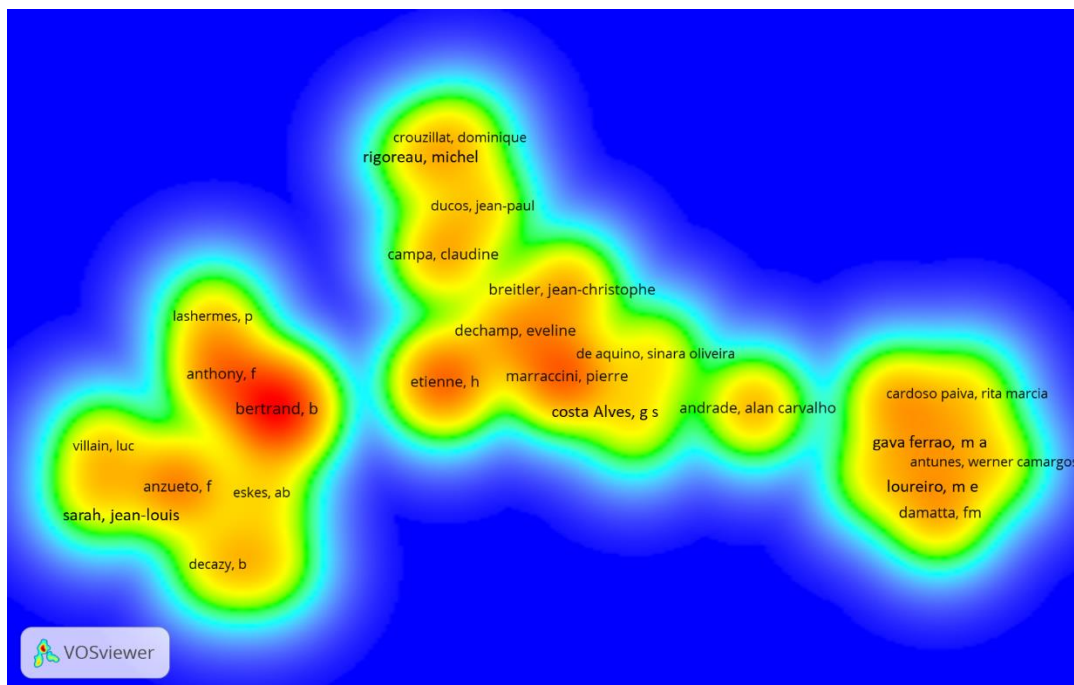


FIGURA 9. Mapa científico da coautoria da pesquisa de enraizamento em cafeeiro conilon.

TABELA 2. Os 10 principais co-autores da pesquisa de enraizamento em cafeeiro conilon, em termos de número de documentos (ND), número de citações (NC), média calculada de citações por publicação (NC/ND) e força total do link (FTL).

Autor (a)	ND	NC	NC/ND	FTL
Benoit Bertrand	8	201	25	14
Fabio LuizPartelli	6	56	9	3
Heve Etienne	5	102	20	17
Pierre Marraccini	5	66	13	14
Francois Anthony	4	117	29	6
Francisco Anzueto	4	84	21	5
Alan Carvalho Andrade	3	26	9	7
Jean-Christophe Breitler	3	56	19	13
Claudine Campa	3	87	29	9
Andre Monzoli Covre	3	30	10	3
Fábio Murilo Damatta	3	154	51	3
Eveline Dechamp	3	56	19	13

6. CONCLUSÕES

As publicações na plataforma da Web Of Science, associadas às raízes do cafeeiro conilon, apresentam uma tendência de crescimento ao longo dos 39 anos de estudos. O Brasil destaca-se dentre os países com maior número de trabalhos na área pesquisada, sendo a Embrapa a organização com maior número de documentos, e a Universidade Federal de Viçosa com o maior número de citações na base. A França ocupa o segundo lugar no ranking, onde Benoit Bertrand e Francois Anthony são os coautores mais citados por seus trabalhos junto ao CIRAD.

Os termos buscados nessa revisão possuem maior porcentagem de publicação, na revista Pesquisa Agropecuária Brasileira e Plant Cell Reports, sendo que esta última ocupa também o segundo lugar entre as revistas científicas mais citadas. As palavras-chaves recorrentes e o acoplamento de citação, revelam que o enraizamento do *C. canephora* é dividido em quatro grandes áreas: diversidade genética e propagação assexuada, nematologia, tolerância ao estresse hídrico e micropropagação, sendo esta ordem escrita a mesma de evolução temporal do assunto de pesquisa.

Foi identificada próximo aos termos centrais (*Coffea canephora* e root), palavras como risco climático, manejo, tolerância, seca e irrigação por gotejamento, os quais apontam para uma tendência de produção científica onde o sistema radicular tem exercido um papel fundamental na adaptação e sobrevivência do cafeeiro conilon, frente ao cenário futuro de restrições e, portanto, é uma área que deve ser explorada nos próximos anos, afim de contribuir para o desenvolvimento agrônomo da cafeicultura e produção de conhecimento.

Trabalhos posteriores e este, devem integrar à análise bibliométrica, informações contidas em outras bases de dados, como a Scopus e Google Scholar, afim de ampliar o conhecimento acerca do tema abordado e descritores.

Apesar disso, essa abordagem bibliométrica, apresenta-se como uma metodologia complexa, quantitativa e atualizada, para prever tendências no campo de pesquisa do enraizamento do cafeeiro conilon. A identificação de autores, co-autores e instituições envolvidas na produção do conhecimento, junto às informações de evolução temática, fornecem subsídio para que futuros pesquisadores tenham uma

compreensão aprofundada sobre o assunto, facilitando a identificação do foco central do estudo, bem como lacunas e oportunidades em diferentes linhas de pesquisas.

7. REFERÊNCIAS

ALVES, G. S. C.; TORRES, L. F.; DE AQUINO, S. O.; REICHEL, T.; FREIRE, L. P.; VIEIRA, N. G.; VINECKY, F.; THIS, D.; POT, D.; ETIENNE, H.; PAIVA, L. V.; MARRACCINI, P.; ANDRADE, A. C. Nucleotide Diversity of the Coding and Promoter Regions of DREB1D, a Candidate Gene for Drought Tolerance in *Coffea* Species. **Tropical Plant Biology**, v. 11, n. 1, p. 31–48, 1 jun. 2018. <https://doi.org/10.1007/s12042-018-9199-x>.

ARIA, M.; CUCCURULLO, C. Bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis. **Journal of Informetrics**, v. 11, n. 4, p. 959–975, 1 nov. 2017. <https://doi.org/10.1016/j.joi.2017.08.007>.

BARROS, V. M. de S.; MARTINS, L. D.; RODRIGUES, W. N.; FERREIRA, D. S.; CHRISTO, B. F.; AMARAL, J. F. T. do; TOMAZ, M. A. Combined doses of nitrogen and phosphorus in conilon coffee plants: changes in absorption, translocation and use in plant compartments. **Journal of Plant Nutrition**, v. 45, n. 3, p. 346–357, 7 fev. 2022. <https://doi.org/10.1080/01904167.2021.1949462>.

BERTRAND, B.; DURÁN, M. X. P.; ANZUETO, F.; CILAS, C.; ETIENNE, H.; ANTHONY, F.; ESKES, A. B. Genetic study of *Coffea canephora* coffee tree resistance to *Meloidogyne incognita* nematodes in Guatemala and *Meloidogyne* sp. nematodes in El Salvador for selection of rootstock varieties in Central America. **Euphytica**, v. 113, n. 2, p. 79–86, 1 maio 2000. <https://doi.org/10.1023/A:1003931918187>.

BERTRAND, B.; MARRACCINI, P.; VILLAIN, L.; BREITLER, J.-C.; ETIENNE, H. Healthy Tropical Plants to Mitigate the Impact of Climate Change—As Exemplified in Coffee. In: TORQUEBIAU, E. (org.). **Climate Change and Agriculture Worldwide**. Dordrecht: Springer Netherlands, 2016. p. 83–95. DOI 10.1007/978-94-017-7462-8_7.

BIRKLE, C.; PENDLEBURY, D. A.; SCHNELL, J.; ADAMS, J. Web of Science as a data source for research on scientific and scholarly activity. **Quantitative Science Studies**, v. 1, n. 1, p. 363–376, 1 fev. 2020. https://doi.org/10.1162/qss_a_00018.

BONOMO, D. Z.; BONOMO, R.; PARTELLI, F. L.; SOUZA, J. M. de. Genótipos de café conilon sob ajuste de diferentes coeficientes de cultura ajustados. **IRRIGA**, v. 22, n. 2, p. 236–248, 20 jul. 2017. <https://doi.org/10.15809/irriga.2017v22n1p236-248>.

CABRERA, L. C.; CALDARELLI, C. E.; DA CAMARA, M. R. G. Mapping collaboration in international coffee certification research. **Scientometrics**, v. 124, n. 3, p. 2597–2618, 1 set. 2020. <https://doi.org/10.1007/s11192-020-03549-8>.

CAÑAS-GUERRERO, I.; MAZARRÓN, F. R.; POU-MERINA, A.; CALLEJA-PERUCHO, C.; DÍAZ-RUBIO, G. Bibliometric analysis of research activity in the “Agronomy” category from the Web of Science, 1997–2011. **European Journal of Agronomy**, v. 50, p. 19–28, 1 out. 2013. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2013.05.002>.

CAO, X.; YANG, H.; SHANG, C.; MA, S.; LIU, L.; CHENG, J. The Roles of Auxin Biosynthesis YUCCA Gene Family in Plants. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 20, n. 24, p. 6343, jan. 2019. <https://doi.org/10.3390/ijms20246343>.

DAMATTA, F. M.; RAHN, E.; LÄDERACH, P.; GHINI, R.; RAMALHO, J. C. Why could the coffee crop endure climate change and global warming to a greater extent than previously estimated? **Climatic Change**, v. 152, n. 1, p. 167–178, 1 jan. 2019. <https://doi.org/10.1007/s10584-018-2346-4>.

ECK, N. V.; WALTMAN, L. Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping. **Scientometrics**, v. 84, n. 2, seç. Scientometrics, p. 523–538, 30 dez. 2009. <https://doi.org/10.1007/s11192-009-0146-3>.

FILHO, A. C. V.; MAURI, A. L.; VOLPI, P. S.; FONSECA, A. F. A. da; FERRÃO, R. G.; FERRÃO, M. A. G.; RODRIGUES, W. N.; JÚNIOR, S. de A.; COLODETTI, T. V. Growth and Quality of Clonal Plantlets of Conilon Coffee (*Coffea canephora* Pierre ex A. Froehner) Influenced by Types of Cuttings. **American Journal of Plant Sciences**, v. 2014, 3 jul. 2014. DOI 10.4236/ajps.2014.514227. Disponível em: <http://www.scirp.org/journal/PaperInformation.aspx?PaperID=47547>. Acesso em: 14 fev. 2022.

FLORES, R. A.; BORGES, B. M. M. N.; ALMEIDA, H. J.; DE MELLO PRADO, R. Growth and nutritional disorders of coffee cultivated in nutrient solutions with suppressed macronutrients. **Journal of Plant Nutrition**, v. 39, n. 11, p. 1578–1588, 18 set. 2016. <https://doi.org/10.1080/01904167.2016.1161777>.

GILES, J. A. D.; FERREIRA, A. D.; PARTELLI, F. L.; AOYAMA, E. M.; RAMALHO, J. C.; FERREIRA, A.; FALQUETO, A. R. Divergence and genetic parameters between coffee sp. genotypes based in foliar morpho-anatomical traits. **Scientia Horticulturae**, v. 245, p. 231–236, 9 fev. 2019. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.09.038>.

GOMES, L. C.; BIANCHI, F. J. J. A.; CARDOSO, I. M.; FERNANDES, R. B. A.; FILHO, E. I. F.; SCHULTE, R. P. O. Agroforestry systems can mitigate the impacts of climate change on coffee production: A spatially explicit assessment in Brazil. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 294, p. 106858, 1 jun. 2020. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2020.106858>.

GRÜTER, R.; TRACHSEL, T.; LAUBE, P.; JAISLI, I. Expected global suitability of coffee, cashew and avocado due to climate change. **PLOS ONE**, v. 17, n. 1, p. e0261976, 26 jan. 2022. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0261976>.

HATANAKA, T.; ARAKAWA, O.; YASUDA, T.; UCHIDA, N.; YAMAGUCHI, T. Effect of plant growth regulators on somatic embryogenesis in leaf cultures of *Coffea canephora*. **Plant Cell Reports**, v. 10, n. 4, p. 179–182, 1 jul. 1991. <https://doi.org/10.1007/BF00234290>.

HATANAKA, T.; CHOI, Y. E.; KUSANO, T.; SANO, H. Transgenic plants of coffee *Coffea canephora* from embryogenic callus via *Agrobacterium tumefaciens*-mediated transformation. **Plant Cell Reports**, v. 19, n. 2, p. 106–110, 1 dez. 1999. <https://doi.org/10.1007/s002990050719>.

HUANG, L.; XIA, Z.; CAO, Y. A Bibliometric Analysis of Global Fine Roots Research in Forest Ecosystems during 1992–2020. **Forests**, v. 13, n. 1, p. 93, jan. 2022. <https://doi.org/10.3390/f13010093>.

KUMAR, V.; RAMAKRISHNA, A.; RAVISHANKAR, G. A. Influence of different ethylene inhibitors on somatic embryogenesis and secondary embryogenesis from *Coffea canephora* P ex Fr. **In Vitro Cellular & Developmental Biology - Plant**, v. 43, n. 6, p. 602–607, 1 dez. 2007. <https://doi.org/10.1007/s11627-007-9067-0>.

KUMAR, V.; SATYANARAYANA, K. V.; SARALA ITTY, S.; INDU, E. P.; GIRIDHAR, P.; CHANDRASHEKAR, A.; RAVISHANKAR, G. A. Stable transformation and direct regeneration in *Coffea canephora* P ex. Fr. by *Agrobacterium rhizogenes* mediated

transformation without hairy-root phenotype. **Plant Cell Reports**, v. 25, n. 3, p. 214–222, 1 mar. 2006. <https://doi.org/10.1007/s00299-005-0045-x>.

LIMA, E. A.; FURLANETTO, C.; NICOLE, M.; GOMES, A. C. M. M.; ALMEIDA, M. R. A.; JORGE-JÚNIOR, A.; CORREA, V. R.; SALGADO, S. M.; FERRÃO, M. A. G.; CARNEIRO, R. M. D. G. The Multi-Resistant Reaction of Drought-Tolerant Coffee ‘Conilon Clone 14’ to *Meloidogyne* spp. and Late Hypersensitive-Like Response in *Coffea canephora*. **Phytopathology®**, v. 105, n. 6, p. 805–814, jun. 2015. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-08-14-0232-R>.

MAPA, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Sumário Executivo Café-** dezembro, 2021. Disponível em: <http://www.consorciopesquisacafe.com.br/images/stories/noticias/2021/dezembro/Su_mario_Cafe_dezembro_2021.pdf> Acesso em 01 de fev. de 2022.

NOIR, S.; ANTHONY, F.; BERTRAND, B.; COMBES, M.-C.; LASHERMES, P.. Identification of a major gene (Mex-1) from *Coffea canephora* conferring resistance to *Meloidogyne exigua* in *Coffea arabica*. **Plant Pathology**, [S.L.], v. 52, n. 1, p. 97-103, fev. 2003. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1046/j.1365-3059.2003.00795.x>.

OIC-Organização Internacional do Café. **Relatório do mercado de café**. Disponível em: <<http://www.consorciopesquisacafe.com.br/index.php/imprensa/noticias/423-dados-mundiais>> Acesso em 01 de fev. de 2022.

PARTELLI, F. L.; COVRE, A. M.; OLIVEIRA, M. G.; ALEXANDRE, R. S.; VITÓRIA, E. L.; SILVA, M. B. da. Root system distribution and yield of “Conilon” coffee propagated by seeds or cuttings. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 49, p. 349–355, maio 2014. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2014000500004>.

PHAM, Y.; REARDON-SMITH, K.; MUSHTAQ, S.; COCKFIELD, G. The impact of climate change and variability on coffee production: a systematic review. **Climatic Change**, v. 156, n. 4, p. 609–630, 1 out. 2019. <https://doi.org/10.1007/s10584-019-02538-y>.

PINHEIRO, H. A.; DAMATTA, F. M.; CHAVES, A. R. M.; LOUREIRO, M. E.; DUCATTI, C. Drought Tolerance is Associated with Rooting Depth and Stomatal Control of Water Use in Clones of *Coffea canephora*. **Annals of Botany**, v. 96, n. 1, p. 101–108, 1 jul. 2005. <https://doi.org/10.1093/aob/mci154>.

PRIYONO; FLORIN, B.; RIGOREAU, M.; DUCOS, J.-P.; SUMIRAT, U.; MAWARDI, S.; LAMBOT, C.; BROUN, P.; PÉTIARD, V.; WAHYUDI, T.; CROUZILLAT, D. Somatic embryogenesis and vegetative cutting capacity are under distinct genetic control in *Coffea canephora* Pierre. **Plant Cell Reports**, v. 29, n. 4, p. 343–357, 1 abr. 2010. <https://doi.org/10.1007/s00299-010-0825-9>.

RAMALHO, J. C.; RODRIGUES, A. P.; LIDON, F. C.; MARQUES, L. M. C.; LEITÃO, A. E.; FORTUNATO, A. S.; PAIS, I. P.; SILVA, M. J.; SCOTTI-CAMPOS, P.; LOPES, A.; REBOREDO, F. H.; RIBEIRO-BARROS, A. I. Stress cross-response of the antioxidative system promoted by superimposed drought and cold conditions in *Coffea* spp. **PLOS ONE**, v. 13, n. 6, p. e0198694, 5 jun. 2018. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0198694>.

REJEB, A.; ABDOLLAHI, A.; REJEB, K.; TREIBLMAIER, H. Drones in agriculture: A review and bibliometric analysis. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 198, p. 107017, 1 jul. 2022. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2022.107017>.

ROMANELLI, J. P.; GONÇALVES, M. C. P.; DE ABREU PESTANA, L. F.; SOARES, J. A. H.; BOSCHI, R. S.; ANDRADE, D. F. Four challenges when conducting bibliometric reviews and how to deal with them. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 28, n. 43, p. 60448–60458, 1 nov. 2021. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-16420-x>.

SILVA, L. O. E.; SCHMIDT, R.; VALANI, G. P.; FERREIRA, A.; RIBEIRO-BARROS, A. I.; PARTELLI, F. L. Root Trait Variability in *Coffea canephora* Genotypes and Its Relation to Plant Height and Crop Yield. **Agronomy**, v. 10, n. 9, p. 1394, set. 2020. <https://doi.org/10.3390/agronomy10091394>.

SILVA, V. A.; PRADO, F. M.; ANTUNES, W. C.; PAIVA, R. M. C.; FERRÃO, M. A. G.; ANDRADE, A. C.; DI MASCIO, P.; LOUREIRO, M. E.; DAMATTA, F. M.; ALMEIDA, A. M. Reciprocal grafting between clones with contrasting drought tolerance suggests a key role of abscisic acid in coffee acclimation to drought stress. **Plant Growth Regulation**, v. 85, n. 2, p. 221–229, 1 jun. 2018. <https://doi.org/10.1007/s10725-018-0385-5>.

SOUZA, F. de F.; CAIXETA, E. T.; FERRÃO, L. F. V.; PENA, G. F.; SAKIYAMA, N. S.; ZAMBOLIM, E. M.; ZAMBOLIM, L.; CRUZ, C. D. Molecular diversity in *Coffea*

canephora germplasm conserved and cultivated in Brazil. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 13, p. 221–227, dez. 2013. <https://doi.org/10.1590/S1984-70332013000400001>.

SOUZA, J. M. de; REIS, E. F. dos; BONOMO, R.; GARCIA, G. de O. Wet bulb and Conilon coffee root distribution under drip irrigation. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 42, p. 93–103, fev. 2018. <https://doi.org/10.1590/1413-70542018421018617>.

SRIDEVI, V.; GIRIDHAR, P.; SIMMI, P. S.; RAVISHANKAR, G. A. Direct shoot organogenesis on hypocotyl explants with collar region from in vitro seedlings of *Coffea canephora* Pierre ex. Frohner cv. C x R and *Agrobacterium tumefaciens*-mediated transformation. **Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC)**, v. 101, n. 3, p. 339–347, 1 jun. 2010. <https://doi.org/10.1007/s11240-010-9694-8>.

VELASCO-MUÑOZ, J. F.; AZNAR-SÁNCHEZ, J. A.; BELMONTE-UREÑA, L. J.; LÓPEZ-SERRANO, M. J. Advances in Water Use Efficiency in Agriculture: A Bibliometric Analysis. **Water**, v. 10, n. 4, p. 377, abr. 2018. <https://doi.org/10.3390/w10040377>.

8. APÊNDICE A

Lista em ordem alfabética dos autores dos 92 artigos selecionados para revisão bibliométrica.

Nº	Autores	Título do artigo	Ano
1	ANIM-KWAPONG, GJ; ANIM-KWAPONG, E; AMOA, FM	Nutrient status and rooting of robusta coffee (<i>Coffea canephora</i> . Pierre ex froehner) cuttings from stock plants under gliricidia sepium	1999
2	ANZUETO, F; BERTRAND, B; SARAH, JL; ESKES, AB; DECAZY, B	Resistance to meloidogyne incognita in ethiopian <i>Coffea arabica</i> accessions	2001
3	ASRORI, MI; SASAMOTO, H; OGITA, S	In vitro bioassay of allelopathy in robusta coffee callus using sandwich method	2020
4	BARROS, AF; OLIVEIRA, RDL; LIMA, IM; COUTINHO, RR;	Root-knot nematodes, a growing problem for conilon coffee in espirito santo state, brazil	2014

	FERREIRA, AO; COSTA, A		
5	BARROS, VMD; MARTINS, LD; RODRIGUES, WN; FERREIRA, DS; CHRISTO, BF; DO AMARAL, JFT; TOMAZ, MA	Combined doses of nitrogen and phosphorus in conilon coffee plants: changes in absorption, translocation and use in plant compartments	2022
6	BERTRAND, B; ANTHONY, F; LASHERMES, P	Breeding for resistance to <i>meloidogyne exigua</i> in <i>Coffea arabica</i> by introgression of resistance genes of <i>Coffea canephora</i>	2001
7	BERTRAND, B; DURAN, MXP; ANZUETO, F; CILAS, C; ETIENNE, H; ANTHONY, F; ESKES, AB	Genetic study of <i>Coffea canephora</i> coffee tree resistance to <i>meloidogyne incognita</i> nematodes in guatemala and <i>meloidogyne sp</i> nematodes in el salvador for selection of rootstock varieties in central america	2000
8	BERTRAND, B; ETIENNE, H; ESKES, A	Growth, production, and bean quality of <i>Coffea arabica</i> as affected by interspecific grafting: consequences for rootstock breeding	2001
9	BERTRAND, B; RAMIREZ, G; TOPART, P; ANTHONY, F	Resistance of cultivated coffee (<i>Coffea arabica</i> and <i>c-canephora</i>) trees to corky-root caused by <i>meloidogyne arabicida</i> and <i>fusarium oxysporum</i> , under controlled and field conditions.	2002
10	BREITLER, JC; DECHAMP, E; CAMPA, C; RODRIGUES, LAZ; GUYOT, R; MARRACCINI, P; ETIENNE, H	Crispr/cas9-mediated efficient targeted mutagenesis has the potential to accelerate the domestication of <i>Coffea canephora</i>	2018
11	CHATTERJEE, N; NAIR, PKR; NAIR, VD; VISWANATH, S; BHATTACHARJEE, A	Depth-wise distribution of soil-carbon stock in aggregate-sized fractions under shaded-perennial agroforestry systems in the western ghats of karnataka, india	2020
12	CHIARAWIPA, R; SUTTEKANJANOTHAI, P; SOMBOONSUKE, B	Adaptive ecophysiological characteristics of leaves and root distribution of robusta coffee saplings as affected by age of rubber trees under an intercropping system	2021

13	CORRE, MD; DECHERT, G; VELDKAMP, E	Soil nitrogen cycling following montane forest conversion in central sulawesi, indonesia	2006
14	COVRE, AM; PARTELLI, FL; GONTIJO, I; ZUCOLOTO, M	Root system distribution of irrigated and nonirrigated conilon coffee	2015
15	DE AQUINO, SO; CARNEIRO, FD; REGO, ECS; ALVES, GSC; ANDRADE, AC; MARRACCINI, P	Functional analysis of different promoter haplotypes of the coffee (<i>Coffea canephora</i>) ccdreb1d gene through genetic transformation of nicotiana tabacum	2018
16	DE ARAUJO, LFB; ESPINDULA, MC; ROCHA, RB; TORRES, JD; CAMPANHARO, M; PEGO, WFO; ROSA, SED	Genetic divergence based on leaf vegetative and anatomical traits of <i>Coffea canephora</i> clones	2021
17	DE SOUSA, LP; DA SILVA, MJ; MONDEGO, JMC	Leaf-associated bacterial microbiota of coffee and its correlation with manganese and calcium levels on leaves	2018
18	DE SOUZA, JM; DOS REIS, EF; BONOMO, R; GARCIA, GD	Wet bulb and conilon coffee root distribution under drip irrigation	2018
19	D'HAENZE, D; DECKERS, J; RAES, D; PHONG, TA; CHANH, NDM	Over-irrigation of <i>Coffea canephora</i> in the central highlands of vietnam revisited simulation of soil moisture dynamics in rhodic ferralsols	2003
20	DIAS, FP; DE CARVALHO, AM; MENDES, ANG; VALLONE, HS; FERREIRA, AD; DE REZENDE, JC	Development of seedlings of arabica cvs. Grafted in apoata iac 2258	2013
21	DO AMARAL, JAT; LOPES, JC; DO AMARAL, JFT; SARAIVA, SH; DE JESUS, WC	Vegetative growth and productivity of conilon coffee-trees proceeding from seedlings produced of deep-rooted cuttings in plastic tubes	2007
22	DOS SANTOS, AB; MAZZAFERA, P	Aquaporins and the control of the water status in coffee plants	2013
23	DOS SANTOS, TB; LIMA, JE; FELICIO, MS; SOARES, JDM; DOMINGUES, DS	Genome-wide identification, classification and transcriptional analysis of nitrate and ammonium transporters in coffea	2017

24	DOSSA, EL; FERNANDES, ECM; REID, WS; EZUI, K	Above- and belowground biomass, nutrient and carbon stocks contrasting an open-grown and a shaded coffee plantation	2008
25	DUCOS, JP; PREVOT, A; LAMBOT, C; PETIARD, V	Positive effect of the co2 released by commercial substrates on the ex vitro germination of coffee somatic embryos	2009
26	DUONG, B; NGUYEN, HX; PHAN, HV; COLELLA, S; TRINH, PQ; HOANG, GT; NGUYEN, TT; MARRACCINI, P; LEBRUN, M; DUPONNOIS, R	Identification and characterization of vietnamese coffee bacterial endophytes displaying in vitro antifungal and nematocidal activities	2021
27	ETIENNE, H; BRETON, D; BREITLER, JC; BERTRAND, B; DECHAMP, E; AWADA, R; MARRACCINI, P; LERAN, S; ALPIZAR, E; CAMPA, C; COURTEL, P; GEORGET, F; DUCOS, JP	Coffee somatic embryogenesis: how did research, experience gained and innovations promote the commercial propagation of elite clones from the two cultivated species?	2018
28	FATOBENE, BJR; ANDRADE, VT; GONCALVES, W; GUERREIRO, O	<i>Coffea canephora</i> clones with multiple resistance to meloidogyne incognita and m. Paranaensis	2019
29	FERREIRA, AD; DE CARVALHO, AM; MENDES, ANG; CARVALHO, GR; BOTELHO, CE; CARVALHO, JG	Absorption, translocation and use efficiency of nutrients in coffee (<i>Coffea arabica</i> l.) Grafted on apoata iac 2258 (<i>Coffea canephora</i>)	2010
30	FRANCO, OL; PEREIRA, JL; COSTA, PHA; ROCHA, TL; ALBUQUERQUE, EVS; GROSSI-DE-SA, MF; CARNEIRO, RMDG; CARNEIRO, RG; MEHTA, A	Methodological evaluation of 2-de to study root proteomics during nematode infection in cotton and coffee plants	2010
31	GIRIDHAR, P; INDU, EP; VINOD, K; CHANDRASHEKAR, A; RAVISHANKAR, GA	Direct somatic embryogenesis from <i>Coffea arabica</i> l. And <i>Coffea canephora</i> p ex fr. Under the influence of ethylene action inhibitor-silver nitrate	2004

32	GIURIATTO, JJT; ESPINDULA, MC; DE ARAUJO, LFB; VASCONCELOS, JM; CAMPANHARO, M	Growth and physiological quality in clonal seedlings of robusta coffee	2020
33	GONCALVES, W; ANDRADE, VT; FATOBENE, BJD; CAIXETA, LD; PADILHA, L; OLIVEIRA, CMG; ROSA, JMO; RODRIGUES, LMR; GUERREIRO, O	Selection strategy of a <i>Coffea canephora</i> rootstock with simultaneous nematode resistance to <i>meloidogyne exigua</i> , m. Incognita and m. Paranaensis	2021
34	GUISOLFI, LP; LO MONACO, PAV; KRAUSE, MR; MENEGHELLI, CM; ALMEIDA, KM; MENEGHELLI, LAM; VIEIRA, GHS	Agricultural wastes as alternative substrates in the production of conilon coffee seedlings	2020
35	HATANAKA, T; ARAKAWA, O; YASUDA, T; UCHIDA, N; YAMAGUCHI, T	Effect of plant-growth regulators on somatic embryogenesis in leaf cultures of <i>coffea-canephora</i>	1991
36	HATANAKA, T; CHOI, YE; KUSANO, T; SANO, H	Transgenic plants of coffee <i>Coffea canephora</i> from embryogenic callus via agrobacterium <i>tumefaciens</i> -mediated transformation	1999
37	HATANAKA, T; YASUDA, T; YAMAGUCHI, T; SAKAI, A	Direct regrowth of encapsulated somatic embryos of coffee (<i>coffea- canephora</i>) after cooling in liquid- nitrogen	1994
38	HOANG, H; TRAN, LH; NGUYEN, TH; NGUYEN, DAT; NGUYEN, HHT; PHAM, NB; TRINH, PQ; DE BOER, T; BROUWER, A; CHU, HH	Occurrence of endophytic bacteria in vietnamese robusta coffee roots and their effects on plant parasitic nematodes	2020
39	KOUADIO, L; BYRAREDDY, VM; SAWADOGO, A; NEULANDS, NK	Probabilistic yield forecasting of robusta coffee at the farm scale using agroclimatic and remote sensing derived indices	2021
40	KOUADIO, L; TIXIER, P; BYRAREDDY, V; MARCUSSEN, T; MUSHTAQ, S; RAPIDEL, B; STONE, R	Performance of a process-based model for predicting robusta coffee yield at the regional scale in vietnam	2021

41	KUMAR, V; SATYANARAYANA, KV; ITTY, SS; INDU, EP; GIRIDHAR, P; CHANDRASHEKAR, A; RAVISHANKAR, GA	Stable transformation and direct regeneration in <i>Coffea canephora</i> p ex. Fr. By agrobacterium rhizogenes mediated transformation without hairy-root phenotype	2006
42	LEPELLEY, M; MAHESH, V; MCCARTHY, J; RIGOREAU, M; CROUZILLAT, D; CHABRILLANGE, N; DE KOCHKO, A; CAMPA, C	Characterization, high-resolution mapping and differential expression of three homologous pal genes in <i>Coffea canephora</i> pierre (rubiacaceae)	2012
43	LI, Y; YU, QH	Changes in the expression of crfta, the catharanthus roseus farnesyltransferase alpha-subunit gene, in response to a candidatus liberibacter asiaticus infection	2021
44	LI, Y; YU, QH; WANG, BF; CHEN, LT	Differential expression of isochorismate synthase in catharanthus roseus during 'candidatus liberibacter asiaticus' infection	2019
45	LIMA, EA; FURLANETTO, C; NICOLE, M; GOMES, ACMM; ALMEIDA, MRA; JORGE, A; CORREA, VR; SALGADO, SM; FERRAO, MAG; CARNEIRO, RMDG	The multi-resistant reaction of drought-tolerant coffee 'conilon clone 14' to meloidogyne spp. And late hypersensitive-like response in <i>Coffea canephora</i>	2015
46	LOPES, CA; ROSSATO, M; BOITEUX, LS	The host status of coffee (coffea arabica) to ralstonia solanacearum phylotype i isolates	2015
47	MACHADO, JA; RODRIGUES, WP; BARONI, DF; PIREDA, S; CAMPBELL, G; DE SOUZA, GAR; VERDIN, AC; ARANTES, SD; ARANTES, LD; DA CUNHA, M; GAMBETTA, GA; RAKOCEVIC, M; RAMALHO, JC; CAMPOSTRINI, E	Linking root and stem hydraulic traits to leaf physiological parameters in <i>Coffea canephora</i> clones with contrasting drought tolerance	2021
48	MARQUEZ-LOPEZ, RE; PEREZ-HERNANDEZ,	Localization and transport of indole-3-acetic acid during	2018

	C; KU-GONZALEZ, A; GALAZ-AVALOS, RM; LOYOLA-VARGAS, VM	somatic embryogenesis in <i>Coffea canephora</i>	
49	MATTIELLO, EM; PEREIRA, MG; ZONTA, E; MAURI, J; MATIELLO, JD; MEIRELES, PG; DA SILVA, IR	Dry matter production, root growth and calcium, phosphorus and aluminum absorption by <i>Coffea canephora</i> and <i>Coffea arabica</i> under influence of aluminum activity in solution	2008
50	MIRANDA, WL; GUIMARAES, RJ; MAGALHAES, PB; COLOMBO, A; DE OLIVEIRA, PM	Vegetative development of arabica coffee plants grafted onto robusta coffee, subjected to water replacement	2011
51	MYERS, R; KAWABATA, A; CHO, A; NAKAMOTO, ST	Grafted coffee increases yield and survivability	2020
52	NETO, AP; FAVARIN, JL; HAMMOND, JP; TEZOTTO, T; COUTO, HTZ	Analysis of phosphorus use efficiency traits in coffee genotypes reveals <i>Coffea arabica</i> and <i>Coffea canephora</i> have contrasting phosphorus uptake and utilization efficiencies	2016
53	NOIR, S; ANTHONY, F; BERTRAND, B; COMBES, MC; LASHERMES, P	Identification of a major gene (mex-1) from <i>Coffea canephora</i> conferring resistance to meloidogyne exigua in coffee arabica	2003
54	NSUMBU, N; MIAFUNTILA, K; OGULA, ME	Differentiation of roots and foliate shoots from the roots of coffee-canephora	1982
55	OJENIYI, SO	Relationships between soil organic-matter, availability of nitrogen and phosphorus and the total root biomass of coffee (coffee-canephora)	1987
56	PARTELLI, FL; CAVALCANTI, AC; MENEGARDO, C; COVRE, AM; GONTIJO, I; BRAUN, H	Spatial distribution of the root system of conilon and arabica coffee plants	2020
57	PARTELLI, FL; COVRE, AM; OLIVEIRA, MG; ALEXANDRE, RS; DA VITORIA, EL; DA SILVA, MB	Root system distribution and yield of 'conilon' coffee propagated by seeds or cuttings	2014
58	PARTELLI, FL; VIEIRA, HD; RODRIGUES, APD; PAIS, I;	Cold induced changes on sugar contents and respiratory enzyme activities in coffee genotypes	2010

	CAMPOSTRINI, E; CHAVES, MMCC; RAMALHO, JC		
59	PARTELLI, FL; VIEIRA, HD; SANTIAGO, AR; BARROSO, DG	Yield and root development of 'conilon' coffee plants propagated by cuttings and seeds	2006
60	PETITOT, AS; LECOULS, AC; FERNANDEZ, D	Sub-genomic origin and regulation patterns of a duplicated wrky gene in the allotetraploid species <i>coffea arabica</i>	2008
61	PHAM, TT; GIANG, BL; NGUYEN, NH; YEN, PND; HOANG, VDM; HA, BTL; LE, NTT	Combination of mycorrhizal symbiosis and root grafting effectively controls nematode in replanted coffee soil	2020
62	PIEROZZI, NI; PINTO- MAGLIO, CAF; CRUZ, ND	Characterization of somatic chromosomes of two diploid species of <i>coffea</i> l-with acetic orcein and c-band techniques	1999
63	PINHEIRO, HA; DAMATTA, FM; CHAVES, ARM; LOUREIRO, ME; DUCATTI, C	Drought tolerance is associated with rooting depth and stomatal control of water use in clones of <i>Coffea canephora</i>	2005
64	PRIYONO; FLORIN, B; RIGOREAU, M; DUCOS, JP; SUMIRAT, U; MAWARDI, S; LAMBOT, C; BROUN, P; PETIARD, V; WAHYUDI, T; CROUZILLAT, D	Somatic embryogenesis and vegetative cutting capacity are under distinct genetic control in <i>Coffea canephora pierre</i>	2010
65	RAMAKRISHNA, A; GIRIDHAR, P; JOBIN, M; PAULOSE, CS; RAVISHANKAR, GA	Indoleamines and calcium enhance somatic embryogenesis in <i>Coffea canephora p ex fr</i>	2012
66	RAMAKRISHNA, A; GIRIDHAR, P; RAVISHANKAR, GA	Calcium and calcium ionophore a23187 induce high-frequency somatic embryogenesis in cultured tissues of <i>Coffea canephora p ex fr</i>	2011
67	ROHDE, B; HANS, J; MARTENS, S; BAUMERT, A; HUNZIKER, P; MATERN, U	Anthranilate n-methyltransferase, a branch-point enzyme of acridone biosynthesis	2008
68	RUGALEMA, GH; JOHNSEN, FH; RUGAMBISA, J	The homegarden agroforestry system to bukoba district, north- western tanzania .2. Constraints to farm productivity	1994

69	SALGADO, SMD; FATOBENE, BJD; MENDES-RESENDE, MP; TERRA, WC; SILVA, VA; LIMA, ID	Resistance of conilon coffee cultivar vitoria incaper 8142 tomeloidogyne paranaensis under field conditions	2020
70	SANTOS, AB; MAZZAFERA, P	Dehydrins are highly expressed in water-stressed plants of two coffee species	2012
71	SATTLER, MC; CARVALHO, CR; CLARINDO, WR	Regeneration of allotriploid coffee plants from tissue culture: resolving the propagation problems promoted by irregular meiosis	2016
72	SILVA, LOE; SCHMIDT, R; VALANI, GP; FERREIRA, A; RIBEIRO-BARROS, AI; PARTELLI, FL	Root trait variability in <i>Coffea canephora</i> genotypes and its relation to plant height and crop yield	2020
73	SILVA, PEM; CAVATTE, PC; MORAIS, LE; MEDINA, EF; DAMATTA, FM	The functional divergence of biomass partitioning, carbon gain and water use in <i>Coffea canephora</i> in response to the water supply: implications for breeding aimed at improving drought tolerance	2013
74	SILVA, VA; ANTUNES, WC; GUIMARAES, BLS; PAIVA, RMC; SILVA, VD; FERRAO, MAG; DAMATTA, FM; LOUREIRO, ME	Physiological response of conilon coffee clone sensitive to drought grafted onto tolerant rootstock	2010
75	SILVA, VA; PRADO, FM; ANTUNES, WC; PAIVA, RMC; FERRAO, MAG; ANDRADE, AC; DI MASCIO, P; LOUREIRO, ME; DAMATTA, FM; ALMEIDA, AM	Reciprocal grafting between clones with contrasting drought tolerance suggests a key role of abscisic acid in coffee acclimation to drought stress	2018
76	SRIDEVI, V; GIRIDHAR, P; RAVISHANKAR, GA	Free diterpenes cafestol and kahweol in beans and in vitro cultures of coffee species	2010
77	SRIDEVI, V; GIRIDHAR, P; SIMMI, PS; RAVISHANKAR, GA	Direct shoot organogenesis on hypocotyl explants with collar region from in vitro seedlings of <i>Coffea canephora</i> pierre ex. Frohner cv. C x r and agrobacterium tumefaciens-mediated transformation	2010

78	TEMOTEO, AD; SOUSA, AD; DOS SANTOS, CM; TERAMOTO, ET	Growth conilon coffee cultivars subjected to saline-hidric stress	2015
79	TESFAYE, SG; ISMAIL, MR; RAMLAN, MF; MARZIAH, M; KAUSAR, H	Effect of soil drying on rate of stress development, leaf gas exchange and proline accumulation in robusta coffee (<i>Coffea canephora</i> pierre ex froehner) clones	2014
80	TORRES, LF; REICHEL, T; DECHAMP, E; DE AQUINO, SO; DUARTE, KE; ALVES, GSC; SILVA, AT; COTTA, MG; COSTA, TS; DINIZ, LEC; BREITLER, JC; COLLIN, M; PAIVA, LV; ANDRADE, AC; ETIENNE, H; MARRACCINI, P	Expression of dreb-like genes in <i>Coffea canephora</i> and <i>c. Arabica</i> subjected to various types of abiotic stress	2019
81	TRINH, PQ; DE LA PENA, E; NGUYEN, CN; NGUYEN, HX; MOENS, M	Plant-parasitic nematodes associated with coffee in vietnam	2009
82	TRINH, PQ; WESEMAEL, WM; TRAN, HA; NGUYEN, CN; MOENS, M	Resistance screening of coffea spp. Accessions for <i>pratylenchus</i> <i>coffeae</i> and <i>radopholus</i> <i>arabocoffeae</i> in vietnam	2012
83	TRINH, QP; LE, TML; NGUYEN, TD; NGUYEN, HT; LIEBANAS, G; NGUYEN, TAD	<i>Meloidogyne daklakensis</i> n. Sp. (nematoda: meloidogynidae), a new root-knot nematode associated with robusta coffee (<i>Coffea canephora</i> pierre ex a. Froehner) in the western highlands, vietnam	2019
84	UC-CHUC, MA; KU- GONZALEZ, AF; JIMENEZ-RAMIREZ, IA; LOYOLA-VARGAS, VM	Identification, analysis, and modeling of the yucca protein family genome-wide in <i>Coffea</i> <i>canephora</i>	
85	UC-CHUC, MA; PEREZ-HERNANDEZ, C; GALAZ-AVALOS, RM; BRITO-ARGAEZ, L; AGUILAR- HERNANDEZ, V; LOYOLA-VARGAS, VM	Yucca-mediated biosynthesis of the auxin <i>iaa</i> is required during the somatic embryogenic induction process in <i>Coffea canephora</i>	2020

86	VIEIRA, HD; FERREIRA, A; PORTELLI, FL; VIANA, AP	Novel approaches for selection of <i>Coffea canephora</i> by correlation analysis	2019
87	VILLAIN, L; ANZUETO, F; SARAH, JL	Resistance to root-lesion nematodes on <i>Coffea canephora</i>	2004
88	VILLAIN, L; MOLINA, A; SIERRA, S; DECAZY, B; SARAH, JL	Effect of grafting and nematicide treatments on damage by root- lesion nematodes (<i>pratylenchus</i> spp.) To <i>Coffea arabica</i> l. In guatemala	2000
89	VILLAIN, L; SARAH, JL; HERNANDEZ, A; BERTRAND, B; ANTHONY, F; LASHERMES, P; CHARMETANT, P; ANZUETO, F; CARNEIRO, RMDG	Diversity of root-knot nematodes parasitizing coffee in central america	2013
90	VILLALTA- VILLALOBOS, J; GATICA-ARIAS, A	A look back in time: genetic improvement of coffee through the application of biotechnology	2019
91	VOS, JE; SNIJDER, B	<i>In vitro</i> rejuvenation techniques for the rapid commercial release of clonal coffee plants	2000
92	YANG, YH; LI, MJ	Cloning, molecular characterization, and expression analysis of a nucleoporin gene (rgnup98-96) from <i>rehmannia</i> <i>glutinosa</i>	2015

CAPÍTULO 2

RESPOSTA DE ENRAIZAMENTO DE GENÓTIPOS CONTRASTANTES DE *COFFEA CANEPHORA* MENDIANTE USO DO AIB

1. RESUMO

O ácido indol-butírico (AIB) é uma forma de auxina amplamente difundida na propagação assexuada de plantas por otimizar as respostas ao enraizamento, e num cenário de mudanças climáticas onde o estresse térmico e hídrico são eminentes, o uso da tecnologia mostra-se como uma oportunidade de estimular a expressão de características morfológicas das raízes, que possam auxiliar no enfrentamento da adversidade. Assim, o presente estudo tem por objetivo identificar as características discrepantes, entre dois genótipos contrastante a seca de *C. canephora* e avaliar os efeitos da aplicação de AIB nestas características para produção de mudas por estaquia. Para isso, instalou-se um experimento em delineamento de blocos casualizados, esquema fatorial 2 x 2, sendo o primeiro fator composto por genótipos (LB1 e 02) e o segundo aplicação de AIB. Após 120 dias as mudas foram avaliadas quanto as características morfológicas e anatômicos, e os dados submetidos a análise de variância, teste de Tukey a 5% de probabilidade, correlação e análise de componentes principais no software R Studio. Não houve interação do AIB e genótipo para parte aérea das mudas, no entanto, nas demais características, houve influência do genótipo, onde o 02 apresentou aumento na massa seca, mudanças nas dimensões de estruturas anatômicas e alterações da arquitetura radicular, através do aumento da área superficial e comprimento das raízes finas enquanto LB1 apresentou ganhos apenas nos atributos radiculares. Com isso, o uso do AIB, mostra-se como um recurso estratégico na expressão de características no enraizamento de genótipo 02, trazendo melhorias na qualidade da muda.

Palavras-chave: Rizogênese adventícia ácido indol-butírico, qualidade de mudas, Propagação.

2. ABSTRACT

Indole-butyric acid (IBA) is a form of auxin widely disseminated in the asexual propagation of plants by optimizing the rooting responses, and in a climate change scenario where heat and water stress are imminent, the use of technology shows up as an opportunity to stimulate the expression of morphological characteristics of the roots, which can help in facing adversity. Thus, the present study aims to identify the discrepant characteristics between two genotypes in contrast to the drought of *C. canephora* and to evaluate the effects of the application of IBA in these characteristics for the production of seedlings by cutting. For this, an experiment was installed in a randomized block design, 2 x 2 factorial scheme, the first factor being composed of genotypes (LB1 and 02) and the second application of AIB. After 120 days, the seedlings were evaluated for morphological and anatomical characteristics, and the data were submitted to analysis of variance, Tukey's test at 5% probability, correlation and principal components analysis in R Studio software. There was no interaction between AIB and genotype for the aerial part of the seedlings, however, in the other characteristics, there was an influence of the genotype, where 02 presented an increase in dry mass, changes in the dimensions of anatomical structures and changes in root architecture, through the increase of surface area and length of fine roots while LB1 showed gains only in root attributes. With this, the use of AIB, shows up as a strategic resource in the expression of characteristics in the rooting of genotype 02, bringing improvements in the quality of the seedling.

Key words: Adventitious rhizogenesis, indole-butyric acid, seedling quality, Propagation.

3. INTRODUÇÃO

O café conilon (*Coffea canephora* Pierre ex Fröher) configura-se como uma das principais atividades econômicas do Brasil, e vem alcançando recordes de produção e exportações no mercado mundial (CECAFÉ, 2022). Contudo, no contexto das mudanças climáticas, há previsões de declínio da produção cafeeira, devido a ocorrência de temperaturas acima de 42°C e restrição hídrica em virtude do baixo índice pluviométrico, sazonalidade das chuvas e à deficiência hídrica (MARTINS *et al.*, 2018; THIOUNE *et al.*, 2020). Portanto, é fundamental avançar o conhecimento não apenas na seleção de genótipos tolerantes a seca, como sugerido por Damatta *et al.* (2018), mas também, em tecnologias de propagação, especialmente no que tange o processo de enraizamento.

Como o cafeeiro conilon apresenta alogamia, autoincompatibilidade e conseqüentemente elevada variabilidade genética (MORAES *et al.*, 2018; MARTINS *et al.*, 2019), é comumente utilizado na espécie, a propagação vegetativa, por estaquia, devido os resultados na herdabilidade de características da planta-mãe, desenvolvimento uniforme da cultura, elevação da qualidade de frutos e aumento no rendimento de produção (PARTELLI *et al.*, 2014; BAZONI *et al.*, 2020).

No entanto, mesmo na propagação vegetativa, as características radiculares no cafeeiro conilon, são tidas como mecanismos genéticos altamente complexos, coordenados por diversos genes (ACHAR *et al.*, 2015), e por isso, Silva *et al.* (2020) destacam que, a expressão do desenvolvimento radicular depende mais do *background* genético do que dos métodos de propagação.

Pesquisas pioneiras que abordaram características contrastantes no cafeeiro conilon, focaram no aspecto da tolerância ao estresse hídrico, descrevendo que materiais tolerantes, possuem mecanismos de manutenção do potencial hídrico, maior capacidade de reter área foliar, sustentação de trocas gasosas e aprofundamento do sistema radicular, enquanto genótipos sensíveis, possuem sistema radicular pouco desenvolvido, bem como, ajustes osmóticos e rigidez tecidual que não minimizam a perda de água (DAMATTA *et al.*, 2003; PINHEIRO *et al.*, 2006).

Atualmente o conhecimento do comportamento genotípico já avançou para temáticas como memória transcricional desencadeada por múltiplas exposições à seca (GUEDES *et al.*, 2019), distribuição do sistema radicular (SCHMIDT *et al.*, 2022)

e variação sazonal na concentração de nutrientes (OLIOSI *et al.*, 2021), porém, pesquisas que combinam genótipos de cafeeiro conilon com substâncias hormonais, como a auxina, sobretudo na formação radicular, ainda são escassas.

Sabe-se que auxina é um hormônio, que coordena diversos aspectos do crescimento vegetal, incluindo organogênese, alongamento celular e percepção de tropismo (GALLEI; LUSCHNIG; FRIML, 2020; WÓJCIK *et al.*, 2020; HAN *et al.*, 2021), e embora, seja comumente utilizada na produção de mudas por estaquia, por suas funções na formação de raízes adventícias em diversas culturas (BETTONI *et al.*, 2015; INOCENTE, NIENOW e TRE, 2018; ZAMORA *et al.*, 2022), na cafeicultura, seu uso ainda é limitado à embriogênese somática e micropropagação (MÁRQUEZ-LÓPEZ *et al.*, 2018; QUINTANA-ESCOBAR *et al.*, 2019).

Para uso exógeno, o ácido indol-3-butírico (AIB) é a forma auxínica mais relatada, e dentre os resultados de sua aplicação em culturas agrícolas, constam, melhorias no processo de enraizamento, elevação de comprimento e acúmulo de massa seca das raízes, uniformidade das mudas e aumento na taxa de sobrevivência (HILGERT *et al.*, 2020; CABRERA RAMÍREZ *et al.*, 2022; KHANDAKER *et al.*, 2022). Contudo, é importante ressaltar, que o efeito estimulante do AIB, além de variar com o genótipo, possui um valor máximo de concentração e a partir deste, incrementos da substância, promovem efeitos inibitórios na formação da muda (PINTO *et al.*, 2020; TAMURA *et al.*, 2022).

Diante do exposto, o presente estudo, foi conduzido com objetivo de identificar as características discrepantes, entre dois genótipos contrastante a seca de *C. canephora* e avaliar os efeitos da aplicação de AIB nestas características para produção de mudas por estaquia.

4. METODOLOGIA

O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental do Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência técnica e Extensão Rural (INCAPER), em Linhares

O experimento foi implantado considerando o delineamento de blocos casualizados em esquema fatorial 2 x 2, sendo o primeiro fator é o genótipo composto por dois níveis: genótipos contrastantes em enraizamento, o LB1 e 02, e o segundo fator é o tratamento composto por dois níveis constituído por aplicação ou não do

ácido indol-3-butírico (AIB) na propagação das estacas. Cada parcela foi constituída por 27 plantas e 5 repetições.

Os tratamentos foram definidos a partir de um experimento prévio (dados não publicados), onde foram selecionados os genótipos e a dose de AIB. Os genótipos foram selecionados com base na diferença de vigor, onde o LB1 foi considerado altamente vigoroso e o 02, intermediário. Verificamos que o desenvolvimento da parte aérea desses clones foi fortemente inibida com o aumento nas concentrações de AIB até 2000 ppm, porém, houve incremento na alocação de massa seca no sistema radicular, reduzindo de forma decrescente a relação raiz/parte aérea. Selecionamos a dosagem de 400 ppm devido ao efeito na alocação de massa radicular, sem, contudo, promover tanta inibição na parte aérea.

As estacas herbáceas utilizadas para a execução da pesquisa, foram adquiridas em jardim clonal em Vila Valério-ES, considerando o padrão descrito por Verdin Filho *et al.* (2014), que apresenta 4 cm de comprimento, um par de folhas seccionado em 1/3 de sua área original e corte reto na extremidade inferior e superior. Inicialmente as estacas foram imersas em solução contendo fungicida (Carbomax ® 500 SC) durante 5 minutos. Após o escoamento do excesso da solução fungicida, as estacas foram encaminhadas para o tratamento com o hormônio.

As estacas referentes à parcela contendo AIB tiveram 0,5 cm da base imersa por 3 horas em 10 mL de uma solução na concentração de 400 ppm de AIB (Sigma-Aldrich) solubilizado em NaOH 0,5 M. Já as estacas relacionadas ao não uso do AIB tiveram a base imersa por 3 h em água destilada.

Após o preparo, as estacas do caule, tiveram 2/3 de seu comprimento enterrado na posição vertical, em tubos plásticos (tubetes) com volume de 280 cm³, contendo substrato para plantas Max Fértil® e 2 g por planta de Osmocote Plus® formulação 15-10-10 + micronutrientes. Feito isso, as mudas foram cultivadas em viveiro durante 120 dias, e sua nutrição, irrigação e manejo fitossanitário foram realizados de acordo com as recomendações para produção de mudas de café Conilon de Ferrão *et al.* (2012) e Fonseca *et al.* (2019).

Ao final do tempo de viveiro, 10 plantas centrais de cada parcela foram encaminhadas para avaliações de morfologia onde procedeu-se a mensuração do comprimento do caule (CC) com auxílio de régua graduada, medindo-se a distância

do coleto a região apical do caule; o diâmetro do caule (DC) foi determinado com auxílio de um paquímetro digital, considerando a região 5 cm acima do coleto; para o número de folhas foi realizada contagem das folhas a partir de 2,5 cm e a área foliar foi estimada por meio de leituras do equipamento Li-Cor 3100.

Todo esse material de parte aérea (caule e folhas) destas análises destrutivas junto com os respectivos sistemas radiculares, foram acondicionados em sacos de papel, separado por órgão (raiz, caule e folhas) e encaminhados para estufa de ventilação forçada a 65 °C até atingir massa constante. Após isso, o material foi pesado em balança analítica modelo QUINTIX3102-10BR com precisão de 0,01 g para determinação da massa seca da raiz (MSR), massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca total (MST).

Com base nestas variáveis destrutivas, calculou-se o índice de qualidade de Dickson (DICKSON, 1960), consideração MST e as relações de comprimento de caule e diâmetro, bem como a partição de massa entre parte aérea e raiz:

$$IQD = \frac{MST}{\frac{CC}{DC} + \frac{MSPA}{MSR}}$$

Para avaliações de arquitetura das raízes e anatomia, foram utilizadas 4 plantas de cada parcela experimental. Procedeu-se a coleta de 5 amostras de folhas completamente expandidas do terço médio da planta, fragmentos de entrenós do caule da parte mediana e fragmentos de raízes situados 5 cm acima da coifa. Estes materiais foram fixados por 48 h em solução formalina-ácido acético-álcool (FAA 70%) e em sequência armazenados em álcool 70%.

Nas secções transversais no caule, na raiz e na nervura central das folhas até então conservadas, realizou-se cortes a serem clarificados com hipoclorito de sódio e corados com safrablue. Para as secções paradérmicas nas folhas, adotou-se a técnica de impressão epidérmica, com aplicação de adesivo instantâneo universal (Super-Bonder®) conforme descrito em Segatto *et al.* (2004). Para as medidas biométricas dos elementos de vaso do xilema adotou-se o protocolo proposto por Franklin (1945). Ao concluir essa etapa dos cortes, foram montadas lâminas histológicas semipermanentes com gelatina glicerinada (Kaiser, 1980).

Para avaliação das raízes, 5 plantas de cada tratamento, tiveram as raízes seccionadas do caules, lavadas em água corrente para remoção de impurezas, em seguida, foram acondicionadas em sacos plásticos contendo água e encaminhadas para o laboratório de fisiologia vegetal da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF), onde foram submetidas ao escâner e análises no software WinRhizo[®], onde foi determinado o comprimento, área superficial e volume de raízes nas classes de diâmetros <0,02; 0,02<0,04; 0,04<0,06; 0,06<0,08; 0,08<1,0; 1,0< 1,2; 1,2<1,4; 1,4<1,6 e > 1,8 mm.

Todos os dados obtidos foram tabulados e submetidos a análise de variância e quando significativo, aplicou-se o teste de Tukey a 5% de probabilidade no software R Studio (*R core team*, 2021). Nesse mesmo programa empregou-se também a análise de correlação de Pearson e análise de componentes principais. No software SigmaPlot[®] versão 11.0, foram produzidos os gráficos de barra com erro padrão da média (n=5).

5. RESULTADOS

Os parâmetros morfológicos de mudas de café conilon neste estudo não apresentaram diferenças significativas para o fator genótipo, entretanto para mudas tratadas com AIB, observa-se incremento apenas na variável de área foliar, as quais apresentaram aproximadamente 15% de superfície em relação a condição controle (Tabela 1).

TABELA 1. Comprimento de caule (CC), diâmetro de caule (DC), número de folhas (NF) e área foliar (AF) de mudas de cafeeiro conilon dos genótipos 02 e LB1 produzidas com e sem a adição de AIB.

Genótipos	CC (cm)	DC (mm)	NF	AF (cm ²)
02	23,40	4,08	11,08	405,32
LB1	23,22	4,28	10,61	400,40
AIB				
COM	23,87	4,21	11,36	423,76 a
SEM	22,75	4,14	10,33	381,96 b
CV%	7,03	5,89	19,97	12,9

**Médias seguidas por letras distintas, diferem entre si pelo teste Tukey p <0,05;

A proporção de biomassa alocada nos diferentes órgãos da planta foi influenciada pela interação entre os fatores genótipo x AIB. De modo geral, o genótipo 02 apresentou média inferior ao LB1 em condição controle, no entanto, ao ser exposto ao AIB, houve ganho em torno de 28% na alocação de biomassa seca na parte aérea, radicular e conseqüentemente na massa seca total deste genótipo, diferenciando-o significativamente do LB1. Este comportamento modificou o padrão final da qualidade de mudas, visto para o LB1 a aplicação de AIB fez com que o índice de qualidade de Dickson variasse 0,035 enquanto para o 02 a diferença foi de 0,144 (Tabela 2).

TABELA 2. Acúmulo de massa seca da raiz (MSR), parte aérea (MSPA), total (MST) e índice de qualidade de Dickson de mudas de cafeeiro conilon dos genótipos (GEN) 02 e LB1 produzidas com e sem a adição de AIB.

GEN	MSR (g)		MSPA (g)		MST (g)		IQD	
	AIB		AIB		AIB		AIB	
	Com	Sem	Com	Sem	Com	Sem	Com	Sem
2	1,982aA	1,577bB	4,855aA	3,945aB	6,84aA	5,520aB	0,830aA	0,682bB
LB1	1,790aA	1,807aA	4,150bA	4,290aA	5,94 bA	6,102aA	0,757aA	0,792aA
CV%	9,78		8,31		7,62		8,51	

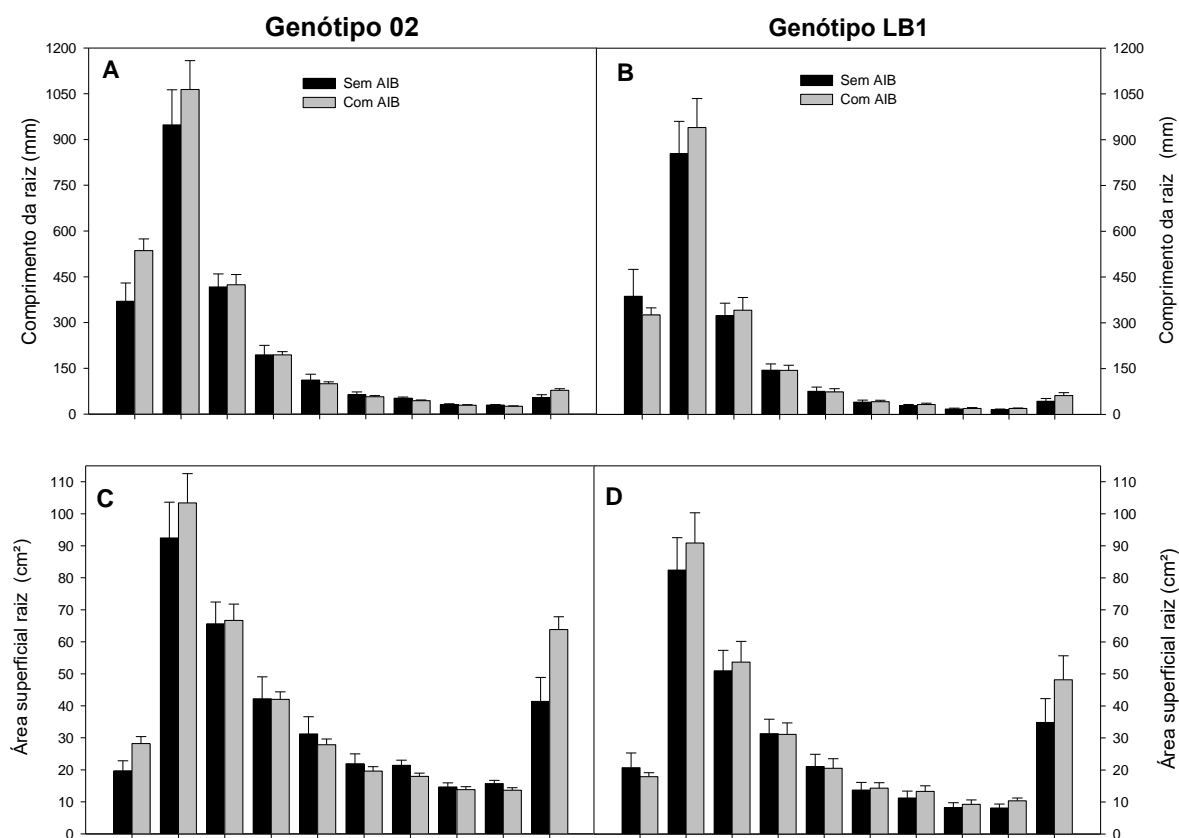
*Médias seguidas letras minúsculas comparam os genótipos e maiúsculas os tratamentos com AIB. Médias seguidas de letras iguais não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Nos parâmetros de raízes é claramente perceptível que assim como nos atributos de parte aérea (CC, DC, NF e AF), para a condição controle não há diferença estatisticamente significativa entre os dois genótipos em análise, no entanto, ao avaliar o efeito do AIB em cada genótipo, observa-se dois padrões de comportamento, onde o primeiro diz respeito a mudança no padrão, observado no comprimento da raiz e área de superfície da raiz no genótipo 02, e o segundo é a elevação dos valores referentes ao volume de raízes do genótipo 02, quando utilizado o AIB.

No comprimento de raízes (Figura 1A e 1B) é exposto que a aplicação do AIB promoveu aumento no comprimento de raízes finas para o genótipo 02 enquanto para o LB1 esse incremento foi pouco expressivo. Ao comparar as colunas referentes às raízes mais finas (0,0 a 0,2 mm), nota-se que o uso da substância hormonal fez o genótipo 02 aumentar cerca de 44% a mais destas estruturas em relação a condição controle e algo perto de 65% a mais que o LB1 também tratado com AIB.

Em relação a área superficial de raízes, nota-se que o genótipo 02 apresentou valores maiores para a variável, mediante uso do AIB, aumentando 43% na classe de 0,0 a 0,2 mm e 54% na classe de diâmetro >1,8 mm (Figura 1 C), já o LB1, apesar de apresentar ganho de 38% em área superficial de raízes, quando utilizado o AIB, na classe de raízes mais finas (0,0 a 0,2 mm), o tratamento controle apresenta valores 15% superior (Figura 1D).

Já o comportamento do volume das raízes nas classes de diâmetro é completamente distinto das demais variáveis, verificando-se que, para a raízes incluídas no grupo >1,8 mm, o 02 em adição ao AIB apresentou uma diferença de 80% em relação ao tratamento controle (Figura 1 E), enquanto o LB1 para a mesma situação, mostrou incremento de apenas 29% (Figura 1 F).



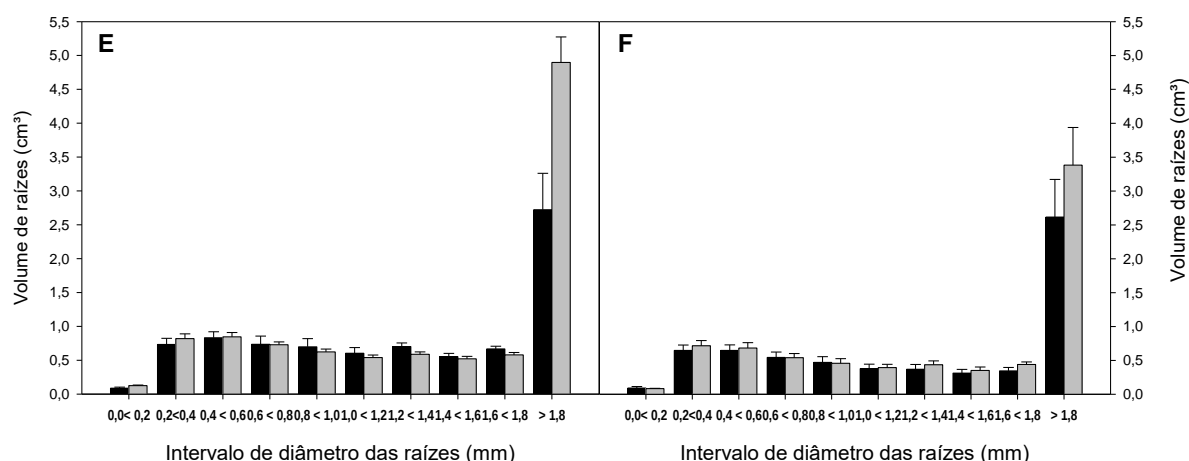


FIGURA 1. Comprimento de raízes (A e B), área superficial (C e D) e volume de raízes (E e F) de mudas de cafeeiro conilon dos genótipos 02 e LB1 produzidas com e sem a adição de AIB. Barras de erro representam o erro padrão da média (n=5).

Na tabela 3, pode-se observar o efeito da combinação de auxina com dois genótipos de cafeeiro conilon sobre características de anatomia foliar. É claramente perceptível que o uso do AIB na propagação de estacas, não promoveu diferença em características anatômicas das folhas, exceto para a espessura do xilema, porém, ao comparar o efeito do hormônio dentro do genótipo 02 é possível verificar modificações em relação ao controle, expressos por aumentos de 29,4% no comprimento do xilema, 25,33% na espessura do mesofilo e aproximadamente 40% na espessura na nervura central e densidade estomática. É importante ressaltar que a densidade foliar é a variável de anatomia onde houve a maior discrepância entre os genótipos produzidos na condição controle.

TABELA 3. Parâmetros de anatomia foliar de mudas de cafeeiro conilon dos genótipos 02 e LB1 produzidas com e sem a adição de AIB.

GEN	ESP XIL (mm ²)		ESP NC (mm ²)		MES ESP (mm ²)		D.E. (n ^o /mm ²)	
	AIB		AIB		AIB		AIB	
	COM	SEM	COM	SEM	COM	SEM	COM	SEM
2	0,132aA	0,102aB	1,124aA	0,813bB	0,282aA	0,225bB	110,8bA	78,87bB
LB1	0,121aA	0,114aA	0,991bA	1,015aA	0,252bA	0,262aA	127,4aA	138,2aA
CV%	15,27		7,58		10,53		16,17	

* Médias seguidas letras minúsculas comparam os genótipos e maiúsculas os tratamentos com AIB. Médias seguidas de letras iguais não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ESP XIL: Espessura xilema; ESP NC: Espessura da nervura central; MES ESP.: Mesofilo esponjoso; D.E.: Densidade estomática;

Nas variáveis de anatomia caulinar e radicular, diferença significativa no comprimento do xilema, no genótipo 02, mediante o uso do AIB podem ser observadas (Tabela 4). No caule, a variável apresentou um aumento de 64%, enquanto na raiz, houve uma redução de aproximadamente 44%, que o tornou inferior não apenas a condição controle, mas também em relação ao genótipo contrastante, o LB1. Já para as características de comprimento do floema do caule e córtex da raiz, vê-se um comportamento similar para a combinação do 02 com AIB, verificando-se ganhos próximos de 33% e 80% respectivamente, enquanto que para o LB1, estatisticamente não houve diferença, apesar da combinação de LB1 e AIB ter apresentado valores inferiores.

TABELA 4. Parâmetros de anatomia caulinar e radicular de mudas de cafeeiro conilon dos genótipos (GEN) 02 e LB1 produzidas com e sem a adição de AIB.

	XILC (mm ²)		FLOC (mm ²)		XILR (mm ²)		CORR (mm ²)	
	AIB		AIB		AIB		AIB	
GEN	COM	SEM	COM	SEM	COM	SEM	COM	SEM
2	0,233aA	0,142bB	0,162aA	0,090bB	0,096bB	0,174aA	0,430aA	0,323aB
LB1	0,236aA	0,187aB	0,105bA	0,116aA	0,216aA	0,182aA	0,348bA	0,356aA
CV%	15,38		12,25		30,97		23,04	

* Médias seguidas letras minúsculas comparam os genótipos e maiúsculas os tratamentos com AIB. Médias seguidas de letras iguais não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. XILC: espessura do xilema do caule; FLOC: espessura do floema do caule; XILR: Espessura do xilema das raízes; CORR: Largura do córtex das raízes;

Houveram 64 correlações positivas entre os parâmetros de massa seca, IQD e morfologia das raízes (Figura 2), com distintos níveis de significância. Dentre as características das mudas de *C. canephora*, a maior correlação foi encontrada entre o comprimento e área superficial das raízes na classe <0,2 mm, seguida pela massa seca total e a massa seca da parte aérea e pelo volume de raízes e área superficial das raízes na classe de diâmetro inferior a 0,2 mm, além disso, o IQD mostrou correlação maior com a massa seca das raízes do que a massa total (numerador da equação do índice). O comprimento do xilema das raízes, apresentaram correlações negativas com todas as demais variáveis, exceto a densidade estomática.

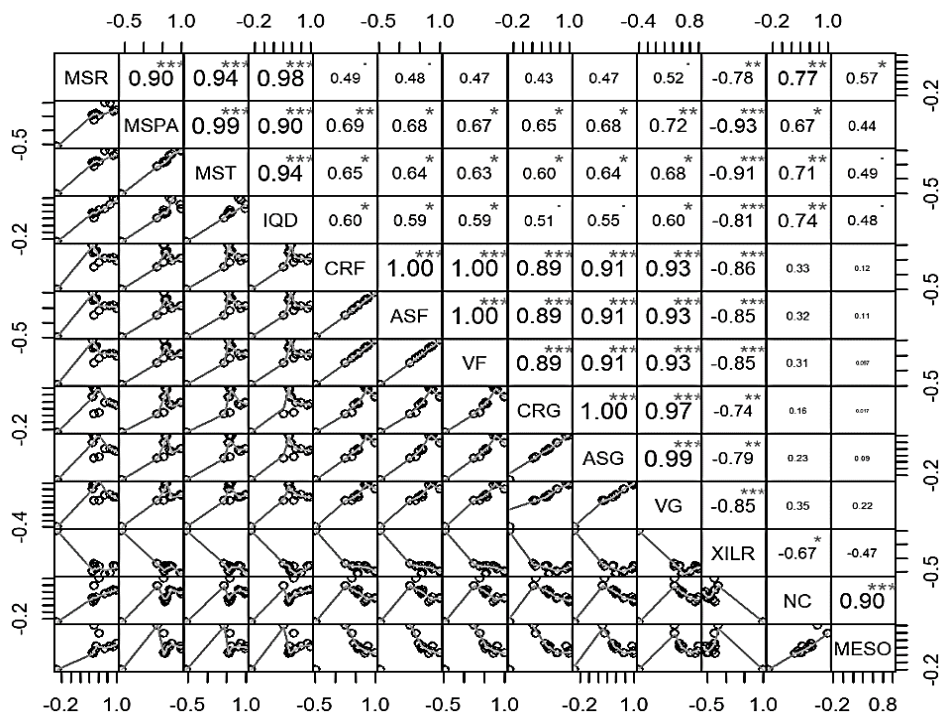


FIGURA 2. Correlação entre o acúmulo de massa seca da raiz (MSR), parte aérea (MSPA) e total (MST), índice de qualidade de Dickson (IQD), o comprimento de raízes na classe <0,2 mm (CRF), área superficial de raízes na classe <0,2 mm (ASF) e volume das raízes na classe <0,2 mm (VRF), o comprimento de raízes na classe 1,8> mm (CRG), área superficial de raízes na classe 1,8> (ASG) e volume das raízes na classe 1,8> (VRG), espessura do xilema (XIL_R) das raízes, espessura da nervura central (NC) e mesofilo (MESO) das folhas de mudas de cafeeiro conilon dos genótipos 02 e LB1 produzidas com e sem a adição de AIB. (*, ** e *** correspondem à significância de $p < 0,05$, $p < 0,01$ e $p < 0,001$, respectivamente).

A análise de componentes principais (ACP) com todas as variáveis apresentadas anteriormente, permitindo a visualização da posição destas entre si em um espaço bidimensional determinando por suas correlações, onde a CP1 e CP2 apresentaram 66,9% e 22,1%, respectivamente, o que somado, explica 89% da variância total (Figura 3). É possível observar que o uso do AIB no genótipo 02, exerce influência na variância dos parâmetros morfoanatômicos e radiculares avaliados, haja visto a distância e posição dos tratamentos no espaço vetorial, já os tratamentos do LB1, encontram-se no mesmo quadrante.

6. DISCUSSÕES

Os parâmetros morfológicos de parte aérea de mudas de café conilon com exceção da área foliar, não apresentaram diferença significativa (Tabela 1), contudo, as mudas tanto do fator genótipo quanto o AIB dispõem de valores próximos e adequados para uso comercial, sendo similar aos descritos recentemente por Verdin Filho *et al.* (2020) que produziram mudas utilizando estacas no mesmo padrão deste estudo (corte reto na base e no ápice da estaca). Ao utilizar o AIB na propagação de *Coffea arabica* e chegar a um resultado similar ao deste estudo, Sosa-Mora *et al.* (2019) discorrem que esse tipo de resposta ao uso exógeno do AIB, se deve a fatores intrínsecos da espécie, no que diz respeito, a concentrações internas de auxinas e outros cofatores envolvidos no estímulo ao enraizamento, de modo que, para genótipos insensíveis ou pouco responsivos ao hormônio, apenas a auxina endógena é suficiente para garantir o desenvolvimento satisfatório da muda.

O aumento da área foliar das mudas de café conilon, mediante o uso do AIB é uma variável de parte aérea é um desejável, pois é compreendido que alterações nas dimensões foliares relacionam-se com o potencial hídrico foliar (MAURI *et al.*, 2020), o que associado a uma maior superfície para intercepção luminosa e transpiração, pode contribuir para maiores taxas fotossintéticas, crescimento das plantas (PARTELLI *et al.*, 2006) e alocação de massa seca conseqüentemente. Esse comportamento é confirmado, pela correlação positiva entre massa seca da parte aérea e área foliar (Figura 2), como também, pelos valores médios obtidos para massa seca, quando utilizado AIB na propagação do genótipo 02. Em *C. arabica*, a biomassa é considerada por Rodriguez-López *et al.* (2014), como uma métrica direta da performance da planta, e com isso modificações nesta variável podem ser interpretadas como uma resposta chave entorno do potencial da planta em usufruir os recursos disponíveis no ambiente.

Os resultados dos parâmetros de massa seca (Tabela 2), mostram que o genótipo 02, tem por característica, o baixo acúmulo de massa seca, no entanto, sob uso do AIB, esse valor aumenta tanto nas raízes, parte aérea e total. Já para o LB1, valores menos discrepantes entre o AIB e o controle são observados para esta variável. Bernado *et al.* (2022) ao compararem características morfológicas e genéticas de *C. arabica* cv. Catuai, Amarelo IAC 62 e *C. canephora* cv. Conilon LB1,

sob duas condições de radiação ultravioleta, também descrevem que este último apresenta naturalmente, alta alocação de massa seca, sobretudo nas raízes, e que esta característica é desejável para sobrevivência da espécie, caso seja submetida em futuras limitações ambientais, associadas à menor disponibilidade de água.

Além disso, o comportamento de acúmulo de massa seca, afetou diretamente a qualidade das mudas, avaliada nesse estudo pelo índice de qualidade de Dickson (Tabela 2), cabendo destacar que, para o genótipo 02, a mudança significativa nestas variáveis, pode ser compreendida como um aumento da robustez e na capacidade de explorar o solo em profundidade, facilitando o acesso a água e nutrientes (COVRE *et al.*, 2013; GIURIATTO JÚNIOR *et al.*, 2020). E, portanto, o AIB pode ser considerado um recurso interessante, na expressão de características que otimizam o desenvolvimento da muda após o plantio, sobretudo em genótipos como o 02, que em estudos de diversidade genética como o proposto por Silva *et al.* (2020), são caracterizados pelo desenvolvimento limitado do sistema radicular, em termos de comprimento, volume e área superficial, e por isso, propensos a perdas sob condições ambientais adversas, como a seca.

Dardengo *et al.* (2013), discorrem, que para café conilon, a matéria seca total é mais adequada que variáveis de parte aérea na determinação da qualidade de mudas, já que essas são sujeitas a variações genótípicas, contudo nesse estudo, a correlação do índice de qualidade de Dickson apresentou correlação maior com a massa seca das raízes (Figura 2), confirmando que a avaliação da alocação de massa seca em diferentes partes da muda é tão importante quanto a massa total, para aferir o desenvolvimento da planta (COVRE *et al.*, 2016).

Além disso, é importante considerar também a correlação da massa seca total e massa seca da raiz, com o desenvolvimento de raízes finas (<0,2 mm) em termos de comprimento e área superficial. Os resultados na Figura 2 confirmam a hipótese que entre as vantagens do uso da auxina na propagação vegetativa, está a otimização do sistema radicular para além do crescimento em profundidade em genótipos que apresentam limitação na estrutura de raiz, como o 02, esse incremento especialmente em raízes finas é importante, haja visto que os pêlos radiculares são extensões unicelulares das células epidérmicas da raiz capazes de aumentar área de superfície das raízes, favorecendo o fluxo de massa, bem como a ancoragem da planta no solo (QIN e HUANG, 2019; LIU e WIRÉN, 2021).

Apesar das discussões em torno das vantagens que a muda de cafeeiro conilon com um sistema radicular bem desenvolvido, pode trazer em termos de pegamento e sobrevivência, estudos em *C. arabica* mostraram que a absorção de água pelas raízes e manutenção do status hídrico da planta, pode ser condicionada por medidas agrícolas, como, preparo profundo, consórcio com *Brachiaria (Urochloa decumbens)* e gessagem, que aumentam a disponibilidade de água nas camadas profundas do solo (SILVA *et al.*, 2019).

Cabe destacar ainda que, apesar dos atributos radiculares possuírem potencial importância para plantas em condições hídricas limitadas, a contribuição para extração de água e adaptação à seca varia de acordo com fatores como genótipo, água disponível em estágios críticos da cultura e oferta de água no solo (VADEZ, 2014). Daí a importância de avançar o estudo para condições limitantes, enfatizando a plasticidade do sistema radicular das plantas tratadas com AIB, bem como, o desempenho dos fenótipos produzidos na absorção de água e nutrientes.

O efeito mais proeminente do AIB em variáveis de anatomia foi observado na densidade estomática, sobretudo na combinação do genótipo 02 com AIB (tabela 3), onde a média para a variável foi maior que na condição controle. De modo geral, essa modificação é considerada vantajosa, pois o aumento de estômatos coordena o equilíbrio entre demanda transpiracional e oferta de água (MARTINS *et al.*, 2014). As médias apresentadas na comparação entre genótipos, corroboram com as investigações de Dutra Giles *et al.* (2019), que ao compararem 34 materiais de *Coffea* spp., classificaram o LB1 no grupo de genótipos que apresentam os maiores valores para a variável em discussão, como também concorda com Dubberstein *et al.* (2021), que investigando outros 43 genótipos de *C. canephora*, identificaram que o 02 pertence a classe de materiais com menores valores.

E embora as mudas de LB1 não tenham apresentado mudança nos valores de densidade estomática com o tratamento com o AIB, o ganho quase que duplicado no genótipo 02 quando utilizado AIB, mostra-se como uma modificação desejável na indução de mudanças morfológicas, que direcionam para obtenção de uma muda robusta e preparada para o enfrentamento da condição de campo, haja visto que a modulação do número de estômatos em determinada área foliar, afeta diretamente as trocas gasosas e conseqüentemente o uso da água, ganho de carbono e crescimento vegetal (DE BOER *et al.*, 2016; BERTOLINO, CAINE e GRAY, 2019).

Em relação aos parâmetros de anatomia de vasos do caule e raiz, é possível verificar a predominância do fator genótipo na determinação do diâmetro do xilema e floema, mediante uso do AIB, que no genótipo 02, aumentou o diâmetro do xilema do caule, porém reduziu o xilema da raiz, enquanto para o LB1 não foram encontradas diferenças significativas. Estudos mais amplos, elucidam que a auxina tem envolvimento ativo na diferenciação vascular de xilema e floema em plantas (RŮŽIČKA *et al.*, 2015; BIEDROŃ e BANASIAK, 2018). Na abordagem desse tipo de variável, é explorado em diversas espécies vegetais, uma associação entre características anatômicas e a condutância hidráulica, discutindo-se que, sob condições de disponibilidade hídrica, há uma elevação na quantidade de água conduzida, junto há um aumento no diâmetro do xilema (QUINTANA-PULIDO *et al.*, 2018; HAFNER *et al.*, 2020).

No entanto, em condições de seca, o diâmetro do vaso tende a ser reduzido, como uma resposta adaptativa para evitar os efeitos deletérios da cavitação, que pode acontecer devido a oferta limitada de água (RAMACHANDRAN *et al.*, 2020). Em *C. arabica*, foi comprovado que a interação entre características hidráulicas e morfoanatômicas durante aclimatação ao estresse hídrico, é intraespecífico (MENEZES-SILVA *et al.*, 2015), porém, em genótipos contrastantes de *C. canephora*, em condições de restrição hídrica, a condutividade hidráulica não foi relacionada ao diâmetro do xilema, tão pouco apresentou diferença entre genótipos (MACHADO FILHO *et al.*, 2021).

Apesar disso, um estudo que comparou fatores envolvidos na vulnerabilidade hidráulica das folhas de quatro espécies de *Coffea spp.* (*C. Arabica*, *C. canephora*, *C. racemosa* e *C. liberica*), concluíram que, mediante episódios de restrição do potencial hídrico, os ajustes morfoanatômicos são dissociados de mudanças na condutividade hidráulica das folhas (MAURI *et al.*, 2020). Com isso, vê-se claramente, que a compreensão de contribuições da auxina na relação de estrutura-função, enfatizando relações hidráulicas de *C. canephora* em condições de campo, é uma área que deve ser explorada no melhoramento da cultura, face às adversidades ambientais.

Ao observar o gráfico de ACP é possível identificar que a densidade estomática apresenta interações positivas com o índice de qualidade de mudas, a massa seca da raiz e alguns parâmetros de anatomia foliar (nervura central, mesofilo e espessura do xilema). Esse comportamento corrobora com discussões envolvendo

a espécie em estudo, onde foi constatada a existência de correlação positiva entre densidade estomática, condutância estomática, taxa de fotossíntese líquida e seus reflexos na sobrevivência da planta e no uso eficiente da água (VIEIRA *et al.*, 2013; VENTURIN *et al.*, 2020; MACHADO FILHO *et al.*, 2021).

Isso permite inferir que, mudanças no sistema radicular por estimulação do AIB, associa-se ao controle estomático, e ambos contribuem para formação de um fenótipo desejável, em termos de tolerância ao estresse hídrico, uma vez que, estudo iniciais já mostraram que em campo, a resistência a restrição hídrica em *C. canephora* é resultado da interação entre profundidade da raiz junto ao controle estomático (PINHEIRO *et al.*, 2005).

Além da densidade estomática, a qualidade de mudas também mostra, pelas análises aplicadas, que é uma variável positivamente relacionada a massa seca total, massa seca alocada nas raízes (variáveis inclusive utilizadas no cálculo do índice) bem como volume de raízes. A correlação entre as quatro variáveis citadas anteriormente também foi descrita por Erdiansya *et al* (2019), ao manejarem quatro genótipos contrastantes de cafeeiro robusta em ambiente de estresse hídrico e controle. De qualquer maneira, o fato que o uso do AIB na propagação do genótipo 02, contribuiu para melhorias desses três parâmetros, temos no uso agrícola do hormônio uma possibilidade de expressar características desejáveis que estão no pool gênico da planta, e nos trabalhos com cafeeiro já é abordado que genótipos com maior massa seca da raízes e total, bem como volume de raízes e densidade estomática tendem a ser beneficiados na seleção, pois estas variáveis são inicialmente mais dependentes das contribuições genéticas do que ambientais (RODRIGUES *et al.*, 2017; ARAÚJO *et al.*, 2021).

A área foliar e número de folhas, embora tenham apresentado baixa contribuição na variação da ACP (observado pelo comprimento do vetor), apresentaram correlação positiva com parâmetros de massa seca e características radiculares (comprimento, área superficial e volume). Esse conjunto de variáveis também é mencionado em discussões atuais em outras espécies que testaram o AIB na propagação vegetativa, onde é descrito que características foliares e alocação de massa, atuam sinergicamente com a auxina no enraizamento e qualidade da muda (ARAÚJO *et al.*, 2019; COSTA *et al.*, 2019; HIGUCHI *et al.* 2021). Ao realizarem uma revisão bibliométrica acerca dos principais parâmetros morfológicos, fisiológicos e

matemáticos aplicados na pesquisa de produção vegetal, Gallegos-Cedillo *et al.* (2021), discorrem que a relação entre comprimento da raiz e área foliar são comumente descritas e relevantes, sobretudo na propagação e formação de mudas, pois refletem o investimento da planta em estruturas para absorção de água e nutrientes e manutenção da capacidade específica nas trocas gasosas.

Acerca da contribuição da massa seca na formação de raízes, é válido citar que em estudos envolvendo a produção de mudas de café 'Robusta' e também para café 'Arábica', é elucidado que na propagação por estaquia, a reserva de carboidratos e substâncias nutricionais que os propágulos possuem, definem mais a formação e crescimento de raízes que o teor de auxina endógena por si (VALLEJOS-TORRES *et al.*, 2020; SIMANJUNTAK; WARDANI, 2021). E se considerado o conteúdo de massa seca total e massa seca das raízes do LB1 descritas nesse estudo como também os achados Bernado *et al.* (2022) para o mesmo genótipo, é fácil enxergar que as razões da robustez de sua arquitetura radicular e o ganho baixo mediante uso exógeno do AIB expressa a correlação discutida.

A correlação entre o comprimento do xilema da raiz junto a massa seca e a qualidade de mudas também observada na ACP, norteia para a possibilidade de uma manipulação direcionada dos componentes pelo uso do AIB, no que diz respeito a ajustes na arquitetura radicular e morfologia da planta e a integração do estudo das variáveis que deve ser explorada no melhoramento genético ou na otimização de manejo do cafeeiro exposto a ambiente com restrição hídrica. Casanova-Sáez e Voß (2019) elucidam que a auxina é um fitohormônio que exerce papel crucial na integração de estímulos ambientais nas adaptações de crescimento, assim, com base na correlação e PCA deste estudo, é claramente compreensível, que os resultados em termos de qualidade das mudas, são coordenados pela combinação de um conjunto de variáveis relacionadas ao fluxo de água, trocas gasosas e incorporação de carbono que podem gerar benefícios para a adaptação em campo e inclusive a eventos de estresse hídrico.

Além do mais, a resposta manifestada pelo uso de AIB na propagação de estacas aqui expostas, relaciona-se ao ambiente de viveiro completamente favorável a expressão das características desejáveis, e questiona-se se em campo ou em ambiente com restrição hídrica, haverá de fato tolerância ao estresse, sendo, portanto, fundamental a execução de estudos que avaliem o sistema exploratório das raízes

moduladas na captação de água e até ponto as características agrônômicas modificadas predizem o desempenho em campo.

7. CONCLUSÃO

O tratamento de estacas com AIB, otimiza a formação de raízes finas em termos de comprimento e área superficial e aumenta o volume de raízes grossas, independente do genótipo. Entre o LB1 e 02 em condição controle, as medidas de densidade estomática e acúmulo de massa seca na raiz e parte aérea são as variáveis que mais contrastam, influenciando diretamente na qualidade de mudas. Este estudo revela ainda, que o uso do AIB no genótipo 02, melhorou a resposta em termos de massa seca e características de anatomia, e a mudança nesses aspectos contribuiu para elevação da qualidade de mudas. Essas descobertas apontam o AIB como ferramenta estratégica para conferir características desejáveis em genótipos como o 02 e trabalhos futuros devem explorar a eficiência dessa tecnologia, avaliando o desempenho das mudas em condições de campo.

8. REFERÊNCIAS

- ACHAR, D.; AWATI, M. G.; UDAYAKUMAR, M.; PRASAD, T. G. Identification of Putative Molecular Markers Associated with Root Traits in *Coffea canephora* Pierre ex Froehner. **Molecular Biology International**, v. 2015, p. 1–11, 3 mar. 2015. <https://doi.org/10.1155/2015/532386>.
- ARAÚJO, E. F.; GIBSON, E. L.; SANTOS, A. R. D.; GONÇALVES, E. D. O.; WENDLING, I.; ALEXANDRE, R. S.; POLA, L. A. V. Mini-cutting technique for vegetative propagation of *Paratecoma peroba*. **CERNE**, v. 25, p. 314–325, 20 dez. 2019. <https://doi.org/10.1590/01047760201925032647>.
- ARAÚJO, L. F. B. de; ESPINDULA, M. C.; ROCHA, R. B.; TORRES, J. D. CAMPANHARO, M.; PEGO, W. F. O.; ROSA, S. E. de S. Genetic divergence based on leaf vegetative and anatomical traits of *Coffea canephora* clones. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 42, n. 5, p. 2717–2734, 2 jul. 2021. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2021v42n5p2717>.
- BAZONI, P. A.; ESPINDULA, M. C.; ARAÚJO, L. F. B. de; VASCONCELOS, J. M.; CAMPANHARO, M. Production of cuttings and nutrient export by *Coffea canéfora* in

different periods in the Southwestern Amazon. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 24, p. 162–169, 2 mar. 2020. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v24n3p162-169>.

BERNADO, W. de P.; BARONI, D. F.; RUAS, K. F.; SANTOS, A. R.; DE SOUZA, S. B.; PASSOS, L. C.; FAÇANHA, A. R.; RAMALHO, J. C.; CAMPOSTRINI, E.; RAKOCEVIC, M.; RODRIGUES, W. P. Ultraviolet radiation underlies metabolic energy reprogramming in *Coffea arabica* and *Coffea canephora* genotypes. **Scientia Horticulturae**, v. 295, p. 110881, 15 mar. 2022. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2022.110881>.

BERTOLINO, L. T.; CAINE, R. S.; GRAY, J. E. Impact of Stomatal Density and Morphology on Water-Use Efficiency in a Changing World. **Frontiers in Plant Science**, v. 10, 2019.

BETTONI, J. C.; GARDIN, J. P. P.; FELDBERG, N. P.; COSTA, M. D.; SCHUMACHER, R. Estaquia lenhosa de porta-enxertos de videira promissores para regiões com histórico de morte de plantas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 37, p. 534–539, jun. 2015. <https://doi.org/10.1590/0100-2945-124/14>.

BHATLA, S. C. Auxins. In: BHATLA, S. C.; LAL, M. A. **Plant Physiology, Development and Metabolism**. [S. l.]: Springer, 2018. Chapter 15, p. 569-602.

BIEDROŃ, M.; BANASIAK, A. Auxin-mediated regulation of vascular patterning in *Arabidopsis thaliana* leaves. **Plant Cell Reports**, v. 37, n. 9, p. 1215–1229, 1 set. 2018. <https://doi.org/10.1007/s00299-018-2319-0>.

CABRERA RAMÍREZ, R.; JIMÉNEZ CASAS, M.; LÓPEZ LÓPEZ, M. Á.; PARRA PIEDRA, J. P.; CABRERA RAMÍREZ, R.; JIMÉNEZ CASAS, M.; LÓPEZ LÓPEZ, M. Á.; PARRA PIEDRA, J. P. Nutritional management of hybrid pine trees and use of indole butyric acid for cloning by cuttings. **Revista mexicana de ciencias forestales**, v. 13, n. 69, p. 132–154, fev. 2022. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v13i69.1070>.

CECAFE, CONSELHO DOS EXPORTADORES DE CAFÉ DO BRASIL, D. Relatório de exportações. [s. d.]. Disponível em: <https://www.cecafe.com.br/publicacoes/relatorio-de-exportacoes/>. Acesso em: 20 jan. 2022.

CASANOVA-SÁEZ, R.; VOSS, U. Auxin Metabolism Controls Developmental Decisions in Land Plants. **Trends in Plant Science**, v. 24, n. 8, p. 741–754, 1 ago. 2019. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2019.05.006>.

CECAFE- Conselho dos exportadores de Café do Brasil. **Relatório mensal de Dezembro 2021**. Disponível em <<http://www.consorciopesquisacafe.com.br/index.php/imprensa/noticias/420-aprespdfviiiispcb>>. Acesso em 20 de fevereiro de 2022.

COSTA, J. C. F. da; MENDONÇA, R. M. N.; SILVA, G. C. da; SILVA, S. D. M.; PEREIRA, W. E.; SANTOS, C. E. M. dos. Effect of Indolebutyric Acid Immersion Period on the Rhizogenic Process of Guava Cuttings (*Psidium guajava* L.) Cultivar Século XXI. **Journal of Experimental Agriculture International**, p. 1–7, 19 mar. 2019. <https://doi.org/10.9734/jeai/2019/v32i530120>.

COVRE, A. M.; MAURI, A.; DIAS, M. e PARTELLI, F. Crescimento e desenvolvimento inicial de genótipos de café Conilon. **Revista Agro@ambiente**, v. 7, n. 2, p. 193-202, maio-agosto, 2013.

COVRE, A. M.; CANAL, L.; PARTELLI, F. L.; ALEXANDRE, R. S.; FERREIRA, A.; VIEIRA, H. D. Development of clonal seedlings of promising Conilon coffee (*Coffea canephora*) genotypes. **Australian Journal of Crop Science**, 1 mar. 2016.

DAMATTA, F. M.; AVILA, R. T.; CARDOSO, A. A.; MARTINS, S. C. V.; RAMALHO, J. C. Physiological and Agronomic Performance of the Coffee Crop in the Context of Climate Change and Global Warming: A Review. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 66, n. 21, p. 5264–5274, 30 maio 2018. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.7b04537>.

DAMATTA, F. M.; CHAVES, A. R. M.; PINHEIRO, H. A.; DUCATTI, C.; LOUREIRO, M. E. Drought tolerance of two field-grown clones of *Coffea canephora*. **Plant Science**, v. 164, n. 1, p. 111–117, 1 jan. 2003. [https://doi.org/10.1016/S0168-9452\(02\)00342-4](https://doi.org/10.1016/S0168-9452(02)00342-4).

DARDENGO, M. C. J.; SOUSA, E. F. D.; REIS, E. F. D.; GRAVINA, G. D. A. Crescimento e qualidade de mudas de café conilon produzidas em diferentes recipientes e níveis de sombreamento. **Coffee Science**, v.8, n. 4, p.500-509, 2013.

DE BOER, H. J.; PRICE, C. A.; WAGNER-CREMER, F.; DEKKER, S. C.; FRANKS, P. J.; VENEKLAAS, E. J. Optimal allocation of leaf epidermal area for gas exchange.

New Phytologist, v. 210, n. 4, p. 1219–1228, 2016.
<https://doi.org/10.1111/nph.13929>.

DICKSON, A.; LEAF, A. L.; HOSNER, J. F. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. **The Forestry Chronicle**, 21 mar. 2011.

DUBBERSTEIN, D.; OLIVEIRA, M. G.; AOYAMA, E. M.; GUILHEN, J. H.; FERREIRA, A.; MARQUES, I.; RAMALHO, J. C.; PARTELLI, F. L. Diversity of Leaf Stomatal Traits among *Coffea canephora* Pierre ex A. Froehner Genotypes. **Agronomy**, v. 11, n. 6, p. 1126, jun. 2021. <https://doi.org/10.3390/agronomy11061126>.

DUBBERSTEIN, D.; RODRIGUES, W. P.; SEMEDO, J. N.; RODRIGUES, A. P.; PAIS, I. P.; LEITÃO, A. E.; PARTELLI, F. L.; CAMPOSTRINI, E.; REBOREDO, F.; SCOTTI-CAMPOS, P.; LIDON, F. C.; RIBEIRO-BARROS, A. I.; DAMATTA, F. M.; RAMALHO, J. C. Mitigation of the Negative Impact of Warming on the Coffee Crop: The Role of Increased Air [CO₂] and Management Strategies. *In*: RAO, C. S.; SHANKER, A. K.; SHANKER, C. (orgs.). **Climate Resilient Agriculture - Strategies and Perspectives**. [S. l.]: InTech, 2018. DOI 10.5772/intechopen.72374.

DUTRA GILES, J. A.; FERREIRA, A. D.; PARTELLI, F. L.; AOYAMA, E. M.; RAMALHO, J. C.; FERREIRA, A.; FALQUETO, A. R. Divergence and genetic parameters between coffee sp. genotypes based in foliar morpho-anatomical traits. **Scientia Horticulturae**, v. 245, p. 231–236, 9 fev. 2019. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.09.038>.

ERDIANSYAH, N. P.; WACHJAR, A.; SULISTYONO, E.; SUPIJATNO, S. Growth Response of Seedlings of Four Robusta Coffee (*Coffea canephora* Pierre. Ex. A. Froehner) Clones to Drought Stress. **Pelita Perkebunan (a Coffee and Cocoa Research Journal)**, v. 35, n. 1, p. 1–11, 31 maio 2019. <https://doi.org/10.22302/iccri.jur.pelitaperkebunan.v35i1.344>.

FERRÃO, R. G. *et al.* **Café conilon**: técnicas de produção com variedades melhoras. 4ª ed. Revisada e ampliada. Vitória, ES: Incaper, 2012. Circular Técnica, 03-I, 74 p.

FONSECA, A. F. M. *et al.* Jardins Clonais, Produção de Sementes e Mudas de Café Conilon. *In*: FERRÃO, R. G. *et al.* (ed.). **Café conilon**. ed. atual. e ampl. 2ª reimpressão - Vitória, ES.: Incaper, 2017. Cap 10, p. 243-268.

FRANKLIN, G.L. Preparation of thin sections of synthetic resins and wood – resin composites, and a new macerating method for wood. **Nature**. v. 155, p. 51. 1945.

GALLEGOS-CEDILLO, V. M.; DIÁNEZ, F.; NÁJERA, C.; SANTOS, M. Plant Agronomic Features Can Predict Quality and Field Performance: A Bibliometric Analysis. **Agronomy**, v. 11, n. 11, p. 2305, nov. 2021. <https://doi.org/10.3390/agronomy11112305>.

GALLEI, M.; LUSCHNIG, C.; FRIML, J. Auxin signalling in growth: Schrödinger's cat out of the bag. **Current Opinion in Plant Biology**, Growth and development. v. 53, p. 43–49, 1 fev. 2020. <https://doi.org/10.1016/j.pbi.2019.10.003>.

GIURIATTO, J. J. T.; ESPINDULA, M. C.; ARAÚJO, L. F. B. D.; VASCONCELOS, J. M.; CAMPANHARO, M. Crescimento e qualidade fisiológica em mudas clonais de café Robusta1. **Revista Ciência Agronômica**, 51, 2020.

GUEDES, F. A. de F.; NOBRES, P.; RODRIGUES FERREIRA, D. C.; MENEZES-SILVA, P. E.; RIBEIRO-ALVES, M.; CORREA, R. L.; DAMATTA, F. M.; ALVES-FERREIRA, M. Transcriptional memory contributes to drought tolerance in coffee (*Coffea canephora*) plants. **Environmental and Experimental Botany**, v. 147, p. 220–233, 1 mar. 2018. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2017.12.004>.

HAN, H.; ADAMOWSKI, M.; QI, L.; ALOTAIBI, S. S.; FRIML, J. PIN-mediated polar auxin transport regulations in plant tropic responses. **New Phytologist**, v. 232, n. 2, p. 510–522, 2021. <https://doi.org/10.1111/nph.17617>.

HAFNER, B. D.; HESSE, B. D.; BAUERLE, T. L.; GRAMS, T. E. E. Water potential gradient, root conduit size and root xylem hydraulic conductivity determine the extent of hydraulic redistribution in temperate trees. **Functional Ecology**, v. 34, n. 3, p. 561–574, 2020. <https://doi.org/10.1111/1365-2435.13508>.

HIGUCHI, M. T.; RIBEIRO, L. T. M.; AGUIAR, A. C. de; ZEFFA, D. M.; ROBERTO, S. R.; KOYAMA, R. Methods of application of indolebutyric acid and basal lesion on 'Woodard' blueberry cuttings in different seasons. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 43, 1 set. 2021. DOI 10.1590/0100-29452021022.

HILGERT, M. A.; SÁ, L. C. de; LAZAROTTO, M.; SOUZA, P. V. D. de; MARTINS, C. R. Collection period and indolebutyric acid on the rooting of adult pecan plant cuttings.

Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 55, 23 out. 2020. DOI 10.1590/S1678-3921.pab2020.v55.01656. Disponível em:

<http://www.scielo.br/j/pab/a/k8s37XBC3mmNtjVGn74Fvfq/?lang=en>. Acesso em: 29 maio 2022.

INOCENTE, V. H. H.; NIENOW, A. A.; TRE, L. Time of treatment with IBA in Olive cultivars rooting. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 40, 8 mar. 2018. DOI 10.1590/0100-29452018800. Disponível em:

<http://www.scielo.br/j/rbf/a/DLRP9fCFXTYQrxDrgY4vCHs/?lang=en>. Acesso em: 29 maio 2022.

KHANDAKER, M. M.; SAIDI, A.; BADALUDDIN, N. A.; YUSOFF, N.; MAJRASHI, A.; ALENAZI, M. M.; SAIFUDDIN, M.; ALAM, M. A.; MOHD, K. S. Effects of Indole-3-Butyric Acid (IBA) and rooting media on rooting and survival of air layered wax apple (*Syzygium samarangense*) CV Jambu Madu. **Brazilian Journal of Biology**, v. 82, 25 mar. 2022. DOI 10.1590/1519-6984.256277.

KAISER, E. Verfahren zur Herstellung einer tadellosen Glycerin-Gelatine. **Botanisch Zentralb**, Berlin, v. 18, p. 25-26, 1980.

LIU, Y.; VON WIRÉN, N. Integration of nutrient and water availabilities via auxin into the root developmental program. **Current Opinion in Plant Biology**, v. 65, p. 102117, 1 fev. 2022. <https://doi.org/10.1016/j.pbi.2021.102117>.

LOACH, K. Controlling environmental conditions to improve adventitious rooting. In DAVIS TD; HAISSIG BE; Sankhla N. (eds.). **Adventitious Root Formation in Cuttings**. B.E. Portland, Oregon, USA, Dioscorides Press. p. 248-273, 1988.

MACHADO FILHO, J. A.; RODRIGUES, W. P.; BARONI, D. F.; PIREDÁ, S.; CAMPBELL, G.; DE SOUZA, G. A. R.; VERDIN FILHO, A. C.; ARANTES, S. D.; DE OLIVEIRA ARANTES, L.; DA CUNHA, M.; GAMBETTA, G. A.; RAKOCEVIC, M.; RAMALHO, J. C.; CAMPOSTRINI, E. Linking root and stem hydraulic traits to leaf physiological parameters in *Coffea canephora* clones with contrasting drought tolerance. **Journal of Plant Physiology**, v. 258–259, p. 153355, 1 mar. 2021. <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2020.153355>.

MÁRQUEZ-LÓPEZ, R. E.; PÉREZ-HERNÁNDEZ, C.; KU-GONZÁLEZ, Á.; GALAZ-ÁVALOS, R. M.; LOYOLA-VARGAS, V. M. Localization and transport of indole-3-

acetic acid during somatic embryogenesis in *Coffea canephora*. **Protoplasma**, v. 255, n. 2, p. 695–708, 1 mar. 2018. <https://doi.org/10.1007/s00709-017-1181-1>.

MARTINS, S. C. V.; GALMÉS, J.; CAVATTE, P. C.; PEREIRA, L. F.; VENTRELLA, M. C.; DAMATTA, F. M. Understanding the Low Photosynthetic Rates of Sun and Shade Coffee Leaves: Bridging the Gap on the Relative Roles of Hydraulic, Diffusive and Biochemical Constraints to Photosynthesis. **PLOS ONE**, v. 9, n. 4, p. e95571, 17 abr. 2014. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0095571>.

MARTINS, L. D.; EUGENIO, F. C.; RODRIGUES, W. N.; BRINATI, S. V. B.; COLODETTI, T. V.; CHRISTO, B. F.; OLIVAS, D. B. L.; PARTELLI, F. L.; AMARAL, J. F. T. do; TOMAZ, M. A.; RAMALHO, J. D. C.; SANTOS, A. R. dos. Adaptation to Long-Term Rainfall Variability for Robusta Coffee Cultivation in Brazilian Southeast. **American Journal of Climate Change**, v. 07, n. 04, p. 487, 30 set. 2018. <https://doi.org/10.4236/ajcc.2018.74030>.

MARTINS, M. Q.; PARTELLI, F. L.; GOLYNSKI, A.; DE SOUSA PIMENTEL, N.; FERREIRA, A.; DE OLIVEIRA BERNARDES, C.; RIBEIRO-BARROS, A. I.; RAMALHO, J. C. Adaptability and stability of *Coffea canephora* genotypes cultivated at high altitude and subjected to low temperature during the winter. **Scientia Horticulturae**, v. 252, p. 238–242, 27 jun. 2019. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.03.044>.

MAURI, R.; CARDOSO, A. A.; DA SILVA, M. M.; OLIVEIRA, L. A.; AVILA, R. T.; MARTINS, S. C. V.; DAMATTA, F. M. Leaf hydraulic properties are decoupled from leaf area across coffee species. **Trees-structure and function**, v. 34, p. 1507-1514, 2020.

MENEZES-SILVA, P. E.; CAVATTE, P. C.; MARTINS, S. C. V.; REIS, J. V.; PEREIRA, L. F.; ÁVILA, R. T.; ALMEIDA, A. L.; VENTRELLA, M. C.; DAMATTA, F. M. Wood density, but not leaf hydraulic architecture, is associated with drought tolerance in clones of *Coffea canephora*. **Trees**, v. 29, n. 6, p. 1687–1697, 1 dez. 2015. <https://doi.org/10.1007/s00468-015-1249-5>.

MORAES, M.S.; TEIXEIRA, A.L.; RAMALHO, A.R.; ESPÍNDULA, M.C.; FERRÃO, M.A.G.; ROCHA, R.B. Characterization of gametophytic self-incompatibility of superior

clones of *Coffea canephora*. **Genetics and Molecular Research**, v. 17, n. 1, p. 1-11, 2018.

NETO, A. P.; FAVARIN, J. L.; HAMMOND, J. P.; TEZOTTO, T.; COUTO, H. T. Z. Analysis of Phosphorus Use Efficiency Traits in Coffea Genotypes Reveals *Coffea arabica* and *Coffea canephora* Have Contrasting Phosphorus Uptake and Utilization Efficiencies. **Frontiers in Plant Science**, v. 7, 2016.

OLIOSI, G.; PARTELLI, F. L.; DA SILVA, C. A.; DUBBERSTEIN, D.; GONTIJO, I.; TOMAZ, M. A. Seasonal variation in leaf nutrient concentration of conilon coffee genotypes. **Journal of Plant Nutrition**, v. 44, n. 1, p. 74–85, 2 jan. 2021. <https://doi.org/10.1080/01904167.2020.1792492>.

PARTELLI, F. L.; COVRE, A. M.; OLIVEIRA, M. G.; ALEXANDRE, R. S.; VITÓRIA, E. L. da; SILVA, M. B. da. Root system distribution and yield of “Conilon” coffee propagated by seeds or cuttings. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 49, p. 349–355, maio 2014. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2014000500004>.

PARTELLI, F. L.; VIEIRA, H. D.; DETMANN, E.; CAMPOSTRINI, E. Estimativa da área foliar do cafeeiro conilon a partir do comprimento da folha. **Revista Ceres**, Viçosa, v.53, n. 306, p 204-210, 2006.

PINHEIRO, H. A.; DAMATTA, F. M.; CHAVES, A. R. M.; LOUREIRO, M. E.; DUCATTI, C. Drought Tolerance is Associated with Rooting Depth and Stomatal Control of Water Use in Clones of *Coffea canephora*. **Annals of Botany**, v. 96, n. 1, p. 101–108, 1 jul. 2005. <https://doi.org/10.1093/aob/mci154>.

PINTO, K. G. D.; ALBERTINO, S. M. F.; LEITE, B. N.; SOARES, D. O. P.; CASTRO, F. M. de; GAMA, L. A. da; CLIVATI, D.; ATROCH, A. L. Indole-3-butyric Acid Improves Root System Quality in Guarana Cuttings. **HortScience**, v. 55, n. 10, seç. HortScience, p. 1670–1675, 1 out. 2020. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI14984-20>.

QIN, H.; HUANG, R. Auxin Controlled by Ethylene Steers Root Development. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 19, n. 11, p. 3656, nov. 2018. <https://doi.org/10.3390/ijms19113656>.

QUINTANA-PULIDO, C.; VILLALOBOS-GONZÁLEZ, L.; MUÑOZ, M.; FRANCK, N.; PASTENES, C.; QUINTANA-PULIDO, C.; VILLALOBOS-GONZÁLEZ, L.; MUÑOZ, M.; FRANCK, N.; PASTENES, C. Xylem structure and function in three grapevine

varieties. **Chilean journal of agricultural research**, v. 78, n. 3, p. 419–428, set. 2018. <https://doi.org/10.4067/S0718-58392018000300419>.

QUINTANA-ESCOBAR, A. O.; NIC-CAN, G. I.; AVALOS, R. M. G.; LOYOLA-VARGAS, V. M.; GONGORA-CASTILLO, E. Transcriptome analysis of the induction of somatic embryogenesis in *Coffea canephora* and the participation of ARF and Aux/IAA genes. **PeerJ**, v. 7, p. e7752, 16 out. 2019. <https://doi.org/10.7717/peerj.7752>.

R Core Team. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL< <https://www.R-project.org/>>2021.

RAMACHANDRAN, P.; AUGSTEIN, F.; NGUYEN, V.; CARLSBECKER, A. Coping With Water Limitation: Hormones That Modify Plant Root Xylem Development. **Frontiers in Plant Science**, v. 11, 2020. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/article/10.3389/fpls.2020.00570>. Acesso em: 6 jun. 2022.

RODRIGUES, W. N.; BRINATE, S. V. B.; MARTINS, L. D.; COLODETTI, T. V.; TOMAZ, M. A. Genetic variability and expression of agro-morphological traits among genotypes of *Coffea arabica* being promoted by supplementary irrigation. **Genetics and molecular research: GMR**, v. 16, n. 2, 13 abr. 2017. <https://doi.org/10.4238/gmr16029563>.

RODRÍGUEZ-LÓPEZ, N. F.; MARTINS, S. C. V.; CAVATTE, P. C.; SILVA, P. E. M.; MORAIS, L. E.; PEREIRA, L. F.; REIS, J. V.; ÁVILA, R. T.; GODOY, A. G.; LAVINSKI, A. O.; DAMATTA, F. M. Morphological and physiological acclimations of coffee seedlings to growth over a range of fixed or changing light supplies. **Environmental and Experimental Botany**, v. 102, p. 1–10, 1 jun. 2014. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2014.01.008>.

RŮŽIČKA, K.; URSACHE, R.; HEJÁTKO, J.; HELARIUTTA, Y. Xylem development – from the cradle to the grave. **New Phytologist**, v. 207, n. 3, p. 519–535, ago. 2015. <https://doi.org/10.1111/nph.13383>.

SEGATTO, F.B., BISOGNIN, D.A., BENEDETTI, M., Costa, L.C., Rampelotto, M.V., Nicoloso, F.T. Técnica para estudo da anatomia da epiderme foliar de batata. **Ciência Rural**, v. 34, p. 1597-1601. 2004.

SCHMIDT, R.; SILVA, L. O. E.; FERREIRA, A.; GONTIJO, I.; GUIMARÃES, R. J.; RAMALHO, J. C.; PARTELLI, F. L. Variability of Root System Size and Distribution among *Coffea canephora* Genotypes. **Agronomy**, v. 12, n. 3, p. 647, mar. 2022. <https://doi.org/10.3390/agronomy12030647>.

SILVA, L. O. E.; SCHMIDT, R.; VALANI, G. P.; FERREIRA, A.; RIBEIRO-BARROS, A. I.; PARTELLI, F. L. Root Trait Variability in *Coffea canephora* Genotypes and Its Relation to Plant Height and Crop Yield. **Agronomy**, v. 10, n. 9, p. 1394, set. 2020. <https://doi.org/10.3390/agronomy10091394>.

SILVA, B. M.; OLIVEIRA, G. C.; SERAFIM, M. E.; SILVA, É. A.; GUIMARÃES, P. T. G.; MELO, L. B. B.; NORTON, L. D.; CURTI, N. Soil moisture associated with least limiting water range, leaf water potential, initial growth and yield of coffee as affected by soil management system. **Soil and Tillage Research**, v. 189, p. 36–43, 1 jun. 2019. <https://doi.org/10.1016/j.still.2018.12.016>.

SIMANJUNTAK, B. H.; WARDANI, D. K. The Effect of Stem Segment Cuttings of Robusta Coffee (*Coffea canephora*) on Growth of Root and Leaf Sprout. **Asian Journal of Agriculture and Rural Development**, v. 11, n. 1, p. 28–34, 20 jan. 2021. <https://doi.org/10.18488/journal.ajard.2021.111.28.34>.

SOSA-MORA, C.; MESÉN-SEQUEIRA, F.; JIMÉNEZ-ALVARADO, L. D.; SOSA-MORA, C.; MESÉN-SEQUEIRA, F.; JIMÉNEZ-ALVARADO, L. D. Effect of indolbutyric acid (AIB), pyraclostrobin (F 500) and inoculante biológico on the rooting and initial growth of mini-cuttings of coffee (*Coffea arabica*) F1 hybrids. **Agronomía Costarricense**, v. 43, n. 2, p. 177–190, dez. 2019. <https://doi.org/10.15517/rac.v43i2.38207>.

TAMURA, M. M. N.; MATTIUZ, C. F. M.; UENO, S.; TOLEDO, J. A. M.; AMBROSANO, M.; PIEDADE, S. M. D. S. Indolebutyric acid on the rooting of *Fuchsia* spp. cuttings. **Ciência Rural**, v. 52, [s. d.]. DOI 10.1590/0103-8478cr20200863. Disponível em: <http://www.scielo.br/j/cr/a/qfdYbvGHvgDQ3DPYKJRDmTF/?lang=en>. Acesso em: 29 maio 2022.

THIOUNE, E.-H.; STRICKLER, S.; GALLAGHER, T.; CHARPAGNE, A.; DECOMBES, P.; OSBORNE, B.; MCCARTHY, J. Temperature Impacts the Response of *Coffea*

canephora to Decreasing Soil Water Availability. **Tropical Plant Biology**, v. 13, n. 3, p. 236–250, 1 set. 2020. <https://doi.org/10.1007/s12042-020-09254-3>.

VADEZ, V. Root hydraulics: The forgotten side of roots in drought adaptation. **Field Crops Research**, Crop root system behaviour and yield. v. 165, p. 15–24, 15 ago. 2014. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2014.03.017>.

VALLEJOS-TORRES, G.; ARÉVALO, L. A.; RÍOS, O.; CERNA, A.; MARÍN, C. Propagation of Rust-Tolerant *Coffea arabica* L. Plants by Sprout Rooting in Microtunnels. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, v. 20, n. 3, p. 933–940, 1 set. 2020. <https://doi.org/10.1007/s42729-020-00180-7>.

VENTURIN, A. Z.; GUIMARÃES, C. M.; SOUSA, E. F. de; MACHADO FILHO, J. A.; RODRIGUES, W. P.; SERRAZINE, Í. de A.; BRESSAN-SMITH, R.; MARCIANO, C. R.; CAMPOSTRINI, E. Using a crop water stress index based on a sap flow method to estimate water status in conilon coffee plants. **Agricultural Water Management**, v. 241, p. 106343, 1 nov. 2020. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106343>.

VERDIN FILHO, A.C.; FREITAS, S.D.J.; COMÉRIO, M.; VOLPI, P.S.; COLODETTI, T. V.; RODRIGUES, W. N.; FONSECA, A. F. A. D.; POSSE, S. C. P.; FONTES, A. G.; CHRISTO, B. F.; VIEIRA, L. J. D. Implications of the cut type and apex length of stem cuttings used for the production of plantlets of Conilon coffee. **Coffee Science**, Lavras, v. 15, e151770, 2020.

VIEIRA, N. G.; CARNEIRO, F. A.; SUJII, P. S.; ALEKCEVETCH, J. C.; FREIRE, L. P.; VINECKY, F.; ELBELT, S.; SILVA, V. A.; DAMATTA, F. M.; FERRÃO, M. A. G.; MARRACCINI, P.; ANDRADE, A. C. Different Molecular Mechanisms Account for Drought Tolerance in *Coffea canephora* var. Conilon. **Tropical Plant Biology**, v. 6, n. 4, p. 181–190, 1 dez. 2013. <https://doi.org/10.1007/s12042-013-9126-0>.

WÓJCIK, A. M.; WÓJCIKOWSKA, B.; GAJ, M. D. Current Perspectives on the Auxin-Mediated Genetic Network that Controls the Induction of Somatic Embryogenesis in Plants. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 21, n. 4, p. 1333, jan. 2020. <https://doi.org/10.3390/ijms21041333>.

ZAMORA, L. M. V.; AGUILA, S. R.-D.; ABAD, J. C. G.; TORRES, G. V.; CORREA, S. A. I.; FLORES, E. T.; SEQUEIRA, F. M.; GUIVIN, M. A. C. Propagation of *Theobroma*

cacao by Rooted Cuttings in Mini-Tunnels. **Advances in Agriculture**, v. 2022, p. e1196381, 28 abr. 2022. <https://doi.org/10.1155/2022/1196381>.