

ESTRATÉGIAS INTEGRADAS PARA O MANEJO DA VASSOURA DE BRUXA NO CACAUEIRO

Isaiás Flório Ramos Júnior, Otávio Brandão Oliosí, Lucas Jordão Santana Tigre, Fábio Ramos Alves, Samuel de Assis Silva, Simone de Paiva Caetano Bucker Moraes, Willian Bucker Moraes.

Universidade Federal do Espírito Santo/Centro de Ciências Agrárias e Engenharias, Alto Universitário, s/n, 295000-000 – Alegre – ES, Brasil, isaiasflorioramosjr@gmail.com, oliosib07@gmail.com, lucasjst01@gmail.com, fabioramosalves@yahoo.com.br, samuel.silva@ufes.br, simonepaivabucker@gmail.com, willian.moraes@ufes.br

Resumo

A vassoura de bruxa representa uma patologia vegetal de alto impacto econômico devido aos danos substanciais que impõe aos produtores de cacau. O manejo integrado surge como uma abordagem estratégica para controlar os fatores que favorecem a manifestação da doença causada pelo patógeno *Moniliophthora perniciosa*. Este controle deve levar em conta o período de latência do patógeno e as condições ambientais, como temperatura e umidade, que favorecem a infecção e a germinação dos basidiocarpos nos cacauzeiros afetados, bem como a disseminação dos esporos a distâncias variadas. Assim, objetivou-se com esta revisão reunir e avaliar informações sobre as diferentes alternativas de controle fitossanitário para a vassoura de bruxa no cacau. O foco está na otimização dessas estratégias, com uma análise do progresso da doença frente aos métodos de prevenção disponíveis e a identificação daqueles que oferecem a melhor relação custo-benefício e atratividade para os produtores que buscam aumentar a produtividade de suas lavouras.

Palavras-chave: *Theobroma cacao*. *Moniliophthora perniciosa*. Controle Químico. Controle Biológico. Controle genético.

Área do Conhecimento: Engenharia Agrônoma (Agronomia)

Introdução

O Brasil está classificado entre os cinco maiores produtores de cacau (*Theobroma cacao*) no cenário global. Para o ano de 2023, a produção nacional aumentou cerca de 2,3% em relação a 2022, que teve uma produção estimada em cerca de 3,5 bilhões de reais. No Espírito Santo, a produção de cacau é de grande importância econômica, com uma receita de mais de 130 milhões de reais em 2023 (IBGE, 2023). O cacau representa uma das principais fontes de receita para os produtores da região, sendo que aproximadamente 70% da produção vem de Linhares, no norte do estado. No que diz respeito às exportações, os produtos de cacau do Espírito Santo geraram cerca de 16 milhões de dólares e 3 toneladas no ano passado. No primeiro trimestre deste ano, as exportações da matéria-prima capixaba já ultrapassaram 4 milhões de dólares (GOVERNO ES, 2024).

Todavia, a presença de doenças fitopatológicas nas plantações de cacau provoca uma grande problemática para produtores, especialistas e autoridades governamentais. Essas doenças geram grandes danos às lavouras, resultando em grandes prejuízos para os agricultores e para o estado. A doença conhecida como vassoura de bruxa, provocada pelo fungo *Moniliophthora perniciosa*, é uma das mais devastadoras para o cacauzeiro (Moretti-Almeida *et al.*, 2019; Pimenta Neto *et al.*, 2018; Ploetz, 2016).

A nível mundial, as perdas na produção de cacau foram estimadas em quase 30% devido à vassoura de bruxa (Fiorin *et al.*, 2018; Tirado-Gallego *et al.*, 2016). Além disso, a vassoura de bruxa não impacta apenas os frutos do cacau, *Moniliophthora perniciosa* tem a capacidade de enfraquecer a planta e alterar a distribuição de nutrientes, sendo considerada uma praga com potencial destrutivo (Pimenta Neto *et al.*, 2018; Ploetz, 2016). No Brasil, a introdução da vassoura de bruxa na Bahia no final dos anos 1980 causou uma queda na produção nacional de cacau e fez com que o país perdesse sua

posição de destaque no mercado global. Naquela época, a Bahia era o principal produtor de cacau do Brasil (de Souza *et al.*, 2018).

No Estado do Espírito Santo, segundo o órgão de pesquisa Incaper, 2007. As perdas na produção podem chegar até 90% caso não sejam implementadas metodologias de controle do fungo, vale ressaltar que o microrganismo é disseminado pelo vento, água, e restos culturais.

Portanto, para avaliar o impacto da vassoura de bruxa, é necessário também medir a quantidade de nutrientes que o fungo desvia. Isso é crucial, pois os nutrientes estão associados às funções de defesa da planta (Souza Filho, 2021). Para reduzir os danos e as perdas causadas por esse patógeno, é essencial entender tanto o ciclo de vida do fungo quanto o processo de infecção da doença. Compreendendo, então, a problemática associada à vassoura de bruxa no cacauzeiro. Logo, seria útil examinar as estratégias de combate e controle utilizadas em países que já enfrentam a doença, para identificar o que tem gerado resultados positivos e verificar se essas práticas podem ser replicadas (Souza Filho, 2021).

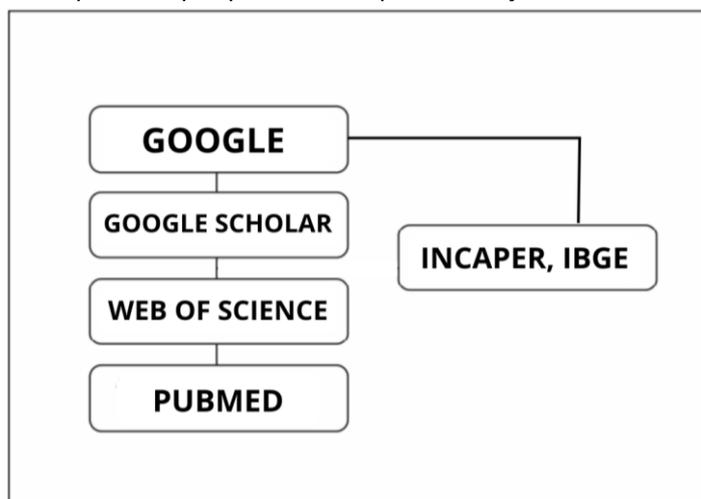
Diante do exposto, objetivou-se com este reunir as informações importantes sobre o controle da vassoura de bruxa do cacauzeiro e seus efeitos sobre o manejo da doença.

Metodologia

Para elaborar esse trabalho, foram obtidas informações bibliográficas associadas a estudos epidemiológicos da vassoura-de-bruxa em *Theobroma cacao*. Para isso, as informações foram obtidas em livros, teses, sites estatísticos, dissertações e artigos científicos, em diferentes plataformas: Scielo, IBGE, Incaper, Web of Science, Pubmed e Google Scholar.

Abaixo, na figura 1, está o esquema metodológico utilizado para pesquisar os artigos científicos, sites estatísticos, teses e livros que foram e utilizados para contribuir para o embasamento teórico da revisão bibliográfica. Vale ressaltar que pela plataforma de pesquisa Google, foi possível ter acesso aos portais estatístico e científico, IBGE e INCAPER, respectivamente. E por meio do mesmo portal de procura Google, foi possível se conectar aos endereços eletrônicos referentes às bibliotecas online de artigos científicos, teses e revistas (Google Scholar, Web of Science, PUBMED).

Figura 1 - Esquema de pesquisa utilizado para confecção da revisão bibliográfica



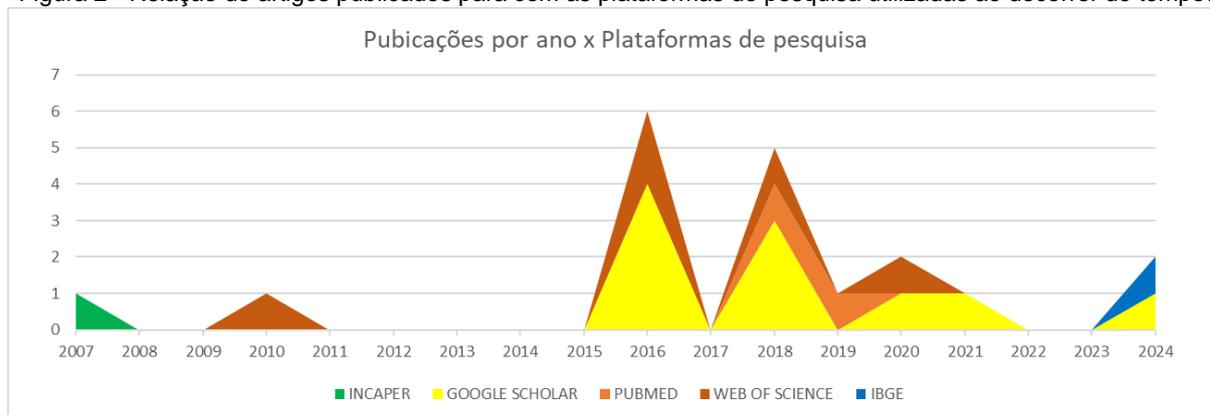
Fonte: Autoria Própria

Resultados

Os dados da pesquisa revelam uma progressão gradual no volume de artigos publicados sobre a vassoura de bruxa ao longo dos bancos de dados examinados. No intervalo de 2007 a 2024, abrangendo 17 anos, foram publicados apenas 19 artigos, resultando em uma taxa média de aproximadamente 1,1 publicação por ano. Entretanto, a partir de 2016, observou-se um incremento substancial na produção científica sobre o tema. Entre 2016 e 2024, que corresponde a um período de

8 anos, foram publicados 15 artigos, com uma taxa média de quase 2 publicações por ano. Isso indica que nos últimos anos pesquisas relacionadas a tal fitopatógeno tem aumentado.

Figura 2 - Relação de artigos publicados para com as plataformas de pesquisa utilizadas ao decorrer do tempo.



Fonte: Autoria própria

Na execução do trabalho que foi utilizado para realizar a revisão bibliográfica, foram determinadas métricas a serem avaliadas, relacionadas a estratégia de controle da doença, a partir dessas métricas será possível chegar a uma conclusão de qual método é o mais eficiente e mais recomendado para combater a vassoura de bruxa no cacauieiro. É possível, ver quais métricas foram utilizadas para o controle do patógeno pela tabela 1, que está logo abaixo.

Tabela 1 – Estratégias, práticas e dificuldades associadas ao controle da vassoura-de-bruxa no cacauieiro.

Estratégia	Prática	Dificuldade
Controle Cultural	Retirada de fontes de inóculo (frutos e vassouras), além do manejo recorrente do sistema de drenagem	Maior demanda com mão de obra, remoção contínua de fonte de inóculo
Implementação de Agrofloresta	Ecossistema contribui para redução da taxa de inoculação	Compreensão da comunidade em entender o papel da biodiversidade na redução da propagação da doença
Controle Químico	Aplicação de fungicidas de forma periódica	Custo elevado com agroquímicos, promoção de patógenos cada vez mais resistentes, maior custo com mão de obra
Controle Biológico	Aplicação de fungicidas microbiológicos em <i>Trichoderma stromaticum</i>	Criar e vender um produto de origem microbiológica
Controle Genético	Mudas resistentes a <i>Monilophthora perniciosa</i>	Custo com a substituição de variedades clonais

Gerenciamento Integrado	Junção do controle cultural, químico, biológico e genético	A associação de todas as práticas em conjunto
-------------------------	------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------

Fonte: (Adaptado Souza Filho, 2021)

Discussão

Uma parte da pesquisa foi conduzida em um sistema agroflorestal (SAF) que aplicou práticas culturais como a poda semestral, controle de ervas daninhas e remoção de frutos infectados para reduzir a fonte de inóculo, além de realizar a colheita em datas flexíveis. O estudo revelou que a incidência da doença foi menor nas áreas de agrofloresta em comparação com as de monocultura (Armengot et al., 2020). Outro estudo similar identificou uma forte relação entre a biodiversidade nos sistemas agroflorestais e a suscetibilidade à doença. Essas conclusões foram obtidas através da extração e análise laboratorial das sementes de cacau, que revelaram altos níveis de polifenóis e cafeína - substâncias com propriedades de defesa contra microrganismos (Kieck et al., 2016).

O controle químico também é um método utilizado para combater a vassoura de bruxa, no qual, a composição da maioria dos produtos é a base de cobre. Esses agroquímicos demonstraram uma boa eficiência com demais fungos de outras culturas (Tirado-Gallego et al., 2016). Porém, o modo de ação desses fungicidas, que no caso dá prioridade a membrana celular, se mostrou pouco eficaz contra a *Moniliophthora perniciosa* no cacau. Isso se deve ao fato, de provavelmente o fungo utilizar a enzima oxidase mitocondrial alternativa, essa é essencial para sobrevivência e resistência aos defensivos agrícolas. Com intuito de buscar uma alternativa para essa problemática, foi desenvolvida uma técnica que usa microrganismos antagonistas que produzem metabólitos que as plantas usam para combater os fitopatógenos (Villavicencio Vásquez et al., 2018).

Trichoderma stromaticum é um fungo endófito recorrente em pés de cacau e tem sido usado para o controle biológico da vassoura de bruxa. Testes em campo constataram que ao utilizar o fungo em conjunto com fungicidas à base de cobre foi possível notar uma queda da taxa de inoculação e um aumento de frutos sadios (Medeiros et al., 2010). O *T.stromaticum*, coloniza as vassouras mortas e provoca a eliminação de basidiocarpos da *Moniliophthora perniciosa*, o que diminui a disseminação e infecção do patógeno (ten Hoopen & Krauss, 2016).

Outra alternativa para o controle da vassoura de bruxa é o melhoramento genético das mudas de cacau, essa estratégia tem o foco criar variedades resistentes a *Moniliophthora perniciosa*, além de apresentarem uma alta produtividade, com frutos de alta qualidade organolépticas, físicas, químicas e que atendam às exigências comerciais (Ahnert et al., 2018).

Pesquisas no Brasil indicam que o melhoramento genético tem progredido de forma eficaz na criação de variedades resistentes à vassoura de bruxa (Ahnert et al., 2018; Marssaro et al., 2020). No sul da Bahia, a CEPLAC (Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira) apresentou as primeiras cultivares eficazes contra a vassoura de bruxa no ano de 1997. Porém esses cultivares já perderam a resistência ao decorrer do tempo, além de comportarem baixa produtividade. Desde 2000, são fabricadas novas cultivares auto-ímmunes à doença, demonstrando assim, uma resistência mais duradoura à *Moniliophthora perniciosa* (Ahnert et al., 2018).

Clones geneticamente melhorados foram introduzidos em várias fazendas na Bahia. Esta tecnologia, acessível aos agricultores, oferece a oportunidade de restaurar a produção, já que as cultivares têm demonstrado alta produtividade (Medeiros et al., 2010; Pimenta Neto et al., 2018). Além disso, as variedades de cacau geneticamente aprimoradas possuem frutos e sementes mais pesados em comparação com as variedades tradicionais, que são mais suscetíveis à *Moniliophthora perniciosa* (Ahnert et al., 2018).

O manejo integrado da vassoura de bruxa utiliza vários recursos como o controle cultural, químico, biológico e genético. A CEPLAC recomenda essa integração para o manejo das propriedades produtoras de cacau no Brasil. Fato esse que tem contribuído muito para estabilidade e continuidade da produção na região da Bahia (Evans, 2016). Pesquisas nesse âmbito, indicam a redução severa da incidência de doenças no cacaueiro e no aumento da produção (Armengot et al., 2020; ten Hoopen & Krauss, 2016).

No Equador, testes de campo mostraram que a combinação de manejo integrado, que inclui controle biológico (com *Trichoderma* spp.), controle químico e manejo cultural, é a estratégia mais eficaz contra

a vassoura de bruxa (Villavicencio Vásquez et al., 2018). No entanto, para melhorar a produtividade, é necessário adotar um plano de fertilização apropriado além do manejo integrado da doença, especialmente em plantações de cacau que têm sido negligenciadas (ten Hoopen & Krauss, 2016).

Conclusão

A relação entre *Moniliophthora perniciosa* e *Theobroma cacao* ilustra uma interação parasitária entre fungo e planta. A vassoura de bruxa provocou uma queda brusca na produção de cacau, resultando em grandes prejuízos para os agricultores e para as economias nacionais. O controle da vassoura de bruxa requer a implementação de diversas estratégias, incluindo o melhoramento genético de cultivares e o uso de controle cultural, químico e biológico. Essas medidas formam uma abordagem integrada que tem mostrado bons resultados no combate à doença e pode melhorar a produção quando acompanhada de um plano de fertilização adequado. Sendo, por exemplo, a metodologia melhor a ser aplicada no estado do Espírito Santo para o controle deste patógeno. No entanto, a aplicação prática dessas estratégias enfrenta desafios econômicos (essas estratégias de controle são bastante caras) e técnicos que precisam ser superados.

O melhoramento genético do cacau e as práticas de manejo de doenças têm sido fundamentais para a sobrevivência das plantações nessas áreas. No entanto, a forma mais eficaz de evitar a propagação de *Moniliophthora perniciosa* para outras regiões produtoras de cacau é através da prevenção. Atualmente, há uma lacuna na pesquisa sobre como prevenir a disseminação de doenças fúngicas no cacau, e é necessário, nos próximos anos, explorar métodos potenciais para evitar a expansão dessas doenças. Se a vassoura de bruxa se espalhar para países da África e da Ásia, haja vista que são os continentes dos países que mais produzem a cultivar no mundo, isso poderia desencadear uma crise na produção global de cacau, afetando seriamente a indústria e resultando em grandes perdas econômicas.

Referências

AHNERT, D., MELO, H.L., SANTOS, F.F.J., LIMA, L.R. & BALIGAR, V.C. (2018). **Melhoramento genético e produtividade do cacau no Brasil**. In: J.O.S. Junior (Ed.) *Cacau Cultivo, Pesquisa e Inovação*. Ilhéus, Brazil: Editus, pp. 151–181.

ARMENGOT, L., FERRARI, L., MILZ, J., VELÁSQUEZ, F., HOHMANN, P. & SCHNEIDER, M. (2020). **Cacao agroforestry systems do not increase pest and disease incidence compared with monocultures under good cultural management practices**. *Crop Protection*, 130, 105047.

DE SOUZA, P.A., MOREIRA, L.F., SARMENTO, D.H.A. & DA COSTA, F.B. (2018). **Cacao – Theobroma cacao**. *Exotic Fruits*, 3, 69–76.

EVANS, H.C. (2016). **Witches' broom disease (*Moniliophthora perniciosa*): history and biology**. In: B.A. Bailey & L.W. Meinhardt (Eds.) *Cacao diseases: a history of old enemies and new encounters*. Cham, Switzerland: Springer, pp. 137–177.

FIORIN, G.L., SANCHÉZ-VALLET, A., THOMAZELLA, D.P.D.T., DO PRADO, P.F.V., DO NASCIMENTO, L.C., FIGUEIRA, A.V.D.O. ET AL. (2018). **Suppression of plant immunity by fungal chitinase-like effectors**. *Current Biology*, 28, 3023–3030.e5.

GOVERNO, ES. **Cotação recorde do cacau favorece e estimula produtores capixabas**. Governo do Estado do Espírito Santo. Prodest - Instituto de Tecnologia da Informação e Comunicação do Estado do Espírito Santo. Vitória, 2024 Disponível em: <https://www.es.gov.br/Noticia/cotacao-recorde-do-cacau-favorece-e-estimula-produtores-capixabas>. Acesso em: 05 ago. 2024.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção de cacau do Brasil: Série histórica - cacau - valor da produção**. Rio de Janeiro: IBGE, 2024. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/cacau/br>. Acesso em: 29 jun. 2024.

INCAPER. **A Vassoura de bruxa no estado do Espírito Santo uma ameaça a cacauicultura.** PEDEAG - Plano Estratégico Da Agricultura Capixaba. Documentos nº 153 ISSN: 1519-2059 Editor: DCM-Incaper Tiragem: 5.000 Vitória-ES / Setembro, 2007

KIECK, J.S., ZUG, K.L.M., HUAMANÍ YUPANQUI, H.A., GÓMEZ ALIAGA, R. & CIERJACKS, A. (2016). **Plant diversity effects on crop yield, pathogen incidence, and secondary metabolism on cacao farms in Peruvian Amazonia.** Agriculture, Ecosystems & Environment, 222, 223–234.

MARSSARO, A.L., MONTEJO-DÍAZ, A., MONTAÑO-ORELLANA, V.M., LUZ, E.D.M.N. & CORRÊA, R.X. (2020). **Resistance to witches' broom in adult plants and progeny of local varieties of cacao in southern Bahia.** Bragantia, 79, 421–432.

MEDEIROS, F., POMELLA, A., DE SOUZA, J.T., NIELLA, G.R., VALLE, R., BATEMAN, R.P. ET AL. (2010). **A novel, integrated method for management of witches' broom disease in cacao in Bahia, Brazil.** Crop Protection, 29, 704–711.

MORETTI-ALMEIDA, G., THOMAZELLA, D.P.T., PEREIRA, G.A.G. & MONTEIRO, G. (2019). **Heterologous expression of an alternative oxidase from *Moniliophthora perniciosa* in *Saccharomyces cerevisiae*: antioxidant function and in vivo platform for the study of new drugs against witches' broom disease.** Fungal Genetics and Biology, 126, 50–55.

PIMENTA NETO, A.A., LARANJEIRA, D., PIRES, J.L. & LUZ, E.D.M.N. (2018). **Selection of cocoa progenies for resistance to witches' broom.** Tropical Plant Pathology, 43, 381–388.

PLOETZ, R.C. (2016). **The impact of diseases on cacao production: a global overview.** In: B.A. Bailey & L.W. Meinhardt (Eds.) Cacao diseases: a history of old enemies and new encounters. Cham, Switzerland: Springer, pp. 33–59.

SOUSA FILHO, H.R., DE JESUS, R.M., BEZERRA, M.A., SANTANA, G.M. & DE SANTANA, R.O. (2021). **History, dissemination, and field control strategies of cocoa witches' broom.** Plant Pathology, 70, 1971–1978. <https://doi.org/10.1111/ppa.13457>

TEN HOOPEN, G.M. & KRAUSS, U. (2016). **Biological control of cacao diseases.** In: B.A. Bailey & L.W. Meinhardt (Eds.) Cacao diseases: a history of old enemies and new encounters. Cham, Switzerland: Springer, pp. 511–566.

TIRADO-GALLEGO, P.A., LOPERA-ÁLVAREZ, A. & RÍOS-OSORIO, L.A. (2016). **Estrategias de control de *Moniliophthora roreri* y *Moniliophthora perniciosa* en *Theobroma cacao* L.: revisión sistemática.** Ciencia y Tecnología Agropecuaria, 17, 417–430.

VILLAVICENCIO VÁSQUEZ, M., ESPINOZA LOZANO, R., SOSA DEL CASTILLO, D. & PÉREZ MARTÍNEZ, S. (2018). **Foliar endophyte fungi as candidate for biocontrol against *Moniliophthora* spp. de *Theobroma cacao* (Malvaceae) in Ecuador.** Acta Biológica Colombiana, 23, 235–241.