

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS

ERVAS-DE-PASSARINHO EM CAFEZAIS ARBORIZADOS

REGIANE AZEVEDO BARBOSA

VITÓRIA DA CONQUISTA
BAHIA – BRASIL
SETEMBRO – 2024

REGIANE AZEVEDO BARBOSA

ERVAS-DE-PASSARINHO EM CAFEZAIS ARBORIZADOS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre.

Orientadora: Sylvana Naomi Matsumoto

VITÓRIA DA CONQUISTA
BAHIA - BRASIL
SETEMBRO – 2024

B212e

Barbosa, Regiane Azevedo.

Ervas-de-passarinho em cafezais arborizados. / Regiane Azevedo
Barbosa, 2024.

80f. : il. color.

Orientador(a): Dr.^a Sylvana Naomi Matsumoto.

Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual do Sudoeste da
Bahia, Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais, Vitória da
Conquista, 2024.

Inclui referências F. 77 - 80

1. Sistemas agroflorestais. 2. Hemiparasita. 3. Café. 4. Fatores
climáticos. 5. Fisiologia vegetal. I. Matsumoto, Sylvana Naomi. II.
Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Programa de Pós-Graduação
em Ciências Florestais. III. T.

CDD 632.5

Catlogação na fonte: Karolyne Alcântara Profeta – CRB 5/2134

UESB – Campus Vitória da Conquista - BA

REGIANE AZEVEDO BARBOSA

ERVAS-DE-PASSARINHO EM CAFEZAIS ARBORIZADOS

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, para a obtenção do título de Mestre.

Aprovada em 30 de setembro de 2024.

Comissão Examinadora:



Anselmo Eloy Silveira Viana (D.Sc. Fitotecnia Produção Vegetal) - UESB



Documento assinado digitalmente
EDNILSON CARVALHO TEIXEIRA
Data: 06/05/2025 17:42:50-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Ednilson Carvalho Teixeira (D.Sc., Fisiologia Vegetal) - UFV



Documento assinado digitalmente
SYLVANA NAOMI MATSUMOTO
Data: 06/05/2025 17:10:16-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Prof.^a Sylvana Naomi Matsumoto (D.Sc., Fisiologia Vegetal) - UESB
Orientadora

Dedico este trabalho ao meu pai, Eduardo (*in memoriam*), que continua sendo a minha maior fonte de força e inspiração.

Paim, seu orgulho, onde quer que esteja, é o que me orienta a buscar sempre o melhor em cada desafio. A saudade é imensa, mas a lembrança e a inspiração que você proporciona são eternas.

Seu legado vive em cada passo que dou, em cada escolha que faço e em cada vitória que celebro. Agradeço por ter sido meu mentor, meu amigo e meu herói. Você estará sempre presente em cada conquista que alcancei e em cada desafio que ainda enfrentarei. Dedico este marco da minha jornada a você, Paim, com todo o amor e gratidão do meu coração.

AGRADECIMENTOS

Quero expressar minha profunda gratidão a Deus, que é minha fonte de força e orientação, dando-me a vida e ajudando-me a superar todos os desafios. Um agradecimento especial a Nossa Senhora Aparecida, pela constante proteção e amor imensurável.

À minha mãe, Carmélia, por suas orações diárias, e aos meus irmãos Júnior, Reginey, Ericardo e Werônica, pelo apoio e incentivo nos momentos difíceis. Seus exemplos de caráter e humildade são uma inspiração constante.

A toda a minha família, meus avós, tios e primos, pelo incentivo e fidelidade, com destaque para minha prima Ana Claudia, cujo apoio constante e orientações valiosas foram fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho.

Agradeço à minha psicóloga, Luisa, pela orientação, suporte contínuo e valiosas contribuições ao longo deste processo.

À Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia e ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, agradeço pela oportunidade de realizar o Mestrado: a todos os professores, pelas correções e ensinamentos que moldaram meu desenvolvimento profissional, e a Fabrícia, pela paciência e apoio diários.

À minha orientadora, Prof.^a Sylvana, pela disponibilidade, orientação e auxílio na realização deste trabalho.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudo.

Agradeço aos colegas do Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais por construírem amizades significativas, especialmente às minhas amigas Ana Luisa, Daniela e Karla, que, desde a graduação, vêm compartilhando bons momentos. À equipe do laboratório de Fisiologia Vegetal, pelo apoio valioso, e aos que se tornaram amigos, pelo carinho e por dividirem ricas experiências.

À Fazenda Três Lagoas, da Empresa Faro Capital, expresse minha gratidão por disponibilizar o espaço, crucial para a condução desta pesquisa, em especial a Pedro, cuja confiança e receptividade foram fundamentais para o sucesso deste trabalho.

A todos que contribuíram de alguma forma para o desenvolvimento desta pesquisa, enriquecendo meu processo de aprendizado: o meu mais sincero agradecimento.

“Esforça-te, e tem bom ânimo; não temas, nem te espantes, porque o Senhor, teu Deus, é contigo, por onde quer que andares” (Josué, 1:9).

RESUMO

BARBOSA, Regiane Azevedo. Orientadora: Sylvana Naomi Matsumoto. M.Sc., Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, fevereiro de 2024. **Ervas-de-passarinho em cafezais arborizados.**

O objetivo deste estudo foi analisar a infestação por erva-de-passarinho em um sistema agroflorestal composto por cafés arborizados por cedro-australiano e mogno-brasileiro, verificando suas características suscetíveis ao parasitismo. A quantificação e a caracterização do grau de infestação foram realizadas nas árvores, abrangendo variáveis como altura (H), diâmetro a altura do peito (DAP), altura do fuste (Hf), diâmetro da copa (Dc) e índice SPAD, além de medidas de trocas gasosas e potencial hídrico (pH). A comparação entre cafezais arborizados com cedro-australiano e mogno-brasileiro revelou uma maior suscetibilidade do cedro-australiano à erva-de-passarinho. A análise da área mostrou que a presença da erva-de-passarinho era mais significativa nas bordas do talhão de cedro-australiano, enquanto estava ausente no talhão de mogno-brasileiro. A relação entre a infestação nas árvores e nos cafezais revelou uma redução acentuada na altura e no diâmetro dos cafezais próximos a árvores mais infestadas, enquanto cafezais próximos a árvores sem infestação mantiveram estabilidade. Os resultados evidenciaram uma correlação negativa significativa entre o grau de infestação e métricas estruturais das árvores, com uma diminuição consistente em altura total, diâmetro a altura do peito, altura do fuste e diâmetro da copa conforme a infestação aumentava. Na análise das trocas gasosas foliares, o cedro-australiano mostrou um padrão de redução com o aumento do parasitismo, embora sem diferenças significativas entre as variáveis. A erva-de-passarinho apresentou respostas significativas, especialmente na taxa de transpiração (E) e condutância estomática (Gs), reduzindo com o maior parasitismo. O mogno-brasileiro, não infestado, manteve estabilidade nas métricas, não seguindo o padrão observado no cedro-australiano. Conclui-se que a presença da erva-de-passarinho impacta negativamente as características estruturais das plantas, sendo o cedro-australiano mais suscetível, visto que árvores mais infestadas exibem redução notável em diversas métricas.

Palavras-chave: sistemas agroflorestais; hemiparasita; café; fisiologia vegetal.

ABSTRACT

BARBOSA, Regiane Azevedo. Advisor: Sylvana Naomi Matsumoto. M.Sc., Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, fevereiro de 2024. **Mistletoe in shading coffee plantations.**

The objective of this study was to analyze mistletoe infestation in an agroforestry system composed of coffee trees planted with Australian cedar and Brazilian mahogany, verifying their susceptibility to parasitism characteristics. We quantified and characterized the degree of infestation in the trees, covering variables such as height (H), diameter at breast height (DBH), stem height, crown diameter and SPAD index, in addition to measurements of gas exchange and water potential (pH). Analysis of the area showed that the presence of mistletoe was more significant on the edges of the Australian cedar plot, while it was absent in the Brazilian mahogany plot. The relationship between infestation in trees and coffee plantations revealed an intensive reduction in the height and diameter of coffee plantations close to more infested trees, while coffee plantations close to non-infested trees maintained stability. The results showed a significant negative correlation between the degree of infestation and structural metrics of the trees, with a consistent decrease in total height, diameter at breast height, bole height and crown diameter as the infestation increased. In the analysis of leaf gas exchange, the Australian cedar showed a pattern of reduction with the increase in parasitism, although without significant differences between the variables. Mistletoe showed significant responses, especially in transpiration rate (E) and stomatal conductance (Gs), reducing with greater parasitism. Brazilian mahogany, which was not infested, maintained stability in metrics, not following the pattern observed in Australian cedar. The comparison between coffee plantations planted with Australian cedar and Brazilian mahogany revealed a greater susceptibility of Australian cedar to mistletoe. We conclude that the presence of mistletoe negatively impacts the structural characteristics of plants, with a bigger susceptibility in Australian cedar, since infested trees exhibited notable reduction in several metrics.

Keywords: agroforestry systems; hemiparasite; coffee; plant physiology.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Parasitismo, raiz haustório	23
Figura 2– Localização do município de Águas Vermelhas – MG	28
Figura 3 – Fazenda Três Lagoas.....	30
Figura 4– Área de estudo: croqui da área	31
Figura 5 – Graus de classificação: grau 1 (A); grau 2 (B); grau 3 (C); grau 4 (D); grau 5 (E); e grau 6 (F).....	32
Figura 6 – Representação esquemática para a classificação	33
Figura 7 – Representação esquemática dos talhões 17 e 18	34
Figura 8 –Plataforma elevatória	35
Figura 9 – Câmara de pressão PMS 1000, PMS, USA e SPAD.....	36
Figura 10 – Medições das amostras abatidas	37
Figura 11 – Representação esquemática das amostras seccionadas em blocos de 3 cm	38
Figura 12 – Caracterização da área de plantio de árvores de cedro australiano (<i>Toona ciliata</i> M. Roem. var. <i>australis</i> (F. Muell) Bahadur) com oito anos a partir do transplântio, em cafezais arborizados. Águas Vermelhas, Minas Gerais, 2022	40
Figura 13 – Café arborizado com Cedro-australiano (<i>Toona ciliata</i> M. Roem. var. <i>australis</i> (F. Muell) Bahadur), infestado pelo hemiparasita <i>Struthanthus flexicaulis</i> (Mart.) Mart.....	41
Figura 14 – Caracterização da área de plantio de árvores de mogno-brasileiro (<i>Swietenia macrophylla</i> King) com oito anos a partir do transplântio, em cafezais arborizados. Águas Vermelhas, Minas Gerais, 2022.....	42
Figura 15 – Café arborizado com mogno-brasileiro (<i>Swietenia macrophylla</i> King) ...	43
Figura 16 – Altura dos cafezais arborizados com cedro-australiano (<i>Toona ciliata</i> M. Roem. var. <i>australis</i> (F. Muell) Bahadur) com oito anos a partir do transplântio, com infestação de <i>Struthanthus flexicaulis</i> (Mart.) Mart. Águas Vermelhas, Minas Gerais, 2022	55
Figura 17 – Diâmetro dos cafezais arborizados com cedro-australiano (<i>Toona ciliata</i> M. Roem. var. <i>australis</i> (F. Muell) Bahadur) com oito anos a partir do transplântio, com infestação de <i>Struthanthus flexicaulis</i> (Mart.) Mart. Águas Vermelhas, Minas Gerais, 2022	56

Figura 18 – Altura dos cafezais arborizados por mogno-brasileiro (<i>Swietenia macrophylla King</i>) com oito anos a partir do transplântio, em cafezais arborizados. Águas Vermelhas, Minas Gerais, 2022	58
Figura 19 – Diâmetro dos cafezais arborizados por mogno-brasileiro (<i>Swietenia macrophylla King</i>) com oito anos a partir do transplântio, em cafezais arborizados. Águas Vermelhas, Minas Gerais, 2022	59
Figura 20 – Altura (H), altura do fuste (HF), diâmetro do fuste a altura do peito (DAP) e diâmetro da copa (DC) de árvores de cedro australiano (<i>Toona ciliata M. Roem. var. australis (F. Muell) Bahadur</i>) com seis anos a partir do transplântio, estratificados por graus estabelecidos por escala de infestação de <i>Struthanthus flexicaulis (Mart.) Mart.</i> em cafezais arábica arborizados. Águas Vermelhas, Minas Gerais, 2022.	61
Figura 21 – Índice SPAD da árvore de cedro australiano (<i>Toona ciliata M. Roem. var. australis (F. Muell) Bahadur</i>) e da <i>Struthanthus flexicaulis (Mart.) Mart.</i> encontrata em cada árvore estratificada por graus estabelecidos por escala de infestação em cafezais arborizados. Águas Vermelhas, Minas Gerais, 2022.	62
Figura 22 – Diâmetro dos blocos de árvores de cedro australiano (<i>Toona ciliata M. Roem. var. australis (F. Muell) Bahadur</i>) com oito anos a partir do transplântio, estratificados por graus estabelecidos por escala de infestação de <i>Struthanthus flexicaulis (Mart.) Mart.</i> em cafezais arborizados. Águas Vermelhas, Minas Gerais, 2022	73
Figura 23 – Anéis de crescimento de árvores de cedro australiano (<i>Toona ciliata M. Roem. var. australis (F. Muell) Bahadur</i>) com oito anos a partir do transplântio, estratificados por graus estabelecidos por escala de infestação de <i>Struthanthus flexicaulis (Mart.) Mart.</i> em cafezais arborizados. Águas Vermelhas, Minas Gerais, 2022	74

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Trocas gasosas foliares (medições realizadas pelo IRGA) nas folhas do cedro-australiano em diferentes graus de infestação.....	44
Tabela 2 – Correlação de Pearson entre as variáveis das trocas gasosas nas árvores de cedro-australiano.....	46
Tabela 3 – Trocas gasosas foliares (medições realizadas pelo IRGA) nas folhas da erva-de-passarinho presentes no cedro-australiano em diferentes graus de infestação	47
Tabela 4 – Correlação de Pearson entre as variáveis das trocas gasosas nas folhas de erva-de-passarinho presentes nas árvores de cedro-australiano.....	48
Tabela 5 – Trocas gasosas foliares (medições realizadas pelo IRGA) para as folhas de mogno-brasileiro em diferentes árvores	49
Tabela 6 – Correlação de Pearson entre as variáveis das trocas gasosas nas folhas do mogno-brasileiro.....	50
Tabela 7 – Medidas do potencial hídrico e SPAD nas folhas do cedro-australiano ...	51
Tabela 8 – Correlação de Pearson entre as variáveis de pH e SPAD nas folhas de cedro-australiano.....	53
Tabela 9 – Medidas do potencial hídrico e SPAD nas folhas do mogno-brasileiro	54
Tabela 10 – Correlação de Pearson entre as variáveis de potencial hídrico e SPAD nas folhas do mogno-brasileiro	55
Tabela 11 – Matriz de correlação de Pearson para o grau 1 nas árvores de cedro australiano (<i>Toona ciliata</i> M. Roem. var. <i>australis</i> (F. Muell) Bahadur) com oito anos a partir do transplântio, com infestação de <i>Struthanthus flexicaulis</i> (Mart.) Mart. em cafezais arborizados. Águas Vermelhas, Minas Gerais, 2022.	64
Tabela 12 – Matriz de correlação de Pearson para o grau 2 nas árvores de cedro-australiano (<i>Toona ciliata</i> M. Roem. var. <i>australis</i> (F. Muell) Bahadur) com oito anos a partir do transplântio, com infestação de <i>Struthanthus flexicaulis</i> (Mart.) Mart. em cafezais arborizados. Águas Vermelhas, Minas Gerais, 2022.	65
Tabela 13 – Matriz de correlação de Pearson para o grau 3 nas árvores de cedro-australiano (<i>Toona ciliata</i> M. Roem. var. <i>australis</i> (F. Muell) Bahadur) com oito anos a partir do transplântio, com infestação de <i>Struthanthus flexicaulis</i> (Mart.) Mart. em cafezais arborizados. Águas Vermelhas, Minas Gerais, 2022.	67

Tabela 14 – Matriz de correlação de Pearson para o grau 4 nas árvores de cedro-australiano (<i>Toona ciliata</i> M. Roem. var. <i>australis</i> (F. Muell) Bahadur) com oito anos a partir do transplântio, com infestação de <i>Struthanthus flexicaulis</i> (Mart.) Mart. em cafezais arborizados. Águas Vermelhas, Minas Gerais, 2022.	68
Tabela 15 – Matriz de correlação de Pearson para o grau 5 nas árvores de cedro-australiano (<i>Toona ciliata</i> M. Roem. var. <i>australis</i> (F. Muell) Bahadur) com oito anos a partir do transplântio, com infestação de <i>Struthanthus flexicaulis</i> (Mart.) Mart. em cafezais arborizados. Águas Vermelhas, Minas Gerais, 2022.	70
Tabela 16 – Matriz de correlação de Pearson para o grau 6 nas árvores de cedro-australiano (<i>Toona ciliata</i> M. Roem. var. <i>australis</i> (F. Muell) Bahadur) com oito anos a partir do transplântio, com infestação de <i>Struthanthus flexicaulis</i> (Mart.) Mart. em cafezais arborizados. Águas Vermelhas, Minas Gerais, 2022.	71

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CAP	Circunferência a altura do peito
cm	Centímetro
DAB	Diâmetro a altura da base
DAP	Diâmetro a altura do peito
DC	Diâmetro da copa
g	Gramma
h	Horas
km	Quilômetro
m	Metro
IRGA	<i>Infrared gas analyzer</i> (analisador de gás infravermelho)
SAFs	Sistemas agroflorestais

LISTA DE SÍMBOLOS

H	altura total
HF	altura do fuste
A	taxa de assimilação de CO ₂
E	taxa de transpiração
G _s	condutância estomática
C _i	concentração interna de CO ₂ na folha
T _i	temperatura interna da folha
A/E	eficiência do uso da água
A/C _i	eficiência de carboxilação
Ψ _{pd}	potencial hídrico foliar antemanhã

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
2	HIPÓTESE CIENTÍFICA	18
3	OBJETIVOS	19
3.1	Geral	19
3.2	Específicos.....	19
4	REVISÃO DE LITERATURA.....	20
4.1	Café arborizado: conceito e benefícios	20
4.2	Características e importância das ervas-de-passarinho.....	22
4.3	Interferência das ervas-de-passarinho na cultura do café	25
5	MATERIAL E MÉTODOS	28
5.1	Descrição da área de coleta	28
5.1	Fisiologia dos componentes vegetativos do sistema	33
5.2	Caracterização quantitativa	37
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	40
6.1	Caracterização da área.....	40
6.2	Fisiologia dos componentes vegetativos do sistema	44
6.3	Análise dos cafezais.....	55
6.4	Caracterização quantitativa	59
6.5	Correlação de Pearson para cada uma das classes.....	63
6.6	Análise macroscópica de diâmetro e anéis de crescimento	72
7	CONCLUSÃO	76
	REFERÊNCIAS	78

1 INTRODUÇÃO

A indústria cafeeira no Brasil, especialmente no estado de Minas Gerais, desempenha um papel fundamental na economia local e possui uma influência significativa na sociedade. A prática de arborização em plantações de café tem sido explorada como uma estratégia vantajosa, resultando em redução de custos de produção, diversificação de produtos comerciais e oportunidades de mercado. Além disso, a presença de árvores nos cultivos de café em sistemas agroflorestais (SAFs) proporciona benefícios como a redução da temperatura do ar, alívio dos impactos das altas temperaturas, menor perda de umidade durante períodos de estiagem e regulação do solo (Da Silva *et al.*, 2023).

A arborização adequada também contribui para o aumento da produtividade do café, a proteção contra danos mecânicos e a criação de um ambiente favorável para o desenvolvimento da planta. Além disso, o cultivo consorciado com espécies arbóreas pode oferecer proteção contra condições climáticas adversas, como geadas intensas (Zaro *et al.* 2021). No entanto, é importante considerar fatores como a infestação de plantas parasitas que podem afetar negativamente as árvores.

A presença de hemiparasitas, como as ervas-de-passarinho, pertencentes à família *Loranthaceae*, pode afetar o desenvolvimento e a saúde das árvores em ambientes arborizados. Essas plantas parasitas parciais estabelecem uma relação peculiar com as árvores hospedeiras, fixando-se nos seus galhos e troncos e utilizando estruturas chamadas haustórios para se conectar ao sistema vascular da planta hospedeira e obter nutrientes e água. Conseqüentemente, a relação parasitária reduz os recursos disponíveis para o crescimento e a manutenção da árvore, prejudicando sua saúde e desenvolvimento (Nickrent, 2016). Entretanto, nem todas as espécies de árvores são igualmente afetadas pela presença das ervas-de-passarinho; algumas desenvolvem mecanismos de resistência e tolerância, minimizando os efeitos negativos do parasitismo (Rotta; Araújo; Oliveira, 2006). Além disso, essa interação pode favorecer a diversidade de organismos associados e desempenhar um papel importante na conservação da biodiversidade.

A presença das ervas-de-passarinho nas lavouras de café arborizado tem sido relatada como um problema crescente, prejudicando o desenvolvimento das plantas hospedeiras. Essas ervas parasitas dependem da absorção de nutrientes do cafeeiro por meio de seus haustórios, comprometendo a saúde e a vitalidade do café. Além

disso, a cobertura proporcionada pelas ervas-de-passarinho reduz a disponibilidade de luz solar, prejudicando a fotossíntese e afetando negativamente a produção do café (Matiello, 2014). A presença abundante de árvores hospedeiras próximas às plantações de café contribui para o aumento do parasitismo, exigindo medidas de controle eficientes para minimizar seus impactos negativos.

Considerando que o parasitismo das ervas-de-passarinho compromete a sanidade e o desenvolvimento das árvores hospedeiras, afetando diretamente a produção de café, destaca-se a necessidade de adquirir conhecimento científico sobre a relação entre as ervas-de-passarinho as árvores hospedeiras e os cafezais, visando desenvolver medidas de controle adequadas e sustentáveis para reduzir as perdas econômicas e preservar a produtividade das plantações de café.

2 HIPÓTESE CIENTÍFICA

A ocorrência da erva-de-passarinho em cafés arborizados é um fator limitante para a permanência dos sistemas agroflorestais, a partir da restrição hídrica e de compostos de carbono na planta hospedeira.

3 OBJETIVOS

3.1 Geral

Analisar a infestação por erva-de-passarinho em um sistema agroflorestal composto por cafés arborizados por cedro-australiano e mogno-brasileiro, verificando suas características suscetíveis ao parasitismo.

3.2 Específicos

- I. Identificar as espécies de hemiparasitas no sistema agroflorestal de cedro-australiano e mogno-brasileiro com café;
- II. Quantificar e caracterizar o grau de infestação por erva-de-passarinho, nas árvores de cedro-australiano e de mogno-brasileiro;
- III. Compreender as relações entre a infestação do parasitismo nas árvores (cedro-australiano e mogno-brasileiro) e nos cafezais.
- IV. Comparar a infestação do hemiparasita no café arborizado com cedro-australiano e com mogno-brasileiro.

4 REVISÃO DE LITERATURA

A cafeicultura enfrenta diversos desafios, entre os quais se destaca a interferência de fatores bióticos, como a presença de hemiparasitas. A arborização, apesar de trazer benefícios ecológicos e estéticos, pode ser afetada por essas plantas, que dependem das árvores hospedeiras para obter nutrientes e água. A relação peculiar entre as árvores e as ervas-de-passarinho é central para entender as dinâmicas das plantações arborizadas, especialmente no contexto da cafeicultura. Os tópicos a seguir exploram detalhadamente essa interação e visam proporcionar informações valiosas para uma gestão mais eficaz e sustentável das plantações arborizadas na cafeicultura.

4.1 Café arborizado: conceito e benefícios

O Brasil é amplamente reconhecido como um dos principais países competidores na indústria cafeeira global, com destaque para o estado de Minas Gerais, que se evidencia como a região mais proeminente em termos de produção. A cafeicultura desempenha um papel de extrema relevância na economia do estado, bem como em diversos municípios produtores, exercendo uma significativa influência socioeconômica (Neto Pinto *et al.*, 2014).

A prática de arborização em plantações de café pode resultar em reduções significativas nos custos de produção, além de viabilizar a exploração de outro produto comercial na mesma área de cultivo. Essa estratégia também proporciona a criação de oportunidades em termos de mercado e preços, devido à oferta de um produto diferenciado, que se destaca no mercado (Da Silva *et al.*, 2023).

Algumas pesquisas mostram a possibilidade de o café arborizado alcançar êxito em determinados locais do país, pois, em condições naturais, o café busca a sobrevivência através do equilíbrio entre a frutificação e o crescimento (Matsumoto, 2004). Nesse sentido, os SAFs têm despertado grande interesse como estratégia adaptativa às mudanças climáticas (Gomes; Cardoso, 2021).

A presença de árvores em cultivos de café tem demonstrado a capacidade de reduzir em até 5°C a temperatura máxima do ar, proporcionando um alívio nos impactos das altas temperaturas. Essas alterações microclimáticas exercem influência significativa nos processos fisiológicos das plantas de café, refletindo diretamente na

produtividade da cultura. Além disso, a presença de árvores consorciadas com cafeeiros também está associada a uma menor perda de umidade, favorecendo as culturas durante períodos prolongados de estiagem (Gomes; Cardoso, 2021).

O cultivo consorciado com culturas arbóreas tem o potencial de aumentar a quantidade de matéria vegetal depositada na superfície do solo, proporcionando benefícios como a proteção contra o impacto direto das gotas de chuva e a regulação das variações bruscas de umidade e temperatura (Zaro *et al.*, 2021). Além disso, esse tipo de cultivo está diretamente relacionado ao desenvolvimento de comunidades microbianas no solo, as quais desempenham um papel importante na indicação do nível de degradação do solo.

A arborização adequada do cafezal, proporcionando um nível adequado de sombreamento, pode trazer diversas vantagens, como a produção de frutos de tamanho maior, a criação de um ambiente propício para a produção de café e o aumento do número de ramos primários, o que resulta em uma maior capacidade produtiva da planta e na minimização dos efeitos do vento. Esses efeitos vão desde danos mecânicos até reações fisiológicas prejudiciais, como ferimentos que facilitam a entrada de patógenos (Neto Pinto *et al.*, 2014).

Através do uso de determinadas espécies consorciadas ao cultivo de café, é possível proporcionar proteção à lavoura, mesmo diante de condições climáticas adversas, como geadas intensas. Um exemplo disso é observado no SAF que combina café e grevilea, no qual essa espécie arbórea, quando adulta, oferece uma proteção efetiva ao café, restrita a uma área de aproximadamente 4 a 5 metros a partir do seu tronco, contra geadas severas (Caramori *et al.*, 2004).

No que se refere aos aspectos microclimáticos, a utilização da arborização em lavouras de café tem como objetivo reduzir a exposição das plantas aos riscos climáticos, tais como geadas, radiação solar intensa, altas temperaturas e ventos fortes. Além disso, essa prática contribui para a melhoria da fertilidade do solo e a redução da lixiviação de nutrientes (Machado *et al.*, 2020).

De acordo com Machado *et al.* (2020), o sombreamento moderado, variando entre 20% e 30%, é considerado adequado para a cultura do cafeeiro. Esse nível de sombreamento não prejudica o crescimento das plantas e, ao mesmo tempo, resulta em uma melhor qualidade dos frutos, sem comprometer a produtividade.

O sombreamento presente na plantação também pode exercer influência sobre o desenvolvimento de plantas daninhas. Em um estudo realizado por Melloni *et al.*

(2013), foi constatado que o plantio de café sob sombreamento está diretamente relacionado à redução de plantas daninhas, nas linhas de plantio da lavoura.

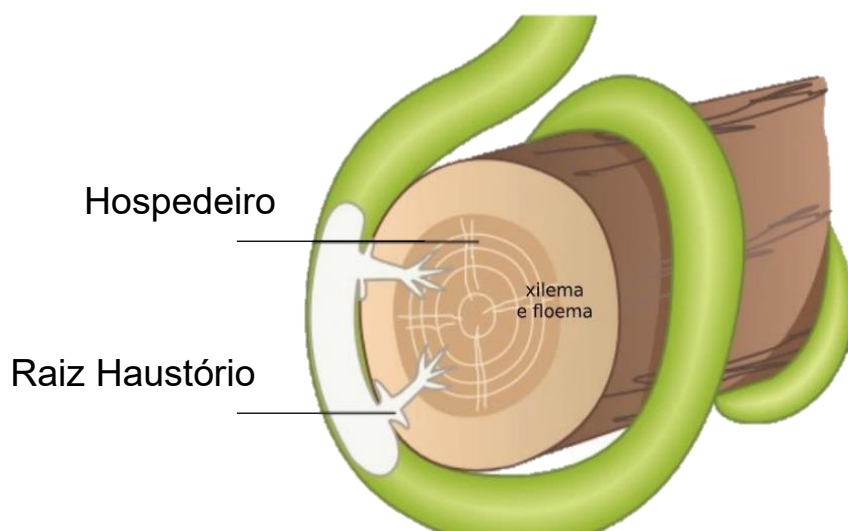
Uma outra situação que se apresenta como um fator que afeta negativamente a vida das árvores é a infestação pela planta parasita chamada erva-de-passarinho (Rotta, 2001), abordada na seção a seguir.

4.2 Características e importância das ervas-de-passarinho

A arborização, de forma geral, proporciona benefícios ecológicos, estéticos e físicos. No entanto, é importante destacar que o desenvolvimento das árvores pode ser influenciado por diversos fatores, tanto abióticos quanto bióticos. Entre os fatores bióticos, estão os hemiparasitas, popularmente conhecidos como erva-de-passarinho (Albuês *et al.*, 2023) ou, ainda, como visgo, enxerto, enxerto-de-passarinho, passarinheira, ervapassarinha, erva-passarinheira, entre outros. Essas plantas possuem uma relação peculiar com as árvores hospedeiras, uma vez que são parasitas parciais, dependendo delas para obter nutrientes e água.

As ervas-de-passarinho pertencem à família *Loranthaceae* e são caracterizadas por sua capacidade de se fixar nos galhos e troncos das árvores, utilizando estruturas especiais chamadas haustórios para se conectar ao sistema vascular da planta hospedeira e sugam nutrientes como água e sais minerais para o processo de fotossíntese (Nickrent, 2016). Essa relação parasitária pode afetar o desenvolvimento e a saúde das árvores, pois a erva-de-passarinho consome parte dos recursos que seriam destinados ao crescimento e manutenção da planta hospedeira (Rotta *et al.*, 2005), como mostra a figura 1.

Figura 1 – Parasitismo, raiz haustório



Fonte: Escola Educação¹

Os hemiparasitas são, em parte ou completamente, dependentes das plantas hospedeiras para obtenção de carbono, nutrientes e água. Além disso, apresentam taxas de transpiração e condutância mais elevadas em comparação com suas plantas hospedeiras. Como resultado, frequentemente exercem efeitos adversos sobre seus hospedeiros, contribuindo para a redução da frutificação (Way, 2011), da produção de sementes e do crescimento das árvores. Em última instância, sua presença pode aumentar a mortalidade das árvores, influenciada pela competição por água e pela apropriação de recursos e nutrientes vitais dos galhos das árvores hospedeiras para si mesmos (Yirgu, 2014).

No entanto, é importante ressaltar que nem todas as espécies de árvores são igualmente afetadas pela presença das ervas-de-passarinho. Algumas árvores desenvolvem mecanismos de resistência e tolerância, minimizando os efeitos negativos do parasitismo (Rotta; Araújo; Oliveira, 2006).

A presença de hemiparasitas, como as ervas-de-passarinho, é um dos fatores bióticos que podem influenciar o desenvolvimento das árvores em ambientes arborizados. Compreender essas interações e seus efeitos é fundamental para o manejo adequado das áreas arborizadas e a conservação da biodiversidade vegetal (Rotta; Araújo; Oliveira, 2006).

¹ Disponível em: <https://escolaeducacao.com.br/parasitismo/>. Acesso em: 27 jan. 2024.

O desenvolvimento do hemiparasita ocorre com a aderência das sementes à casca da árvore, com auxílio da substância mucilaginosa chamada viscina, e, em locais irregulares, os haustórios do hemiparasita formam uma intumescência no hospedeiro (Rotta; Araújo; Oliveira, 2006). Essa estrutura estabelece uma conexão através da anastomose entre as células do floema e do xilema do hemiparasita e da árvore hospedeira, ocupando uma parte significativa ou quase toda a copa, diferenciando da copa da árvore hospedeira. Com isso, desempenha um papel importante para a fauna, que a utiliza como abrigo, poleiro, local de nidificação, hibernação ou refúgio de predadores. Estudos realizados por Griebel, Watson e Pendall (2017) têm explorado as implicações dessas interações para compreender as dinâmicas ecológicas e a conservação da biodiversidade.

Vale acrescentar que as aves desempenham um papel crucial na dispersão das sementes do hemiparasita, atuando como um filtro inicial para a frequência e a distribuição dessas sementes em relação aos hospedeiros disponíveis, enquanto o hospedeiro é o filtro final para o estabelecimento do hemiparasita (Arruda *et al.*, 2012).

A dispersão do hemiparasita depende principalmente do movimento das aves e de suas preferências de poleiro, alimentação e nidificação, ou seja, a construção e ocupação de ninhos para reprodução e criação de filhotes (Yirgu, 2014). Enquanto isso, a germinação, o estabelecimento e a sobrevivência das sementes da erva-de-passarinho dependem da compatibilidade fisiológica, bioquímica e física das árvores hospedeiras.

O desenvolvimento bem-sucedido do hemiparasita ocorre somente quando há compatibilidade biológica, química e física com o hospedeiro, sendo que essas variáveis associadas determinam se uma árvore será infectada ou não (Fadini, 2011). Dessa forma, a especificidade do hemiparasita em relação a um hospedeiro específico é um fator determinante nesse processo.

A presença e a infestação da hemiparasita são mais frequentes em árvores frutíferas e ornamentais, e sua intensidade pode acarretar prejuízos significativos em agroecossistemas, como plantações de café, cacau e seringueira (Amon *et al.*, 2015). Indivíduos fortemente infestados apresentam taxas de crescimento substancialmente reduzidas, chegando a uma diminuição de 75% a 95% em comparação com árvores não parasitadas (Mourão, 2007). Além disso, a formação de frutos em ramos infestados pode ser severamente comprometida, com reduções de até 75% (Menezes *et al.*, 2022).

A presença de erva-de-passarinho em troncos e galhos das árvores acarreta alterações na arquitetura da árvore, redução da eficiência fotossintética e conseqüentemente, no seu crescimento, na predisposição ao ataque de insetos e doenças. Os indivíduos semiparasitados experimentam ainda, uma suscetibilidade ao estresse ambiental comparado aos indivíduos sem parasitas (Boschetti *et al.*, 2020).

Tendo em vista que o foco deste trabalho são os sistemas agroflorestais, na seção a seguir, aborda-se especificamente a interferência das ervas de passarinho na cultura do café.

4.3 Interferência das ervas-de-passarinho na cultura do café

Existem poucas publicações reportando a interferência de ervas-de-passarinho na cultura do café, mas o registro de literatura que reporta essa interação (Matiello, 2014) cita que o parasitismo da erva-de-passarinho tem apresentado um crescimento alarmante nas lavouras de café, tornando-se uma preocupação séria em diversas regiões cafeicultoras. Ainda segundo Matiello (2014), a erva-de-passarinho, hemiparasita apresenta a capacidade de realizar fotossíntese por meio de suas folhas.

Esse processo de parasitismo compromete a saúde e vitalidade do café, podendo até levá-lo à morte (Rotta; Araújo; Oliveira, 2006). Além disso, afeta diretamente o desenvolvimento do cafeeiro, especialmente devido à cobertura que ela proporciona à copa e folhagem. Essa cobertura resulta na redução da disponibilidade de luz solar para as folhas do café, o que prejudica significativamente o processo de fotossíntese e, conseqüentemente, enfraquece e compromete o crescimento, afetando diretamente a produção do café.

De acordo com Yirgu (2014), as plantas parasitas têm uma clara preferência por se estabelecer em árvores localizadas nas margens da floresta e em áreas secundárias ou fragmentadas, em detrimento de ambientes com cobertura florestal densa e fechada. Esse padrão, de acordo com de Buen *et al.* (2002), sugere que, em condições semelhantes, o café arborizado, cultivado sob sombreamento de árvores, pode estar mais suscetível à infestação por essas plantas parasitas. A estrutura da cobertura permite que certas árvores recebam mais sementes de erva de passarinho do que outras, influenciando diretamente a prevalência dessas plantas parasitas.

A altura das árvores hospedeiras e a localização específica de determinadas árvores também contribuem para as diferenças observadas no número relativo de

plantas parasitas infectando árvores nas florestas. Esses fatores indicam que o café arborizado pode ser afetado pela dinâmica entre plantas parasitas e árvores hospedeiras, especialmente ao considerar a implementação de sistemas agroflorestais (Way, 2011). No contexto do café arborizado, é crucial reconhecer que a escolha de árvores como hospedeiras pode afetar significativamente a produção e a saúde das plantações. Essa relação entre as plantas parasitas e as árvores hospedeiras destaca a importância de estratégias de manejo e práticas conservacionistas ao estabelecer sistemas de café arborizado, visando mitigar potenciais impactos negativos dessas plantas parasitas no cultivo (Yirgu, 2014).

Acredita-se que o aumento do parasitismo esteja diretamente associado à presença abundante de árvores hospedeiras da erva-de-passarinho nas proximidades das plantações de café. A distribuição e a densidade dessas ervas podem ser influenciadas pelo comportamento dos dispersores e pelas características dos hospedeiros (Cazetta; Galetti, 2007). Essa relação tem contribuído para a disseminação e o estabelecimento desse hemiparasita, tornando necessárias medidas eficazes de controle para minimizar os impactos negativos sobre a produção cafeeira.

A relação intrincada entre as árvores hospedeiras, os pássaros e as lavouras de café desempenham um papel crucial no aumento do parasitismo provocado pela erva-de-passarinho. Segundo Cazetta & Galetti (2007), as características dos hospedeiros, como o comportamento de forrageamento dos dispersores, podem influenciar a presença e intensidade das infestações. Isso pode explicar por que a proximidade das árvores hospedeiras nas plantações de café cria um ambiente propício para que os pássaros se alimentem dos frutos dessas árvores e, posteriormente, transportem as sementes para as áreas de cultivo de café, estabelecendo, assim, um ciclo contínuo de parasitismo. Essa interação complexa entre os elementos da cadeia ecológica demanda uma compreensão aprofundada e a implementação de estratégias eficazes para mitigar os efeitos negativos desse parasitismo (Rotta; Araújo; Oliveira, 2006).

A especificidade da interação entre parasitas e hospedeiras de relevância econômica é um aspecto que pode facilitar a investigação de métodos de controle biológico (Araújo; Osório; Holanda, 2008). Essa dinâmica exige atenção cuidadosa por parte de produtores e pesquisadores, com o objetivo de identificar estratégias eficazes para o manejo e controle desse hemiparasita, além de mitigar os impactos adversos sobre a produção de café e os efeitos negativos que essa planta exerce

sobre seu hospedeiro. Esses efeitos se manifestam tanto pela magnitude dos danos potenciais quanto pela falta de conhecimento acerca de técnicas de controle eficientes (Rotta et al., 2005). Dessa forma, a implementação de medidas adequadas de controle é fundamental para minimizar as perdas econômicas e assegurar a sustentabilidade dos cafezais nas regiões afetadas.

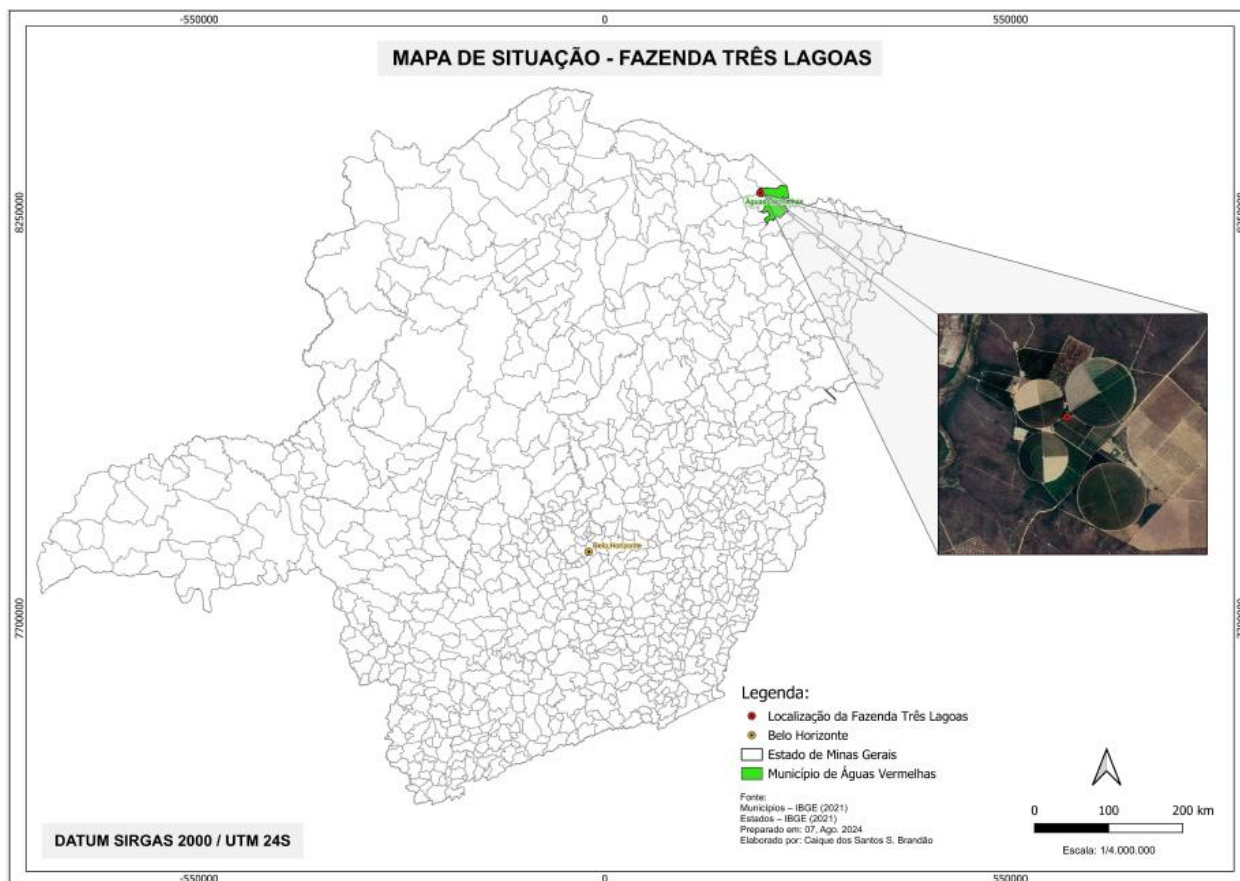
5 MATERIAL E MÉTODOS

Esta seção do trabalho foi estruturada em três subseções distintas, abordando a descrição da área de coleta, a caracterização quantitativa dos dados e a metodologia utilizada na análise fisiológica.

5.1 Descrição da área de coleta

O local de estudo, a Fazenda Três Lagoas, está situado no município de Águas Vermelhas, que possui uma área de 1.257,60 km² e está localizado na Mesorregião Norte de Minas Gerais, a aproximadamente 756 km de Belo Horizonte. Águas Vermelhas foi elevada à categoria de município em 30 de dezembro de 1962 e faz divisa com os municípios de Ninheira, São João do Paraíso, Berizal, Curral de Dentro, Santa Cruz de Salinas, Cachoeira de Pajeú, Divisa Alegre, Pedra Azul e Encruzilhada – BA (Prefeitura Municipal de Águas Vermelhas, 2023).

Figura 2– Localização do município de Águas Vermelhas – MG



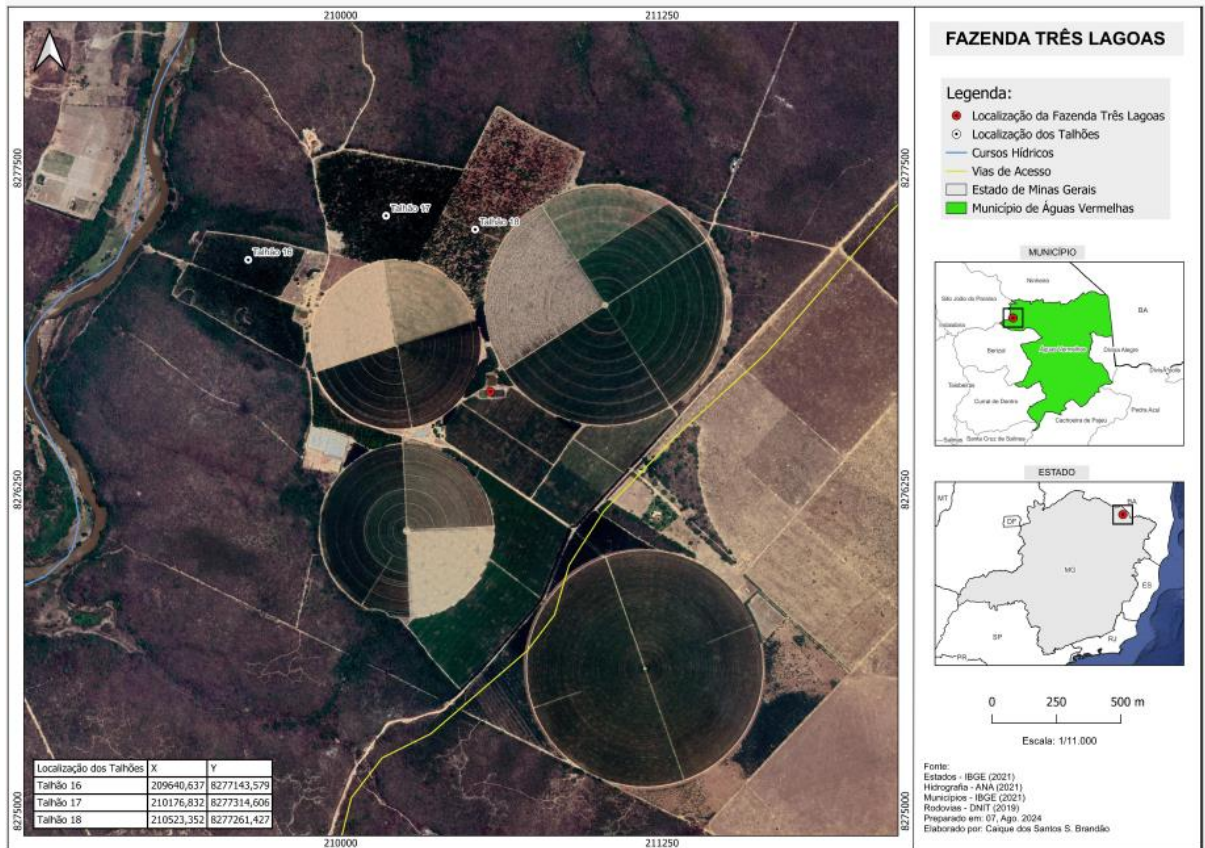
Fonte: Autora, 2024

A região possui uma altitude que varia entre 600 e 800 metros acima do nível do mar. A cidade apresenta um clima tropical de altitude com temperaturas amenas a moderadas e estações bem definidas. De acordo com a classificação de Köppen, o clima predominante é classificado como Cwb, caracterizando-se como subtropical úmido, com invernos secos e verões chuvosos. As temperaturas médias anuais variam entre 18°C e 25°C, sendo julho o mês mais frio, com médias em torno de 15°C. Suas coordenadas geográficas estão entre 15°29'00" e 15°57'30" de latitude Sul e 41°19'30" e 41°46'30" de longitude Oeste (Prefeitura Municipal de Águas Vermelhas, 2023).

A vegetação característica de Águas Vermelhas abrange as fitofisionomias representativas dos biomas Cerrado e Mata Atlântica, incluindo campos, campos cerrados, cerrados, Floresta Estacional Decidual e Floresta Estacionais Semidecidual. Em relação aos solos predominantes, destacam-se o Argissolo Vermelho Amarelo e o Latossolo Amarelo (Prefeitura Municipal de Águas Vermelhas, 2023).

Localizada a aproximadamente 47 km do município de Águas Vermelhas e a 6 km da cidade de Berizal, a Fazenda Três Lagoas, onde está sendo realizado o estudo, pertence à empresa Faro Capital Comercial Agrícola Ltda. A área total da fazenda é de 2.881 hectares, e a sua altitude média é de 700 m. A topografia do local é plana e levemente ondulada, e o solo predominante é o Latossolo Amarelo.

Figura 3 – Fazenda Três Lagoas

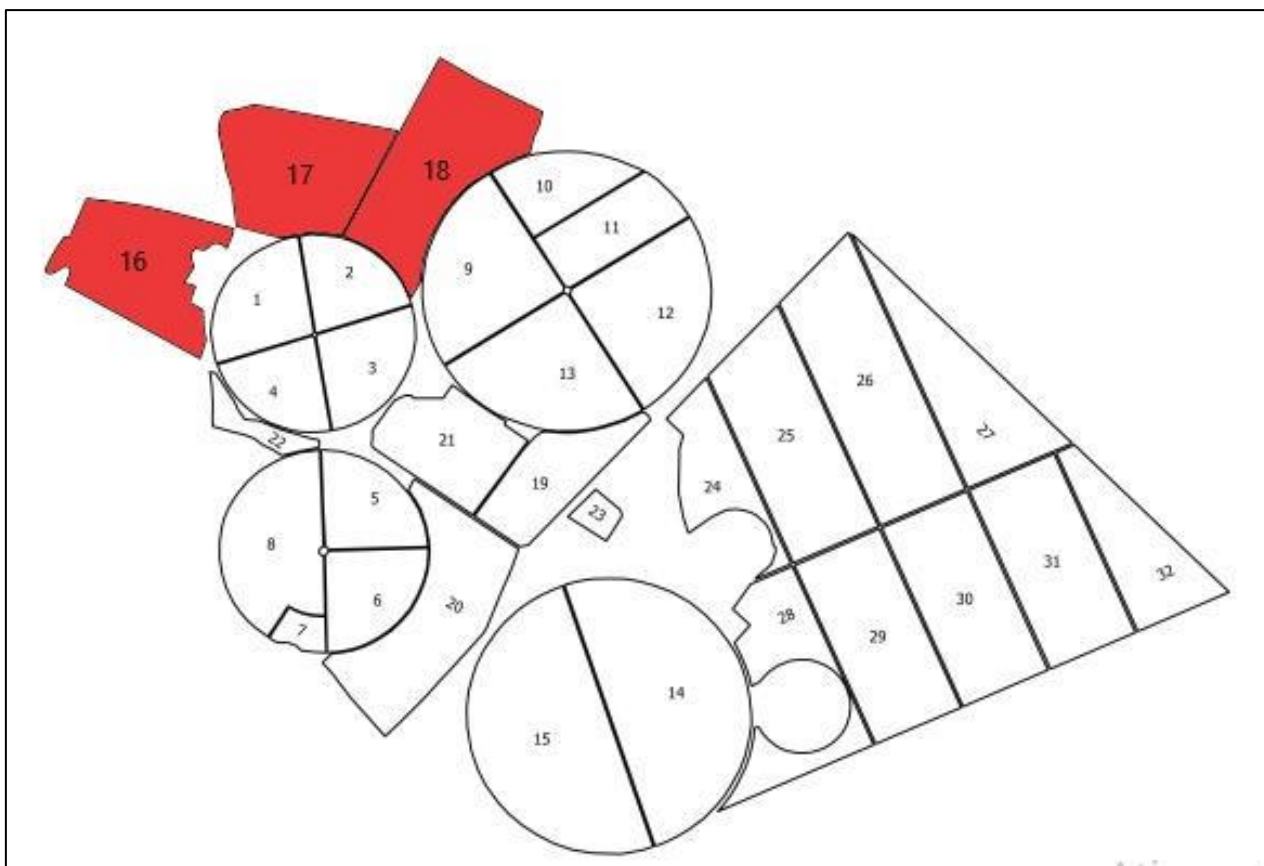


Fonte: Autora, 2024

O parque cafeeiro da propriedade é composto por mais de um milhão de pés de café arábica, distribuídos em 628,8 hectares. Parte dos cafezais está constituído por sistemas arborizados com 5.783 árvores de cedro-australiano (*Toona ciliata* M.Roem.) e 386 árvores de mogno-brasileiro (*Swietenia macrophylla* King), ambas pertencentes a família Meliaceae.

Para este estudo, foram selecionados os talhões 16, 17 e 18 com árvores de cedro-australiano (talhão 16 e 17) e mogno brasileiro (talhão 18) plantadas em 2008, em espaçamento de 7,5 X 5,0m. Nestes talhões foram introduzidos 81.000 cafeeiros arábica cv. Arara, com plantio realizado em fevereiro de 2020, com espaçamento de 4,00 x 0,60m, com manejo de irrigação localizada por gotejamento e fertirrigação (Figura 2).

Figura 4– Área de estudo: croqui da área



Fonte: Fornecida pela Faro Capital Comercial Agrícola Ltda.

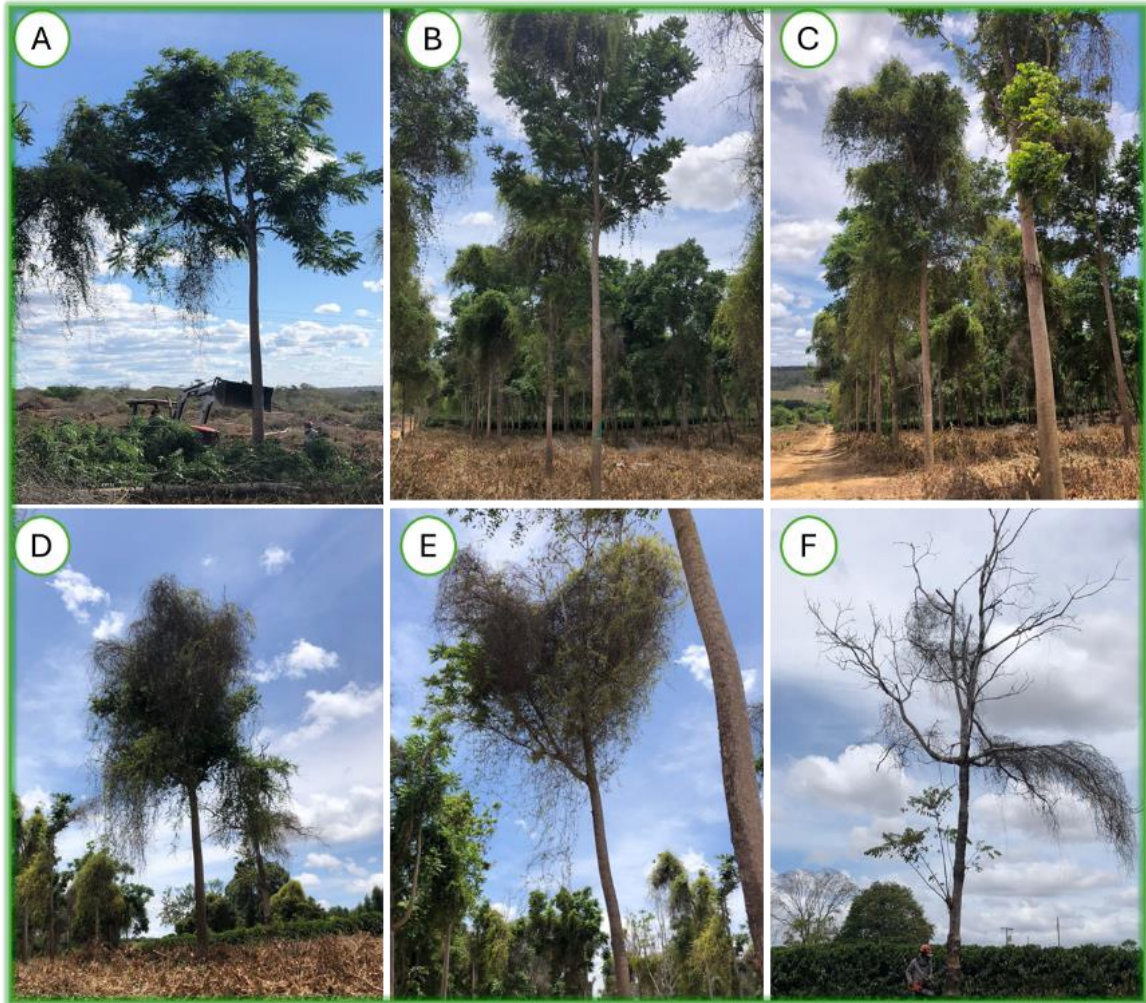
A partir da seleção dos talhões, fez-se uma caracterização dos talhões 17 e 18 para que comparasse a infestação de acordo com cada arborização.

Internamente aos talhões, foi realizada uma caminhada em zigue-zague de 3 em 3 filas de árvores para monitorar a infestação. A cada 5 árvores, procedeu-se à classificação do grau de infestação. Para quantificação do grau de infestação, três novos graus foram acrescentados ao método de Rotta (2001), totalizando, assim, seis categorias:

- Grau 1: infestação de menos de 25% da copa;
 - Grau 2: infestação de 25% a 50%;
 - Grau 3: infestação de 50% a 75% da copa;
 - Grau 4: infestação de 75% a 100% da copa;
 - Grau 5: Planta de cedro morta, mas com presença de erva-de-passarinho viva;
- e

- Grau 6: planta de cedro morta pela erva-de-passarinho sem presença de erva viva.

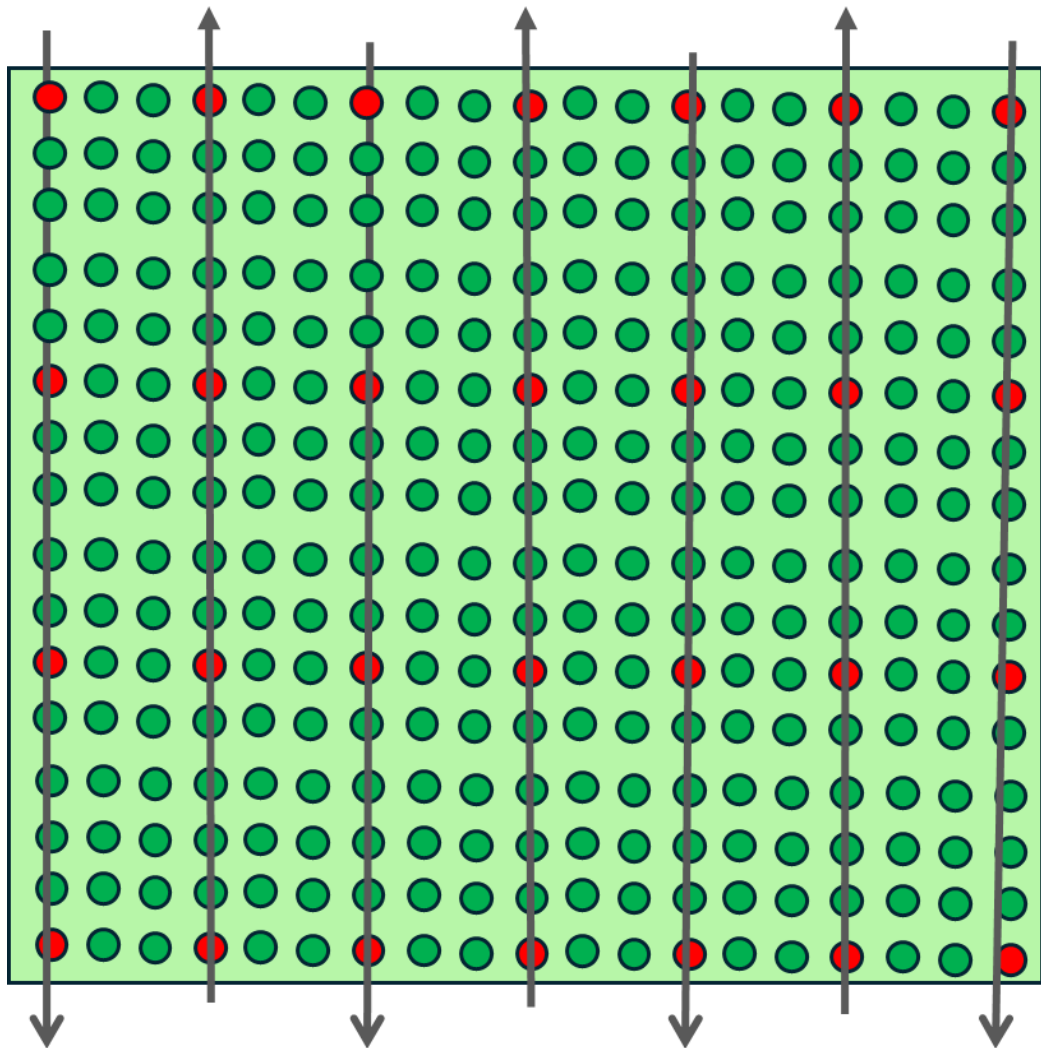
Figura 5 – Graus de classificação: grau 1 (A); grau 2 (B); grau 3 (C); grau 4 (D); grau 5 (E); e grau 6 (F)



Fonte: Autora

Essa abordagem permitiu uma análise abrangente da infestação, destacando padrões na bordadura e no interior do talhão.

Figura 6 – Representação esquemática para a classificação

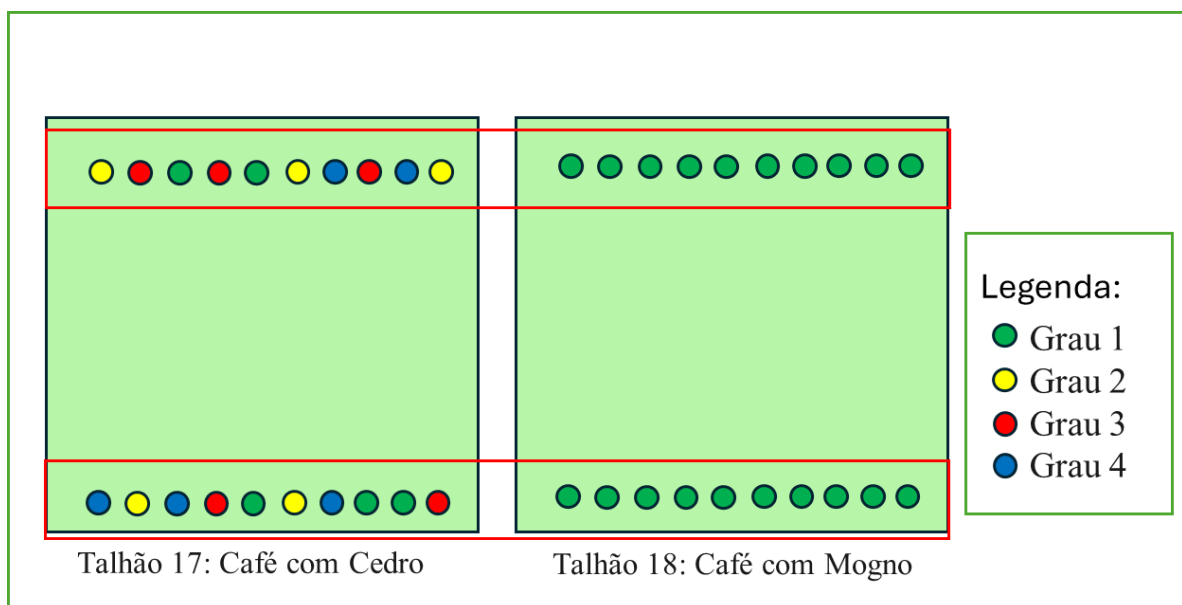


Fonte: Autora

5.1 Fisiologia dos componentes vegetativos do sistema

O estudo da fisiologia dos componentes vegetativos do sistema em estudo foi realizado nos talhões 17 e 18, o qual continha árvores de cedro-australiano e mogno-brasileiro, consorciados com cafezais arábica. Em cada talhão, foram marcadas 20 árvores na porção da bordadura para a realização das avaliações, sendo cinco árvores de cada uma das classes descritas anteriormente (Grau 1: infestação de menos de 25% da copa; Grau 2: infestação de 25% a 50%; Grau 3: infestação de 50% a 75% da copa; e Grau 4: infestação de 75% a 100% da copa).

Figura 7 – Representação esquemática dos talhões 17 e 18



Fonte: Autora

Para a avaliação das trocas gasosas foliares, nos horários entre 7 h e 12 h, utilizou-se um analisador de gases por radiação infravermelha (IRGA – *infrared gas analyzer* –, LCPro, ADC, UK), acoplado a uma fonte de luz actínica, de 1000 μmol fótons $\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$ de radiação fotossinteticamente ativa. Foram analisadas a taxa de assimilação de CO_2 (A , $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), taxa de transpiração (E , mmol vapor d'água $\text{m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), condutância estomática (G_s , $\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), concentração interna de CO_2 na folha (C_i , $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ ar}$) e a temperatura interna da folha (T_i). A eficiência do uso da água (A/E) foi calculada pela razão entre a taxa de assimilação de CO_2 e a taxa de transpiração, e a eficiência de carboxilação (A/C_i) foi calculada por meio da razão entre taxa de assimilação de CO_2 e concentração interna de CO_2 na folha.

Foram selecionadas aleatoriamente 20 árvores em cada talhão, seguindo a metodologia descrita por Bergonci *et al.* (2000). As leituras ocorreram entre 8 h e 11 h, utilizando um analisador de gases no infravermelho (LC Pro, ADC, Hoddesdon, Inglaterra). Em cada planta, as leituras foram realizadas em folhas saudáveis e totalmente expandidas da árvore e em folhas da erva-de-passarinho (quando presentes), localizadas na parte mediana da copa, expostas à radiação solar durante todo o período de avaliação. Para a realização da avaliação, foi utilizada uma plataforma elevatória ou plataforma de trabalho aéreo (Figura 9), para o alcance das árvores que tinham média de 20 metros de altura.

Figura 8 –Plataforma elevatória



Fonte: Autora

Foram realizadas medidas do potencial hídrico foliar antemanhã (Ψ_{pd}) e, ao meio-dia, para monitorar o status hídrico das plantas. Utilizou-se uma câmara de pressão PMS 1000, PMS, USA, com coleta de folhas inteiras, sadias e totalmente expandidas, previamente marcadas com tinta *spray*. As folhas foram retiradas da árvore com a ajuda da plataforma elevatória, e as medidas foram realizadas imediatamente em um local próximo às árvores.

Figura 9 – Câmara de pressão PMS 1000, PMS, USA e SPAD



Fonte: Autora

O acompanhamento incluiu, ainda, a medição do índice SPAD nas mesmas árvores marcadas, realizando avaliações em folhas tanto das árvores quanto da erva-de-passarinho, quando presente.

Quatro plantas de café, próximas às árvores marcadas, foram avaliadas quanto à infestação e morfometrias, incluindo altura, diâmetro a altura da base (DAB). Para o processamento dos dados, a circunferência a altura do peito (CAP) foi transformada em diâmetro a altura do peito (DAP) com a fórmula: $DAP = CAP/\pi$ e.

Os dados referentes à fisiologia dos componentes vegetativos do sistema de cafeeiros e árvores de cedro foram processados nos softwares *Microsoft Excel 2016* e *SAEG 9.1*, a fim de realizar uma análise estatística e gerar gráficos informativos. Esses dados foram submetidos a um teste de homogeneidade e normalidade; em seguida, as médias foram comparadas pelo Teste t de Student para amostras independentes. Além disso, também foi realizada a correlação de Pearson em cada uma das variáveis.

5.2 Caracterização quantitativa

A caracterização quantitativa foi realizada no talhão 16.

Durante o trabalho de campo, em cada classe, foram amostradas 10 árvores, de forma aleatória, marcadas com tinta *spray*. As árvores marcadas foram abatidas com motosserra para coletar os seguintes dados: altura total da árvore (H); circunferência a altura do peito (CAP), adotada a 1,30 m; altura do fuste da árvore (HF); diâmetro da copa (DC); e índice SPAD da folha da árvore e da folha do hemiparasita, nomeado neste trabalho como SPADERVA. Para a medição do índice SPAD, foi utilizado o SPAD-502 KONICA MINOLTA, Japan. Em cada uma das 60 árvores, além dessas informações, foram coletadas três amostras de galhos da copa da árvore infestados por erva-de-passarinho, bem como amostras de galho do hemiparasita para fazer exsiccatas.

Figura 10 – Medições das amostras abatidas



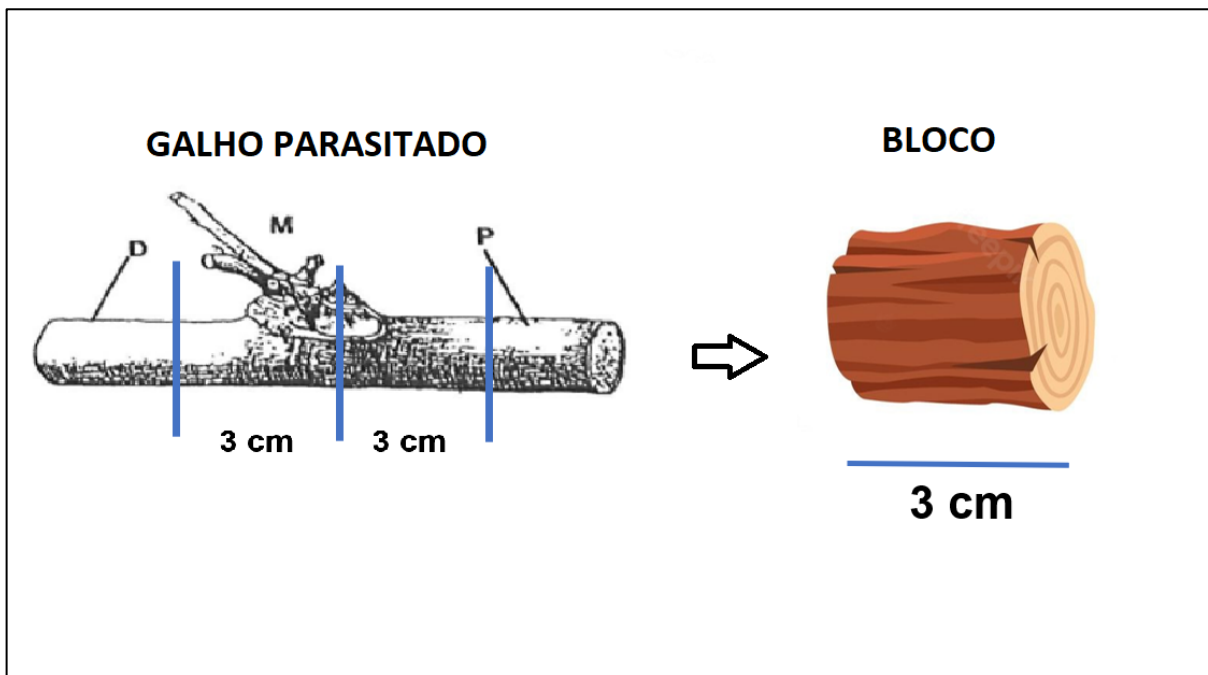
Fonte: Autora

Foram coletados, também, os seguintes dados de 10 pés de café que continham infestações: diâmetro a altura da base (DAB), altura total dos cafezais (H)

e índice SPAD da folha do café e da folha do hemiparasita (SPADERVA). Assim como ocorreu com as árvores, em cada pé de café, foram coletadas amostras do tronco com infestações e amostras do hemiparasita para fazer exsiccatas.

Posteriormente, no Laboratório de Fisiologia Vegetal da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, iniciou-se a análise macroscópica dos dados coletados em campo. Usando a metodologia de Tennakoon e Pate (1996), as amostras da madeira dos hospedeiros foram seccionadas transversalmente, formando blocos de 3 cm de espessura, como mostrado na figura 11.

Figura 11 – Representação esquemática das amostras seccionadas em blocos de 3 cm



Fonte: Adaptado de Tennakoon e Pate (1996)

Após essas etapas, análises do diâmetro proximal e distal do haustório foram realizadas, juntamente com a contagem dos anéis de crescimento, a fim de comparar a parte afetada com a não afetada.

Todos esses dados foram processados nos *softwares Microsoft Excel 2016* e *SAEG 9.1* para análise estatística e elaboração de gráficos. Os dados referentes à morfologia dos cafeeiros e das árvores de cedro foram submetidos a um teste de homogeneidade e normalidade; em seguida, as médias foram comparadas pelo Teste

t de Student para amostras independentes. Além disso, também foi realizada a correlação de Pearson.

O resultado do processamento dos dados encontra-se na próxima seção.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Caracterização da área

A análise das áreas de plantio de cedro-australiano e do mogno-brasileiro revelou informações valiosas sobre a infestação de erva-de-passarinho e sua relação com a disposição geográfica e as características específicas das plantações. Ao explorar as distintas porcentagens de infestação em diferentes regiões desses plantios, é possível observar as relações entre a presença da erva-de-passarinho e fatores como a proximidade de outras espécies arbóreas, o tipo de vegetação circundante e outros elementos geográficos.

Figura 12 – Caracterização da área de plantio de árvores de cedro australiano (*Toona ciliata* M. Roem. var. *australis* (F. Muell) Bahadur) com oito anos a partir do transplante, em cafezais arborizados. Águas Vermelhas, Minas Gerais, 2022

BORDA DE CAFÉ												
FILA	FILA	FILA	FILA	FILA	FILA	FILA	FILA	FILA	FILA	FILA	FILA	FILA
3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	36	39	42
3	1	2	1	4	1	1	6	3	3	6	1	3
1	1	3	1	2	4	4	4	6	3	2	1	2
1	1	3	1	1	3	4	3	6	3	1	1	2
1	2	1	1	1	1	3	1	3	2	3	4	1
1	1	1	2	2	1	1	1	3	2	1	1	2
1	1	1	1	1	2	1	1	1	3	1	1	3
1	1	1	1	1	1	2	3	1	1	1	2	1
2	1	1	1	1	1	1	4	1	1	2	1	1
1	1	1	1	2	1	1	3	1	1	4	4	2
1	3	3	2	2	1	3	2	4	2	3	3	1
3	4	4	4	2	3	4	3	2	1	4	6	4
				4	4	1	6	1	6	4		3
BORDA DE MATA												

BORDA DE MOGNO (lado esquerdo) e BORDA DE EUCALIPTO (lado direito)

Fonte: Autora

A análise das porcentagens de infestação de erva-de-passarinho no plantio de cedro-australiano revela padrões distintos. Nas bordaduras próximas ao café, como fila 15, fila 24 e fila 36, observa-se uma infestação mais intensa, com percentuais significativos de árvores nas classes mais altas. No meio do talhão, principalmente

mais próximo ao mogno, a infestação é mais leve, apresentando uma distribuição entre as classes mais baixas. Nas bordaduras próximas ao eucalipto e à mata nativa, a infestação é mais expressiva, predominando árvores nas classes mais altas. Esses padrões sugerem uma correlação entre a disposição geográfica e a intensidade da infestação.

Figura 13 – *Café arborizado com Cedro-australiano (Toona ciliata M. Roem. var. australis (F. Muell) Bahadur), infestado pelo hemiparasita Struthanthus flexicaulis (Mart.) Mart*



Fonte: Autora

A direção do vetor (para a direita e para baixo) pode ser associada a vários elementos ambientais. Áreas próximas à mata nativa podem fornecer condições propícias para a proliferação da erva-de-passarinho devido a características específicas desse ambiente. Na mata nativa, é possível encontrar uma diversidade de flora que fornece recursos alimentares e abrigo para pássaros (Lazarini, 2012). Essa rica biodiversidade de plantas na mata nativa pode contribuir para a proliferação de aves, que, por sua vez, podem atuar como vetores para a disseminação da erva-de-

Os resultados da análise dos dados na plantação de mogno revelaram uma situação peculiar e positiva em relação à presença da erva-de-passarinho. Em 100% do plantio, nenhuma árvore apresentou uma classe de infestação maior que 1, indicando a ausência de infestações significativas dessas aves parasitas.

Figura 15 – Café arborizado com mogno-brasileiro (*Swietenia macrophylla* King)



Fonte: Autora

A ausência de erva-de-passarinho na plantação de mogno, mesmo nas bordas próximas à mata nativa e ao eucalipto, pode ser atribuída a diversos fatores. Primeiramente, a densidade maior da madeira do mogno-brasileiro em comparação com o cedro-australiano pode ser um fator determinante, pois algumas espécies de erva-de-passarinho podem preferir árvores com madeira menos densa para estabelecer infestações. Segundo Glass e Zelinka (2010), as madeiras do mogno-brasileiro nativo apresentam densidade básica de $0,520 \text{ g cm}^{-3}$, enquanto o cedro-

australiano a densidade média é de 0,306 g cm⁻³, de acordo com Navroski *et al.*, (2017).

Essa observação sugere que o mogno, com sua madeira de alta densidade e possíveis propriedades naturais de resistência, atua como um ambiente desfavorável para o estabelecimento da erva-de-passarinho. Essa característica distinta destaca o mogno como uma opção de cultivo que não apenas oferece qualidades valiosas de madeira, mas também parece ser menos propenso a infestações por esse tipo específico de parasita.

Esses resultados são encorajadores para a saúde e o manejo da plantação de mogno, indicando que suas propriedades naturais podem contribuir para a redução do risco de infestações por erva-de-passarinho. Essa constatação é relevante para estratégias de manejo, conservação e seleção de espécies em plantações, reforçando a importância de entender as interações entre as árvores cultivadas e as possíveis ameaças da fauna circundante.

6.2 Fisiologia dos componentes vegetativos do sistema

A análise das trocas gasosas nas folhas de cedro-australiano, realizada através do IRGA (analisador de gases infravermelho), revela nuances interessantes sobre o desempenho fisiológico das plantas em diferentes graus de infestação, como pode ser visto na tabela 1.

Tabela 1 – Trocas gasosas foliares (medições realizadas pelo IRGA) nas folhas do cedro-australiano em diferentes graus de infestação

MÉDIAS	Ci	E	Gs	A	Ti	A/Ci	E/A
Grau 1	262,60 a	1,95 a	0,09 a	7,31 a	34,06 a	0,03 a	0,29 a
Grau 2	209,60 a	1,55 a	0,06 ab	7,86 a	34,02 a	0,04 a	0,20 a
Grau 3	180,40 a	1,22 a	0,05 ab	6,40 a	34,00 a	0,04 a	0,18 a
Grau 4	220,00 a	1,57 a	0,05 b	6,64 a	33,70 a	0,03 a	0,23 a

* Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na coluna não diferem entre si pelo teste t de Student a 5% de significância.

Fonte: Autora

Em que: taxa de assimilação de CO₂ (A), taxa de transpiração (E), condutância estomática (Gs), concentração interna de CO₂ na folha (Ci) e a temperatura interna da folha (Ti), eficiência de carboxilação (A/Ci) e eficiência do uso da água (A/E).

A taxa de assimilação de CO₂ (A) não apresentou diferenças significativas entre as classes, sugerindo uma eficiência semelhante na captura de dióxido de carbono da folha de cedro. Quanto à taxa de transpiração (E), as médias foram consistentes entre os graus de infestação, indicando uma uniformidade no processo de liberação de vapor d'água pelas folhas.

Por outro lado, a condutância estomática (Gs) revelou diferenças marcantes. O grau 1 apresentou uma condutância significativamente maior em comparação com o grau 4, enquanto os graus 2 e 3 não diferiram entre si, mas diferiram da classe 1.

A concentração interna de CO₂ na folha (Ci) não exibiu variações significativas entre os graus de infestação, indicando relativa estabilidade nesse parâmetro. Da mesma forma, a temperatura interna da folha (Ti) permaneceu consistente, sem diferenças expressivas entre as classes.

Quanto à eficiência de carboxilação (A/Ci) e à eficiência do uso da água (A/E), não foram identificadas disparidades significativas entre os graus. Essas variáveis demonstram uma uniformidade na eficiência do processo de fotossíntese e na utilização da água pelas folhas de cedro-australiano.

Os resultados da análise das trocas gasosas foliares no cedro-australiano revelam estabilidade em variáveis-chave entre diferentes classes. A uniformidade em parâmetros como taxa de assimilação de CO₂ (A), concentração interna de CO₂ na folha (Ci) e eficiência de carboxilação (A/Ci) sugere uma adaptação eficiente da planta às condições ambientais. Essa consistência pode refletir uma estratégia adaptativa para otimizar a eficiência fotossintética, evidenciando a resistência do cedro-australiano em ambientes diversos. A estabilidade pode indicar uma resposta consistente da planta a condições específicas, fornecendo informações cruciais para compreender a fisiologia da espécie e orientar práticas de manejo em plantações comerciais.

Tabela 2 – Correlação de Pearson entre as variáveis das trocas gasosas nas árvores de cedro-australiano

CI	Ci	E	Gs	A	Ti	A/Ci	E/A
	1						
E	0,8123*	1					
Gs	0,8084*	0,9840*	1				
A	0,3023*	0,6017*	0,5689*	1			
Ti	0,1029	0,2935	0,2913	0,4761	1		
A/Ci	-0,6538*	-0,2062	-0,2146	0,4592	0,3183	1	
E/A	0,7088*	0,6767*	0,6617*	-0,1446	0,0005	-0,6182*	1

Fonte: Autora

Em que: taxa de assimilação de CO₂ (A), taxa de transpiração (E), condutância estomática (Gs), concentração interna de CO₂ na folha (Ci) e a temperatura interna da folha (Ti), eficiência de carboxilação (A/Ci) e eficiência do uso da água (E/A).

Os resultados da tabela de correlação revelam associações significativas entre várias variáveis relacionadas ao sistema fisiológico da planta. Notavelmente, há uma correlação positiva forte e significativa ($r = 0,8123^*$) entre a concentração interna de CO₂ na folha (Ci) e a taxa de transpiração (E), indicando que níveis mais elevados de CO₂ interno estão associados a uma maior taxa de transpiração.

Além disso, a Ci mostra uma forte correlação positiva ($r = 0,8084^*$) com a condutância estomática (Gs), sugerindo que a abertura dos estômatos está diretamente relacionada à concentração interna de CO₂. No entanto, a correlação entre Ci e taxa de assimilação de CO₂ (A) é mais fraca ($r = 0,3023$), indicando que outros fatores podem influenciar a assimilação de CO₂.

Não foi encontrada uma correlação significativa entre Ci e a temperatura interna da folha (Ti), indicando que as variações na concentração interna de CO₂ não estão diretamente ligadas às mudanças na temperatura interna da folha.

Além disso, destaca-se uma correlação negativa significativa ($r = -0,6538$) entre a eficiência de carboxilação (A/Ci) e a eficiência do uso da água (E/A), sugerindo uma relação entre esses dois processos. Plantas mais eficientes na carboxilação parecem ser menos eficientes no uso da água, e vice-versa.

Por sua vez, a análise das trocas gasosas foliares nas folhas da erva-de-passarinho presentes nas árvores de cedro-australiano revela variações significativas em várias variáveis, conforme a tabela 3.

Tabela 3 – Trocas gasosas foliares (medições realizadas pelo IRGA) nas folhas da erva-de-passarinho presentes no cedro-australiano em diferentes graus de infestação

MÉDIAS	Ci	E	Gs	A	Ti	A/Ci	E/A
Grau 1	333,80 a	1,94 ab	0,10 ab	4,05 a	33,66 a	0,00 a	0,76 ab
Grau2	250,40 a	2,04 ab	0,12 ab	6,06 a	33,90 a	0,05 a	0,28 a
Grau 3	352,80 a	1,89 a	0,09 a	3,98 a	33,94 a	0,01 a	0,24 ab
Grau 4	337,60 a	2,93 b	0,16 b	6,17 a	33,56 a	0,02 a	0,50 b

* Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na coluna não diferem entre si pelo teste t de Student a 5% de significância.

Fonte: Autora

Em que: taxa de assimilação de CO₂ (A), taxa de transpiração (E), condutância estomática (Gs), concentração interna de CO₂ na folha (Ci) e a temperatura interna da folha (Ti), eficiência de carboxilação (A/Ci) e eficiência do uso da água (A/E).

A concentração interna de CO₂ (Ci) destaca-se no grau 2, revelando uma influência significativa da infestação na regulação da concentração de CO₂ nas folhas. Essa redução pode impactar a eficiência da fotossíntese, afetando o crescimento e desenvolvimento da erva-de-passarinho.

A taxa de transpiração (E) varia entre os graus, sugerindo respostas dinâmicas às condições ambientais. O grau 4, com a maior taxa, pode indicar uma estratégia adaptativa da erva-de-passarinho, possivelmente como parte de um mecanismo de defesa ou adaptação ao ambiente circundante.

Quanto à condutância estomática (Gs), observa-se que o Grau 4 exibe a maior abertura estomática, indicando uma tentativa da erva-de-passarinho de otimizar as trocas gasosas. Essa resposta pode representar uma adaptação para enfrentar as condições desafiadoras causadas pela infestação, sendo que a árvore hospedeira tem uma copa mais prejudicada, buscando equilibrar a absorção de CO₂ e a regulação da perda de água.

Analisando a eficiência de carboxilação (A/Ci), o grau 4 destaca-se com valores mais elevados, indicando uma eficiência superior na assimilação de CO₂. Isso sugere

uma capacidade adaptativa desse grau para otimizar os processos fotossintéticos, sob o estresse causado na árvore hospedeira pela presença da erva-de-passarinho.

Na eficiência do uso da água (A/E), novamente, o grau 4 apresenta valores mais altos, indicando uma maior eficiência na utilização da água durante as trocas gasosas. Essa eficiência pode representar uma estratégia adaptativa para maximizar a assimilação de CO₂, mantendo um equilíbrio eficaz entre a eficiência hídrica e o desempenho fotossintético.

Essa complexidade nas respostas fisiológicas destaca a capacidade da erva-de-passarinho em ajustar dinamicamente seu funcionamento foliar diante da falta de recursos da árvore hospedeira.

A tabela 4 mostra a correlação de Pearson dos padrões de associação linear entre diversas variáveis relacionadas ao processo fotossintético e características fisiológicas das folhas da erva-de-passarinho.

Tabela 4 – Correlação de Pearson entre as variáveis das trocas gasosas nas folhas de erva-de-passarinho presentes nas árvores de cedro-australiano

	Ci	E	Gs	A	Ti	A/Ci	E/A
Ci	1						
E	0,2199*	1					
Gs	0,2234	0,9707	1				
A	-0,4450	0,5055	0,5467	1			
Ti	-0,0467	0,4529	0,3644	0,5126	1		
A/Ci	-0,1521	-0,0864	-0,0362	-0,0644	0,0094	1	
E/A	0,0570	0,5018	0,3836	-0,0295	0,1254	-0,0804	1

Fonte: Autora

Em que: taxa de assimilação de CO₂ (A), taxa de transpiração (E), condutância estomática (Gs), concentração interna de CO₂ na folha (Ci) e a temperatura interna da folha (Ti), eficiência de carboxilação (A/Ci) e eficiência do uso da água (A/E).

A concentração interna de CO₂ na folha (Ci) mostra uma relação moderadamente positiva com a taxa de transpiração (E) e a condutância estomática (Gs) (*0,2199 e 0,2234, respectivamente). Isso sugere que aumentos na concentração interna de CO₂ estão associados a um aumento correspondente na taxa de transpiração e na abertura dos estômatos.

Por outro lado, a Ci exibe uma correlação negativa moderada com a taxa de assimilação de CO₂ (A) (-0,4450). Isso indica que, à medida que a concentração interna de CO₂ aumenta, a taxa de assimilação de CO₂ diminui.

Além disso, a Ci apresenta uma correlação negativa fraca com a temperatura interna da folha (Ti) (-0,0467). Isso sugere que aumentos na concentração interna de CO₂ estão associados a uma diminuição na temperatura interna da folha. Relativamente à eficiência de carboxilação (A/Ci), observa-se uma correlação negativa fraca com a Ci (-0,1521), indicando que um aumento na concentração interna de CO₂ está relacionado a uma redução na eficiência de carboxilação.

A eficiência do uso da água (E/A) apresenta uma correlação fraca e positiva com a Ci (0,0570), sugerindo que aumentos na concentração interna de CO₂ estão associados a uma ligeira melhoria na eficiência do uso da água.

Além disso, a comparação das trocas gasosas foliares entre as folhas de mogno-brasileiro e cedro-australiano revela diferenças distintas, especialmente considerando a ausência de infestação no mogno. Ao analisar diversas variáveis, notam-se padrões que indicam o desempenho fisiológico específico do mogno em relação ao cedro, conforme a tabela 5.

Tabela 5 – Trocas gasosas foliares (medições realizadas pelo IRGA) para as folhas de mogno-brasileiro em diferentes árvores

MÉDIAS	Ci	E	Gs	A	Ti	A/Ci	E/A
Árvores 1 a 5	202,40 a	1,02 a	0,04 a	4,62 a	34,02 a	0,02 a	0,21 a
Árvore 6 a 10	211,00 a	0,84 a	0,03 a	3,56 a	34,96 b	0,02 a	0,25 a
Árvore 11 a 15	189,00 a	0,96 a	0,03 a	4,25 a	34,32 a	0,03 a	0,23 a
Árvore 16 a 20	207,00 a	1,11 a	0,04 a	4,92 a	34,36 a	0,02 a	0,23 a

* Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na coluna não diferem entre si pelo teste t de Student a 5% de significância.

Fonte: Autora

Em que: taxa de assimilação de CO₂ (A), taxa de transpiração (E), condutância estomática (Gs), concentração interna de CO₂ na folha (Ci) e a temperatura interna da folha (Ti), eficiência de carboxilação (A/Ci) e eficiência do uso da água (E/A).

O mogno demonstra uma estabilidade notável em várias métricas. A concentração interna de CO₂ (Ci) permaneceu constante entre as árvores, sugerindo

uma regulação interna estável em todas as árvores. A taxa de transpiração (E) no mogno não apresentou variações expressivas, indicando consistência na liberação de vapor d'água pelas folhas.

Contrastando com o cedro, a condutância estomática (Gs) no mogno manteve-se relativamente constante, destacando uma estabilidade na capacidade das folhas de regular a abertura dos estômatos. A eficiência de carboxilação (A/Ci) e a eficiência do uso da água (A/E) também não apresentaram variações marcantes, sugerindo uma capacidade consistente de otimizar a assimilação de CO₂ e o uso da água nas folhas de mogno.

Os resultados indicam que a presença da erva-de-passarinho pode influenciar significativamente as trocas gasosas foliares nas folhas de cedro-australiano, como evidenciado pelas leituras do IRGA. Mesmo em situações não estatisticamente significativas, o cedro apresentou um padrão claro de variação nas médias das variáveis estudadas, indicando uma resposta fisiológica consistente em relação ao grau de infestação da erva. Em contraste, o mogno, que não possui infestação, não demonstrou um padrão claro. Esses achados ressaltam a possível influência da erva-de-passarinho nas trocas gasosas foliares e destacam a sensibilidade diferenciada entre as espécies arbóreas frente a esse contexto.

Tabela 6 – Correlação de Pearson entre as variáveis das trocas gasosas nas folhas do mogno-brasileiro

	Ci	E	Gs	A	Ti	A/Ci	E/A
Ci	1						
E	0,5622	1					
Gs	0,5564	0,9860	1				
A	0,1450	0,8413	0,8350	1			
Ti	0,2294	0,0327	-0,0461	-0,0817	1		
A/Ci	-0,6482	0,2071	0,2026	0,5042	-0,2228	1	
E/A	0,8165	0,4446	0,4207	-0,0973	0,2375	-0,4695	1

Fonte: Autora

Em que: taxa de assimilação de CO₂ (A), taxa de transpiração (E), condutância estomática (Gs), concentração interna de CO₂ na folha (Ci) e a temperatura interna da folha (Ti), eficiência de carboxilação (A/Ci) e eficiência do uso da água (A/E).

A concentração interna de CO₂ na folha (C_i) mostra uma correlação positiva forte com a taxa de transpiração (E) e a condutância estomática (G_s) (*0,5622 e 0,5564, respectivamente). Isso sugere que um aumento na concentração interna de CO₂ está associado a um aumento significativo na taxa de transpiração e na abertura dos estômatos. Além disso, a C_i exibe uma correlação positiva forte com a taxa de assimilação de CO₂ (A) (0,1450). Isso indica que um aumento na concentração interna de CO₂ está associado a um aumento significativo na taxa de assimilação de CO₂.

A temperatura interna da folha (T_i) apresenta uma correlação positiva moderada com a C_i (0,2294), sugerindo que um aumento na concentração interna de CO₂ está associado a um aumento moderado na temperatura interna da folha. A eficiência de carboxilação (A/C_i) exibe uma correlação negativa forte com a C_i (-0,6482), indicando que um aumento na concentração interna de CO₂ está relacionado a uma diminuição significativa na eficiência de carboxilação.

A eficiência do uso da água (E/A) apresenta uma correlação negativa forte com a C_i (-0,8165), sugerindo que um aumento na concentração interna de CO₂ está associado a uma redução significativa na eficiência do uso da água.

Essas correlações fornecem uma compreensão detalhada de como a concentração interna de CO₂ está associada às diferentes variáveis fisiológicas no contexto do mogno, oferecendo informações importantes sobre o metabolismo e o funcionamento da planta.

Tabela 7 – Medidas do potencial hídrico e SPAD nas folhas do cedro-australiano

MEDIAS	pH cedro manhã	pH erva manhã	pH cedro meio-dia	pH erva meio-dia	SPAD CEDRO	SPAD ERVA
Grau 1	7,83 ab	13,66 a	23,00 ab	11,33 a	50,58 a	18,03 a
Grau 2	8,33 a	20,33 b	26,66 ab	38,33 b	50,20 a	46,95 b
Grau 3	7,00 b	24,66 b	21,16 bc	31,83 b	51,95 a	55,36 b
Grau 4	8,50 a	22,00 b	19,50 c	36,91 b	52,93 a	55,10 b

* Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na coluna não diferem entre si pelo teste t de Student a 5% de significância.

Fonte: Autora

Em que: pH – Potencial hídrico; SPAD – Índice de coloração verde da folha da árvore;
SPADERVA – Índice de coloração verde da folha do hemiparasita

Os resultados da análise revelam variações expressivas entre os diferentes graus de infestação e momentos do dia para o cedro e a erva-de-passarinho. Pela manhã, o pH do cedro variou de 7 (grau 3) a 8,5 (grau 4), enquanto o pH da erva-de-passarinho oscilou de 13,66 (grau 1) a 24,66 (grau 3). Ao meio-dia, o pH do cedro variou de 19,5 (grau 4) a 26,66 (grau 2), e o da erva-de-passarinho oscilou de 11,33 (grau 1) a 38,33 (grau 2).

No que diz respeito ao pH, observou-se uma tendência: à medida que o grau de infestação aumentava, o pH das folhas de cedro e da erva-de-passarinho também aumenta. Esse padrão sugere uma possível influência do parasitismo no potencial hídrico das folhas, indicando uma resposta fisiológica diferente em cada grau de infestação. Tais resultados sugerem que a erva-de-passarinho, ao parasitar a planta hospedeira, modifica seu potencial hídrico fazendo a folha precisar de uma pressão maior, para fornecer a capacidade hídrica, com aumento da infestação.

Em relação ao índice SPAD, o cedro manteve médias estáveis entre os graus, variando de 50,58 (grau 1) a 52,93 (grau 4), sem diferenças significativas, pelo teste t a 5%. Por outro lado, a erva-de-passarinho apresentou variação mais expressiva, indo de 18,03 (grau 1) a 55,36 (grau 3).

O índice SPAD revelou um aumento notável nas folhas de erva-de-passarinho à medida que o grau de infestação crescia. Essa elevação pode ser interpretada como uma resposta adaptativa da planta parasita, vinculada a um aumento na produção de clorofila. Isso sugere uma estratégia compensatória diante da redução de recursos na planta hospedeira, visto que, nos estágios avançados de infestação, ocorre uma diminuição nos nutrientes da planta hospedeira, os quais são parcialmente absorvidos pela erva-de-passarinho ao parasitar a árvore. Assim, o aumento no índice SPAD na erva-de-passarinho pode apontar para uma adaptação, visando otimizar a eficiência fotossintética e compensar a redução de nutrientes na planta hospedeira.

Ao meio-dia, houve um aumento no potencial hídrico (pH) tanto para o cedro quanto para a erva-de-passarinho em comparação com os valores registrados pela manhã. Esse aumento no pH ao meio-dia pode estar associado a processos fisiológicos normais, como a fotossíntese, que frequentemente resultam em uma liberação de oxigênio e, conseqüentemente, em um aumento do potencial hídrico. Esta mudança no potencial hídrico ao longo do dia sugere uma dinâmica complexa nas respostas fisiológicas das plantas, em que o meio-dia representa um período em que ocorrem atividades metabólicas intensas. A variação mais acentuada na erva-de-

passarinho destaca a influência da infestação na fisiologia da planta durante esse período.

A matriz de correlação revela as relações entre as diferentes variáveis associadas às características das árvores de cedro e da erva-de-passarinho, conforme a tabela 8.

Tabela 8 – Correlação de Pearson entre as variáveis de pH e SPAD nas folhas de cedro-australiano

	pH cedro manhã	pH erva manhã	pH cedro meio-dia	pH erva meio-dia	SPAD CEDRO	SPAD ERVA
pH cedro manhã	1					
pH erva manhã	-0,1734*	1				
pH Cedro meio-dia	-0,0670	-0,2231**	1			
pH erva meio-dia	0,1445	0,6020**	-0,0606	1		
SPAD CEDRO	-0,0975	0,0309	0,0530	-0,0406	1	
SPAD ERVA	0,2176**	0,6420**	-0,1933*	0,8018**	0,1740	1

Fonte: Autora

Em que: pH – Potencial hídrico; SPAD – Índice de coloração verde da folha da árvore; SPADERVA – Índice de coloração verde da folha do hemiparasita

O pH da árvore de cedro pela manhã não apresenta uma correlação significativa com as outras variáveis, indicando uma independência em relação aos demais parâmetros. No entanto, o pH da erva-de-passarinho pela manhã mostra uma correlação negativa leve com o pH da árvore de cedro pela manhã, sugerindo que um aumento no pH da erva-de-passarinho está associado a uma diminuição leve no pH da árvore.

O pH do cedro ao meio-dia não exibe correlação significativa com o pH da erva-de-passarinho ao meio-dia. Isso indica uma relativa independência entre os níveis de pH da árvore e da erva-de-passarinho nesse momento específico. Por outro lado, o pH da erva-de-passarinho ao meio-dia demonstra uma correlação positiva significativa com o pH da árvore ao meio-dia. Essa relação sugere que um aumento no pH da erva-de-passarinho ao meio-dia pode estar associado a um aumento correspondente no pH da árvore ao meio-dia.

Constatou-se, ainda, que o índice SPAD da árvore não apresenta correlações significativas com os pHs da árvore ou da erva-de-passarinho. Por sua vez, o índice

SPAD da erva-de-passarinho mostra correlações significativas com os pHs da árvore e da erva-de-passarinho. A forte correlação positiva com o pH da árvore ao meio-dia indica que um aumento no índice SPAD da erva-de-passarinho está associado a um aumento no pH da árvore ao meio-dia.

Tabela 9 – Medidas do potencial hídrico e SPAD nas folhas do mogno-brasileiro

MÉDIAS	pH mogno manhã	pH mogno meio-dia	SPAD MOGNO
Árvores 1 a 5	7,41 a	19,83 a	45,71 a
Árvore 6 a 10	7,50 a	25,83 a	51,80 a
Árvore 11 a 15	7,41 a	20,00 a	46,06 a
Árvore 16 a 20	7,53 a	23,25 a	50,82 a

* Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na coluna não diferem entre si pelo teste t de Student a 5% de significância.

Fonte: Autora

Em que: Ph – Potencial hídrico; SPAD – Índice de coloração verde da folha da árvore

No que se refere ao pH do mogno pela manhã, todos os grupos exibem valores próximos, variando de 7,41 a 7,53, sem uma variação significativa entre as classes. Essa tendência é mantida ao meio-dia, com valores oscilando entre 19,83 e 25,83, indicando uma estabilidade nos níveis de pH ao longo do dia.

Quanto ao índice SPAD, uma medida da quantidade de clorofila nas folhas, observa-se variação mínima entre as árvores, com valores situados entre 45,71 e 51,80. Esse padrão sugere consistência na quantidade de clorofila nas folhas de mogno independentemente das árvores.

Os resultados obtidos apontam para uma consistência nos valores de pH e no índice SPAD ao longo das diferentes árvores de mogno, indicando uma relativa uniformidade nas condições analisadas. Não foram identificadas divergências significativas entre essas variáveis, sugerindo uma estabilidade nos parâmetros fisiológicos avaliados nas árvores de mogno. Por outro lado, ao considerar o cedro, observou-se uma variação mais acentuada e estatisticamente significativa à medida que o grau de infestação aumentava. Isto comprova que a presença da infestação de erva-de-passarinho exerce um impacto no potencial hídrico e no índice SPAD das folhas, especialmente no contexto das árvores de cedro.

A análise da matriz de correlação para as variáveis associadas ao mogno revela padrões interessantes, conforme a tabela 10.

Tabela 10 – Correlação de Pearson entre as variáveis de potencial hídrico e SPAD nas folhas do mogno-brasileiro

	pH mogno manhã	pH mogno meio-dia	SPAD Mogno
pH mogno manhã	1		
pH mogno meio-dia	-0,0240	1	
SPAD Mogno	0,2784	0,5007*	1

Fonte: Autora

Em que: pH – Potencial hídrico; SPAD – Índice de coloração verde da folha da árvore

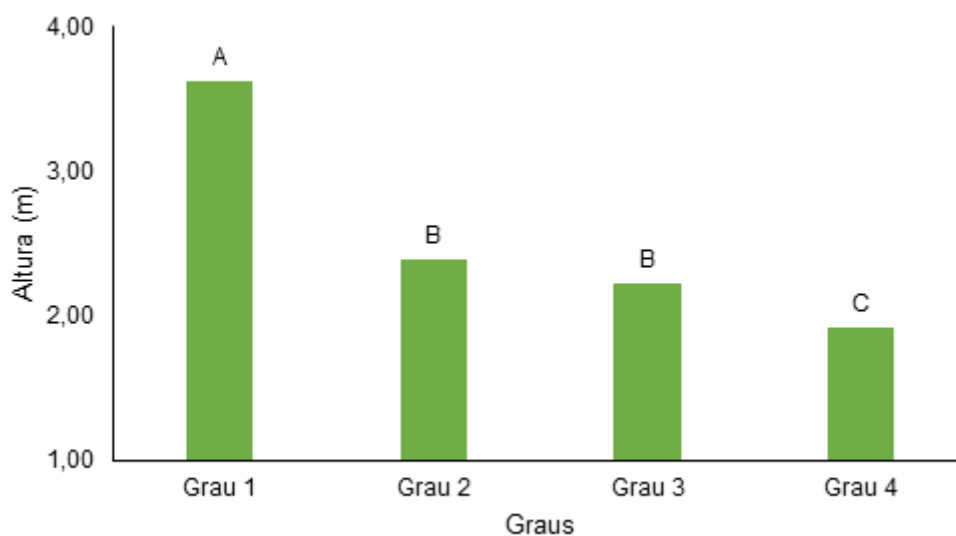
Não se observa uma correlação significativa entre o pH do mogno pela manhã e ao meio-dia, indicando que as variações nessas duas medições são relativamente independentes. No entanto, nota-se uma correlação positiva fraca (0,2784) entre o pH do mogno pela manhã e o índice SPAD do mogno, sugerindo que, em geral, um aumento no pH pela manhã está associado a um aumento leve no índice SPAD do mogno. Além disso, há uma correlação positiva moderada (0,5007) entre o pH do mogno ao meio-dia e o índice SPAD do mogno, indicando que um aumento no pH ao meio-dia está associado a um aumento mais substancial no índice SPAD do mogno.

6.3 Análise dos cafezais

A análise das médias de altura dos pés de café próximos às árvores de cedro-australiano em relação aos diferentes graus de infestação por erva-de-passarinho revelou um padrão claro de diminuição à medida que o grau de infestação aumentava. O gráfico de altura indica uma tendência decrescente, com o grau 1 apresentando a altura mais elevada, atingindo 3,62, e o grau 4 registrando a menor altura, com uma média de 1,92 (figura 16).

Figura 16 – Altura dos cafezais arborizados com cedro-australiano (*Toona ciliata* M. Roem. var. *australis* (F. Muell) Bahadur) com oito anos a partir do transplântio, com

infestação de *Struthanthus flexicaulis* (Mart.) Mart. Águas Vermelhas, Minas Gerais, 2022



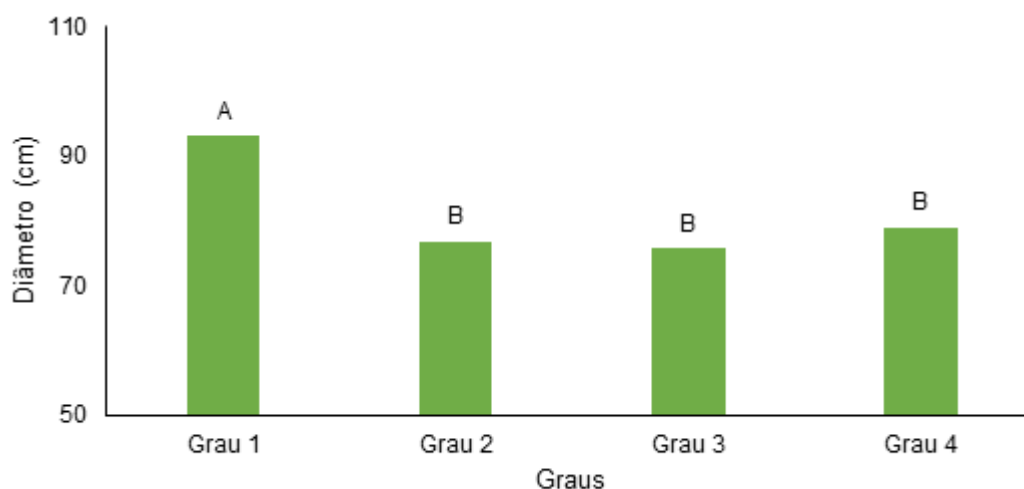
* Médias seguidas pelas mesmas letras nas barras não diferem entre si pelo teste t de Student a 5% de significância.

Fonte: Autora

Da mesma forma, o gráfico de diâmetro dos pés de cafés próximo às árvores de cedro-australiano evidencia uma diminuição significativa no diâmetro dos pés de café à medida que o grau de infestação aumenta. O grau 1 exibiu o maior diâmetro, alcançando 93,04, enquanto o grau 4 registrou a menor média de diâmetro, com 78,98 (figura 17).

Figura 17 – Diâmetro dos cafezais arborizados com cedro-australiano (*Toona ciliata* M. Roem. var. *australis* (F. Muell) Bahadur) com oito anos a partir do transplântio,

com infestação de *Struthanthus flexicaulis* (Mart.) Mart. Águas Vermelhas, Minas Gerais, 2022



* Médias seguidas pelas mesmas letras nas barras não diferem entre si pelo teste t de Student a 5% de significância.

Fonte: Autora

Esses resultados destacam a correlação negativa entre a infestação por erva-de-passarinho e o desenvolvimento tanto em altura quanto em diâmetro dos cafezais, indicando um impacto adverso dessa relação parasitária sobre as plantas de café próximas às árvores de cedro. O teste t de Student para médias independentes indicou que essas diferenças são estatisticamente significativas. À medida que o grau de infestação aumenta, tanto a altura quanto o diâmetro dos pés de café diminuem, sugerindo uma correlação negativa entre a presença da erva-de-passarinho e o desenvolvimento dessas plantas.

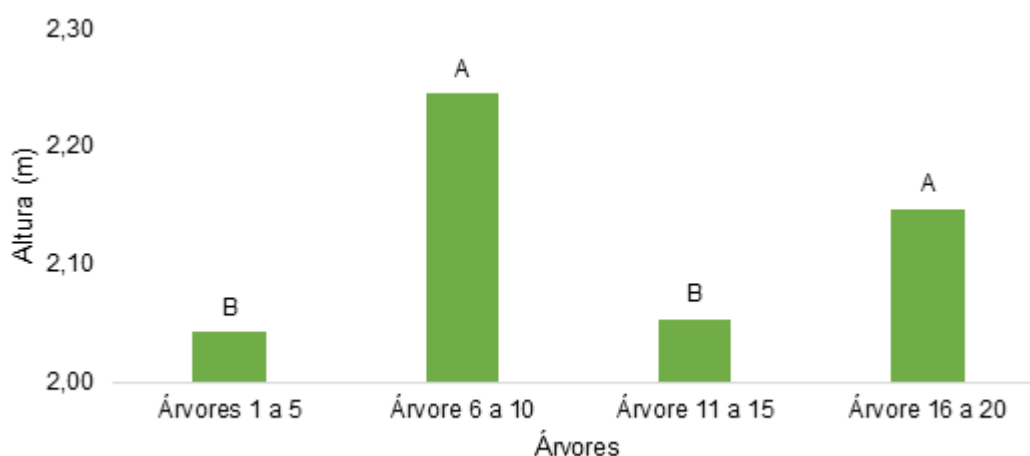
Esses resultados apontam para uma interferência significativa da erva-de-passarinho nos cafezais arborizados, prejudicando a sobrevivência e o crescimento dos pés de café. O fato de as médias diminuírem conforme o grau de infestação aumenta sugere que a presença da planta parasita nas árvores de cedro-australiano tem um impacto direto nos cafezais, possivelmente competindo por recursos e afetando as condições do ambiente. Conforme Matiello (2014), a presença da erva-de-passarinho resulta em prejuízos para o cafeeiro, enfraquecendo-o e, eventualmente, levando-o à morte, pois, nas árvores próximas aos cafezais, os pássaros se alimentam dos frutos, transportando as sementes para as lavouras de café, cobrindo a copa e as folhas do cafeeiro, o que reduz a sua capacidade

fotossintética. Isso ressalta a importância de abordar não apenas o efeito direto das infestações de erva-de-passarinho nas árvores hospedeiras, mas também de considerar as consequências para outras plantas próximas, como os cafezais.

As médias de altura e de diâmetro dos cafés próximos às árvores de mogno apresentam uma tendência interessante. O gráfico de altura revela que as árvores 6 a 10 exibem a maior média, indicando que, nesse intervalo, os cafezais atingiram uma altura superior. Por outro lado, as árvores 1 a 5 e 11 a 15 apresentaram médias menores, sugerindo uma estatura mais modesta para os cafezais nessas áreas (figura 18).

Figura 18 – Altura dos cafezais arborizados por mogno-brasileiro (*Swietenia macrophylla* King) com oito anos a partir do transplântio, em cafezais arborizados.

Águas Vermelhas, Minas Gerais, 2022



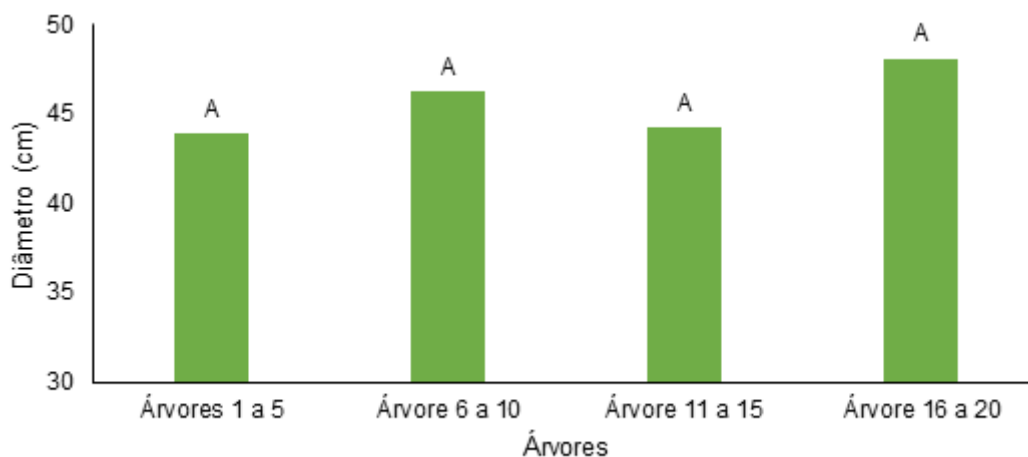
* Médias seguidas pelas mesmas letras nas barras não diferem entre si pelo teste t de Student a 5% de significância.

Fonte: Autora

No gráfico de diâmetro, observa-se uma uniformidade nas médias, indicando que o diâmetro das plantas de café próximo às árvores de mogno mantém-se consistente em todas as classes (figura 19).

Figura 19 – Diâmetro dos cafezais arborizados por mogno-brasileiro (*Swietenia macrophylla* King) com oito anos a partir do transplântio, em cafezais arborizados.

Águas Vermelhas, Minas Gerais, 2022



* Médias seguidas pelas mesmas letras nas barras não diferem entre si pelo teste t de Student a 5% de significância.

Fonte: Autora

Esses resultados contrastam com aqueles obtidos nas proximidades das árvores de cedro-australiano infestadas por erva-de-passarinho. A uniformidade nas médias de altura e diâmetro sugere que as plantas de café próximas ao mogno não estão sujeitas aos efeitos negativos do hemiparasita. A ausência de erva-de-passarinho nas árvores de mogno pode ser um fator determinante, permitindo um desenvolvimento mais regular dos cafezais, sem as interferências que são observadas nas proximidades das árvores de cedro australiano.

6.4 Caracterização quantitativa

A partir da análise das características de morfometrias do cedro australiano, foram verificados maiores valores de altura total (H) e altura do fuste (HF) para as árvores com menor grau de infestação 1 e 2 (0 a 50% de infestação) em relação às árvores consideradas mortas (índices de infestação 5 e 6). Este fato não foi verificado quando foram analisados o DAP e o DC, que se mantiveram semelhantes ao nível 1 de infestação (0 a 25% de infestação). Para todas as características morfométricas analisadas não houve diferença entre as árvores consideradas mortas com e sem presença de ervas de passarinhos funcionais. H não foi afetada quando se avaliou o

grau de interação entre o cedro australiano em estado funcional e as ervas de passarinho (índices 1 a 4) foi analisado. Para o gradiente de infestação, nas classes 1 a 4, maior valor de HF, DAP e DC foi verificado para o nível 2 (25 a 50% de infestação) quando comparado ao nível 4 (75 a 100% de infestação).

Para o presente estudo, foi verificado que a altura total e a altura do fuste das plantas foi, em média, 3,1m e 1,0m maior respectivamente, para as árvores com infestação menor que 50%, em relação às consideradas não funcionais (índices 5 e 6) (Figura 12). A erva de passarinho é considerada uma praga no cultivo do cedro australiano (Oliveira et al., 2019) e a infestação pode afetar a arquitetura das árvores, interferindo potencialmente no seu vigor, proliferando-se com facilidade (Rota et al., 2005). Aukema (2003 *apud* Wildner, 2023) relata que a presença da erva-de-passarinho pode afetar o desenvolvimento estrutural das árvores hospedeiras, reduzindo a altura do fuste, como verificado no presente estudo. Esse efeito negativo pode comprometer a qualidade da madeira das árvores afetadas, tornando-a menos adequada para uso comercial.

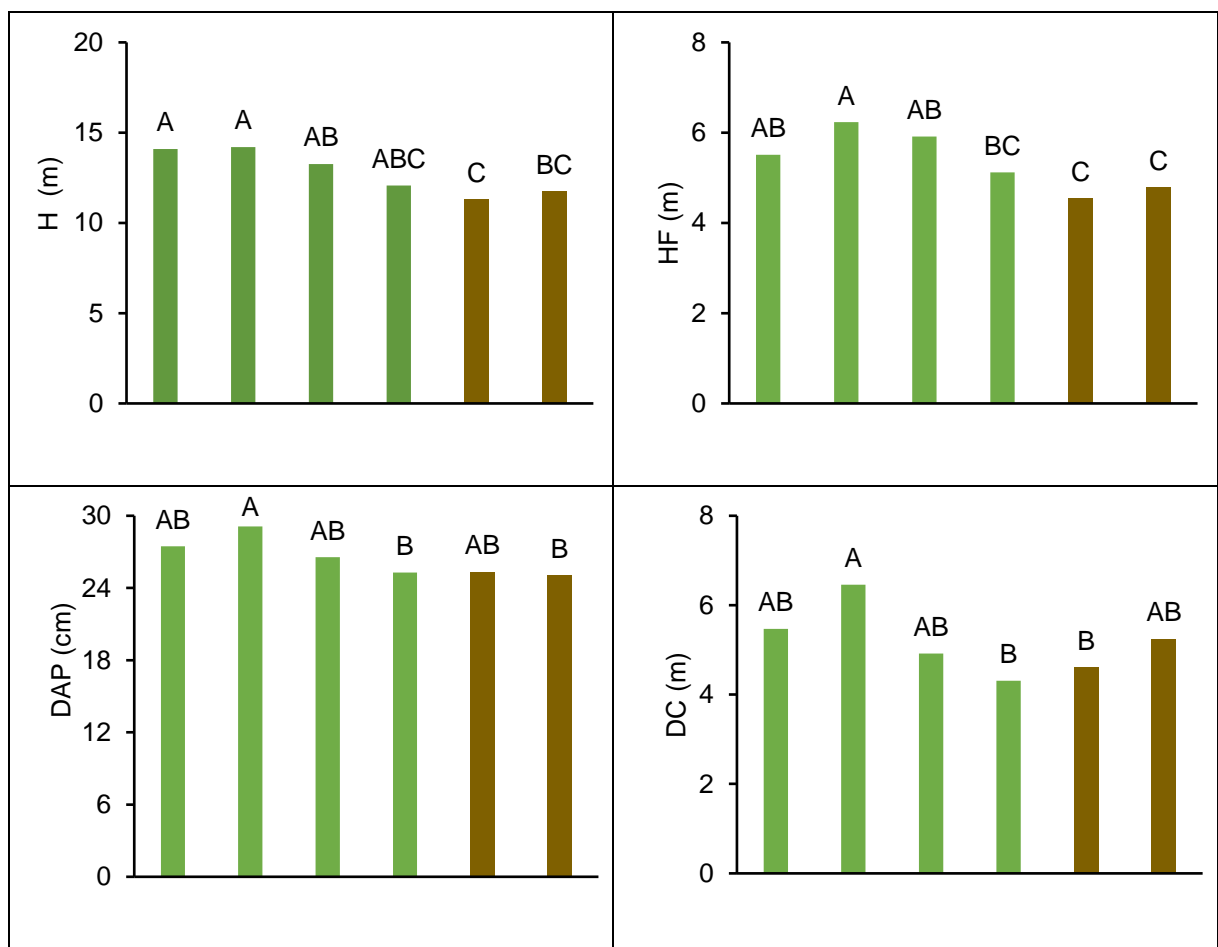
A análise do DC deve ser considerados dois aspectos: a preferência da parasita por copas abertas e o efeito da planta parasita reduzindo o vigor da planta. O maior DC em plantas com 25 a 50% de infestação em relação ao nível um (0 – 25%) poderia estar relacionado a ocorrência de copas mais abertas. Plantas com copas contíguas, com ramos no interior da copa auto sombreados são menos susceptíveis à infestação por ervas de passarinho. Em pomares de macadâmias é frequente a realização de podas para aumentar os níveis de radiância em toda a copa visando a maior produtividade. Entretanto, as sementes das ervas de passarinho têm maior possibilidade de germinar e se estabelecer em árvores com copas mais abertas (Watson, 2019). O efeito do microclima com maior luminosidade, temperatura e disponibilidade de água afetam positivamente as ervas de passarinho, resultando em rápido crescimento, maior tempo de florescimento e maior produção de frutos, quando situadas na periferia em relação àquelas que habitam locais mais interiores de florestas (Taylor e Burns, 2016).

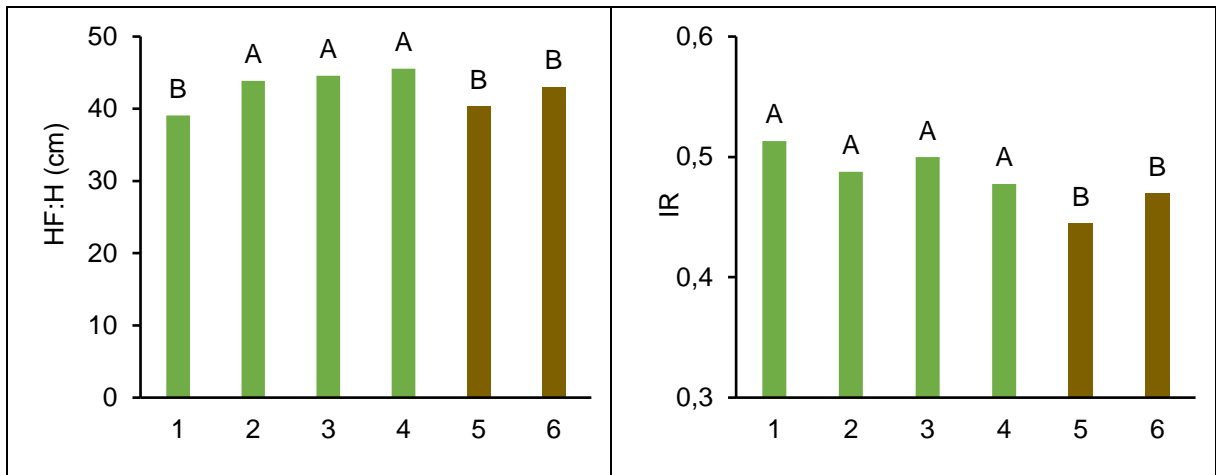
Menores DC em índices de infestação maiores que 50% podem estar associados ao efeito das plantas parasitas, reduzindo o vigor de crescimento das copas de plantas funcionais. Os valores de DC em plantas não funcionais, principalmente as do nível 6, foram relacionados a maior infestação de plantas com

copas mais abertas (diâmetro maior), ocorrência intensa infestação, resultando em colapso das árvores.

Quando se analisa a proporção relativa entre altura do fuste e altura total da árvore (HF:H), verificou-se a ocorrência de maior valor para árvores com índice entre 25 a 100% de infestação em relação à arvores funcionais com menor índice (0 a 25% de infestação), bem como para árvores não funcionais.

Figura 20 – Altura (H), altura do fuste (HF), diâmetro do fuste a altura do peito (DAP) e diâmetro da copa (DC) de árvores de cedro australiano (*Toona ciliata* M. Roem. var. *australis* (F. Muell) Bahadur) com seis anos a partir do transplântio, estratificados por graus estabelecidos por escala de infestação de *Struthanthus flexicaulis* (Mart.) Mart. em cafezais arábica arborizados. Águas Vermelhas, Minas Gerais, 2022.





* Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas nas barras não diferem entre si pelo teste t de Student a 5% de significância.

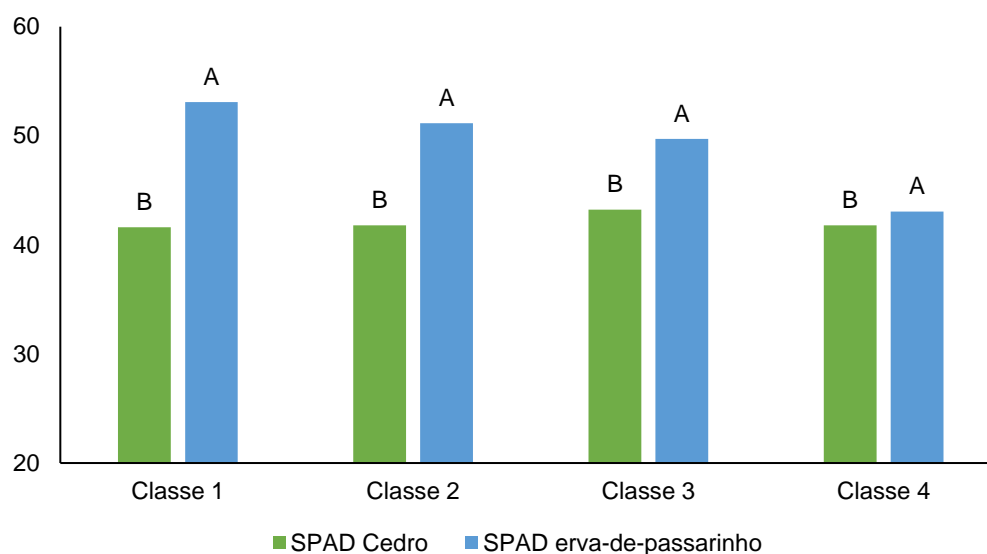
Fonte: Autora

Conforme relatado por Wildner (2023), a erva-de-passarinho fixa-se nos galhos e troncos da planta hospedeira, desenvolvendo-se vigorosamente e ocupando áreas específicas ou até mesmo a totalidade da copa.

No que diz respeito ao índice SPAD da folha da árvore de cedro, não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos. Essa constatação sugere que a infestação de ervas-de-passarinho pode não afetar de maneira significativa a quantidade de clorofila nas folhas da árvore de cedro. No entanto, ao comparar a folha de cedro com a folha da erva-de-passarinho, diferenças significativas foram identificadas (figura 21).

Figura 21 – Índice SPAD da árvore de cedro australiano (*Toona ciliata* M. Roem. var. *australis* (F. Muell) Bahadur) e da *Struthanthus flexicaulis* (Mart.) Mart. encontrada em

cada árvore estratificada por graus estabelecidos por escala de infestação em cafezais arborizados. Águas Vermelhas, Minas Gerais, 2022.



* Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas nas barras não diferem entre si pelo teste t de Student a 5% de significância.

Fonte: Autora

O maior nível de coloração verde na folha da erva-de-passarinho indica que a planta parasita utiliza os nutrientes da árvore hospedeira de maneira eficiente para sua sobrevivência. Conforme Azevedo (2020), essas parasitas podem exercer impactos negativos nos processos fisiológicos da planta hospedeira, interferindo no equilíbrio hídrico e nutricional e reduzindo as taxas de fotossíntese e respiração, uma vez que extraem nutrientes por meio de haustórios.

Após esses testes, foi realizada a correlação de Pearson entre as variáveis circunferência a altura do peito (CAP); altura total das árvores (H); diâmetro da copa das árvores (DC); altura do fuste da árvore (HF); índice de coloração verde (SPAD) da folha do cedro-australiano; e índice de coloração verde da folha da erva-de-passarinho (SPADERVA) em cada um dos graus. Esses resultados estão apresentados na próxima seção.

6.5 Correlação de Pearson para cada uma das classes

Os resultados da análise de correlação entre as variáveis fornecem informações valiosas sobre as relações entre diferentes características das plantas

estudadas. A interpretação dessas correlações é essencial para compreender a interdependência entre os diversos parâmetros avaliados.

Tabela 11 – Matriz de correlação de Pearson para o grau 1 nas árvores de cedro australiano (*Toona ciliata* M. Roem. var. *australis* (F. Muell) Bahadur) com oito anos a partir do transplântio, com infestação de *Struthanthus flexicaulis* (Mart.) Mart. em cafezais arborizados. Águas Vermelhas, Minas Gerais, 2022.

Variáveis	CAP	H	DC	HF	SPAD	SPADERVA
CAP	1					
H	0,6392**	1				
DC	0,8544**	0,6681**	1			
HF	0,2406*	0,4064*	0,2493	1		
SPAD	0,6530**	0,2397	0,3121	-0,3338*	1	
SPADERVA	-0,1479	-0,5310**	-0,1021	-0,1977	-0,0528	1

** Significativo a 1%

*Significativo a 5%

Fonte: Autora

Em que: CAP – circunferência a altura do peito; H – altura total das árvores; DC – diâmetro da copa das árvores; HF – altura do fuste da árvore; SPAD – índice de coloração verde da folha do cedro-australiano; SPADERVA – índice de coloração verde da folha da erva-de-passarinho.

No primeiro grau, em que a infestação é de 0 a 25%, a circunferência do tronco (CAP) e a altura (H) exibem uma correlação positiva, indicando que um tronco mais robusto pode contribuir para o desenvolvimento em altura das árvores. Esse fenômeno sugere que a estabilidade proporcionada por um tronco mais largo pode influenciar positivamente o crescimento vertical da árvore.

Constatou-se, também, que há uma correlação forte e positiva entre a circunferência do tronco (CAP) e o diâmetro da copa (DC), destacando que árvores com troncos mais espessos tendem a ter copas mais amplas. Esse padrão estrutural é crucial para compreender o desenvolvimento arquitetônico das árvores, especialmente em estudos relacionados à distribuição espacial na floresta.

A correlação positiva entre altura (H) e diâmetro da copa (DC) sugere que árvores mais altas tendem a ter copas mais amplas, o que pode influenciar a distribuição espacial das árvores no ambiente. Essa relação tem implicações importantes para estudos de ecologia florestal.

A correlação negativa entre altura (H) e medida de clorofila da erva-de-passarinho (SPADERVA) sugere que árvores mais altas podem ter menor concentração de clorofila na erva-de-passarinho. Isso levanta a possibilidade de que a altura das árvores influencia na eficiência fotossintética da erva-de-passarinho, revelando uma complexidade nas interações.

A correlação positiva entre a circunferência do tronco (CAP) e a medida de clorofila (SPAD) sugere uma associação entre o tamanho do tronco e a atividade fotossintética, indicando que árvores com troncos maiores podem ter uma maior produção de clorofila.

Além disso, a correlação negativa entre a altura do fuste (HF) e a medida de clorofila para erva-de-passarinho (SPADERVA) sugere que plantas com formas mais compactas podem ter uma maior concentração de clorofila na erva-de-passarinho. Isso indica uma possível relação entre a morfologia da árvore e a eficiência de parasitismo da erva-de-passarinho. Essas correlações enriquecem a compreensão das dinâmicas complexas presentes nesse ecossistema.

Tabela 12 – Matriz de correlação de Pearson para o grau 2 nas árvores de cedro-australiano (*Toona ciliata* M. Roem. var. *australis* (F. Muell) Bahadur) com oito anos a partir do transplântio, com infestação de *Struthanthus flexicaulis* (Mart.) Mart. em cafezais arborizados. Águas Vermelhas, Minas Gerais, 2022.

Variáveis	CAP	H	DC	HF	SPAD	SPADERVA
CAP	1					
H	-0,467**	1				
DC	0,637**	-0,531*	1			
HF	-0,223	0,228	0,126	1		
SPAD	-0,107	0,120	-0,187	-0,262	1	
SPADERVA	0,219	0,158	0,412*	0,594*	-0,590*	1

** Significativo a 1%

*Significativo a 5%

Fonte: Autora

Em que: CAP – circunferência a altura do peito; H – altura total das árvores; DC – diâmetro da copa das árvores; HF – altura do fuste da árvore; SPAD – índice de coloração verde da folha do cedro-australiano; SPADERVA – índice de coloração verde da folha da erva-de-passarinho.

No grau 2, a circunferência do tronco (CAP) revela uma correlação positiva com o diâmetro da copa (DC), indicando que árvores com maior circunferência do tronco tendem a apresentar uma copa mais ampla, evidenciando uma relação estrutural consistente entre essas duas características.

A altura da planta (H) mostra correlações negativas tanto com a CAP quanto com o DC, sugerindo que árvores mais altas tendem a ter menor circunferência do tronco e diâmetro da copa. Esses resultados indicam a possível relação entre a altura da árvore e a largura da copa, visto que o aumento em uma característica pode estar associado a uma diminuição na outra.

O diâmetro da copa (DC) apresenta correlação positiva com a CAP, indicando que árvores com maior circunferência do tronco tendem a ter uma copa mais larga. Entretanto, a correlação negativa com a altura (H) sugere que árvores mais altas podem ter uma copa mais estreita.

Quanto à altura do fuste da árvore (HF), a correlação negativa com a CAP sugere que, à medida que a circunferência do tronco aumenta, a altura do fuste tende a diminuir. A correlação positiva com o SPADERVA sugere uma possível relação entre a altura do fuste e a atividade fotossintética da erva-de-passarinho, indicando complexidades nas interações entre essas variáveis.

O índice SPAD apresenta correlação negativa com o SPADERVA, demonstrando uma relação inversa entre a quantidade de clorofila, representada pelo SPAD, e a atividade fotossintética da erva-de-passarinho, representada pelo SPADERVA. Essas correlações contribuem para uma compreensão mais abrangente das complexas relações entre as características estudadas nas árvores.

Tabela 13 – Matriz de correlação de Pearson para o grau 3 nas árvores de cedro-australiano (*Toona ciliata* M. Roem. var. *australis* (F. Muell) Bahadur) com oito anos a partir do transplântio, com infestação de *Struthanthus flexicaulis* (Mart.) Mart. em cafezais arborizados. Águas Vermelhas, Minas Gerais, 2022.

Variáveis	CAP	H	DC	HF	SPAD	SPADERVA
CAP	1					
H	0,448**	1				
DC	0,375*	0,056	1			
HF	-0,449**	0,347*	-0,232	1		
SPAD	-0,114	0,200	-0,580*	0,350	1	
SPADERVA	0,234	-0,166	0,275	-0,618**	-0,331	1

** Significativo a 1%

*Significativo a 5%

Fonte: Autora

Em que: CAP – circunferência a altura do peito; H – altura total das árvores; DC – diâmetro da copa das árvores; HF – altura do fuste da árvore; SPAD – índice de coloração verde da folha do cedro-australiano; SPADERVA – índice de coloração verde da folha da erva-de-passarinho.

No terceiro grau de infestação, a circunferência do tronco (CAP) apresenta uma correlação positiva, indicando que árvores com maior circunferência tendem a ter um diâmetro da copa e altura superiores. Por outro lado, a correlação negativa sugere que um aumento na circunferência do tronco está associado a uma diminuição no número de folhas.

A altura (H) exibe uma correlação positiva moderada, sugerindo que árvores mais altas tendem a apresentar um maior diâmetro da copa e altura do fuste. Além disso, a correlação positiva indica uma possível associação entre a altura das árvores e a densidade de clorofila nas folhas.

O diâmetro da copa (DC) revela uma correlação positiva, indicando que árvores com maior circunferência do tronco e altura tendem a ter uma copa mais ampla. Contrariamente, a correlação negativa sugere que um aumento no diâmetro da copa está associado a uma diminuição na densidade de clorofila nas folhas.

Quanto à altura do fuste (HF), a correlação negativa sugere que um aumento na circunferência do tronco está relacionado a uma diminuição na altura do fuste da árvore. No entanto, a correlação positiva entre a altura do fuste e o SPADERVA sugere

uma possível relação entre a altura do fuste e a atividade fotossintética da erva-de-passarinho.

Os índices SPAD e SPADERVA apresentam correlações significativas. A correlação negativa com o diâmetro da copa indica que, à medida que a copa aumenta, a densidade de clorofila nas folhas diminui. SPADERVA mostra correlação negativa com CAP e correlação positiva com DC, indicando que árvores com maior circunferência tendem a ter menor densidade específica de área foliar. Essas correlações fornecem uma visão abrangente das complexas interações entre as características estudadas nas árvores.

Tabela 14 – Matriz de correlação de Pearson para o grau 4 nas árvores de cedro-australiano (*Toona ciliata* M. Roem. var. *australis* (F. Muell) Bahadur) com oito anos a partir do transplântio, com infestação de *Struthanthus flexicaulis* (Mart.) Mart. em cafezais arborizados. Águas Vermelhas, Minas Gerais, 2022.

Variáveis	CAP	H	DC	HF	SPAD	SPADERVA
CAP	1					
H	0,388*	1				
DC	-0,206	-0,005	1			
HF	-0,002	0,773**	-0,033	1		
SPAD	-0,478	-0,063	0,663*	-0,171	1	
SPADERVA	-0,199	0,028	0,378*	-0,031	0,576*	1

** Significativo a 1%

*Significativo a 5%

Fonte: Autora

Em que: CAP – circunferência a altura do peito; H – altura total das árvores; DC – diâmetro da copa das árvores; HF – altura do fuste da árvore; SPAD – índice de coloração verde da folha do cedro-australiano; SPADERVA – índice de coloração verde da folha da erva-de-passarinho.

No grau 4, a circunferência do tronco (CAP) apresenta uma correlação negativa, indicando que, à medida que o tronco se alarga, a densidade de clorofila nas folhas (SPAD) e a densidade específica de área foliar (SPADERVA) tendem a diminuir. Esse padrão sugere que árvores com troncos mais largos podem exibir características foliares distintas, como menor densidade de clorofila e menor densidade específica de área foliar.

A altura da planta (H) revela uma forte correlação com a altura do fuste (HF), sugerindo que, à medida que a altura da planta aumenta, a altura do fuste também tende a crescer. Essa relação destaca a importância da compreensão da estrutura vertical no desenvolvimento das árvores.

No caso do diâmetro da copa (DC), a correlação positiva com os índices SPAD e SPADERVA indica que árvores com maior diâmetro de copa tendem a apresentar maior densidade de clorofila nas folhas e maior densidade específica de área foliar. Isso evidencia a relevância do diâmetro da copa na variabilidade da estrutura foliar.

A altura do fuste da árvore (HF) revela uma correlação significativa com a altura (H), indicando que, à medida que a altura da planta aumenta, a altura do fuste da árvore também tende a aumentar, destacando a coerência nas dimensões estruturais da árvore.

Os índices SPAD e SPADERVA, por sua vez, mostram correlação negativa com CAP e DC, indicando que árvores com maior circunferência e diâmetro de copa tendem a ter menor densidade de clorofila nas folhas. SPADERVA apresenta uma correlação negativa com CAP e uma correlação positiva com DC, indicando que árvores com maior circunferência tendem a ter menor densidade específica de área foliar, enquanto plantas com maior diâmetro de copa tendem a ter maior densidade específica de área foliar. Essas relações fornecem informações valiosas sobre as complexidades das interações entre as características das árvores estudadas.

Tabela 15 – Matriz de correlação de Pearson para o grau 5 nas árvores de cedro-australiano (*Toona ciliata* M. Roem. var. *australis* (F. Muell) Bahadur) com oito anos a partir do transplântio, com infestação de *Struthanthus flexicaulis* (Mart.) Mart. em cafezais arborizados. Águas Vermelhas, Minas Gerais, 2022.

Variáveis	CAP	H	DC	HF
CAP	1			
H	0,272	1		
DC	0,776*	0,540	1	
HF	-0,424	0,322	-0,176	1

** Significativo a 1%

*Significativo a 5%

Fonte: Autora

Em que: CAP – circunferência a altura do peito; H – altura total das árvores; DC – diâmetro da copa das árvores; HF – altura do fuste da árvore; SPAD – índice de coloração verde da folha do cedro-australiano; SPADERVA – índice de coloração verde da folha da erva-de-passarinho.

A análise das correlações na classe 5 revela padrões significativos nas características estruturais das árvores estudadas. A circunferência do tronco (CAP) apresenta uma forte correlação positiva com o diâmetro da copa (DC), indicando que à medida que o tronco se torna mais largo, a expansão da copa também aumenta. Essa relação estrutural é crucial para compreender como árvores com troncos mais largos podem influenciar a configuração espacial de suas copas.

A altura da planta (H) está positivamente correlacionada com o diâmetro da copa (DC), sugerindo que árvores mais altas tendem a ter um maior diâmetro da copa. Essa associação destaca a interdependência entre a altura da planta e as dimensões horizontais da copa, indicando que o crescimento vertical pode influenciar diretamente a largura da copa.

O diâmetro da copa (DC) mostra correlações positivas tanto com a circunferência do tronco (CAP) quanto com a altura da planta (H). Isso indica que plantas com troncos mais largos tendem a ter uma copa mais ampla, e plantas mais altas também tendem a apresentar um diâmetro da copa maior. Essa relação conjunta

ressalta a complexidade na estruturação arbórea, onde diferentes dimensões estão inter-relacionadas.

A altura do fuste da árvore (HF) apresenta uma correlação negativa com a circunferência do tronco (CAP), sugerindo que, à medida que o tronco se torna mais largo, a altura do fuste tende a diminuir. Esse padrão pode indicar uma distribuição diferenciada de folhas ao longo do fuste, influenciando a estrutura vertical da árvore.

Tabela 16 – Matriz de correlação de Pearson para o grau 6 nas árvores de cedro-australiano (*Toona ciliata* M. Roem. var. *australis* (F. Muell) Bahadur) com oito anos a partir do transplante, com infestação de *Struthanthus flexicaulis* (Mart.) Mart. em cafezais arborizados. Águas Vermelhas, Minas Gerais, 2022.

Variáveis	CAP	H	DC	HF
CAP	1			
H	0,687**	1		
DC	-0,034	0,340	1	
HF	0,361	0,123	-0,010	1

** Significativo a 1%

*Significativo a 5%

Fonte: Autora

Em que: CAP – circunferência a altura do peito; H – altura total das árvores; DC – diâmetro da copa das árvores; HF – altura do fuste da árvore; SPAD – índice de coloração verde da folha do cedro-australiano; SPADERVA – índice de coloração verde da folha da erva-de-passarinho.

Na sexta e última classe de infestação de erva-de-passarinho, a circunferência do tronco (CAP) demonstra uma correlação positiva com a altura da planta (H), sugerindo que o aumento na circunferência do tronco está associado a um aumento na altura da planta. Além disso, a CAP também está positivamente correlacionada com a altura do fuste da árvore (HF), indicando que plantas com maior circunferência do tronco tendem a apresentar uma maior altura do fuste da árvore. A altura da planta (H) exibe correlações positivas tanto com a CAP quanto com o diâmetro da copa (DC), o que sugere que plantas mais altas tendem a ter uma maior circunferência do tronco

e um diâmetro da copa mais amplo. Essa interdependência realça a relação entre a altura da planta e suas dimensões horizontais.

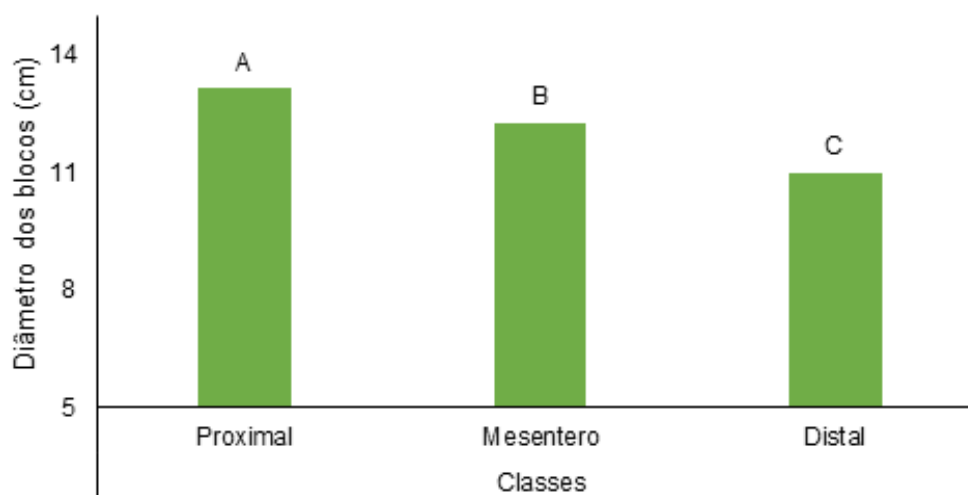
Por outro lado, o diâmetro da copa (DC) não demonstra uma forte correlação com nenhuma das outras variáveis, sugerindo que o diâmetro da copa pode variar independentemente de outras dimensões da árvore. A altura do fuste da árvore (HF) revela uma correlação positiva com a circunferência do tronco (CAP), indicando que o aumento na circunferência do tronco está associado a uma maior altura do fuste da árvore. Essa relação destaca uma uniformidade nas dimensões verticais da árvore, ressaltando a coerência estrutural.

Essas correlações evidenciam uma relação complexa entre as diferentes dimensões das árvores estudadas, destacando a importância de considerar não apenas a altura, mas também a circunferência do tronco, o diâmetro da copa e a altura do fuste da árvore na avaliação da estrutura arbórea.

6.6 Análise macroscópica de diâmetro e anéis de crescimento

Os resultados da análise laboratorial dos dados referentes ao diâmetro dos blocos coletados das diferentes classes revelaram diferenças significativas entre as partes proximal, mesentérico e distal dos galhos. Intrigantemente, a parte proximal, mais próxima ao tronco principal, apresentou um diâmetro significativamente maior em comparação com a parte do mesentérico, em que a infestação pela erva-de-passarinho é evidente, enquanto a parte distal exibiu o menor diâmetro. Essas variações indicam uma possível influência da infestação de erva-de-passarinho no desenvolvimento dos galhos, resultando em diferentes diâmetros ao longo das diferentes regiões do galho.

Figura 22 – Diâmetro dos blocos de árvores de cedro australiano (*Toona ciliata* M. Roem. var. *australis* (F. Muell) Bahadur) com oito anos a partir do transplante, estratificados por graus estabelecidos por escala de infestação de *Struthanthus flexicaulis* (Mart.) Mart. em cafezais arborizados. Águas Vermelhas, Minas Gerais, 2022



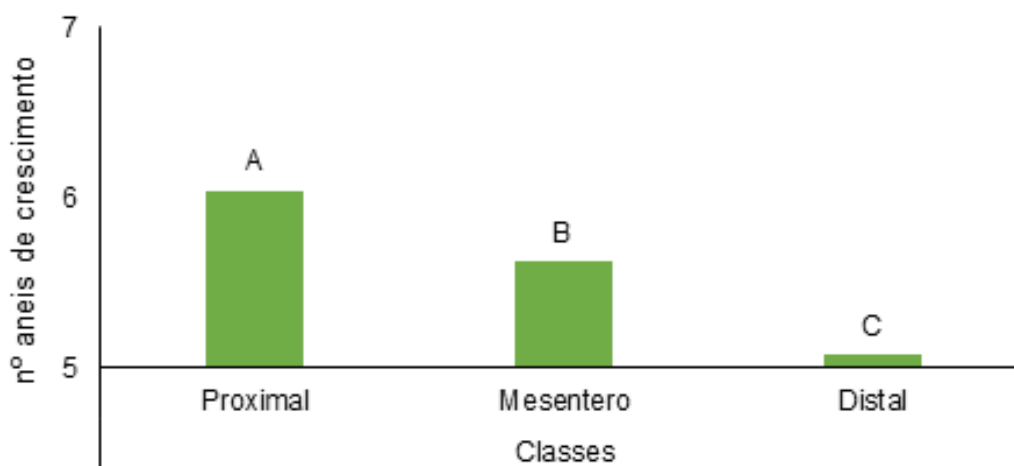
* Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas nas barras não diferem entre si pelo teste t de Student a 5% de significância.

Fonte: Autora

Esses resultados estão alinhados com as conclusões de Tennakoon e Pate (1996), que observaram que a presença da erva-de-passarinho nas regiões centrais dos ramos das plantas hospedeiras resulta na morte das porções distais ao longo do tempo de infestação. O visco age como a única fonte terminal de água e nutrientes, dependendo diretamente da planta hospedeira. Dessa forma, quando a planta hospedeira morre, a erva-de-passarinho tem uma interrupção no fornecimento de nutrientes.

Embora não tenham sido observadas diferenças significativas nas médias entre as classes, a persistência das discrepâncias entre as partes proximal, mesentérico e distal em todas as classes sugere uma uniformidade na resposta estrutural aos efeitos da infestação. Essa consistência pode ser atribuída à coleta seletiva dos galhos mais afetados em todas as classes, mantendo uma proporção semelhante de infestação por galho em cada classe.

Figura 23 – Anéis de crescimento de árvores de cedro australiano (*Toona ciliata* M. Roem. var. *australis* (F. Muell) Bahadur) com oito anos a partir do transplante, estratificados por graus estabelecidos por escala de infestação de *Struthanthus flexicaulis* (Mart.) Mart. em cafezais arborizados. Águas Vermelhas, Minas Gerais, 2022



* Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas nas barras não diferem entre si pelo teste t de Student a 5% de significância.

Fonte: Autora

Esse padrão, semelhante às observações de Tennakoon e Pate (1996), evidencia a influência direta do visgo na formação dos anéis de crescimento, com a parte proximal desenvolvendo anéis mais largos à medida que o visgo se expande, enquanto a parte distal apresenta anéis menores. Os autores ressaltam que anéis mais amplos na madeira proximal e anéis menores na distal indicam uma proporção significativa de madeira de seiva condutora na parte proximal do galho, corroborando descobertas anteriores sobre a condutividade específica. Mesmo em estágios iniciais com viscos pequenos, as regiões distais exibem uma redução no crescimento do anel em comparação com a madeira proximal, evidenciando o impacto precoce da infestação.

A constante acumulação desses impactos em galhos de diversos tamanhos na investigação reforça a resistência dessas relações, enfatizando a importância desses resultados na compreensão do impacto da infestação de erva-de-passarinho na saúde e na vitalidade das árvores, no desenvolvimento estrutural dos galhos, destacando diferenças no diâmetro e nos anéis de crescimento. A uniformidade dessas variações

entre as diferentes classes sugere uma resposta consistente das árvores aos efeitos da infestação.

Esses resultados são encorajadores para a saúde e o manejo da plantação de mogno, indicando que suas propriedades naturais podem contribuir para a redução do risco de infestações por erva-de-passarinho. Essa constatação é relevante para estratégias de manejo, conservação e seleção de espécies em plantações, reforçando a importância de entender as interações entre as árvores cultivadas e as possíveis ameaças da fauna circundante.

7 CONCLUSÃO

O presente estudo teve como objetivo principal a análise da infestação por erva-de-passarinho em um sistema agroflorestal que envolve café, cedro-australiano e mogno-brasileiro.

Inicialmente, foram identificadas as espécies presentes, destacando a erva-de-passarinho, identificada como *Struthanthus flexicaulis* (Mart.) Mart., o cedro-australiano (*Toona ciliata* M. Roem. var. *australis* (F. Muell) Bahadur), e o mogno-brasileiro (*Swietenia macrophylla* King).

A quantificação e a caracterização do grau de infestação revelaram padrões distintos nas árvores estudadas. Com base em Rotta (2001), adotou-se seis graus para categorizá-las: grau 1: infestação de menos de 25% da copa; grau 2: infestação de 25% a 50%; grau 3: infestação de 50% a 75% da copa; grau 4: infestação de 75% a 100% da copa; grau 5: Planta de cedro morta, mas com presença de erva-de-passarinho viva; e grau 6: planta de cedro morta pela erva-de-passarinho sem presença de erva viva.

No talão do cedro-australiano, no qual tinha presença da erva-de-passarinho, notou-se que quanto maior o grau de infestação, menores são a altura total (H), o diâmetro a altura do peito (DAP) e a altura do fuste (Hf). O diâmetro da copa (Dc) foi menor no grau 5, enquanto o grau 6 apresentou uma copa relativamente grande, devido ao volume expressivo de erva-de-passarinho presente nesta classe específica. Além disso, constatou-se que o índice SPAD foi maior na erva-de-passarinho do que na árvore hospedeira.

Ao explorar as relações entre a infestação nas árvores e nos cafezais, verificou-se que a proximidade de árvores infestadas impacta significativamente a altura e o diâmetro dos pés de café. Cafés próximos a árvores mais infestadas exibiram uma redução notável nessas métricas, enquanto aqueles próximos a árvores sem a infestação de erva-de-passarinho mantiveram uma estabilidade significativa.

Foi verificada maior susceptibilidade do cedro-australiano à erva de passarinho quando comparada ao mogno-brasileiro. A presença predominante da erva nas árvores localizadas na área de bordadura do talhão de cedro-australiano, em contraste com a ausência no talhão de mogno-brasileiro, sugere uma relação diferencial de resistência às infestações.

Diante dessas constatações, conclui-se que a infestação por erva-de-passarinho impacta significativamente as características estruturais das árvores e dos cafezais, com o cedro-australiano mostrando-se mais suscetível ao parasitismo. Essas descobertas têm implicações importantes para a gestão e planejamento de sistemas agroflorestais, apontando para a necessidade de estratégias específicas de manejo em áreas com presença significativa dessa hemiparasita.

REFERÊNCIAS

- ABADE, N. A. **Análise da dinâmica de expansão do eucalipto no município de Águas Vermelhas-MG entre 1993 e 2011**. 2011. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Geoprocessamento) – Universidade de Brasília, Brasília, 2011.
- ALBINO, V. C. D. S.; SÁ, V. A. D.; BUFALINO, L.; MENDES, L. M.; ALMEIDA, N. A. Avaliação das propriedades físico-mecânicas de painéis compensados de *Toona ciliata* M. Roem. var. *australis*. **Cerne**, Lavras, v. 17, p. 103-108, 2011.
- ALBUÊS, T. A. S.; MARIA, D. D. M. B.; MADI, J. P. S.; CALDEIRA, S. F.; SILVA, K. D. T. D. Grau de infestação e preferências de hemiparasitos na arborização urbana. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 47, p. 1-12, 2023.
- AMON, A. E.; SORO, D.; KOFFI, A. A.; ASSI, J.; TRAORE, D. The Loranthaceae (mistletoe) hemiparasites vascular trees and shrubs agroecosystems of the Sud-Comoé Region, dense evergreen forest area of Cote d'Ivoire. **International Journal of Plant Animal and Environmental Sciences**, [S. l.], v. 5, n. 3, p. 4-15, 2015.
- ARAÚJO, I. M. A.; OSÓRIO, S. Q.; HOLANDA, M. G. S. Plantas de importância econômica afetadas por ervas-de-passarinho no semiárido brasileiro. *In*: REUNIÃO ANUAL DA SBPC, 74., 2022, Brasília. **Anais [...]**. Brasília: SBPC/UNB, 2022. p. 1-4.
- ARAÚJO, I. M. A.; OSÓRIO, S. Q.; HOLANDA, M. G. S. Redistribuição de recursos por *Commiphora leptophloeos* (Burseraceae) em defesa contra infestação por *Psittacanthus* sp. (Loranthaceae). *In*: LEAL, I. R.; ALMEIDA-CORTEZ, J.; SANTOS, J. C. (ed.). **Ecologia da Caatinga: Curso de Campo 2008**. Recife: Editora Universitária - UFPE, 2008. p. 28-32.
- ARRUDA, R.; FADINI, R. F.; CARVALHO, L. N.; DEL-CLARO, K.; MOURÃO, F. A.; JACOBI, C. M.; DETTKE, G. A. Ecology of neotropical mistletoes: an important canopy-dwelling component of Brazilian ecosystems. **Acta Botanica Brasilica**, Belo Horizonte, v. 26, p. 264-274, 2012.
- AZEVEDO, J. M. L. **Morfometria e germinação de diásporos de *Passovia piryfolia* (Kunth) Tiegh, *Struthanthus marginatus* Desr. Blume e *Phoradendron mucronatum* (DC.) Krug & Urban**. 2020. Dissertação (Mestrado em Proteção de Plantas) – Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Proteção de Plantas, Universidade Federal de Alagoas, Rio Largo, 2020.
- BERGONCI, J. I.; BERGAMASCHI, H.; BERLATO, M. A.; SANTOS, A. O. Potencial da água na folha como um indicador de déficit hídrico em milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, p. 1531-1540, 2000.
- BOSCHETTI, A. C.; COELHO, C. C.; BINI, L. Á.; DE SOUSA CHAVECA, L. G.; REFOSCO, J. C. Distribuição espacial da infestação por hemiparasitas da família Loranthaceae na arborização viária de Blumenau-SC. **Terra Plural**, Ponta Grossa, v. 14, p. 1-14, 2020.
- de BUEN, L. L.; ORNELAS, J. F.; GARCÍA-FRANCO, J. G. Mistletoe infection of trees located at fragmented forest edges in the cloud forests of Central Veracruz,

Mexico. **Forest Ecology and Management**, [s. l.], v. 164, n. 1-3, p. 293-302, 2002. CARAMORI, P. H.; MORAIS, H.; ANDROCIOLI, A.; LEAL, A. C.; GORRETA, R.; CRUZ, R. F. R. Utilização de espécies intercalares no cafezal para proteção contra geadas: resultados e perspectivas. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Porto Alegre, v. 23, p. 11-13, 2004.

de CARVALHO, S. R.; DE HOLANDA, J. S.; PIO, N. S. Analysis of the physical properties of Mahogany (*Swietenia macrophylla* King) wood in a planted forest in Central Amazonia. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, Curitiba, v. 4, n. 2, p. 2749-2763, 2021. CAZETTA, E.; GALETTI, M. Frugivoria e especificidade por hospedeiros na erva-de-passarinho *Phoradendron rubrum* (L.) Griseb. (Viscaceae). **Brazilian Journal of Botany**, São Paulo, v. 30, p. 345-351, 2007.

FADINI, R. F. Não-sobreposição de hospedeiros utilizados por três espécies de ervas-de-passarinho lorantáceas congêneres e simpátricas em uma savana Amazônica: generalização pelo hospedeiro à extrema especialização. **Acta Botânica Brasilica**, Belo Horizonte, v. 25, p. 337-345, 2011.

GLASS, S. V.; ZELINKA, S. L. Moisture relations and physical properties of wood. In: FOREST PRODUCTS LABORATORY [FPL]. **Wood Handbook: wood as an engineering material**. Madison: FPL/USDA, 2010. p. 80-98.

GOMES, L. C.; CARDOSO, I. M. Papel da agricultura familiar no sequestro de carbono e na adaptação às mudanças climáticas. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 73, n. 1, p. 40-43, 2021.

GRIEBEL, A.; WATSON, D.; & PENDALL, E. Mistletoe, friend and foe: synthesizing ecosystem implications of mistletoe infection. **Environmental Research Letters**, Basel, v. 12, n. 11, p. 1-9, 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA [IBGE]. **Águas Vermelhas**. In: IBGE. Brasília, 2022. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/aguas-vermelhas/panorama>. Acesso em: 9 maio 2023.

LAZARINI, R. Plantas que atraem pássaros. **Educação Ambiental em Ação**, [S. l.], n. 41, n.4. 2012.

LEAL, L.; BUJOKAS, W. M.; BIONDI, D. Análise da infestação de erva-de-passarinho na arborização de ruas de Curitiba, PR. **Floresta**, Curitiba, v. 36, n. 3, p. 323-330, . 2006.

MACHADO, A. H. R.; PUJA, J. D.; MENEZES, K. C.; MACHADO, W. A cultura do café (*Coffea arabica*) em sistema agroflorestal. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, Curitiba, v. 3, n. 3, p. 1357-1369, 2020.

MATIELLO, J. B. Erva de passarinho- *Struthantus flexicaulis*, problema na cafeicultura do planalto/chapada na Bahia e zona de montanha, no Espírito Santo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 40., 2014, Serra Negra. **Anais [...]**. Serra Negra: CBPC, 2014.

MATSUMOTO, S. N. **Arborização de cafezais no Brasil**. Vitória da Conquista: Edições UESB, 2004.

MELLONI, R.; BELLEZE, G.; PINTO, A. M. S.; DIAS, L. B. D. P.; SILVE, E. M.; MELLONI, E. G. P.; ALCÂNTARA, E. N. D. Métodos de controle de plantas daninhas e seus impactos na qualidade microbiana de solo sob cafeeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 37, n. 1, p. 66-75, 2013.

de MENEZES, M. O. T.; DE FREITAS BRAGA, D. V.; DE SOUSA, M. O.; DE ALMEIDA, J. M.; DE ALENCAR, P. L. R. Influência do substrato e do revestimento no desenvolvimento inicial da erva-de-passarinho *Struthanthus syringifolius* (Loranthaceae). **Conexões-Ciência e Tecnologia**, Fortaleza, v. 16, p. e022008-e022008, 2022.

MOURÃO, F. A. **Padrão de parasitismo de *Struthanthus flexicaulis* (Mart.) Mart. (Loranthaceae) e seus efeitos na comunidade vegetal de um campo rupestre sobre canga do Quadrilátero Ferrífero (MG)**. 2007. Dissertação (Mestrado em Ecologia) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007.

NAVROSKI, M. C.; DE OLIVEIRA PEREIRA, M.; BORSOI, G. A.; KALIL FILHO, A. N.; NASCIMENTO, B.; DA ROSA, D. P. Tolerância ao frio e características silviculturais do cedro-australiano no sul do Brasil. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 37, n. 89, p. 47–54, 2017.

NETO PINTO, J. N.; ALVARENGA, M. I. N.; CORRÊA, M. D. P.; OLIVEIRA, C. C. D.; N. P. Produção de café em um sistema agroflorestal, **Coffee Science**, Lavras, v. 9, n. 2, p. 187-195, 2014.

NICKRENT, D. L. Santalales (Including Mistletoes). *In*: WILEY ONLINE LIBRARY **Encyclopedia of Life Sciences**. [s. l.]: John Wiley and Sons, 2016.p. 5-20.

de OLIVEIRA, L. F. R., DOS SANTOS, P. H. R., SILVA, L. G., DE SOUSA CORREIA, L. P., LAFETÁ, B. O. **Meliaceae trees cultivated in Brazil**. **Applied Research and Agrotechnology**, [S.l.], v.12, n. 2, p.139-151. 2019.

OMAR, D. **Silvicultura sustentável: métodos e práticas**. Dourados: UFGD/FCA, 2014.

PREFEITURA MUNICIPAL DE ÁGUAS VERMELHAS. A cidade. *In*: **PREFEITURA MUNICIPAL DE ÁGUAS VERMELHAS**. Disponível em: <https://aguasvermelhas.mg.gov.br/cidade>. Acesso em: 9 maio 2023.

ROTTA, E. **Erva-de-passarinho (Loranthaceae) na arborização urbana: Passeio Público de Curitiba, um estudo de caso**. 2001. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2001.

ROTTA, E.; ARAÚJO, A. J.; OLIVEIRA, Y. M. M. **A infestação da vegetação arbórea do Passeio Público de Curitiba, Paraná, por erva-de-passarinho: um estudo de caso**. Colombo: Embrapa Florestas. 2006.

ROTTA, E.; OLIVEIRA, Y. M. M.; ARAÚJO, A. J.; INOUE, M. T. **Reconhecimento prático de cinco espécies de erva-de-passarinho na arborização de Curitiba, PR.** Colombo: Embrapa Florestas, 2005.

da SILVA, G. J.; ROMÃO, A. P. S.; BARRETO, P. C. C.; BARRETO, L. L.; ARAUJO, A. E. Desenvolvimento do café (*Coffea arabica* L.) sob sistema agroflorestal em brejo de altitude na região semiárida. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Porto Alegre. v. 18, n. 1, p. 112-128, 2023. TAYLOR, A., BURNS, K. (2016). Radial distributions of air plants: a comparison between epiphytes and mistletoes. **Ecology**, v.97, n.4, p.819-825.

TENNAKOON, K. U.; PATE, J. S. Effects of parasitism by a mistletoe on the structure and functioning of branches of its host. **Plant, Cell and Environment**, [S. l.], v. 19, n. 5, p. 517-528, 1996.

WATSON, D. . Reconnaissance and recommendations for mistletoe management in macadamia orchards. **Horticulture Innovation**, [S. l.], p.1-30.2018.

WAY, D. A. Commentary: Parasitic plants and forests: a climate change perspective. **Tree Physiology**, Oxford, v. 31, p. 1-2, 2011.

WILDNER, L. D. **Distribuição espacial de espécies de erva-de-passarinho em relação a árvore-mãe e fatores de influência:** um estudo de caso na cidade de Porto Alegre/RS. 2023. Monografia (Especialização em Arborização Urbana) – Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2023.

YIRGU, A. New Host Range for Parasitic Plants in Bonga and Yayu Natural Forests in Ethiopia. **Pest Management Journal of Ethiopia**, [S. l.], v. 17, p. 37-42, 2014.

ZARO, G. C.; CARAMORI, P. H.; WREGGE, M. S.; CALDANA, N. F. S.; VIRGENS FILHO, J. S.; MORAES, H.; JUNIOR, G. M. Y.; CARAMORI, D. C. Coffee crops adaptation to climate change in agroforestry systems with rubber trees in southern Brazil. **Scientia Agricola**, [S. l.], v. 80, 2023. p. 1-10. 2022.