

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”

FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS DO VALE DO RIBEIRA

CAMPUS DE REGISTRO

ESTIMATIVA DA ÁREA FOLIAR DO *Coffea canephora* Pierre

Trabalho Original De Pesquisa

HEBERT RODRIGUES DA SILVA

“Trabalho de Graduação apresentado a Faculdade de Ciências Agrárias do Vale do Ribeira, Câmpus de Registro- UNESP, para a obtenção do grau de Engenheiro Agrônomo”.

Registro/ SP

Julho de 2026

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”

FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS DO VALE DO RIBEIRA

CAMPUS DE REGISTRO

ESTIMATIVA DA ÁREA FOLIAR DO *Coffea canephora* Pierre

Trabalho Original De Pesquisa

HEBERT RODRIGUES DA SILVA

Orientador: Profa. Dra. Silvia Helena Modenese Gorla da Silva

Coorientador: Prof. Dr. Alex Mendonça de Carvalho

“Trabalho de Graduação apresentado a Faculdade de Ciências Agrárias do Vale do Ribeira, Câmpus de Registro- UNESP, para a obtenção do grau de Engenheiro Agrônomo”.

Registro/ SP

Julho de 2026

S586e Silva, Hebert Rodrigues da
Estimativa da área foliar Coffea canephora Pierre / Hebert Rodrigues da Silva. --
Registro, 2026
34 p.

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Engenharia Agrônômica) -
Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrárias do Vale do
Ribeira, Registro
Orientadora: Silvia Helena Modenese Gorla da Silva
Coorientador: Alex Mendonça de Carvalho

1. Processamento digital de imagens. 2. Equação de regressão. 3. Método não
destrutivo. I. Título.

CERTIFICADO

TRABALHO DE GRADUAÇÃO DO CURSO DE ENGENHARIA AGRONÔMICA

TÍTULO: "ESTIMATIVA DA ÁREA FOLIAR DO *Coffea canephora* Pierre"

ACADÊMICO: HEBERT RODRIGUES DA SILVA

ORIENTADORA: PROFA. DRA. SILVIA HELENA MODENESE GORLA DA SILVA

COORIENTADOR: PROF. DR. ALEX MENDONÇA DE CARVALHO

PERÍODO: 9º Semestre

5º Ano

Aprovado: ☒

Reprovado: ☐

COMISSÃO AVALIADORA:

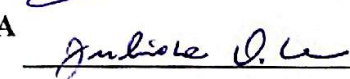
Presidente Profa. Dra. SILVIA HELENA MODENESE
GORLA DA SILVA

Membro Prof. Dr. ALEX MENDONÇA DE
CARVALHO

Membro Profa. Dra. JULIANA DOMINGUES LIMA

(Assinaturas)





Registro, 14 / 07 / 2026.

Dedico este trabalho, primeiramente, a Deus, que me conduziu em todos os passos até este presente momento e a minha família, minha base. Dedico também aos meus professores, amigos e colegas que, de alguma forma, contribuíram para a realização desse sonho.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus pela força e sabedoria concedidas ao longo desta jornada, guiando cada passo até esta conquista.

À minha família, pelo amor incondicional, apoio incansável e por serem meu alicerce nos momentos mais difíceis.

A Profa. Dra. Silvia Helena Modenese Gorla da Silva, minha orientadora, pela orientação, paciência e dedicação em compartilhar conhecimentos que foram fundamentais para a construção deste trabalho e o meu desenvolvimento no curso. Ao Prof. Dr. Alex Mendonça de Carvalho, coorientador.

Aos meus colegas do dia a dia, Marcos Alexandre Santos Ferreira, Hebert Lucas Campos Celestino, Kévin Duarte Mesquita e Eduardo Nunes Cerrades, pela amizade, parceria e colaboração no desenvolvimento dos diversos projetos e pesquisas que realizamos juntos, que contribuíram não apenas para nossa formação profissional, mas também para o nosso crescimento pessoal e humano.

A UNESP – Faculdade de Ciências Agrárias do Vale do Ribeira, pela formação de excelência e infraestrutura que possibilitaram um ambiente para a minha construção como pessoa e profissional.

Aos demais professores do curso de Engenharia Agrônômica, pelo compartilhamento de ideias, colaboração em discussões técnicas que tornaram esta trajetória enriquecedora.

Por fim, à comissão examinadora, pela disponibilidade em contribuir com críticas e sugestões que aprimoram este trabalho.

RESUMO

A área foliar desempenha um papel fundamental em estudos relacionados ao metabolismo, crescimento e produção de plantas, portanto, há necessidade que sua estimativa seja o mais próximo possível da área real necessitando de uma equação de regressão que a estime, de forma que a área estimada seja o mais próximo possível da área real. Assim, esse trabalho buscou uma equação de regressão, com auxílio do processamento digital de imagens, para estimar de maneira confiável a área foliar de cada folha (AF) de cada um dos clones 2V e 409 (*Coffea canephora* Pierre) do cafeeiro. Foram coletadas 150 folhas do clone 2V de 30 plantas e mais 150 folhas das 30 plantas do clone 409, totalizando, assim, 300 folhas. Essas folhas foram coletadas na área experimental da Faculdade de Ciências Agrárias do Vale do Ribeira (FCAVR), campus Agrochá na cidade de Registro, localizada no estado de São Paulo. As folhas foram escaneadas no escâner da fabricante HP® Scanjet do modelo G2410, a seguir, foram processadas e realizadas as mensurações da área foliar em cm^2 (Af), o comprimento máximo em cm (C) e largura máxima em cm (L) perpendicular à nervura principal do limbo foliar no software ImageJ®. Em seguida, foi utilizado o software da linguagem “R” R Core Team (2023) para testar qual das variáveis comprimento máximo em cm (C), largura máxima em cm (L) perpendicular à nervura principal do limbo, a área foliar em cm^2 (Af) e o produto do comprimento pela largura (C X L) melhor estimava a área foliar de cada folha. As regressões lineares foram determinadas considerando-se a área foliar total em cm^2 (Af) de cada planta como variável dependente comprimento máximo em cm (C), largura máxima em cm (L) perpendicular à nervura principal do limbo e o produto do comprimento pela largura (C X L). Os modelos lineares que melhor estimaram a área foliar em cm^2 (Af) dos clones 2V e 409 (*Coffea canephora* Pierre) foram, respectivamente, as equações $AF = 9,1266 + 0,61139 * (CxL)$, com R^2 igual 0,85 e do clone 409 $AF = 2,5167 + 0,67622 * (CxL)$, com R^2 igual 0,96.

Palavras-chaves: processamento digital de imagens, equação de regressão, método não destrutivo.

ABSTRACT

Leaf area plays a fundamental role in studies related to plant metabolism, growth, and yield. Therefore, it is essential that its estimation is as accurate as possible, requiring a reliable regression equation to ensure the estimated area closely matches the actual leaf area. Thus, this study aimed to determine a regression equation, using digital image processing, to reliably estimate the leaf area (LA) of individual leaves from the 2V and 409 coffee (*Coffea canephora* Pierre) clones. A total of 300 leaves were collected: 150 leaves from 30 plants of the 2V clone, and another 150 leaves from 30 plants of the 409 clone. These leaves were collected from the experimental area of the School of Agricultural Sciences of Vale do Ribeira (FCAVR), Agrochá campus, in the city of Registro, state of São Paulo, Brazil. The leaves were scanned using an HP® Scanjet G2410 scanner. Subsequently, they were processed, and measurements of leaf area in cm² (LA), maximum length in cm (C), and maximum width in cm (L) perpendicular to the leaf blade midrib were obtained using ImageJ® software. Then, R software (R Core Team, 2023) was used to test which Variable maximum length (C), maximum width (L) perpendicular to the midrib, or the product of length and width (C × L) best estimated the leaf area of each leaf. Linear regressions were determined considering individual leaf area in cm² (LA) as the dependent variable, and maximum length (C), maximum width (L), and the product of length and width (C × L) as independent variables. The linear models that best estimated the leaf area of the 2V and 409 (*Coffea canephora* Pierre) clones were, respectively, the equations: LA = 9.1266 + 0.61139 × (C×L) with an R² of 0.85, and for the 409 clone, LA = 2.5167 + 0.67622 × (C×L) with an R² of 0.96.

Keywords: digital image processing, regression equation, non-destructive method.

LISTA DE FIGURAS

Figura 4.1- Folha do café passando pelo processamento de imagem pelo software ImageJ® e a realização das medições do comprimento cm^2 , largura cm^2 e área foliar cm^2	20
Figura 4. 2 - Gráfico de frequência relativa das classes de área foliar.	21
Figura 4.3 - Modelo para estimativa da área foliar do clone 2V (<i>Coffea canephora</i> Pierre) a partir do comprimento máximo (C) do limbo foliar.	23
Figura 4.4 - Modelo para estimativa da área foliar do clone 2V (<i>Coffea canephora</i> Pierre) a partir da largura máxima (L) do limbo foliar.	23
Figura 4.5- Modelo para estimativa da área foliar do clone 2V (<i>Coffea canephora</i> Pierre) a partir do produto C x L.	24
Figura 4.6 - Gráfico de frequência relativa das classes de área foliar.	25
Figura 4.7- Modelo para estimativa da área foliar do clone 409 (<i>Coffea canephora</i> Pierre) a partir do comprimento máximo (C) do limbo foliar.	27
Figura 4.8 - Modelo para estimativa da área foliar do clone 409 (<i>Coffea canephora</i> Pierre) a partir da largura máxima (L) do limbo foliar.	27
Figura 4.9 - Modelo para estimativa da área foliar do clone 409 (<i>Coffea canephora</i> Pierre) a partir do produto C x L.	28

LISTA DE TABELAS

Tabela 4.1- Distribuição percentual de 150 limbos foliares do clone 2V (<i>Coffea canephora</i> Pierre), em relação às faixas de tamanho da área foliar.....	21
Tabela 4.2- Valores mínimo, máximo, média e mediana do número de folhas por planta, comprimento, largura, comprimento x largura e área foliar de 150 folhas do clone 2V (<i>Coffea canephora</i> Pierre).	22
Tabela 4.3. Equações de regressão para estimativa da área foliar (AF) com seus respectivos coeficientes de determinação (R^2) e valores da significância do teste de hipóteses, com a aplicação do teste t (p).	22
Tabela 4.4 - Distribuição percentual de 150 limbos foliares do clone 409 (<i>Coffea canephora</i> Pierre), em relação às faixas de tamanho da área foliar.....	25
Tabela 4. 5 - Valores mínimo, máximo, média e mediana do número de folhas por planta, comprimento, largura, comprimento x largura e área foliar de 150 folhas do clone 409 (<i>Coffea canephora</i> Pierre).	26
Tabela 4.6- Equações de regressão para estimativa da área foliar (AF) com seus respectivos coeficientes de determinação (R^2) e valores da significância do teste de hipóteses, com a aplicação do teste t (p).	26

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
FAO	Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação
CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento
GEAGRI	Grupo de Estudos em Agricultura
IA	Inteligência Artificial
AM	Aprendizado de Máquina
FCAVR	Faculdade de Ciências Agrárias do Vale do Ribeira
PDI	Processamento Digital de Imagens
DPI	Dots Per Inch
IAF	Índice de Área Foliar
SISVAR	Sistema de Análise de Variância

SUMÁRIO

1.INTRODUÇÃO.....	11
2.REVISÃO DE LITERATURA.....	14
2.1 Aspectos gerais E MEDIÇÃO da área foliar.....	14
2.1.1 Utilização de aplicativos e programas para processamento de imagens.	15
2.2 Processamento da imagem	16
3.MATERIAL E MÉTODOS	18
4.RESULTADO E DISCUSSÃO	20
5.CONCLUSÕES.....	29
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	30

1.INTRODUÇÃO

O café (*Coffea spp.*) é uma das bebidas mais consumidas no mundo e uma das commodities agrícolas mais comercializadas globalmente. Segundo Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO, 2026), em 2025 o cultivo do café (*Coffea spp.*) sustentou cerca de 25 milhões de agricultores e criou empregos adicionais em toda a cadeia de valor. E em países subdesenvolvidos, as exportações representam uma importante fonte de receita.

Segundo dados da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 2026), no ano de 2025, os principais produtores de café em âmbito mundial são Brasil, o Vietnã e a Colômbia. Na safra 2024/2025, o Brasil registrou uma produção de aproximadamente 51, 81 milhões de sacas, seguido pelo Vietnã, com 30,1 milhões de sacas, e pela Colômbia 12,9 milhões de sacas. Ao contabilizar as espécies *Coffea Canephora* Pierre e *Coffea arabica*, o volume produzido conjuntamente por essas nações atinge cerca de 94,81 milhões de sacas de 60 kg e representa cerca de 54,20 % da produção mundial.

Segundo a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2026), no cenário nacional de 2025, o estado de Minas Gerais destaca com uma área cultivada de 1,4 milhão de hectares. Essa produção é marcada pela franca predominância do café arábica (*Coffea arabica*), o que consolida o Estado como o maior produtor dessa espécie no país. Por sua vez, o Espírito Santo detém a segunda maior área cafeeira plantada do Brasil, totalizando 424,8 mil hectares; deste total, 286,7 mil hectares são destinados ao cultivo de café conilon (*Coffea canephora* Pierre) e 138,1 mil hectares ao arábica. Já o estado de São Paulo, posiciona-se como o terceiro maior produtor, com 198,3 mil hectares cultivados, o que representa 10,8% da área total nacional destinada à espécie (*Coffea arabica*). Na safra de 2025, o estado de Minas Gerais registrou uma produtividade média de 23,9 sacas por hectare (sc/ha) em uma área cultivada de 1.077.804 hectares. No Espírito Santo, a produtividade alcançou 45,9 (sc/ha) em uma área de 379.822 hectares. Já o estado de São Paulo, apresentou um rendimento de 24,2 sacas por hectare, abrangendo uma extensão territorial de 196.025 hectares.

A região do Vale do Ribeira, no estado de São Paulo, tem se destacado na cafeicultura, especialmente com o município de Barra do Turvo. A conquista do primeiro lugar por pequenos produtores locais no 24º Concurso Estadual de Qualidade do Café de São Paulo consolida o potencial qualitativo e o alto valor agregado da produção regional. Para a validação da cafeicultura no Vale do Ribeira, pesquisas vêm sendo conduzidas na Faculdade de Ciências

Agrárias do Vale do Ribeira, por meio do Grupo de Estudos em Agricultura (GEAGRI), sob a coordenação do Prof. Dr. Alex Mendonça de Carvalho. Esses estudos demonstraram que cultivares de café arábica (*Coffea arabica*) e clones de café conilon (*Coffea canephora* Pierre) apresentaram plantas com excelente crescimento vegetativo (Carvalho *et al.*, 2024). Os resultados configuram-se como um ótimo indicativo de produtividade sob as condições edafoclimáticas locais, evidenciando a viabilidade técnica do cultivo na região e a consolidação de uma nova alternativa socioeconômica e fonte de renda para os produtores locais.

Variados processos fisiológicos, como a fotossíntese e a transpiração, são influenciados pela morfologia da folha e pela área foliar, de modo que a caracterização morfométrica das folhas e a forma da área foliar são ferramentas importantes para estimativa de produtividade das culturas. A estimativa da área foliar pode ser realizada por meio de métodos destrutivos e não destrutivos. Dentre os não destrutivos, a mensuração do comprimento e da largura das folhas, bem como o produto dessas dimensões, constituem ferramentas eficazes para essa predição (Teobaldelli *et al.*, 2020).

Estimativas de área foliar e índice de área foliar por métodos não-destrutivos podem ser realizadas a partir de captura de imagens aéreas, utilizando-se de veículos aéreos não tripulados equipados com sensores espectrais (Hussain *et al.*, 2020). No entanto, estes métodos podem ser trabalhosos, demorados e ter custo bastante elevado (Apolo-apolo *et al.*, 2020), justificando assim a criação e disponibilização de modelos matemáticos que utilizam as dimensões lineares dos folíolos para estimativa de área, principalmente por sua facilidade, praticidade e rapidez para obtenção dos resultados.

Para a criação destes modelos, é necessário coletar os folíolos completos das plantas (método destrutivo) para determinação da área destas estruturas por planimetria ou processamento de imagens. Após sua criação, os modelos poderão ser usados para determinação de área por método não-destrutivo (sem remoção de folhas ou folíolos), uma vez que as medidas lineares podem ser obtidas diretamente das folhas nas plantas (Macário *et al.*, 2020). Depois de serem determinados o comprimento e a largura das folhas, deve-se ajustar uma regressão linear entre essas duas variáveis que permite estimar o quociente entre a área real e o produto do comprimento pela largura. A partir desse quociente, chamado de “fator de correção”, pode-se estimar a área de qualquer folha da espécie, a partir do produto de suas dimensões lineares (Macário *et al.*, 2020).

No intuito de obterem-se dados de área foliar confiáveis, faz-se necessário a determinação de qual das dimensões foliares, comprimento (C), largura (L) ou seu produto (C x L), é mais adequada para estimativa da área foliar real da planta. Para isso, são ajustadas funções de regressão baseadas nas dimensões lineares da folha.

Diante disso, o objetivo deste trabalho foi identificar quais variáveis lineares comprimento (C), largura (L) ou o produto entre ambos (C x L) apresentaram maior adequação para estimar a área foliar por meio de modelos de regressão e comparar a área foliar média entre os clones estudados.

2.REVISÃO DE LITERATURA

2.1 ASPECTOS GERAIS E MEDIÇÃO DA ÁREA FOLIAR

A folha constitui o principal órgão fotossintético dos vegetais (Shi *et al.*, 2019). De acordo com (Wales *et al.*, 2020), as estruturas foliares exercem papel regulatório fundamental na fotossíntese, respiração e transpiração, além de influenciarem diversos atributos fisiológicos associados a processos ecossistêmicos.

Segundo (Silva, 2020), a estimativa da área foliar pode ser realizada a partir de medidas lineares do limbo foliar, como comprimento e largura, por meio da aplicação de modelos estatísticos. Esses modelos constituem alternativas amplamente utilizadas na área agrônoma, destacando-se por sua praticidade, precisão e caráter não destrutivo na avaliação do desenvolvimento vegetal.

Os métodos para determinar a área foliar podem ser diretos ou indiretos (Toebe *et al.*, 2021). Devido a fatores logísticos, os métodos diretos incluem processos dispendiosos, demorados e inviáveis (Hernández-Fernández *et al.*, 2021);

Outra alternativa são os métodos indiretos, como a medição da área foliar por meio de modelos alométricos baseados na correlação das dimensões lineares da folha e da área foliar (Pompelli *et al.*, 2012). Essa modelagem permite a medição ao longo do ciclo da cultura e demonstra diferenças morfológicas entre cultivares da mesma espécie (Pompelli *et al.*, 2019).

Os métodos que podem ser utilizados na agricultura, são os métodos diretos, são destrutivos e necessitam da utilização de equipamentos com custos elevados, como scanners ou planímetros (Zeist *et al.*, 2014; Toebe *et al.*, 2021).

Os métodos não destrutivos (ou indiretos) constituem uma alternativa eficiente para a determinação da área foliar. Nessa abordagem, os dados são obtidos a partir das dimensões lineares do limbo foliar, como o comprimento e a largura, e processados por meio de modelos matemáticos preditivos. A principal vantagem dessa metodologia é o baixo custo operacional aliado à capacidade de fornecer estimativas precisas ao longo de todo o ciclo fenológico da cultura. Além disso, por dispensar a coleta de plantas, o método reduz a variabilidade associada aos procedimentos de amostragem destrutiva e viabiliza estudos de fenotipagem de alto

rendimento em larga escala." (Maldaner *et al.*, 2009; Souza *et al.*, 2014; Silva, 2020; Hati e Singh, 2021).

2.1.1 UTILIZAÇÃO DE APLICATIVOS E PROGRAMAS PARA PROCESSAMENTO DE IMAGENS.

Para estimar a área foliar aplicativos e programas de processamento de imagens como Digimizer (Carvalho *et al.*, 2017) e o ImageJ[®] (Santana *et al.*, 2018), podem ser utilizados. No trabalho realizado por Moreira *et al.*, (2023) na Embrapa Gado e Leite em Juiz de Fora- MG, validou o uso dos aplicativos ImageJ[®] e Digimizer para estimar a área foliar das folhas de capim setária (*Setaria sphacelata* (Schumacher) Moss var sericea (Strapf Clayton). Os resultados das análises estatísticas onde aplicou o teste T e evidenciaram maior concordância para o Digimizer e ImageJ[®] do que o aplicativo Canopeo.

Para testar a acurácia dos softwares ImageJ[®], Image - Pro[®] e Plus, Salazar *et al.*, (2018), coletaram 176 folhas elípticas sadias, para realizar as dimensões foliares pelos três softwares citados anteriormente. Foram mensurados largura em cm, comprimento, cm e área foliar em cm². Nesse trabalho verificou-se em que o uso de softwares livres para a avaliação das áreas foliares das plantas como ImageJ[®] e AFSOFT, tendem a ser rápidos e fáceis e não apresentam diminuição da acurácia em comparação ao software Image-Pro[®] PLUS.

Silva *et al.* (2018) obtiveram a área foliar da camomila (*Matricaria chamomilla* L.) utilizando o software ImageJ[®] e o integrador eletrônico Li-3000. Os modelos gerados a partir de ambos os métodos apresentaram desempenhos excelentes, indicando que, na ausência do integrador Li-3000, o software ImageJ[®] pode ser utilizado com segurança para determinar a área foliar da cultura.

2.2 PROCESSAMENTO DA IMAGEM

A tecnologia é uma grande ferramenta na agricultura que possibilita novas facilidades para os produtores e pesquisadores. Ferramentas computacionais trazem inúmeras utilidades entre elas, ajudar o produtor a identificar doenças. O seguimento da agricultura vem utilizando os recursos da inteligência artificial (IA) e aprendizado de máquina (AM) para facilitar e otimizar a tomada de decisão no campo Hati e Singh, (2021) e Menezes Neto *et al.*, (2021), afirmam que na região Semiárida do Nordeste Brasileiro, a IA o AM vêm auxiliando na identificação de plantas. Sua aplicação tem se consolidado como uma ferramenta de elevada relevância na pesquisa agrônômica contemporânea, permitindo estabelecer relações entre marcadores morfológicos, fisiológicos e moleculares e características fenotípicas observadas em imagens digitais de plantas submetidas a estresses abióticos. Além disso, essa abordagem tem demonstrado grande potencial no reconhecimento e identificação de espécies vegetais, bem como na detecção precoce de doenças foliares, contribuindo significativamente para o avanço de sistemas de monitoramento e manejo agrícola de precisão (Soltabayeva *et al.*, 2021; Hati e Singh, 2021; Sujatha *et al.*, 2021).

Existem diversos softwares de PDI que são utilizados na agricultura, entre eles o ImageJ destaca-se como um software de código aberto amplamente difundido na pesquisa científica para a análise e processamento digital de imagens. Na ciência das plantas, o software viabiliza a mensuração de atributos morfológicos com base na segmentação da imagem e contagem de pixels da área foliar. O princípio do método fundamenta-se na calibração geométrica, na qual uma escala de referência com dimensões conhecidas é utilizada para estabelecer a relação matemática entre os pixels da imagem e a unidade de medida real (Ferreira, Rasband, 2012; Rego, 2019). (Holguín *et al.*, 2019).

Diversos trabalhos científicos têm utilizado o Processamento Digital de Imagens (PDI) aliado à modelagem alométrica para estimar a área foliar de diferentes culturas. Em estudo na mamona (*Ricinus communis* L.) das cinco cultivares de mamona (New Zealand Purple, Siapeal, Carmencita, Amarelo de Irecê e IAC-80) independente de qual cultivar for escolhida, a estimativa da área foliar pode ser realizada usando o produto entre o comprimento e a largura das folhas, com o uso da equação do modelo linear sem intercepto $\hat{y} = 0,439 \times LW$, onde LW com o $R^2 = 0,9919$ (João Everton *et al.*, 2025).

Em estudos envolvendo espécies florestais, a estimativa da área foliar a partir de medidas lineares simples também tem se mostrado uma ferramenta eficaz. Ao avaliar as três espécies de Araucária (*A. angustifolia*, *A. bidwillii* e *A. columnaris*) a área foliar estimada

utilizando medidas lineares simples da folha mostrou ser eficaz para a espécie *A. Bidwillii*, *A. angustifolia* e *A. columnaris*. Para todas as espécies, a utilização da relação C x L (Comprimento x Largura) apresentou melhor desempenho. A espécie *A. bidwillii* apresentou o valor mais elevado de equação ajustada $Y = -0,04261 + 0,8012CL$, com o valor R^2 de 0,954 obtida, devido provavelmente a estrutura foliar mais homogênea (Andrieli Aparecida *et al.*, 2025).

Para estimar a área foliar do urucuzeiro (*Bixa orellana* L.), por meio do produto do comprimento (C) e da largura (L), o R^2 observado no presente trabalho foi de 0,98 e a equação ajustada foi $AF = -0,0279 + 0,6388 (CL)$. Essas evidências sustentam a eficiência obtida pela análise de regressão (Pinheiro *et.al.*, 2020).

A área foliar de *C. tomentosa* foi satisfatoriamente estimada por meio de um método não destrutivo que utiliza medidas de dimensões foliares. A equação $\hat{y} = 0,63 \times LW$ (Folha: L = comprimento, W = largura) estima a área foliar de *C. tomentosa* de forma prática e rápida, com R^2 99,15% de precisão (Dias *et. al.*, 2022).

Para estimar a área foliar em mudas de maracujazeiro-azedo ‘BRS Rubi do Cerrado’ as melhores equações foram a equação linear simples $\text{Área Foliar} = 0,0913 + 0,7248 (\text{Largura} \times \text{Comprimento})$ com o R^2 de 0,96 e a equação $\text{Área Foliar} = 0,7525 (\text{Largura} \times \text{Comprimento})$ com o R^2 de 0,96 (Souza *et al.*, 2026).

3.MATERIAL E MÉTODOS

No cálculo da área foliar do café, utilizou-se o processamento digital de imagens (PDI) composto pela coleta, digitalização das imagens e o processamento pelo software para cálculo da área foliar, posteriormente, ajustaram as equações de regressão para estimativa da área foliar.

O trabalho foi realizado com a espécie *Coffea canephora* Pierre., utilizando os clones 2V e 409, cuja folhas foram coletadas na área experimental da Faculdade de Ciências Agrárias do Vale do Ribeira (FCVR) campus de Registro, na unidade Agrochá localizada na cidade de Registro no Estado de São Paulo, possuindo a seguinte Latitude 24°31'58"S e Longitude 47°51'46"W, com a altitude de 17 m, apresentando uma temperatura média anual de 22 °C e com uma precipitação média anual de 1627 mm.

As mudas das plantas de café foram plantadas no mês de novembro do ano de 2018, o delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com três repetições, parcelas compostas por dez (10) plantas, sendo consideradas como parcela útil as seis (6) plantas centrais, no espaçamento da cultura é de 3,0 m entre linhas por 1,0 m com condução de três hastes.

Nos dois clones selecionados, o 2V e 409, foram coletadas de cada bloco 50 folhas das 10 plantas, totalizando, portanto, 300 folhas, conforme sugerido por (Benincasa,2003). Em cada planta amostrada foram coletadas folhas em todos os estádios de desenvolvimento, nos quatro pontos cardeais, que não apresentasse danos ou ataque de doenças ou pragas. Todas as folhas de cada clone foram acondicionadas em sacos plásticos separados com a identificação de qual clone que foi depositado no saco plástico, essa identificação foi feita com pincel marcador da cor azul e no mesmo dia e foram levadas para unidade da UNESP Tupi.

Na biblioteca que fica localizada na UNESP da unidade Tupi, cada folha de cada clone foi enumerada do número um até o cento e cinquenta para facilitar a identificação de cada folha (isso foi feito de forma separada para os dois clones) e depois foram escaneadas no escâner da fabricante HP® Scanjet do modelo G2410 e a configuração da resolução das imagens foram de 300 Dots Per Inch (DPI). No escâner junto com as folhas foi acrescentado uma régua transparente graduada com 30 cm para calibrar o software ImageJ® e cada imagem foi salva no formato “jpeg”. Após as folhas serem escaneadas foi utilizado o software ImageJ® para o processamento das imagens e obteve a área foliar em cm² (Af), o comprimento máximo em cm (C) e largura máxima em cm (L), perpendicular à nervura principal do limbo foliar.

Foi utilizado a planilha eletrônica do software Ms-Excel® para o cálculo do produto do $C \times L$ em cm^2 (CxL). Todos os dados obtidos pelo software ImageJ® foram armazenados em uma planilha eletrônica. Os dados armazenados na planilha foram convertidos do formato .xlsx para .dbf, extensão compatível com o software Sisvar (Sistema de Análise de Variância). Na sequência, os dados foram submetidos à análise de variância, com aplicação do teste F, para a comparação das médias das áreas foliares dos clones 2V e 409.

A partir do conjunto de dados obtidos, foram ajustados modelos lineares para estimar a área do limbo foliar (A_f) do tipo $Y = bX$, em que o valor Y corresponde à (A_f) estimada em função das dimensões da folha, comprimento (C), largura (L) e produto (CxL). Para estudo exploratório da base de dados e para determinação das funções de regressão, foi utilizado a linguagem “R” R Core Team (2023). A comparação das equações obtidas com as variáveis dimensionais foi feita por meio dos valores dos coeficientes de determinação da equação (R^2) e do erro padrão.

4.RESULTADO E DISCUSSÃO

Para a determinação do PDI de cada folha dos clones 2V e 409 (Figura 4.1), utilizou o software ImageJ[®]. Onde foram mensurados o comprimento (cm), a largura (cm) e a área foliar (cm²) das folhas.

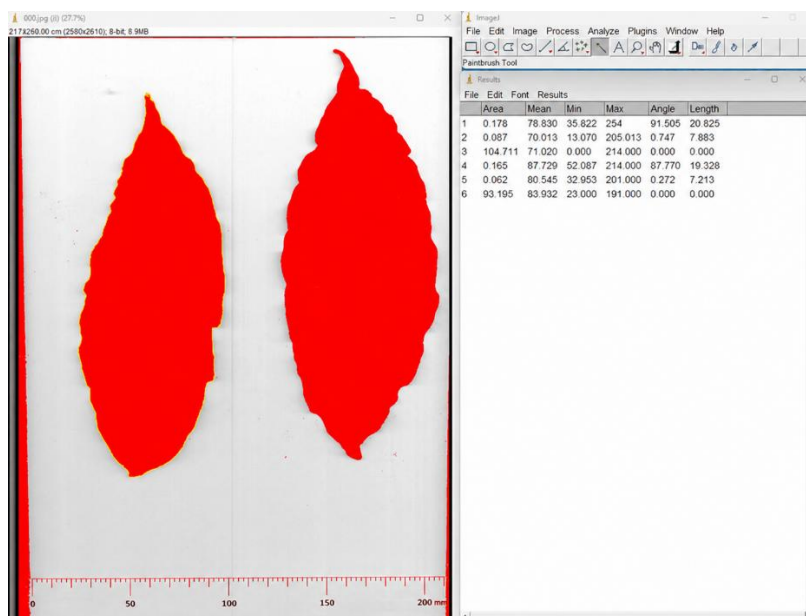


Figura 4.1- Folha do café passando pelo processamento de imagem pelo software ImageJ[®] e a realização das medições do comprimento cm², largura cm² e área foliar cm².

A análise de frequência dos dados (Tabela 4.1) do clone 2V da área foliar obtida com o software R Core Team (2023), mostrou que houve uma maior concentração dos dados entre (classes 2 e 4) e uma maior dispersão entre, as classes iniciais e finais (classes 1,5 e 6). O número de folhas por planta variou de 6 a 13, com o valor médio de 9,5. O comprimento (C) máximo das folhas variou de 11,74 a 23,73 cm, com valores médios de 16,91 cm, enquanto a largura (L) máxima das folhas variou de 4,26 a 9,75 cm, com valores médios de 6,30 cm. Para área foliar, os valores 34,19 a 125,01 cm², com o valor médio de 74,93 cm² (Tabela 4.2).

Tabela 4.1- Distribuição percentual de 150 limbos foliares do clone 2V (*Coffea canephora* Pierre), em relação às faixas de tamanho da área foliar.

Classes	Área foliar (cm ²)	Frequência	Frequência Relativa
1.	30,14 - 46,14	4	0,03
2.	46,14 - 62,14	30	0,20
3.	62,14 - 78,14	55	0,37
4.	78,14 - 94,14	40	0,27
5.	94,14 - 110,14	17	0,11
6.	110,14 - 126,14	4	0,03

O gráfico com a distribuição percentual das classes (Figura 4.2), ilustra a distribuição das folhas em relação à área foliar.

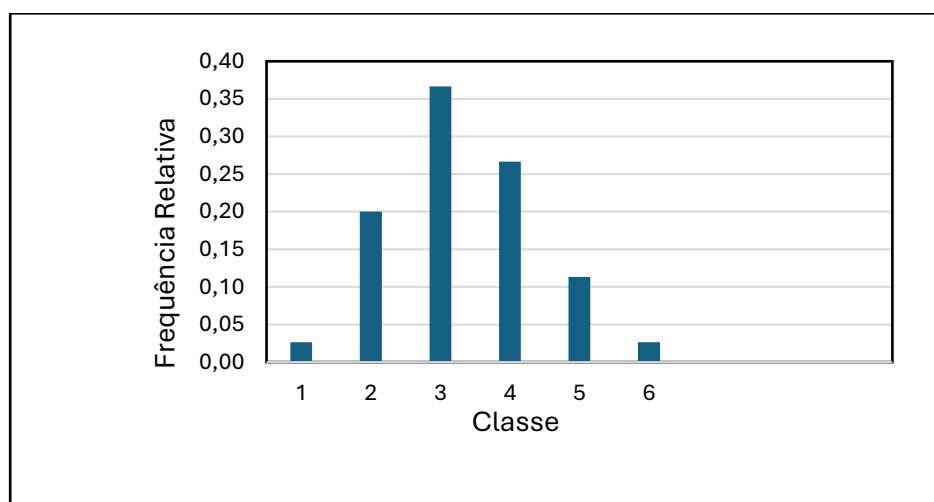


Figura 4. 2 - Gráfico de frequência relativa das classes de área foliar.

Tabela 4.2- Valores mínimo, máximo, média e mediana do número de folhas por planta, comprimento, largura, comprimento x largura e área foliar de 150 folhas do clone 2V (*Coffea canephora* Pierre).

Variáveis	Mínimo	Máximo	Média	Mediana
Folhas/planta	6	13	9,5	10
Comprimento (cm)	11,74	23,73	16,91	17
Largura (cm)	4,26	9,75	6,3	6,18
Comprimento x Largura (cm ²)	50,92	206,76	107,62	104,28
Área Foliar (cm ²)	34,19	125,01	74,93	73,31

Os modelos de regressão linear obtidos para variáveis C, L e CxL com seus respectivos coeficientes de determinação (R^2) e o valor do teste t estão apresentados na Tabela 4.3.

Tabela 4.3. Equações de regressão para estimativa da área foliar (AF) com seus respectivos coeficientes de determinação (R^2) e valores da significância do teste de hipóteses, com a aplicação do teste t (p).

Equação de regressão	R^2	P
(1) $AF = -53,019 + 7,5661 \times C$	0,73	<0,001
(2) $AF = -18,252 + 14,784 \times L$	0,66	<0,001
(3) $AF = 9,1266 + 0,61139 \times (CxL)$	0,85	<0,001

Os gráficos de dispersão com os modelos de regressão linear e a reta ajustada para as variáveis C, L e C x L estão apresentados nas Figuras 4.3, 4.4, 4.5, respectivamente.

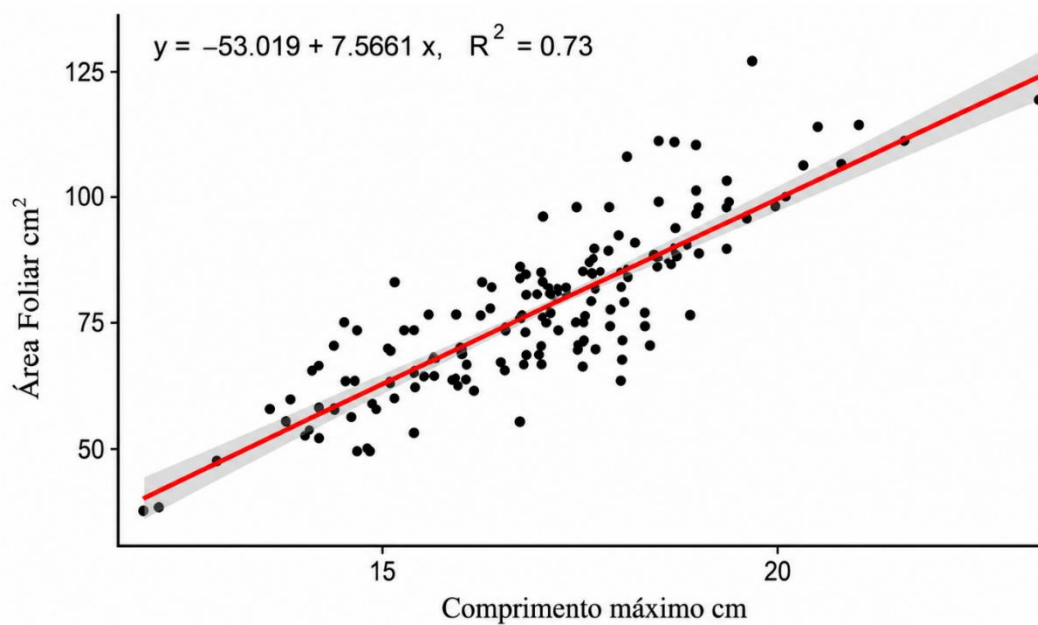


Figura 4.3 - Modelo para estimativa da área foliar do clone 2V (*Coffea canephora* Pierre) a partir do comprimento máximo (C) do limbo foliar.

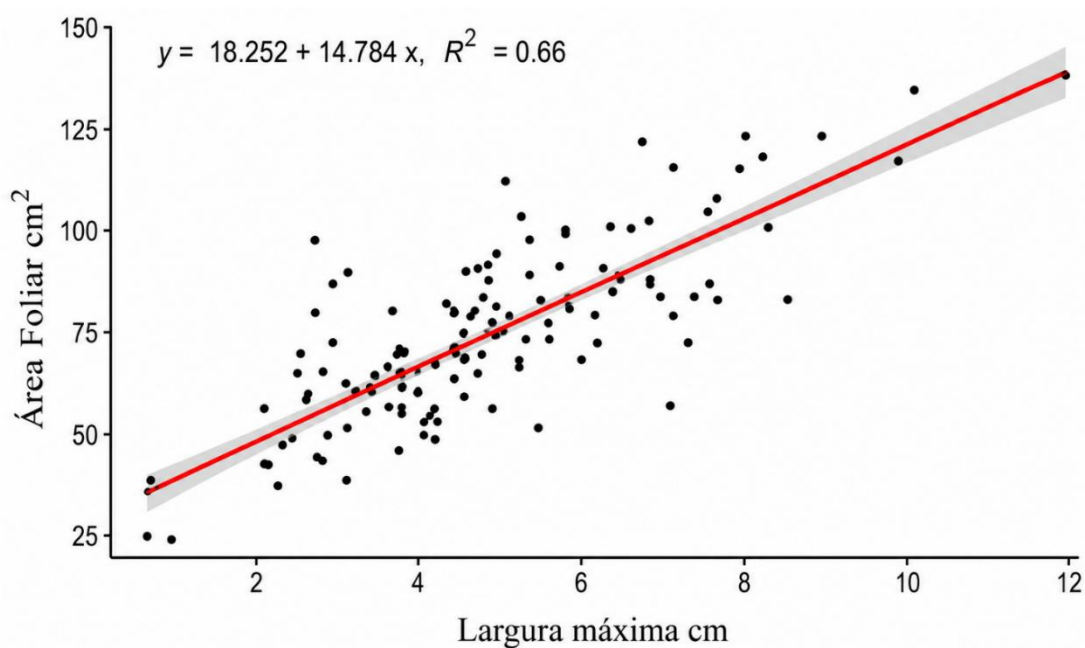


Figura 4.4 - Modelo para estimativa da área foliar do clone 2V (*Coffea canephora* Pierre) a partir da largura máxima (L) do limbo foliar.

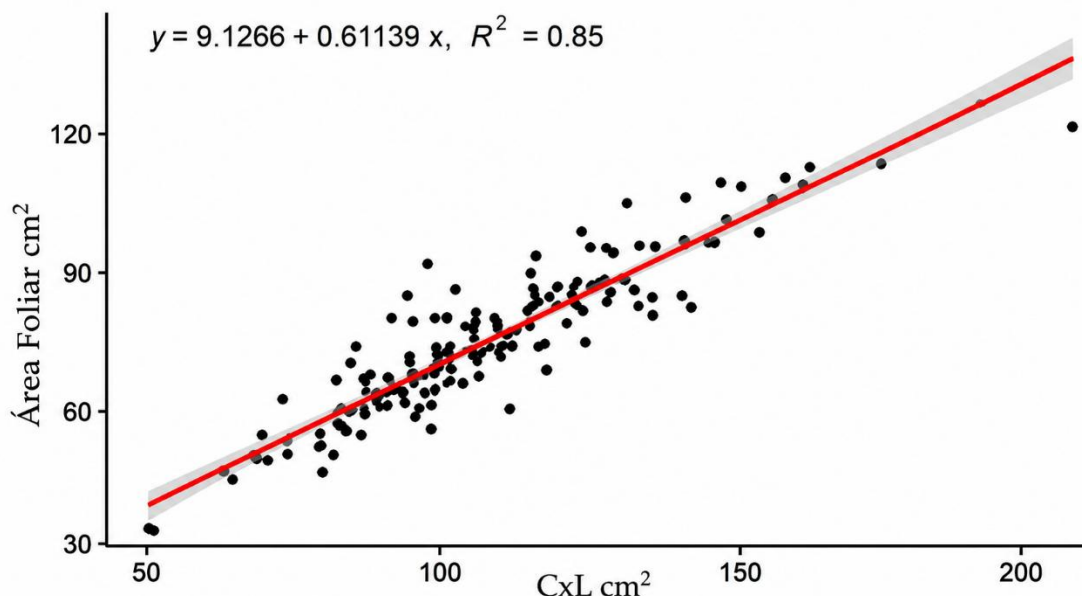


Figura 4.5- Modelo para estimativa da área foliar do clone 2V (*Coffea canephora* Pierre) a partir do produto C x L.

O maior valor do coeficiente de determinação (R^2) foi observado para a regressão linear entre a área foliar e o produto do comprimento pela largura da folha, indicando ser a equação que permite obter estimativas mais acuradas da área foliar do clone 2V (Tabela 4. 3).

Observa-se que essa equação apresenta estimativas do coeficiente de determinação em torno de 0,85, indicando que da variabilidade total existente na área foliar, cerca de 85% podem ser explicadas pela regressão linear que utiliza a variável C x L. A mesma variável foi a mais oportuna para o cálculo da área foliar do Catuaí Vermelho e Catuaí (*Coffea Arabica*) (Schmidt *et al.*, 2014).

Para a análise de frequência dos dados (Tabela 4.4) do clone 409 da área foliar obtida com o software R Core Team (2023), mostrou que houve uma maior concentração dos dados entre (classes 2 e 4) e uma maior dispersão entre, as classes iniciais e finais (classes 1,5,6 e 7). O número de folhas por planta variou de 6 a 13, com o valor médio de 9,5. O comprimento (C) máximo das folhas variou de 10,31 a 22,66 cm, com valores médios de 15,52 cm, enquanto a largura (L) máxima das folhas variou de 4,76 a 10,28 cm, com valores médios de 6,28 cm. Para área foliar, os valores 37,13 a 144,19 cm², com o valor médio de 69,30 cm² (Tabela 4.5).

Tabela 4.4 - Distribuição percentual de 150 limbos foliares do clone 409 (*Coffea canephora* Pierre), em relação às faixas de tamanho da área foliar.

Classes	Área foliar (cm ²)	Frequência	Frequência Relativa
1	30,13 - 47,13	15	0,10
2	47,13 - 64,13	52	0,35
3	64,13 - 81,13	48	0,32
4	81,13 - 98,13	26	0,17
5	98,13 - 115,13	5	0,03
6	115,13 - 132,13	2	0,01
7	132,13 - 149,13	2	0,01

O gráfico com a distribuição percentual das classes (Figura 4.6), ilustra a distribuição das folhas em relação à área foliar.

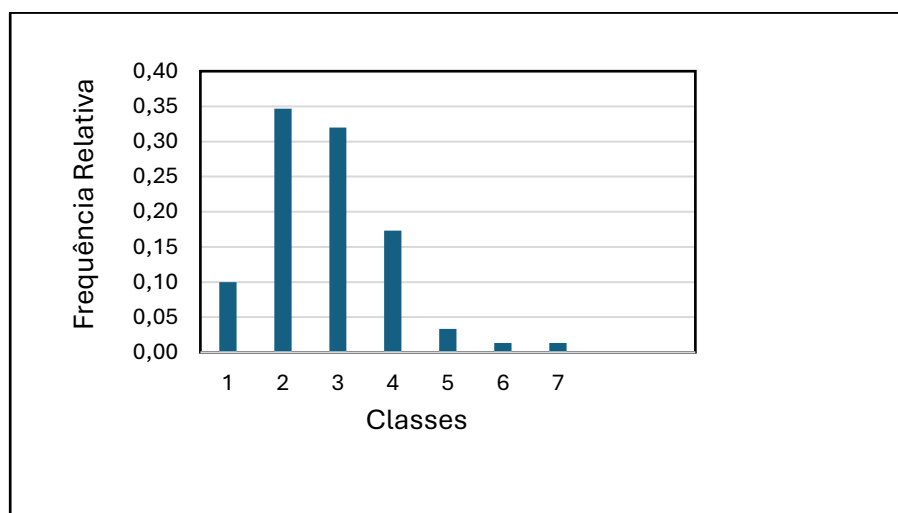


Figura 4.6 - Gráfico de frequência relativa das classes de área foliar.

Tabela 4.5 - Valores mínimo, máximo, média e mediana do número de folhas por planta, comprimento, largura, comprimento x largura e área foliar de 150 folhas do clone 409 (*Coffea canephora* Pierre).

Variáveis	Mínimo	Máximo	Média	Mediana
Folhas/planta	6	13	9,5	10
Comprimento (cm)	10,31	22,66	15,52	15,65
Largura (cm)	4,76	10,28	6,28	6,22
Comprimento x Largura (cm ²)	55,29	212,96	98,76	95,37
Área Foliar (cm ²)	37,13	144,89	69,30	67,60

Os modelos de regressão linear obtidos para variáveis C, L e CxL com seus respectivos coeficientes de determinação (R^2) e o valor do teste t estão apresentados na Tabela 4.6.

Tabela 4.6- Equações de regressão para estimativa da área foliar (AF) com seus respectivos coeficientes de determinação (R^2) e valores da significância do teste de hipóteses, com a aplicação do teste t (p).

Equação de regressão	R^2	P
(1) $AF = -38,982 + 6,975 \times C$	0,75	<0,001
(2) $AF = -38,834 + 17,216 \times L$	0,76	<0,001
(3) $AF = 2,5167 + 0,67622 (CxL)$	0,96	<0,001

Os gráficos de dispersão com os modelos de regressão linear e a reta ajustada para as variáveis C, L e C x L estão apresentados nas Figuras 4.7, 4.8 e 4.9, respectivamente.

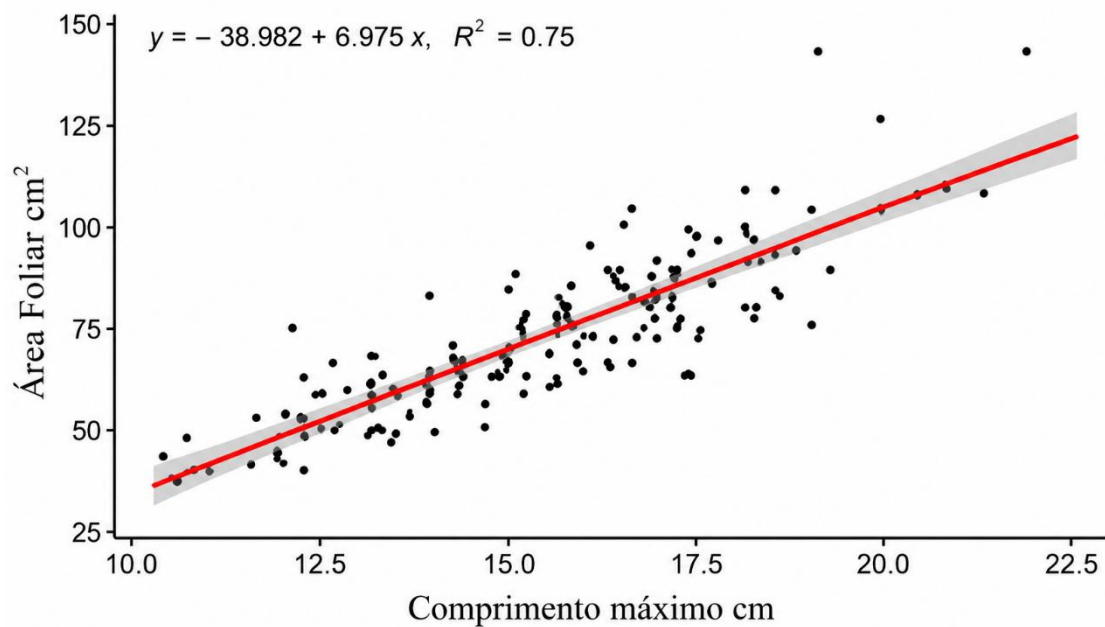


Figura 4.7- Modelo para estimativa da área foliar do clone 409 (*Coffea canephora* Pierre) a partir do comprimento máximo (C) do limbo foliar.

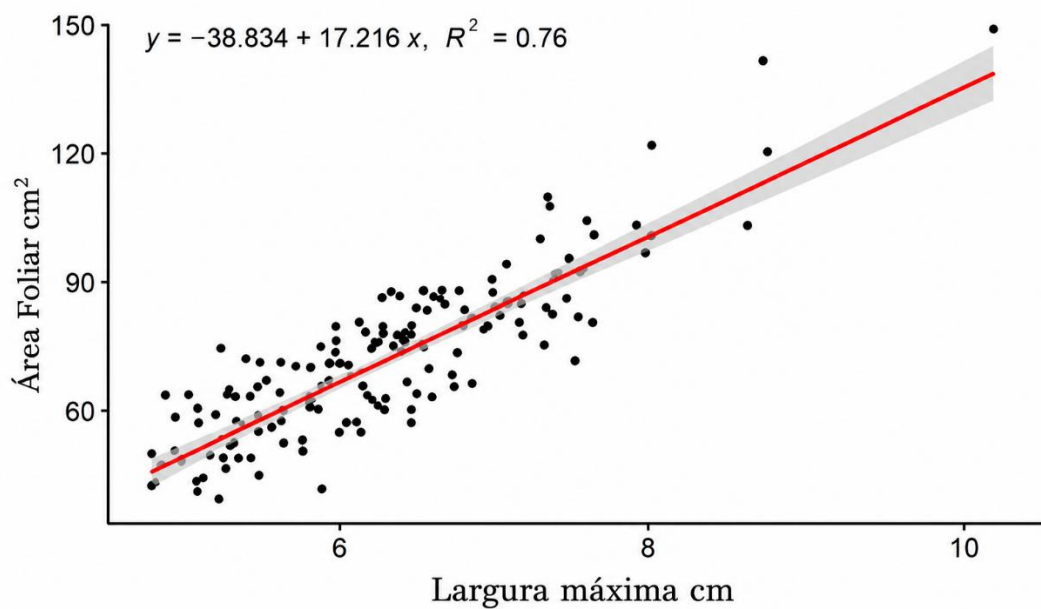


Figura 4.8 - Modelo para estimativa da área foliar do clone 409 (*Coffea canephora* Pierre) a partir da largura máxima (L) do limbo foliar.

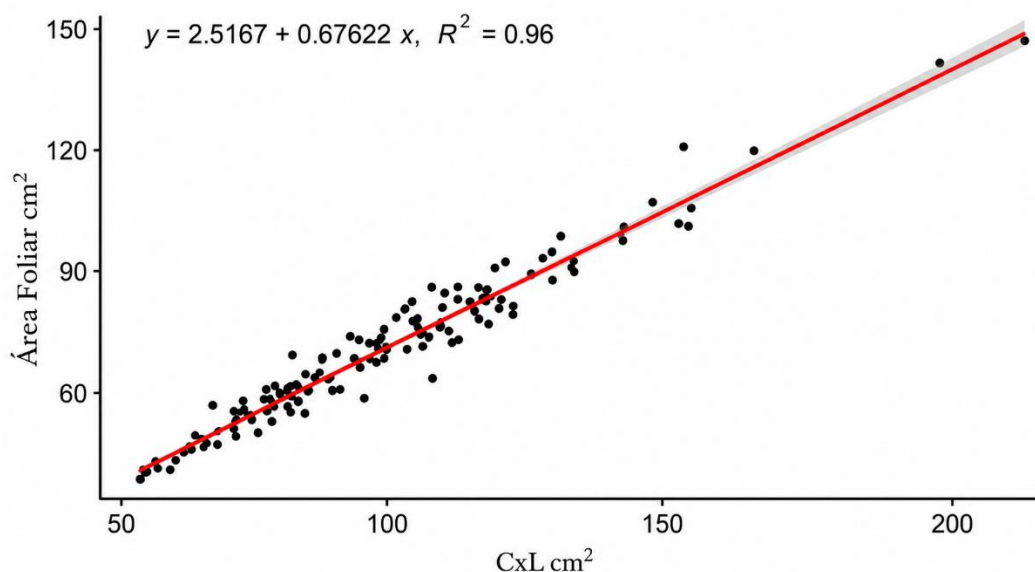


Figura 4.9 - Modelo para estimativa da área foliar do clone 409 (*Coffea canephora* Pierre) a partir do produto C x L.

O maior valor do coeficiente de determinação (R^2) foi observado para a regressão linear entre a área foliar e o produto do comprimento pela largura da folha, indicando ser a equação que permite obter estimativas mais acuradas da área foliar do clone 409 (Tabela 4.6).

Observa-se que essa equação apresenta estimativas do coeficiente de determinação em torno de 0,96, indicando que dá variabilidade total existente na área foliar, cerca de 96% podem ser explicadas pela regressão linear que utiliza a variável C x L. A mesma variável foi a mais oportuna para o cálculo da área foliar do Catuaí Vermelho e Catuaí (*Coffea arabica*) (Schmidt *et al.*, 2014).

A análise de variância, realizada no software SISVAR, revelou diferença significativa para a área foliar entre os clones 2V e 409. O clone 2V apresentou maior média (74,57 cm²) em comparação ao clone 409 (69,30 cm²).

5.CONCLUSÕES

Os resultados obtidos neste trabalho, por meio da aplicação de técnicas de processamento digital de imagens e da estimativa de equações de regressão, permitem concluir que:

1. A equação que melhor estima a área foliar de uma única folha do (*Coffea canephora* Pierre) clone 2V, é o produto do comprimento pela largura da folha (C x L), a partir da equação $AF = 9,1266 + 0,61139*(CxL)$, com R^2 igual 0,85.

2. A equação que melhor estima a área foliar de uma única folha do (*Coffea canephora* Pierre) clone 409, é o produto do comprimento pela largura da folha (C x L), a partir da equação $AF = 2,5167 + 0,67622*(CxL)$, com R^2 igual 0,96.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

APOLO-APOLO, O. E.; PÉREZ-RUIZ, M.; MARTÍNEZ-GUANter, J.; EGEA, G. A mixed data-based deep neural network to estimate leaf area index in wheat breeding trials. **Agronomy**, v. 10, n. 175, p. 1-21, 2020.

Bendnarczuk, A. A.; Krupek, A. R. Estimativa da área foliar para três espécies de araucária (Araucariaceae). **InterFaces Científicas**, Aracaju, V.10, n1, p. 660-672, 2025.

BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas: noções básicas**. 2. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2003. 41 p.

CARVALHO, M. C.; OLIVEIRA, B. M. Agronomic performance of Conilon coffee clones in the humid subtropical climate Registro, Vale do Ribeira, SP, Brasil. **Nativa**, Registro, v. 12, n. 2, p.31, 2024.

CARVALHO, J. O.; TOEBE, M.; TARTAGLIA, F. L.; BANDEIRA, C. T.; TAMBARA, A. L. Leaf estimation from linear measurement in different ages of *Crotalaria juncea* plants. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 89, p. 1868, 2-17.

Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira café 2025 4º levantamento**. Brasília: CONAB,2025. Disponível em: < <https://www.gov.br/conab/pt-br/atuacao/informacoes-agropecuarias/safras/safra-de-cafe/4o-levantamento-de-cafe-safra-2025/boletim-cafe-dezembro-2025>>. Acesso em: 07 mai. 2026.

DIAS, G. M. et al. Estimativa da área foliar de *Congea tomentosa* através do método não destrutivo. **Revista Brasileira de Engenharia**, Campina Grande, v.26, n.10, p.729-734, 2022. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Artigo- Produção total de café em nível mundial foi estimada em 174,9 milhões de sacas de 60 kg para doze meses**. Brasília: EMBRAPA,2025. Disponível em:< <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/99010562/artigo---producao-total-de-cafe-em-nivel-mundial-foi-estimada-em-1749-milhoes-de-sacas-de-60kg-para-doze-meses>>. Acesso em: 04 mai. 2026.

FERREIRA, Daniel Furtado. **SISVAR: A computer analysis system to fixed effects split plot type designs**. Revista Brasileira de Biometria, v. 37, n. 4, p. 529-535, 2019.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 38, n. 2, p. 109-112, 2014.

Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Global coffee market and recent price developments**. Roma: FAO, 2025. Disponível em: <<https://openknowledge.fao.org/items/746931ac-36b8-463f-8d7b-446585158047>>. Acesso em: 04 mai. 2026.

HATI, A. J.; SINGH, R. R. Artificial Intelligence in Smart Farms: Plant Phenotyping for Species Recognition and Health Condition Identification Using Deep Learning. **AI**, v. 2, p. 274-32 289, 2021.

HOLGUÍN, V. A.; GRISALES, S. O.; DÍAZ, G.; MORA-DELGADO, J. Estimation of leaf area of *Tithonia diversifolia* using allometric equations. **Tropical and subtropical agroecosystems**, v. 22, p. 231-238, 2019.

HOLGUÍN, V. A.; GRISALES, S. O.; DÍAZ, G.; MORA-DELGADO, J. Estimation of leaf area of *Tithonia diversifolia* using allometric equations. **Tropical and subtropical agroecosystems**, v. 22, p. 231-238, 2019.

HUSSAIN, S.; GAO, K.; DIN, M.; GAO, Y.; SHI, Z.; WANG, S. Assessment of UAV-Onboard Multispectral Sensor for non-destructive site-specific rapeseed crop phenotype variable at different phenological stages and resolutions. **Remote Sens**, v. 12, n. 397, p. 2-19, 2020.

MACÁRIO, A. P. S.; FERRAZ, R. L de S.; COSTA, P da S.; NETO, J. F de B.; MELO, A. S de.; NETO, J. D. Allometric models for estimating *Moringa oleifera* leaflets area. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 44, n. **Ciência e Agrotecnologia**., 2020.

MALDANER, IC e Modelos para estimativa de área foliar em girassol. **Ciência Rural**, v.39, p.1356-1361, 2009.

MENEZES NETO, E. J.; LIMA, D. G.; FEITOSA, I. S.; GOMES, S. M.; JACOB, M. C. M. Plant Identification Using Artificial Intelligence: Innovative Strategies for Teaching Food Biodiversity. IN: JACOB, M. C. M.; ALBUQUERQUE, U. P. (Eds.). **Local Food Plants of Brazil**. Springer, 2021.

MOREIRA, B. Y. et al. Aplicativos e programas de processamento de imagem como ferramentas para a determinação da área foliar em capim setária. Juiz de Fora: EMBRAPA, 2023. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1163585/1/Aplicativos-e-programas-de-processamento-de-imagem.pdf>. Acesso em: 06 jul.2023.

PINHEIRO, S. F. et al. Área foliar de mudas de urucum (*Bixa orellana* L.). **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.30, n. 3, p. 885-897, 2020.

POMPELLI, M. F. et al. Allometric models for non-destructive leaf area estimation of *Jatropha curcas*. **Biomass and Bioenergy**, v.36, p.77-85, 2012. Disponível em: < <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0961953411005198> > Acesso: 25 mai.2026. doi: 10.1016/J.BIOIMBIOE.2011.10.010.

POMPELLI, M. F. et al. Mesophyll thickness and sclerophylly among *Calotropis procera* morphotypes reveal water-saved adaptation to environments. **Journal of Arid Land**, v.11, p.795-810, 2019. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007/s40333-019-0016-7>>.2026.doi: 10.1016/J.BIOMBIOE.2011.10.010. Acesso: 25 mai. 2026 doi: 10.1007/S40333-019-0016-7/METRICS.

R CORE TEAM. R: **A language and environment for statistical computing**. Versão 4.3.2. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2023. Disponível em: <https://www.R-project.org/>. Acesso em: 26 mai. 2026.

REGO, Carlos Henrique Queiroz. **Avaliação da morfologia interna e do vigor de sementes de feijão-caupi por meio de técnicas de análise de imagens**. 2019. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

Ribeiro, S. E. J.; Côelho, S. E. Allometric equations to predict the leaf área of castor bean cultivars. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.55:1, e20230550, 2025.

SALAZAR, Z. R. J.; SANTOS, N. M. Comparação de softwares de análise de imagem para a determinação da área foliar. **Revista Brasileira de Meio Ambiente**, Pernambuco, v.3, n. 1, p. 024-032, 2018.

SANTANA, H. A.; REZENDE, B. R.; SANTOS, W.V.; SILVA, A. R. Models for prediction of individual leaf area of forage legumes. **Revista Ceres**, v. 65, p. 204-209, 2018.

SCHMILD, R. E.; *et al.* Análise comparativa de equações para estimativa da área foliar em cafeeiros. **Coffee Scienc**, Lavras, v. 9, n. 2, p. 155-167, 2014.

SHI, P.; LIU, M.; YU, X.; GIELIS, J.; RATKOWSKY, D. A. Proportional relationship between leaf area and the product of leaf length and width of four types of special leaf shapes. **Forests, Dordrecht**, v.10, n.2, p.178, 2019.

SILVA, C. C. da, SOUZA, A. P., BOUVIÉ, L., FERNEDA, B. G., LEITE NETO, A., & MONTEIRO, E. B. Modelos alométricos para estimar a área do limbo foliar de teca. **Nativa**, 8(1), 129-136. 2020.

SILVA, R. J.; HELDWEIN, B. A. Estimativa da área foliar da camomila com o uso do ImageJ. *Revista da Jornada da Pós-graduação e Pesquisa- Congrega*, Santa Maria, v. 15, n. 15, p. 1140-1150, 2018.

SOLTABAYEVA, A.; ONGALTAY, A.; OMONDI, J. O.; SRIVASTAVA, S. Morphological, Physiological and Molecular Markers for Salt-Stressed Plants. **Plants**, v. 10, p. 243, 2021.

SOUSA, Samara Ketely Almeida de. **Estimativa da área foliar de plantas jovens de açaizeiro por métodos não destrutivos**. 2021. Tese de Doutorado. UFRA/Campus Belém.

SOUZA, P. B. J. et al. Estimativa não destrutiva da área foliar de mudas de maracujazeiro-azedo por modelos de regressão. **Revista Caatinga**, Mossoró, v.39, e12803, 2026.

SUJATHA, R.; CHATTERJEE, J. M.; JHANJHI, N.; BROHI, S. N. Performance of deep learning vs machine learning in plant leaf disease detection. **Microprocessors and Microsystems**, v. 80, p. e103615, 2021.

TEOBALDELLI, M.; ROUPHAEL, Y.; GONNELLA, M.; BUTTARO, D.; RIVERA, C. M.; MUGANU, M.; COLLA, G.; BASILE, B. Developing a fast and accurate model to estimate allometrically the total shoot leaf area in grapevines. **Scientia Horticulturae**, v. 259, p. e108794, 2020.

TOEBE, M.; SOLDATELI, F. J.; SOUZA, R. R de., MELLO, A. C.; SEGATO, A. Leaf area estimation of Burley tobacco. **Ciência Rural**, v. 51, n. Cienc. Rural, 2021 51(1), 2021.

WALES, S. B.; KREIDER, M. R.; ATKINS, J.; HULSHOF, C. M.; FAHEY, R. T.; NAVE, L.M.; NADELHOFFER, K. J.; GOUGH, C. M. Stand age, disturbance History and the temporal stability of forest production. **Forest Ecology and Management**. 2020.

ZEIST, A. R.; OLIVEIRA, J. R. F.; LIMA FILHO, R. B.; SILVA, M. L. S.; RESENDE, J. T. V. Comparação de métodos de estimativa de área foliar em morangueiro. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v. 20, n.1/2, p. 33–41, 2014.