



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE SAÚDE E TECNOLOGIA RURAL
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA FLORESTAL
CAMPUS DE PATOS-PB

**AVALIAÇÃO DA ÁREA FOLIAR DE CINCO ESPÉCIES
FLORESTAIS OCORRENTES NO SEMIÁRIDO PARAIBANO**

Aristides Gonçalves de Souza Neto
Engenheiro Florestal

Patos – PB
2009



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE SAÚDE E TECNOLOGIA RURAL
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA FLORESTAL
CAMPUS DE PATOS-PB



AVALIAÇÃO DA ÁREA FOLIAR DE CINCO ESPÉCIES FLORESTAIS OCORRENTES NO SEMIÁRIDO PARAIBANO

Aristides Gonçalves de Souza Neto
Orientador: Prof. Dr. José Elenildo Queiroz

Monografia apresentada à Universidade Federal de Campina Grande, Campus de Patos/PB, para a obtenção do Grau de Engenheiro Florestal.

Patos – PB
2009



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE SAÚDE E TECNOLOGIA RURAL
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA FLORESTAL
CAMPUS DE PATOS-PB



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

Autor: Aristides Gonçalves de Souza Neto

Orientador: Prof. Dr. José Elenildo Queiroz

Monografia apresentada como parte das exigências para a obtenção do Grau de Engenheiro Florestal pela Comissão Examinadora composta por:

Prof. Dr. José Elenildo Queiroz (UAEF/UFCG)

Orientador

Prof. Dr. Izaque Francisco Candeia de Mendonça (UAEF/UFCG)

Primeiro Examinador

Prof. Dr. Ricardo Almeida Viegas UAEF/UFCG)

Segundo Examinador

Patos – PB

2009

AGRADECIMENTOS

A minha família, que sempre contribuiu para minha educação, principalmente aos meus pais, Francisco Aristides de Souza e Francisca Iva de Azevedo Sousa, que sempre acreditaram no meu potencial, e meus irmãos Francisco Segundo de Souza e Antonio Tércio de Azevedo Souza.

Ao professor José Elenildo Queiroz, por me acompanhar na qualidade de orientador ao longo do desenvolvimento desse trabalho monográfico.

Aos professores da banca examinadora, Dr. Izaque Francisco Candeia de Mendoça e Dr. Ricardo Almeida Viegas, e aos suplentes Valdir Mamede de Oliveira e Profa. Assiria Maria Ferreira da Nobrega pelas contribuições e sugestões apresentadas durante a defesa desse trabalho.

Aos colegas de residência universitária, Felipe Almeida, Isaias Ezequiel, Arclenes Olinto, Joab Medeiros, Pedro Nicó, Pierre Farais pela amizade e convivência harmoniosa durante os cinco anos de universidade.

Aos colegas de curso Fábio Guedes, Gisnaldo, Ikallo, Terezinha, Nilvânia, Maria Tabata e Rossevelt Montenegro, pelo companheirismo e amizade durante a minha vida acadêmica.

Aos professores do Curso de Engenharia Florestal, que de forma positiva, contribuíram para minha formação acadêmica, em especial aos professores (as) Assiria Maria, Ivonete A. Bakke, Maria Marinho, Jacob Silva Souto, José Medeiros, Carlos R. Lima, Josuel Arcanjo, Ricardo Viegas, Gilvan Campelo, Olaf A. Bakke.

Às funcionárias da Unidade Acadêmica de Engenharia Florestal, Edinalva e Ivanice, pela ajuda prestada.

Enfim, a todas as pessoas que de forma direta ou indiretamente, contribuíram para o desenvolvimento da minha jornada acadêmica.

SUMÁRIO

RESUMO	vi
ABSTRACT	vii
1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1 Características do bioma Caatinga	3
2.2 Caracterização das espécies	4
2.2.1 BRAÚNA (<i>Schinopsis brasiliensis</i> Engi.)	4
2.2.2 CATINGUEIRA (<i>Caesalpinia pyramidalis</i> Tul.)	6
2.2.3 CRAIBEIRA (<i>Tabebuia aurea</i> Mart.)	8
2.2.4 CUMARU (<i>Amburana cearensis</i> Allem.A.C. Smith)	9
2.2.5 JUCÁ (<i>Caesalpinia ferrea</i> Mart. ex Tul.)	10
2.3 Estudos de Área Foliar.....	12
3 MATERIAL E MÉTODOS	14
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	16
5 CONCLUSÕES	28
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	29

SOUZA NETO, Aristides Gonçalves de. **AVALIAÇÃO DA ÁREA FOLIAR DE CINCO ESPÉCIES FLORESTAIS OCORRENTES NO SEMIÁRIDO PARAIBANO.** 2009. Monografia (Graduação) Curso de Engenharia Florestal. CSTR/UFCG, Patos - PB, 2009.

AVALIAÇÃO DA ÁREA FOLIAR DE CINCO ESPÉCIES FLORESTAIS OCORRENTES NO SEMIÁRIDO PARAIBANO

RESUMO - Neste trabalho objetivou-se desenvolver um estudo comparativo entre diferentes procedimentos de cálculo da área foliar, de cinco espécies florestais ocorrentes no semiárido paraibano, considerando como referência valores de área foliar obtidos por processo de digitalização de imagens. A partir de medidas do comprimento ao longo da nervura principal (C) e da largura máxima (L), perpendicular à nervura principal, foram calculadas as áreas foliares pela equação da elipse e pelos modelos linear e potencial. Foram coletadas 100 folhas de cada espécie estudada, retiradas do terço mediano da copa das árvores. Os resultados mostraram que todos os modelos avaliados (elíptico, linear e potencial) podem ser usados para estimativa da área foliar das cinco espécies estudadas. O uso do modelo potencial permite estimar a área foliar da espécie Craibeira com maior nível precisão. A utilização dos modelos propostos tem a grande vantagem de permitir a estimativa da área foliar com elevada precisão, rapidez e de forma não destrutiva, utilizando apenas os parâmetros comprimento e largura.

Palavras-chave: área foliar, elipse, modelo linear, modelo potencial.

SOUZA NETO, Aristides Gonçalves de. **ASSESSMENT OF LEAF AREA OF FIVE FOREST SPECIES OCCURRING IN PARAIBANA SEMIARID.** Monograph (Graduation) Course of Forestry. CSTR/UFCEG, Patos - PB, 2009.

ASSESSMENT OF LEAF AREA OF FIVE FOREST SPECIES OCCURRING IN PARAIBANA SEMIARID

ABSTRACT - This work aimed to develop a comparative study of different procedures for calculating the leaf area of five tree species in semi arid region of Paraíba, considering as reference values of leaf area obtained by means of digital imaging. After measuring the length along the main vein (C) and width (L), perpendicular to the main vein, were calculated the leaf area by the equation of the ellipse and the linear and potential models. Were collected 100 leaves of each species studied, taken from the middle third of the tree canopy. The results showed that all the models evaluated (elliptical, linear and potential) can be used to estimate leaf area of the five species. The use of potential model to estimate leaf area of species Craibeira with higher precision. The use of the proposed models has the great advantage of allowing the estimation of leaf area with high precision, speed and non-destructive way, using only the parameters length and width.

Key words: leaf area, ellipse, model linear, model potential.

1 INTRODUÇÃO

A maior parte do nordeste brasileiro tem seu território ocupado por uma vegetação xerófila de porte arbóreo, arbustivo e herbáceo, com ampla variação de fisionomia e flora, com elevada diversidade de espécies. A caatinga brasileira é um dos três espaços semiáridos da América do Sul, cujo bioma é considerado o principal ecossistema existente na região Nordeste, estendendo-se pelo domínio de climas semiáridos, numa área de 73.683.649 ha, correspondendo a 6,83% do território nacional, ocupando parte dos Estados da Bahia, Ceará, Piauí, Pernambuco, Rio Grande do Norte, Paraíba, Sergipe, Alagoas, Maranhão e Minas Gerais (AB' SÁBER, 2003).

As espécies florestais ocorrentes na região semiárida do nordeste brasileiro necessitam de estudos específicos, como forma identificar suas potencialidades para diferentes finalidades de uso. Tais estudos devem ser realizados no sentido de identificar o comportamento das plantas durante a fase de produção de mudas e ao longo do desenvolvimento das plantas em condições de campo. Dentre as espécies da caatinga, destacam-se *Amburana cearensis* (Cumaru), *Caesalpinia ferrea* Mart (Jucá), *Caesalpinia pyramidalis* (Catingueira), *Schinopsis brasiliensis* (Braúna) e *Tabebuia aurea* (Craibeira), com elevado potencial econômico, sendo indicadas para as mais diversas finalidades. Todas as cinco espécies estudadas têm uma grande importância econômica que vai desde aproveitamento do material lenhoso passando pelas folhas até as mais diversas variedades e finalidades dos seus estratos secundários, entre outros.

Estudos relacionados aos parâmetros de crescimento dessas espécies precisam ser desenvolvidos, destacando-se a avaliação da área foliar, por ser nas folhas onde ocorrem importantes funções da planta, a exemplo do processo de transpiração e a realização da fotossíntese como um todo (MARACAJÁ et. al., 2008).

A folha assume importantes funções nas plantas, tais como a interceptação e absorção da luz e capacidade fotossintética (LARCHER, 2000; TAIZ & ZEIGER, 2004; SEVERINO et. al., 2004). É a folha o principal órgão no processo respiratório, responsável pelas trocas gasosas entre a planta e o ambiente (PEREIRA et. al., 1997). Nos estudos envolvendo aspectos relacionados com a reprodução,

crescimento e desenvolvimento vegetal, exigências nutricionais, entre outros fatores, à determinação da área foliar tem grande importância, por ser um dos principais parâmetros utilizados na avaliação do crescimento vegetal.

Os métodos de determinação da área foliar envolvendo técnicas de digitalização de imagens vêm sendo amplamente empregados, fornecendo resultados precisos e com relativa facilidade (TAVARES-JÚNIOR et al., 2002). No entanto, existem inúmeros métodos para se determinar a área foliar, a maioria com boa precisão, classificados em destrutivos e não destrutivos, diretos ou indiretos (MARSHALL 1968).

Os métodos destrutivos exigem a retirada de partes da planta, o que pode não ser possível em alguns casos devido a particularidades do estudo em questão, já os não destrutivos não necessitam da retirada de partes da planta, poupando as amostras e, com a utilização de equipamentos modernos, são rápidos e precisos, preservando, assim, a sua integridade e permitindo a continuidade das avaliações na mesma planta.

E em função do preço, os métodos que utilizam equipamentos nem sempre são de fácil aquisição (MARACAJÁ et al., 2008). Assim, a estimativa da área foliar utilizando a relação entre as dimensões lineares da folha e a respectiva área destaca-se como alternativa simples, barata e acessível, necessitando apenas de régua e cálculos associados. Estudos baseados na correlação entre variáveis biométricas mensuráveis e a área foliar real permitem avaliar a possibilidade de uso de modelos para estimativa de área foliar, com elevado grau de precisão.

O presente trabalho foi realizado com o objetivo de desenvolver um estudo comparativo entre diferentes modelos matemáticos de estimativa da área foliar de cinco espécies florestais ocorrentes no semiárido paraibano (*Amburana cearensis* - Cumaru, *Caesalpinia ferrea* Mart - Jucá), *Caesalpinia pyramidalis* - Catingueira, *Schinopsis brasiliensis* - Braúna e *Tabebuia aurea* - Craibeira), tomando como referência valores obtidos por processo de digitalização e processamento de imagens.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Características do bioma Caatinga

O Nordeste do Brasil tem a maior parte de seu território ocupado por uma vegetação xerófila de porte arbóreo, arbustivo e herbáceo, com ampla variação de fisionomia e flora, com elevada diversidade de espécies, predominando representantes de Caesalpinaceae, Mimosaceae, Euphorbiaceae, Fabaceae e Cactaceae.

O clima na região semiárida apresenta como característica marcante à irregularidade do regime pluviométrico, com duas estações definidas: a estação chuvosa (inverno) que dura de três a cinco meses e a estação seca (verão) que dura de sete a nove meses. As chuvas são torrenciais e irregulares no tempo e no espaço, provocando periodicamente a ocorrência de secas prolongadas. Apesar de apresentar uma pluviosidade não muito baixa, o balanço hídrico é deficitário, principalmente em virtude da elevada evaporação. Nessa região, a evaporação é quatro vezes superior a precipitação (MENDES, 1992).

A Caatinga constitui-se na expressão sintética dos elementos físicos e climáticos, uma vegetação singular cujos elementos florísticos expressam uma morfologia, anatomia e mecanismo fisiológico convenientes para resistir ao ambiente xérico. Traduzindo o xerofilismo, expressa uma condição de sobrevivência ligada a um ambiente seco, ecologicamente com deficiência hídrica, cuja água disponível às plantas procede unicamente do curto período da estação chuvosa, já que seus solos apresentam baixa capacidade de acumular água.

Em virtude das condições climáticas, a vegetação endêmica é ramificada, com um aspecto arbustivo, tendo folhas pequenas ou modificadas em espinhos, de modo a evitar a evapotranspiração (perda de água pela epiderme), ocorrendo à perda de folhas na época seca (caducifolia). É uma mistura de estratos herbáceo, arbustivo e arbóreo de pequeno porte, tortuosa, espinhenta e muito resistente às secas. A vegetação é distribuída de forma irregular, contrastando áreas que se assemelham a florestas, com áreas com solo quase descoberto. Apresenta uma grande biodiversidade com espécies de portes e arranjos fitosociológicos variados que o torna bastante complexo, onde pouco se conhece sobre a sua dinâmica.

Na Caatinga também se encontram algumas espécies arbóreas e arbustivas de folhas perenes. As plantas suculentas aparecem em grande número e as espécies herbáceas anuais desaparecem no período seco. A vegetação é escassa em gramíneas, porém, abundante em leguminosas. Muitas espécies são forrageiras, outras são frutíferas e algumas são de importância industrial, principalmente, como fornecedoras de matéria-prima industrial, como cera, borracha, tanino, resinas, cosméticos, fármacos, fibras e outros produtos (MENDES, 1992).

2.2 Caracterização das espécies

2.2.1 BRAÚNA (*Schinopsis brasiliensis* Engi.)

A *Schinopsis brasiliensis* Engl., vulgarmente conhecida como baraúna ou braúna, como uma espécie vulnerável. Essa espécie pertence à família Anacardiaceae, ocorrendo na Caatinga desde a Bahia até a Paraíba, apresenta porte arbóreo, podendo atingir até 12 m de altura, e 20 a 60 cm de diâmetro, com ramos providos de espinhosos. As folhas são compostas, imparipinadas, de cor verde escuras na parte superior e pálidas na inferior (Figura 1b) (BRAGA, 1979).

A copa é quase globosa, não muito densa (Figura 1a). Os ramos são providos de espinhos fortes de até 3,5 cm. A casca é cinza-escuro, quase negra, áspera, desprendendo-se em porções irregularmente quadrangulares. Quando maceradas, apresentam fraco odor de resina. Flores pequenas (3-4 mm de diâmetro), brancas,

glabras, suavemente perfumadas, dispostas em panículas de até 10-12 cm, pouco vistosas. Fruto alado, até 3,5 cm de comprimento, de cor castanho-claro, cheio de massa esponjosa, é dispersado pelo vento. A madeira é muito pesada (densidade 1.230 Kg.m^{-3}), dura, altamente resistente à decomposição quando em ambiente externo. O cerne de cor vermelho-castanho é muito duro e escurece quando demoradamente exposto ao ar. Não confundir a braúna da caatinga com a braúna da floresta atlântica, completamente diferente. O corte sistemático a que é submetida torna hoje em dia mais difícil o conhecimento da real área de ocorrência e freqüência da braúna (MAIA, 2004).

As Informações ecológicas da braúna é planta decídua, heliófita e seletiva higrófila, característica de várzeas da região semiárida. Habita as terras altas da caatinga dominadas por solos de tabuleiro, férteis e profundos. É mais freqüente em solos calcários, podendo ocorrer mesmo em aforamentos pedregosos, onde geralmente não cresce muito. Nos solos profundos arenosos das baixadas é raramente encontrada. Ocorre em locais de precipitações em torno do limite superior para a caatinga, desaparecendo em áreas de longo período seco, ou com precipitações muito baixas. Sua fenologia é que perde as folhas durante a estação seca. Floresce geralmente no final da estação chuvosa. A madeira é excelente para usos externos, principalmente mourões, estacas e postes, sendo bastante durável mesmo quando posta em contato com o solo e resistindo aos terrenos mais úmidos por longos anos. Utilizada também na construção civil, para obras internas, na carpintaria, como vigas, linhas, caibros, ripas, portais, dormentes para estrada de ferro, moendas, prensa de casa de farinha, esteios, pilões, cabos de ferramenta, obras de torno, entre outras utilidades. (MAIA, 2004).

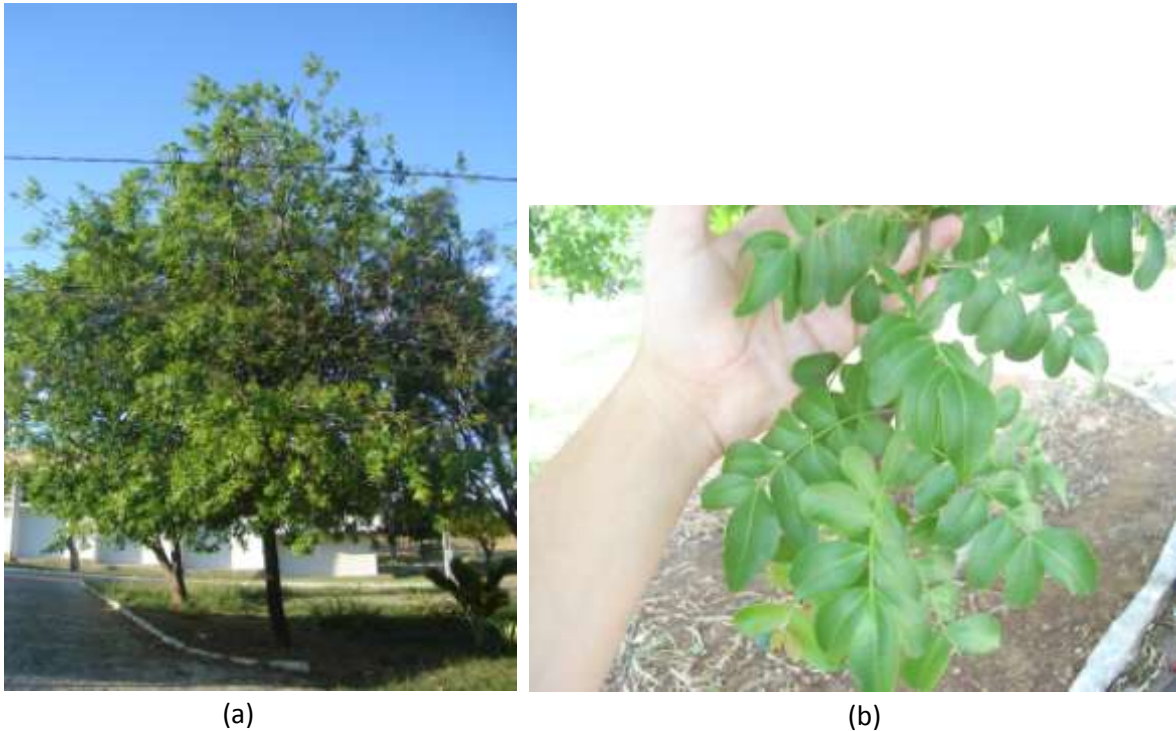


Figura 1 - Imagem detalhada da árvore (a) e da forma das folhas compostas da Braúna (b).

2.2.2 CATINGUEIRA (*Caesalpinia pyramidalis* Tul.)

A catingueira ou catinga-de-porco, catingueira-das-folhas-largas, mussitaiba, pau-de-porco, pau-de-rato, nome botânico *Caesalpinia pyramidalis* Tul. pertence a família Leguminosae e subfamília Caesalpinioideae. É uma árvore de porte médio, sem espinhos, com 4-6 m de altura, podendo atingir 12 m. Copa aberta e irregular, ramos verdes, com abundantes lenticelas esbranquiçadas (Figura 2a). A casca das árvores adultas da catingueira é de cor cinza-claro, às vezes levemente castanho, largando a camada superficial em lâminas um pouco alongadas, de bordo irregular, dando à casca um aspecto liso com coloração de “camuflagem”, com manchas de cor amarelo, verde e branco. Na planta velha, o cerne do tronco muitas vezes apodrece completamente, deixando a árvore oca servir de abrigo a pequenos animais e insetos. Folhas bipinadas, com 5-11 folíolos alternos ou opostos, sésseis, obtusos, oblongos, coriáceos, bordo inteiro, levemente ondulado, 1-3 cm nas folhas de ramos adultos e com menos de 1 cm em folhas de rebrotas (Figura 2b). As folhas

novas têm coloração rosada. Só depois de se tornarem verdes, elas apresentam um cheiro desagradável, típico. Flores amarelas, dispostas em racimos curtos. O fruto é uma vagem achatada, pontada, de 8-11 cm de comprimento e 2 cm de largura, de cor castanho claro. Contém 5-7 sementes, as quais, através da deiscência violenta da vagem, são sacudidas a longas distâncias (MAIA, 2004).

As condições adversas do ambiente são retratadas por esta espécie com relação ao porte. Subordinada a melhores suprimentos d'água e solo mais profundo, a catingueira chega a 12 m de altura e tem caule retilíneo (30-35 cm de circunferência), que permite o aproveitamento de sua madeira para diversos fins. O tronco oco serve de abrigo para abelhas silvestres sem ferrão e outros insetos, para pequenos animais e pássaros. A catingueira produz anualmente muitas sementes. Pode ser manejada através da poda para produzir forragem durante a época seca, na qual normalmente está sem folhas. As folhas da catingueira, quando submetidas, pelo homem, a processo de fenação, oferecem uma massa forrageira volumosa e bastante nutritiva (MAIA, 2004).

A Madeira branco-amarelada com cerne escuro, muito pesada, com densidade de 990 Kg.m^{-3} de madeira seca, contendo grandes quantidades de celulose e lignina, é recomendada para lenha, carvão e estaca. É uma das plantas sertanejas cujos gomos brotam nas primeiras manifestações de umidade, portanto é uma anunciadora do período das chuvas. As folhas fenadas constituem boa forragem, e as flores, folhas e cascas são usadas no tratamento das infecções catarrais e nas diarreias (BRAGA, 1976).

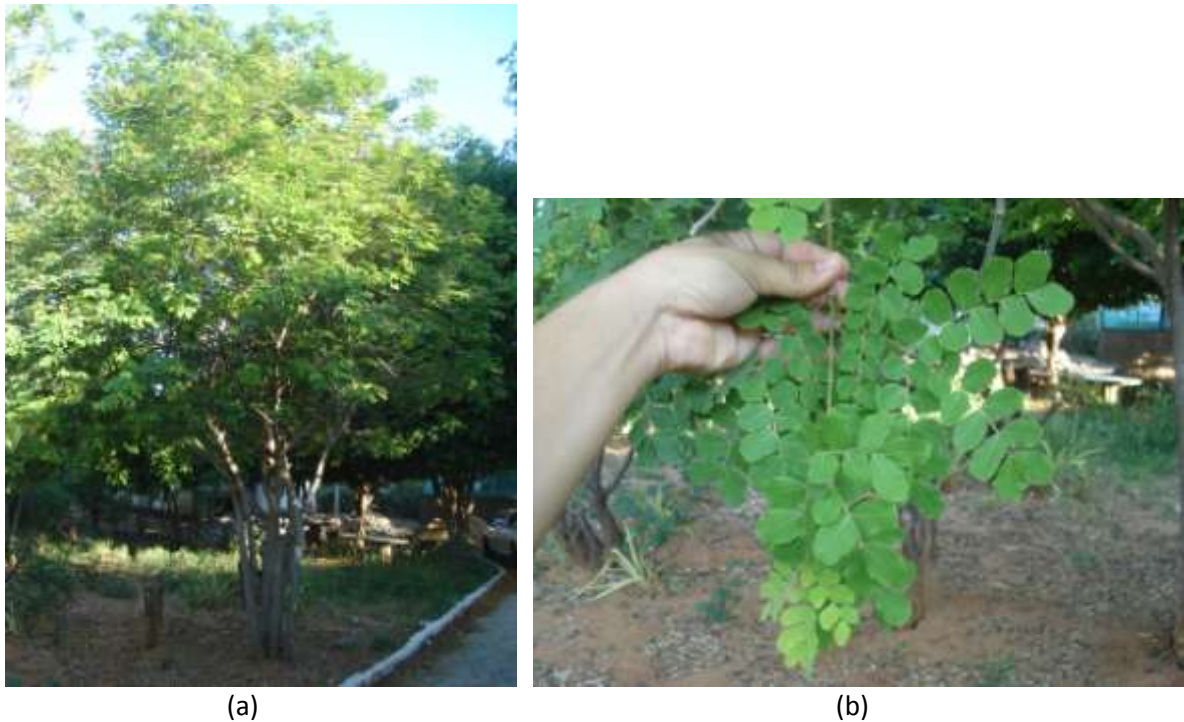


Figura 2 - Imagem detalhada da árvore (a) e da forma das folhas compostas da Catingueira (b).

2.2.3 CRAIBEIRA (*Tabebuia aurea* Mart.)

Tabebuia aurea (Manso) Benth. & Hook. f. ex S. Moore é uma espécie arbórea da família Bignoniaceae, conhecida vulgarmente como craibeira, caraibeira ou para-tudo. Árvore de 10-12 m (até 15 m) de altura, geralmente bem ramificada, inerme; tronco com 30 a 50 cm de diâmetro (DAP); copa arredondada bem aberta e amplamente conhecida, casca cinza-claro, estriada, rugosa, pouco lustrosa quando nova, apresentando manchas irregulares, mais claras (Figura 3a). Folhas alternas, compostas de 3-5 pares de pinas, cada pina com folíolos alternado de pequenos a grande (1-20 cm), glabros, oblongos, verde-claro (Figura 3b). Ocorre nas margens de rios temporários do Nordeste semi-árido, integrando também a flora dos Cerrados e Cerradões de quase todo o Brasil. Possui fruto do tipo folículo, com sementes dotadas de alas, dispersas pelo vento. É planta de múltiplas utilidades, tendo sua madeira utilizada em vigamentos, esquadrias, móveis, cabos de ferramentas, construção civil e serviços diversos. Presta-se ainda para a arborização de ruas e

praças pela abundância de floração vistosa e pela sombra que pode proporcionar. Apresenta crescimento médio podendo ser indicada para reflorestamento, principalmente em matas ciliares, nas regiões de baixa pluviosidade (LORENZI 1992).



Figura 3 - Imagem detalhada da árvore (a) e da forma das folhas compostas da Craibeira (b).

2.2.4 CUMARU (*Amburana cearensis* Allem.A.C. Smith)

Amburana cearensis (Allemao) A.C. Smith, da família das Leguminosae-Papilionoideae, é uma árvore de caule ereto, que chega a atingir 10 a 12m alt. (Lima 1989). Por suas qualidades madeireiras, tem sido explorada até a exaustão nos locais de ocorrência, tendo em vista a utilização da sua madeira, conhecida como cerejeira, em movelaria fina, esculturas e marcenaria em geral, estando listada como espécie em extinção (HILTON-TAYLOR 2000).

Árvore de até 10 a 12 m, quando em condições muito favoráveis; freqüentemente atinge 6 a 8 m, em locais de caatinga. Copa achatada e curta na caatinga e alta, larga e umbeliforme nas florestas úmidas (Figura 4a). Caule ereto,

com casca lisa, de cor variável, amarelo- avermelhada e vermelho-pardacenta, soltando lâminas finas irregulares e transparentes. Casca interna, amarelada, fibrosa, exala forte odor característico de cumarina, apresenta-se gordurosa e o sabor é amargo. Folhas compostas, alternas, imparipenadas, com 7 a 11 folíolos, pequenos (2,5-5 x 1-2,5 cm.), ovados, de ápice não agudo (Figura 4b). A brotação nova é muito bonita por formar um verde-claro brilhante. As flores são branco-amareladas, miúdas e muito aromáticas, formam lindos racimos com muitas flores, axilares ou nas pontas dos ramos, cobrindo inteiramente os galhos despidos de folhas por ocasião da floração (MAIA, 2004).

A madeira apresenta cor bege a castanho claro, com estrias mais claras, moderadamente dura e pesada (densidade 600 Kg.m^{-3}), macia, porosa, elástica, superfície irregularmente lustrosa e medianamente lisa ao tato, de aspecto oleoso, textura grosseira, grã direita a irregular, com cheiro acentuado, peculiar a agradável, lembrando o de baunilha e gosto levemente adocicado, é bastante valiosa, com bom preço no mercado nacional e internacional. É reconhecida principalmente pela casca característica, sem espinhos e com forte cheiro de cumarina, e pelo fruto característico (MAIA, 2004).



(a)



(b)

Figura 4 - Imagem detalhada da árvore (a) e da forma das folhas compostas do Cumaru (b).

2.2.5 JUCÁ (*Caesalpinia ferrea* Mart. ex Tul.)

O jucá ou jucazeiro, muirá-itá, muirá-obi, pau-de-jucá, pau-ferro, nome botânico é *Caesalpinia ferrea* Mart. exTul. var.*ferrea* e os sinônimos botânicos são *Caesalpinia ferrea* Mart. ex Tul, pertence a família Leguminosae e subfamília Caesalpinioideae. Árvore de 5-7 m (até 10 m) de altura, geralmente bem ramificada, inerme; tronco com 10 a 30 cm de diâmetro (DAP); copa arredondada bem aberta e ampla; casca cinza-escuro, lisa, fina, um pouco lustrosa quando nova, apresentando manchas irregulares, mais claras, resultantes da queda de placas da casca (Figura 5a). Folhas alternas, compostas de 2-4 pares de pinas, com 1 pina terminal; cada pina com 4-6 pares de folíolos pequenos (1-3 cm), glabros, oblongos, verde-escuro por cima e verde-claro por baixo (Figura 5b). Flores amarelas, pequenas, em panículas terminais, com finas listras na face interna das pétalas. Fruto vagem achatada, às vezes encurvada, com 6 a 8 cm de comprimento e cerca de 1,5 cm de largura, acastanhada, indeiscente, coriácea, com polpa seca, envolvendo 2-5 sementes lisas, lustrosas, marrons, duras (MAIA, 2004).

A madeira é rígida e muito pesada, densidade 1.190 Kg.m^{-3} de madeira seca, cerne bem distinto do alburno por causa da sua cor castanho-escuro, quase preto, duro, bastante lignificada, todavia, nova de pequeno diâmetro, obedece a torções com muita facilidade.

É altamente resistente ao fogo, tolerante à sombra, mas não suporta terrenos muito úmidos ou alagados. A vagem é muito procurada pelos veados e outros animais silvestres e domésticos. A semente dura passa inteira pelo trato digestivo dos ruminantes, sendo isso talvez a forma natural de quebrar sua dormência mecânica. A madeira é usada para confecção de cabos de ferramentas, cacetes, galões, canzís, esteios, davas, arcos, móveis que necessitam dobradura, rodas, aros, estacas, lenha e carvão. Contém grande quantidade de celulose e lignina, podendo ser utilizada para produção de álcool combustível, carvão e coque metalúrgico. Possui alto valor forrageiro das folhas verdes e fenadas, e das vagens, para todos os rebanhos. A importância forrageira aumenta pelo fato de o jucá ser uma das poucas plantas da caatinga que mantêm a folhagem verde durante a estação seca (MAIA, 2004).

A *Caesalpinia ferrea* é uma espécie muito utilizada na arborização e paisagismo urbano, em função de suas características estéticas. Apresenta manchas claras no tronco, legumes lisos, duros e aromáticos contendo muitas sementes (LORENZI, 1992).

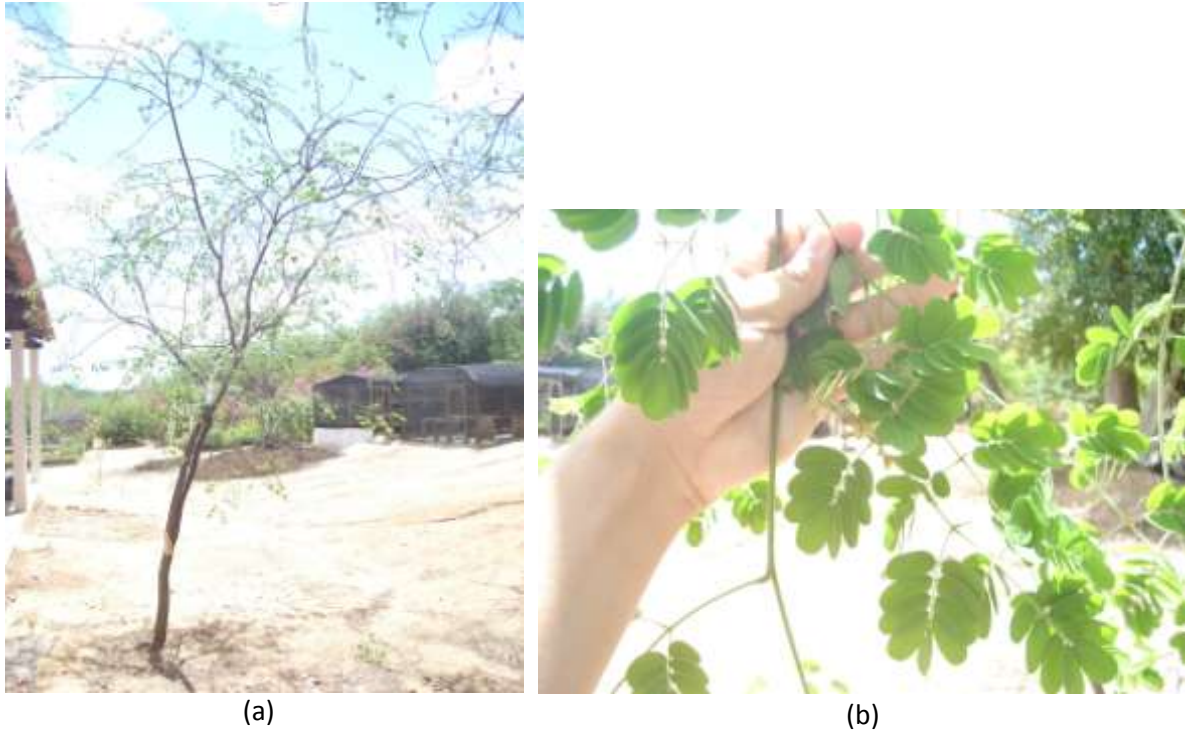


Figura 5 - Imagem detalhada da árvore (a) e da forma das folhas compostas do Jucá (b).

2.3 Estudos de Área Foliar

O conhecimento da área foliar é de fundamental importância, por ser um parâmetro utilizado na avaliação do desenvolvimento vegetal. A área foliar de uma dada espécie vegetal é diretamente relacionada com a sua capacidade fotossintética e de interceptação de luz, entre varias outras características (SEVERINO et al., 2006).

A determinação da área foliar (AF) das plantas é de interesse em diferentes setores da pesquisa agrônômica, porém é de fundamental importância que as técnicas de estimativa de área foliar sejam simples, rápidas e, principalmente, não destrutivas. A importância de se utilizar um método não-destrutivo é que ele permite

acompanhar o crescimento e a expansão foliar da mesma planta até o final do ciclo ou do ensaio, além de ser rápido e preciso. Assim, a AF pode ser estimada utilizando-se parâmetros dimensionais de folhas, os quais apresentam boas correlações com a superfície foliar (MOREIRA FILHO et al., 2007).

Estudos com espécies da caatinga vêm sendo desenvolvidos para se saber mais sobre suas características, sendo uma das aplicações a avaliação da área foliar. Um dos métodos mais utilizados é a estimativa da área foliar por meio de equações de regressão entre a área foliar real (AFR) e os parâmetros dimensionais das folhas (BARROS et al., 1973; BIANCO et al., 2005). Tavares-Junior et al.(2002), ao compararem diferentes métodos de estimativa da área foliar do cafeeiro, concluíram ser o método digital o mais exato e adequado para estimar a área foliar, porém necessitam da retirada das folhas para processamento das imagens. Assim, a utilização de equações que permitam a estimativa da área foliar real a partir de parâmetros dimensionais do limbo foliar torna-se uma ferramenta importante (BARROS et al., 1973; BENINCASA, 2003).

Queiroz et al. (2009a) estudando a área foliar do limoeiro observaram que o modelo elíptico apresentou alto coeficiente de ajuste em relação ao processo de digitalização de imagens, para diferentes portes de plantas avaliados. Para eles, o modelo apresenta grande vantagem do ponto de vista prático, por ser não destrutivo e pela eficiência na determinação da área foliar. Estudos desenvolvidos com a espécie *Cassia siamea* mostraram que a área foliar pode ser estimada pelos modelos elíptico e linear, sendo o modelo linear o que apresentou maior grau de ajuste (QUEIROZ et. al., 2009b).

3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no laboratório de Geoprocessamento e Manejo florestal, do Centro de Saúde e Tecnologia Rural da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), localizado na cidade de Patos/PB, da Unidade Acadêmica de Engenharia Florestal, circunscrito às coordenadas geográficas de 07° 03' 27" a 07° 03' 39" de latitude sul e 37° 16' 21" a 37° 16' 38" de longitude a oeste de Greenwich, com altitude média de 250 m. O clima da região segundo a classificação de Köppen se enquadra no tipo Bsh, semiárido, com médias térmicas anuais superiores a 25°C e pluviosidade média anual inferior a 1000 mm com chuvas irregulares e umidade relativa do ar média de 65,9%. O período chuvoso varia de janeiro a julho com os meses mais secos ocorrendo de agosto-novembro, sendo algumas chuvas registradas no mês de dezembro.

As folhas das espécies utilizadas para o desenvolvimento deste trabalho foram obtidas no viveiro florestal e nas imediações do Centro de Saúde e Tecnologia Rural – Campus de Patos-PB. De cada espécie foram coletadas 100 folhas no terço mediano da copa das plantas, sendo todas as árvores de espécie de folhas compostas, *Amburana cearensis* Allem.A.C. Smith, *Caesalpinia ferrea* Mart. ex Tul, *Caesalpinia pyramidalis* Tul, *Schinopsis brasiliensis* Engi e *Tabebuia aurea* (Mart.). As folhas, após a coleta, foram colocadas em sacos plásticos e levadas ao laboratório de Geoprocessamento e Inventário florestal, onde foram destacados os folíolos e numerados de 1 a 100, para medida das dimensões comprimento e largura, para digitalização e processamento das imagens. As medidas e digitalização das folhas foram realizadas, sucessivamente, num prazo de seis horas para minimizar eventuais deformações.

O comprimento dos folíolos foi definido como a distância entre o ponto de inserção do pecíolo no limbo foliar e a extremidade oposta da folha e a largura como a maior dimensão perpendicular ao comprimento da nervura principal. Essas medidas foram obtidas com o auxílio de um escalímetro modelo HO, sendo os valores registrados numa planilha Microsoft Office Excel 2007, ambiente usado no cálculo da área foliar.

O processo de digitalização das imagens consistiu no escaneamento dos folíolos, com scanner modelo hp scanjet 2400, onde as imagens adquiridas foram

processadas através do software ImageJ 1.41o, salvas no formato TIFF (Tag Image File Format), ambiente usado no processo de binarização e análise das imagens.

Foram idealizados três modelos teóricos utilizando as medidas lineares comprimento (C) e largura (L) para os estudos comparativos com o modelo digital. Os modelos empregados foram: Elíptico, Linear, e Potencial (Tabela 1).

Tabela 1 - Equações dos modelos utilizados no cálculo de área foliar.

Modelos	Fórmulas
Elíptico	$y = \frac{\pi}{4} \cdot x$, sendo $y = AF$ e $x = C.L$
Linear	$y = ax$, sendo $y = AF$ e $x = C.L$
Potencial	$y = a \cdot x^b$, sendo $y = AF$ e $x = C.L$

Para cada modelo foi calculado o erro relativo médio (ERM) e o coeficiente de determinação (R^2), com o objetivo de identificar o melhor modelo de ajuste dos dados.

Para o cálculo da área foliar pelo modelo linear, considerou-se o intercepto igual a zero, ou seja, $y=ax$, onde a é o coeficiente angular da reta de regressão.

Para os cálculos da área foliar pela forma elíptica considerou-se uma elipse centrada na origem, como eixo maior igual ao comprimento da nervura principal (C) e eixo menor, igual à largura máxima (L), com $C>L>0$.

O erro relativo (ξ_i), expresso em modulo e em porcentagem, foi calculado pela seguinte equação:

$$\xi_i = \left| \frac{AM_i - AD_i}{AD_i} \right| \cdot 100$$

onde AM_i é a área foliar do modelo e AD_i a área digitalizada, referentes ao i -ésimo folíolo.

O erro relativo médio (ERM) corresponde à média aritmética dos valores de ξ_i , ou seja,

$$ERM = \frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^N \xi_i$$

onde N é igual ao numero total de folíolos avaliados.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A caracterização das amostras das folhas e os valores das áreas foliares das cinco espécies estudadas, obtidos pelo processo digital, encontram-se na Tabela 2. As áreas digitalizadas apresentaram valores médios de 5,48 cm², 3,61 cm², 11,29 cm², 12,68 cm² e 2,00 cm², com coeficientes de variação (CV), expressos em porcentagem, iguais a 26,83, 33,12, 56,95, 24,13 e 13,77, respectivamente, para as espécies Braúna, Catingueira, Craibeira, Cumaru e jucá. Estes coeficientes mostram uma maior variação em termos de área para espécie Craibeira e a menor variação para espécie jucá. Pelos valores médios observa-se a seguinte ordem decrescente para as espécies 1 - Cumaru, 2 - Craibeira, 3 - Braúna, 4 - Catingueira e 5 - Jucá. Essa mesma ordem pode ser observado em relação aos valores médios dos parâmetros comprimento e largura dos folíolos, conforme a Tabela 2.

Tabela 2 - Valores médios (Med) e coeficiente de variação (CV) dos parâmetros comprimento, largura e área foliar digitalizada das cinco espécies estudadas.

Espécies	Comprimento (cm)		Largura (cm)		Área Digital (cm ²)	
	Med	CV(%)	Med	CV(%)	Med	CV(%)
Braúna	3,74	15,30	1,92	14,25	5,48	26,83
Catingueira	2,57	19,33	1,80	14,96	3,61	33,12
Craibeira	8,66	35,06	1,56	22,04	11,29	56,95
Cumaru	5,23	14,20	3,07	12,99	12,68	24,13
Jucá	2,21	10,78	1,18	11,03	2,00	13,77

Os valores médios de área foliar e coeficiente de variação (CV), das cinco espécies estudadas, obtidos pelos modelos elíptico, linear e potencial, respectivamente, podem ser observados na Tabela 3. De um modo geral, os três modelos apresentaram valores médios de área foliar próximos dos valores de referência (processo digital), sendo que o modelo potencial apresentou valores praticamente iguais (com aproximação de duas casas decimais) aos valores obtidos pelo processo digital, tomados como referência.

Tabela 3 - Valores médios de área foliar (AMed) e coeficiente de variação (CV), obtidos pelos modelos elíptico, linear e potencial para as cinco espécies estudadas.

Espécies	Modelo Elíptico		Modelo Linear		Modelo Potencial	
	Área Média (cm ²)	CV (%)	Área Média (cm ²)	CV (%)	Área Média (cm ²)	CV (%)
Braúna	5,72	26,24	5,49	26,24	5,48	26,54
Catingueira	3,73	33,30	3,60	33,30	3,61	33,39
Craibeira	11,38	56,19	11,32	56,19	11,29	57,27
Cumaru	12,75	24,53	12,67	24,53	12,68	24,24
Jucá	2,04	14,11	2,00	14,11	2,00	13,61

Pelo modelo elíptico (Tabela 4) observa-se que os valores médios dos erros para as espécies estudadas, Braúna, Catingueira, Craibeira, Cumaru e jucá, foram 4,80 %, 3,72 %, 2,40 %, 1,99 % e 2,49 %, respectivamente, resultando valores de área foliar próximos dos obtidos pelo processo digital. Queiroz et. al. (2009a) ao usarem esse modelo na avaliação da área foliar da *Cassia siamea* observaram erros entre 2,13% e 3,40%, para três portes de planta avaliados.

Para o modelo linear, com intercepto igual a zero, os erros médios para as espécies Braúna, Catingueira, Craibeira, Cumaru e jucá, respectivamente, foram 2,16 %, 2,05 %, 2,20 %, 2,02 % e 1,65 %, respectivamente, portanto, ligeiramente menores do que os erros obtidos pelo modelo elíptico, exceto para a espécie Cumaru que apresentou erros praticamente iguais (Tabela 4). Queiroz et. al. (2009b) ao estudarem a área foliar do limoeiro concluíram que a equação obtida pela regressão linear envolvendo o produto C x L, com intercepto igual a zero, apresentou menor erro relativo médio (ERM) e maior índice precisão quando comparado ao modelo elíptico. No caso do modelo elíptico observaram erros de 4,79 a 5,14%, enquanto que no modelo linear os erros variaram entre 1,96 e 3,10%.

Para o modelo potencial (Tabela 4), observa-se que os erros foram praticamente iguais ao modelo linear para as espécies Braúna, Catingueira, Cumaru e Jucá, sendo menores do que os erros observados pelos modelos linear e elíptico no caso da espécie Craibeira. A análise conjunta dos erros percentuais (ERM) e do coeficiente de determinação (R^2) indica que o modelo potencial permite estimar a área foliar de todas as espécies estudadas com maior nível de precisão.

Os valores observados dos erros (Tabela 4) mostram que o modelo potencial no caso do jucá resulta nos menores erros percentuais (ERM = 1,60 %), no entanto, apresenta diferença pouco relevante em relação à Braúna que apresentou maior

erro percentual (ERM = 2,11%). Observa-se que no caso da espécie Cumaru os modelos elíptico e potencial apresentam erros praticamente iguais (ERM = 1,99 %), indicando que a folha dessa espécie é a que mais se aproxima da forma elíptica em relação as demais espécies estudadas.

Tabela 4 - Valores mínimo (Min), máximo (Max) e médio (Méd) dos erros percentuais (ERM) e do coeficiente de determinação (R^2) para os três modelos e as cinco espécies estudadas.

Espécies	Modelo Elíptico				Modelo Linear				Modelo Potencial			
	Min	Max	Med	R^2	Min	Max	Med	R^2	Min	Max	Med	R^2
Braúna	0,48	8,94	4,80	0,9892	0,03	6,87	2,16	0,9896	0,15	7,25	2,11	0,9910
Catingueira	0,07	8,68	3,72	0,9930	0,00	7,65	2,05	0,9930	0,01	7,59	2,05	0,9937
Craibeira	0,02	7,04	2,39	0,9979	0,03	6,76	2,20	0,9979	0,11	8,33	1,69	0,9985
Cumaru	0,10	7,13	1,99	0,9887	0,00	6,45	2,02	0,9883	0,00	6,17	1,99	0,9911
Jucá	0,06	7,94	2,49	0,9782	0,04	5,93	1,65	0,9772	0,09	6,03	1,60	0,9806

Os gráficos representados através das Figuras 6, 9, 12, 15 e 18, mostram a relação entre os valores de área foliar calculados pela equação da elipse e os valores obtidos pelo processo digital. Observa-se uma elevada correlação entre os valores, com um coeficiente R^2 próximo da unidade para todas as espécies (Braúna, $R^2 = 0,9982$; Catingueira, $R^2 = 0,9930$; Craibeira, $R^2 = 0,9979$; Cumaru, $R^2 = 0,9887$ e Jucá, $R^2 = 0,9782$).

A regressão linear, com intercepto igual a zero, permitiu a obtenção dos coeficientes angulares e dos valores do coeficiente de determinação (R^2) para todas as espécies estudadas, conforme ilustram as Figuras 7, 10, 13, 16 e 19. Os coeficientes angulares das cinco espécies avaliadas, Braúna, Catingueira, Craibeira, Cumaru e jucá foram 0,7536, 0,7597, 0,7818, 0,7804 e 0,7684, respectivamente, indicando que as espécies Craibeira e Cumaru apresentaram coeficientes próximos da equação da elipse.

Os valores do (R^2) são todos aproximadamente iguais aos obtidos pelo modelo elíptico (Tabela 4). No entanto, os valores dos erros relativos médios (ERM) permitem detectar melhor as pequenas diferenças entre os modelos para algumas das espécies estudadas. No caso da espécie Cumaru, os erros são praticamente iguais para todos os modelos avaliados (ERM aproximadamente iguais a 2,0%). Para a espécie Catingueira as estimativas da área foliar pelos modelos linear e potencial resultaram em erros iguais (ERM = 2,05%), conforme Tabela 4.

Os gráficos representados através das Figuras 8, 11, 14, 17 e 20, mostram a relação entre os valores de área foliar e produto do comprimento (C) pela largura máxima dos folíolos (L) para as cinco espécies estudadas (modelo potencial). O coeficiente de determinação (R^2) próximo da unidade, para todas as espécies estudadas, indica o elevado grau de ajuste do modelo potencial. De um modo geral, com base nos valores dos erros médios (ERM) e dos coeficientes (R^2), os três modelos testados permitem estimar a área foliar para todas as espécies estudadas com boa precisão, sem a necessidade de utilização de métodos destrutivos. A Tabela 5 apresenta, de forma resumida, as equações obtidas e os valores do coeficiente de determinação (R^2) para os modelos testados.

Tabela 5 – Equações para estimativa da área foliar em função das medidas do comprimento (C) e da largura (L) para os modelos linear e potencial e as cinco espécies estudada.

Espécies	Modelo Linear		Modelo Potencial	
	Equação	R^2	Equação	R^2
Braúna	$AF = 0,7536.(C.L)$	0,9892	$AF = 0,7341 .(C.L)^{1,0122}$	0,9910
Catingueira	$AF = 0,7597.(C.L)$	0,9930	$AF = 0,7575 .(C.L)^{1,0024}$	0,9937
Craibeira	$AF = 0,7818.(C.L)$	0,9979	$AF = 0,7392 .(C.L)^{1,0188}$	0,9985
Cumarú	$AF = 0,7804.(C.L)$	0,9883	$AF = 0,8079 .(C.L)^{0,9881}$	0,9911
Jucá	$AF = 0,7684.(C.L)$	0,9772	$AF = 0,7969 .(C.L)^{0,9627}$	0,9806

As regressões linear e potencial demonstram que existe uma estreita correlação entre a área foliar e as dimensões lineares dos folíolos de todas as espécies estudadas. Isto mostra que a área foliar das espécies pode ser estimada utilizando-se as equações mostradas na Tabela 5.

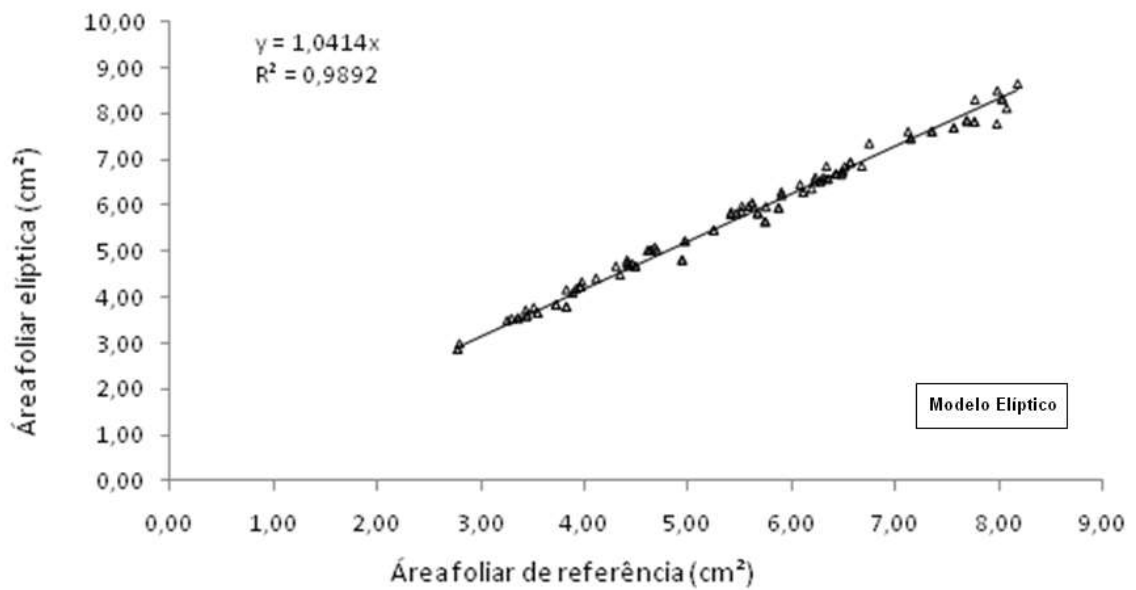


Figura 6 - Correlação entre área foliar (cm²) dos folíolos calculadas pela equação da elipse e área digitalizada de referência - **Braúna**.

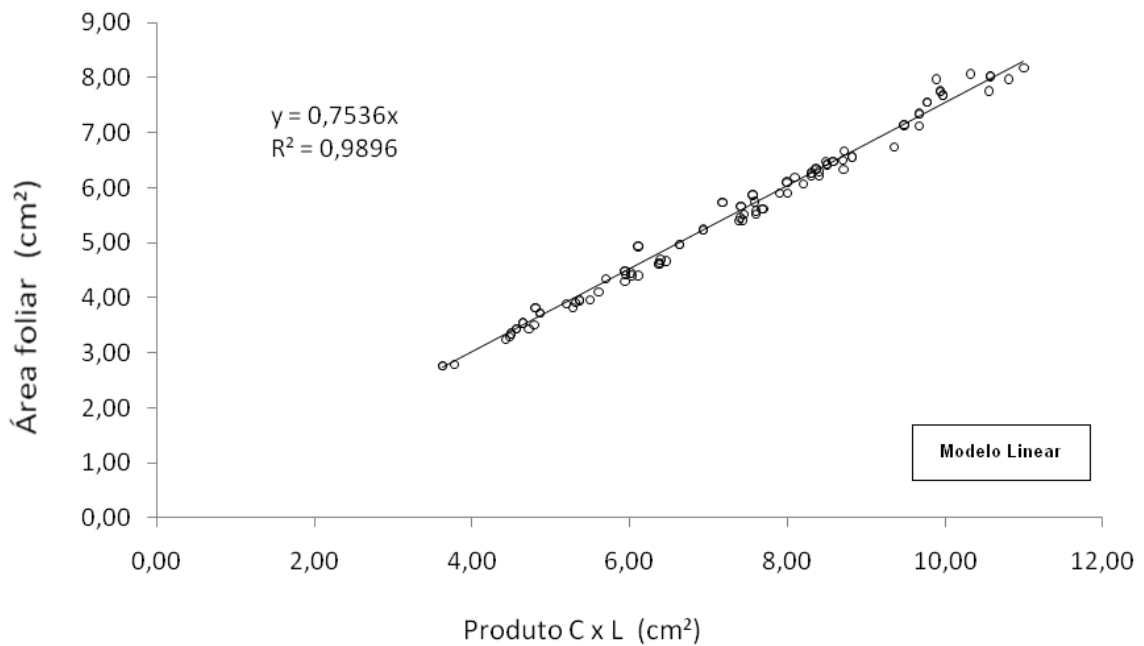


Figura 7 - Correlação entre área foliar (cm²) e o produto do comprimento (C) e pela largura (L) dos folíolos da **Braúna** – modelo linear.

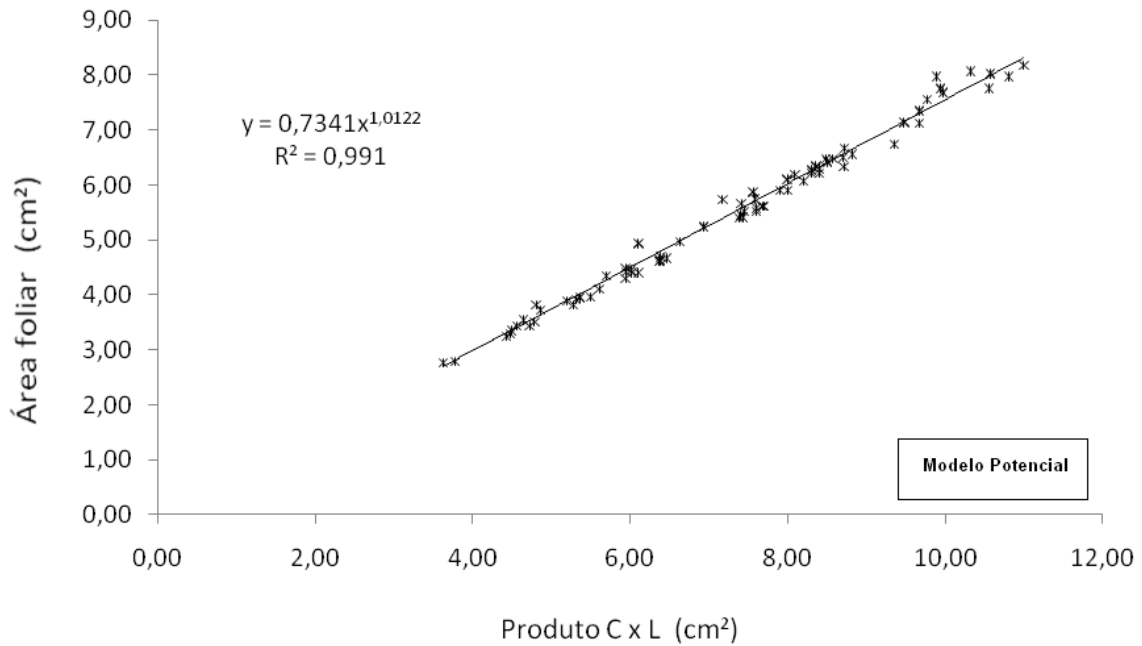


Figura 8 - Correlação entre área foliar (cm²) e o produto do comprimento (C) pela largura (L) dos folíolos da **Braúna** – modelo potencial.

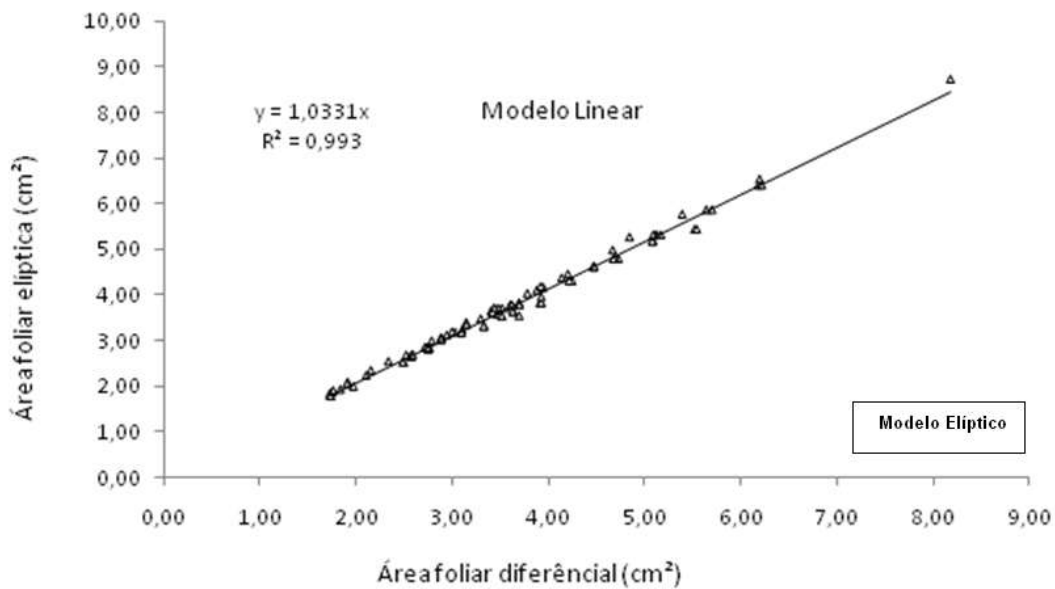


Figura 9 - Correlação entre área foliar (cm²) dos folíolos calculada pela equação da elipse e área digitalizada da **Catingueira**.

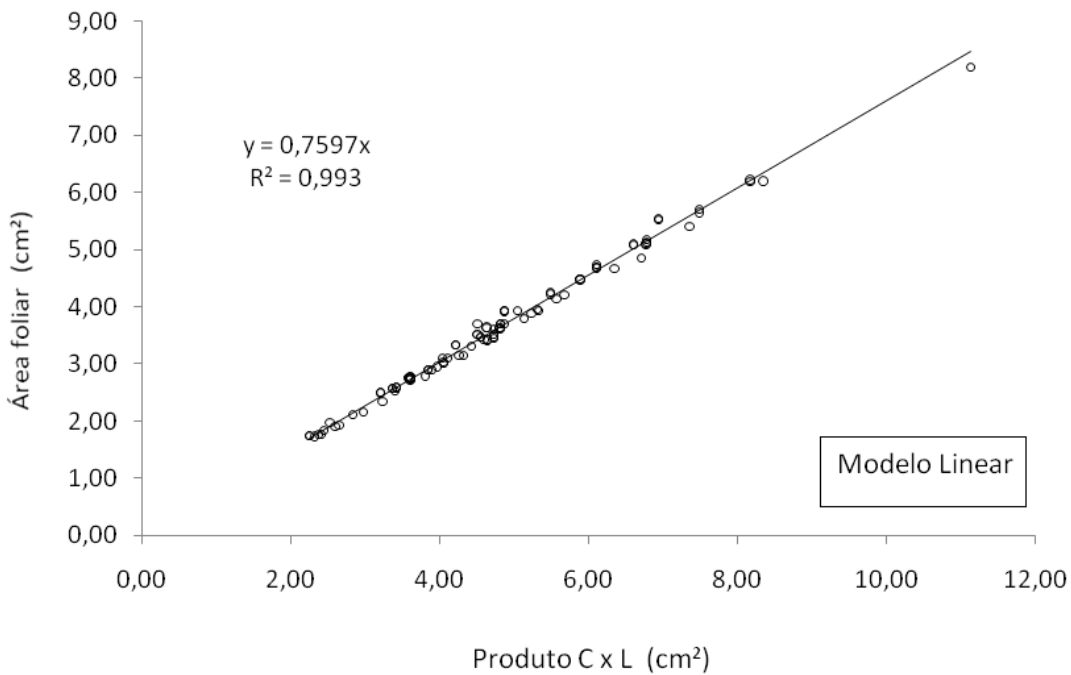


Figura 10 - Correlação entre área foliar (cm^2) e o produto do comprimento (C) pela largura (L) dos folíolos da **Catingueira** – modelo linear.

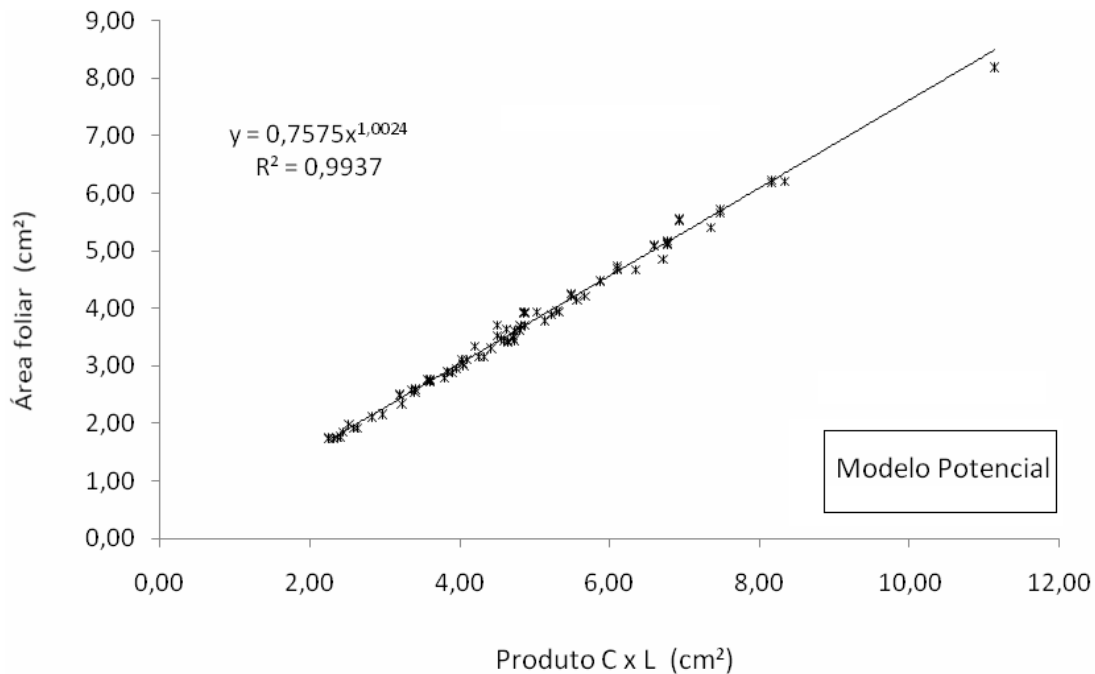


Figura 11 - Correlação entre área foliar (cm^2) e o produto do comprimento (C) pela largura (L) dos folíolos da **Catingueira** – modelo potencial.

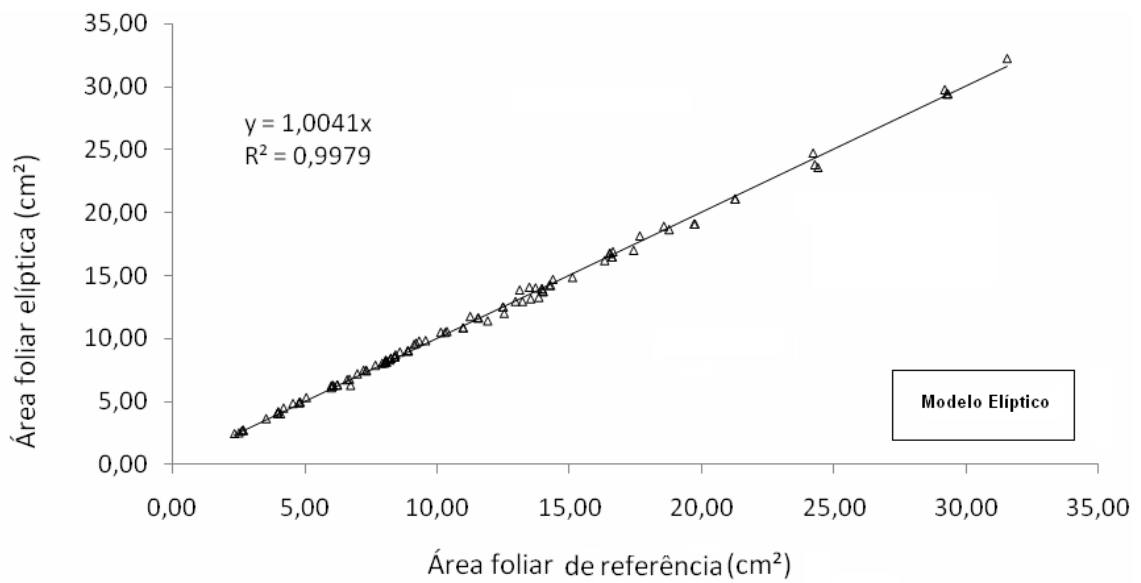


Figura 12 - Correlação entre área foliar (cm²) calculada pela equação da elipse e área digitalizada da **Craibeira**.

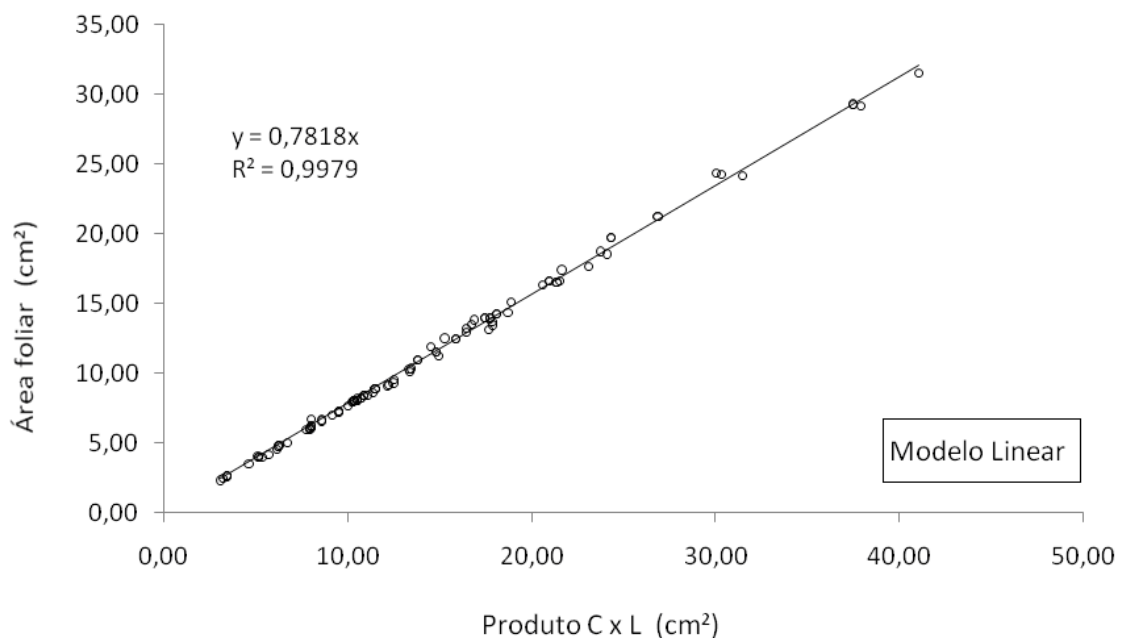


Figura 13 - Correlação entre área foliar (cm²) e o produto do comprimento (C) pela largura (L) dos folíolos da **Craibeira** – modelo linear.

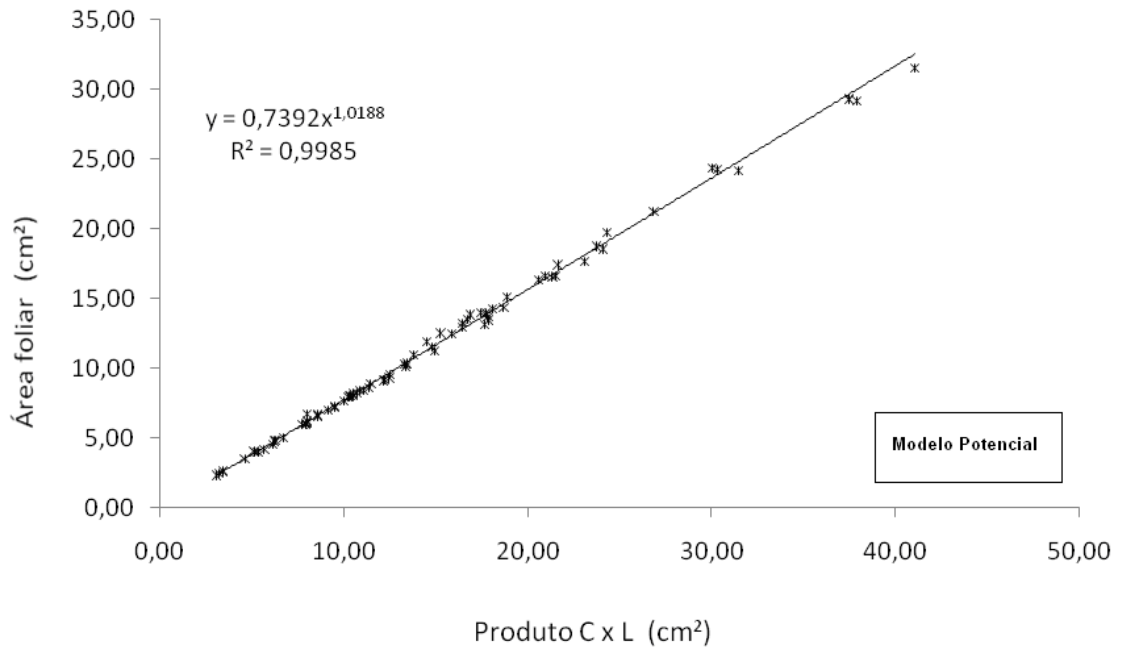


Figura 14 - Correlação entre área foliar (cm²) e o produto do comprimento (C) pela largura (L) dos folíolos da **Craibeira** - modelo potencial.

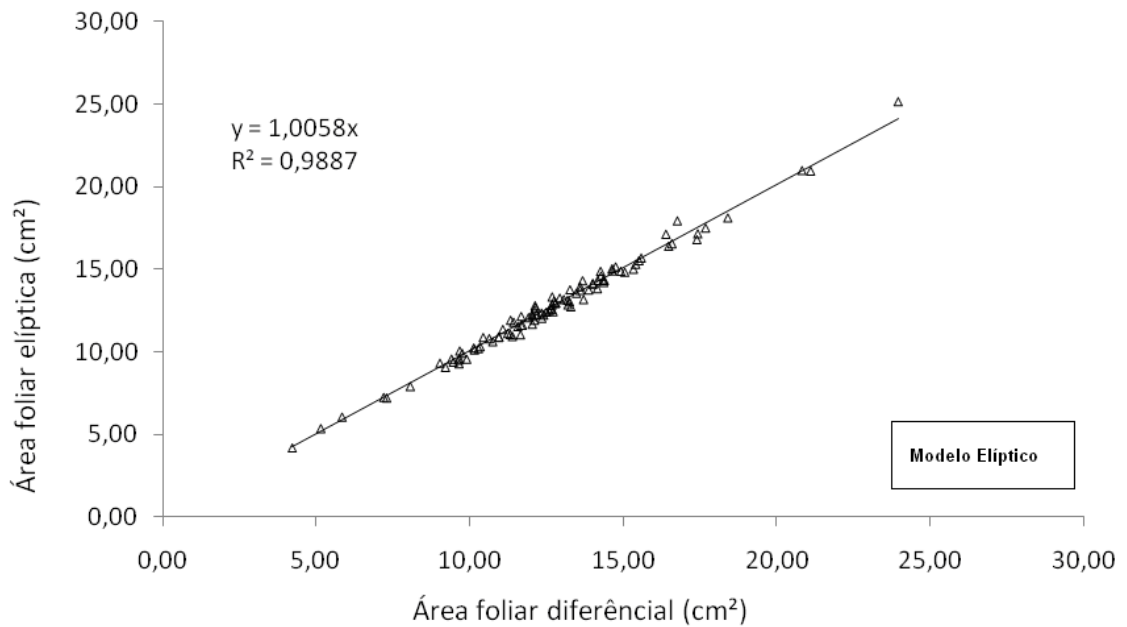


Figura 15 - Correlação entre área foliar (cm²) calculada pela equação da elipse e área digitalizada do **Cumaru**.

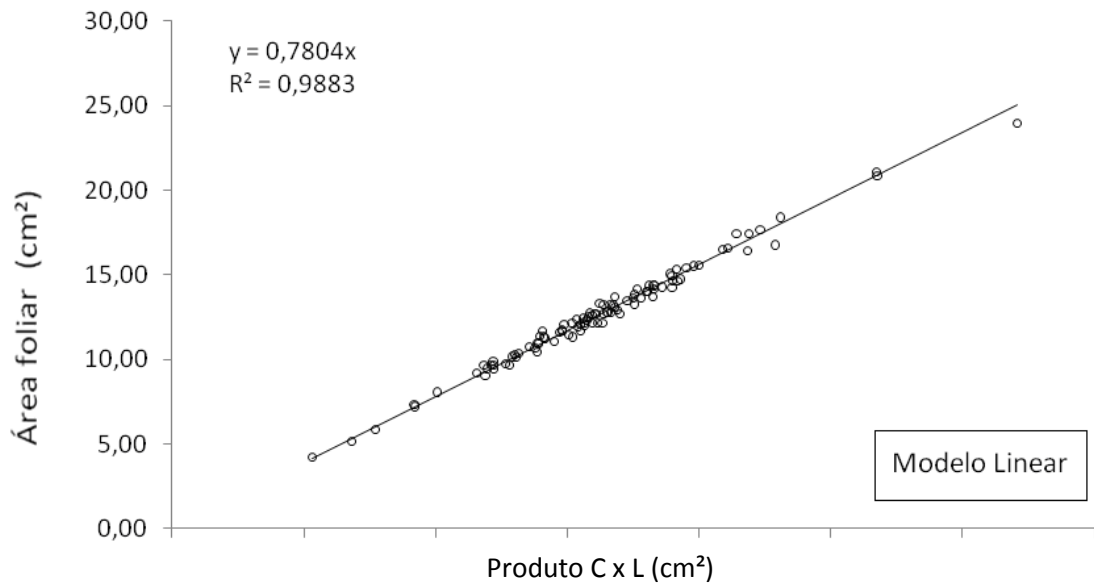


Figura 16 - Correlação entre área foliar (cm^2) e o produto do comprimento (C) e a largura (L) dos folíolos do **Cumaru** – modelo linear.

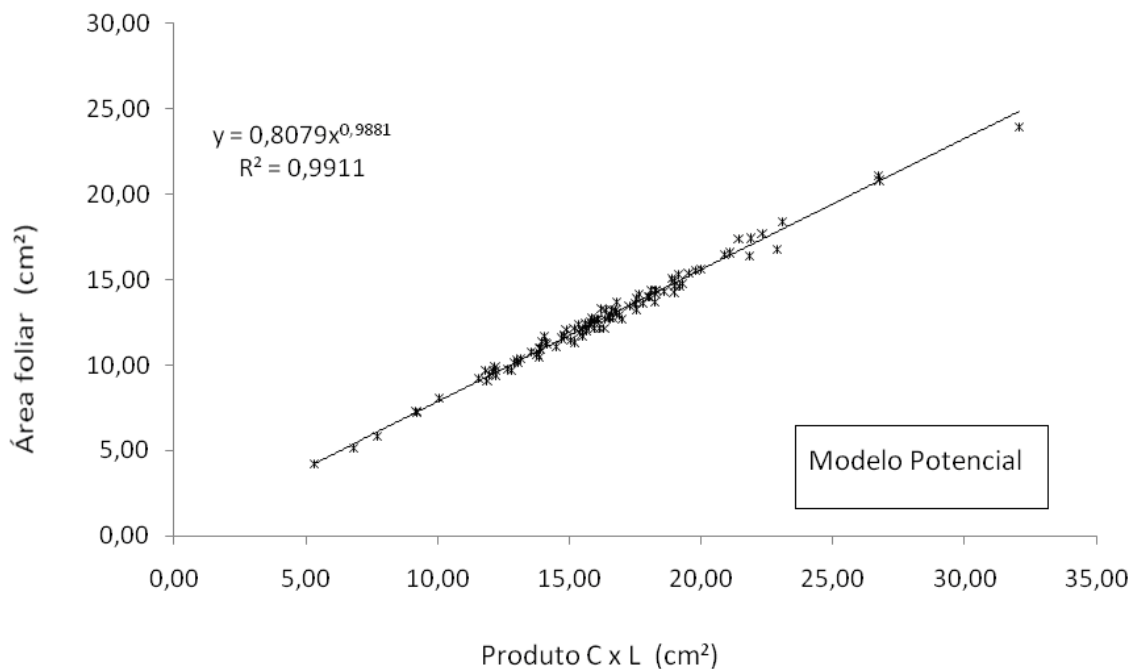


Figura 17 - Correlação entre área foliar (cm^2) e o produto do comprimento (C) pela largura (L) dos folíolos do **Cumaru** – modelo potencial.

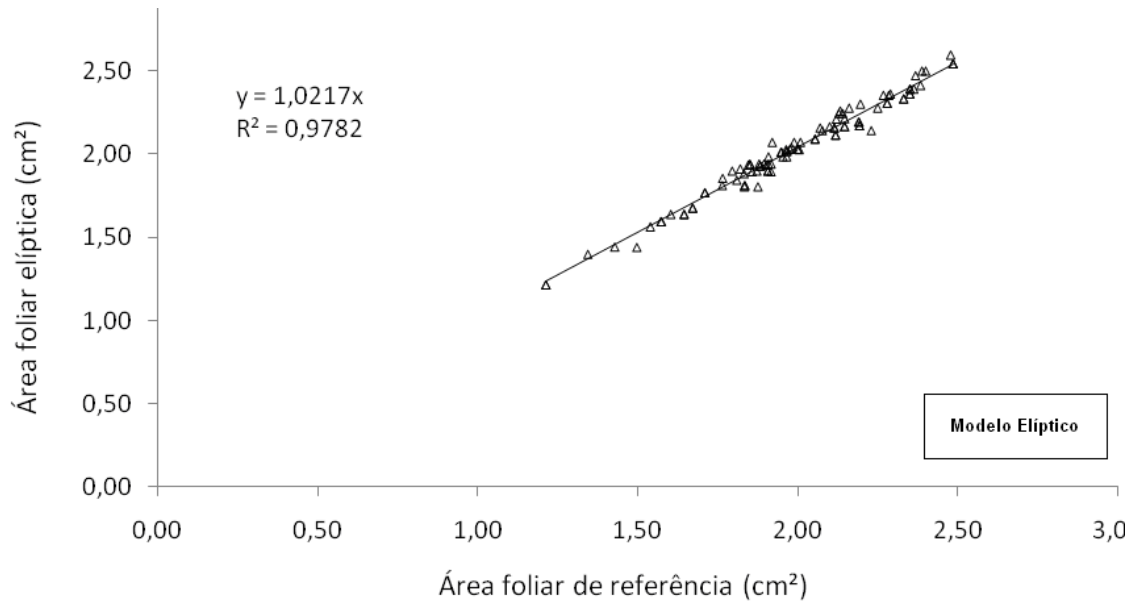


Figura 18 - Correlação entre área foliar (cm^2) calculada pela equação da elipse e área digitalizada do **Jucá**.

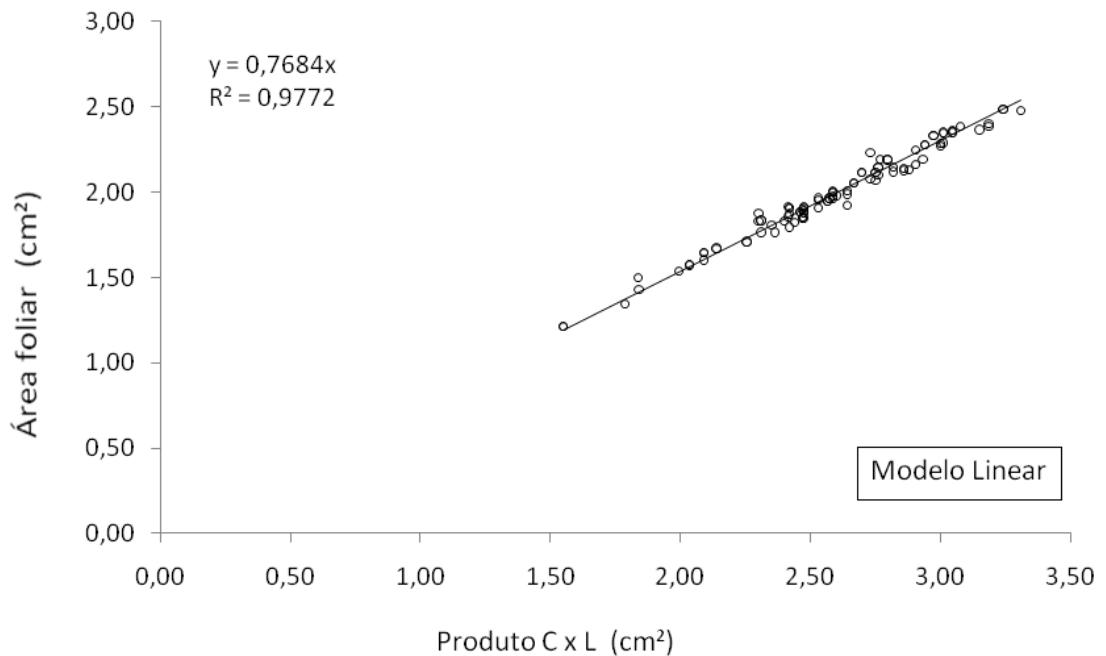


Figura 19 - Correlação entre área foliar de digitalizadas e o produto do comprimento (C) e a largura (L) dos folíolos de **Jucá** – modelo linear.

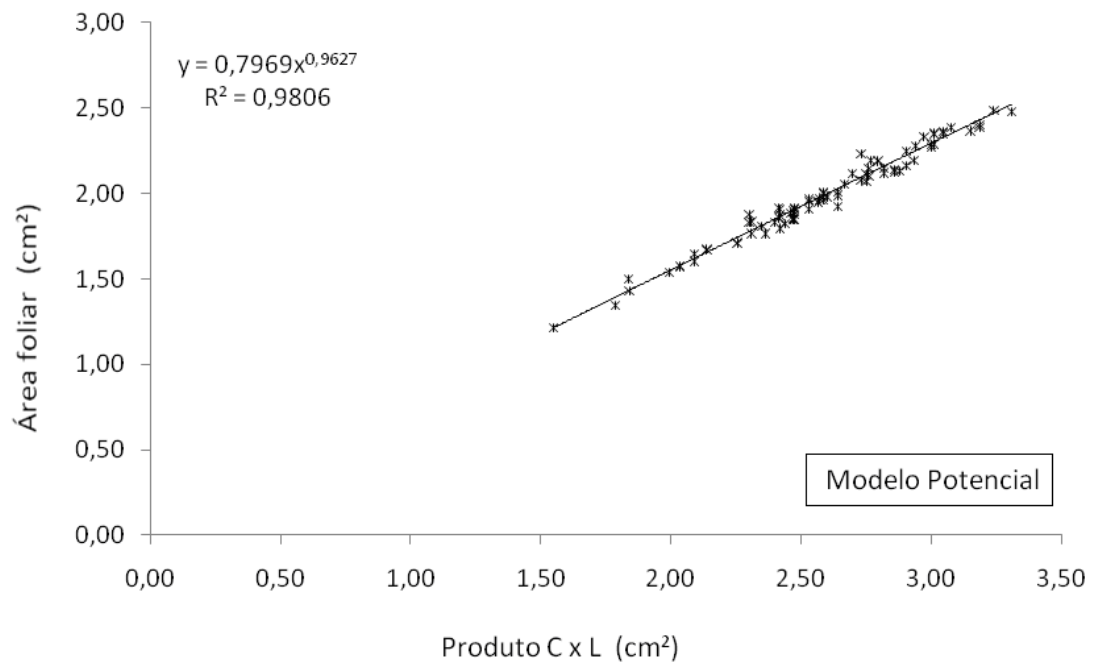


Figura 20 - Correlação entre área foliar (cm²) e o produto do comprimento (C) pela largura (L) dos folíolos do **Jucá** – modelo potencial.

5 CONCLUSÕES

Os modelos elíptico, linear e potencial envolvendo o produto do comprimento ao longo da nervura principal (C) pela largura máxima (L), perpendicular à nervura principal, podem ser utilizados na estimativa da área foliar para as cinco espécies estudadas. A espécie Cumaru apresenta forma mais próxima da elipse quando comparada com as demais, podendo-se usar, indistintamente, os três modelos na estimativa da área foliar da espécie. O modelo potencial estima a área foliar da espécie Craibeira com maior nível de precisão em relação aos demais modelos. A utilização dos modelos propostos tem a grande vantagem de permitir a estimativa da área foliar com elevada precisão, rapidez e de forma não destrutiva, utilizando apenas os parâmetros comprimento e largura.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas**, noções básicas. 2. ed. Jaboticabal: UNESP, 2003. 41 p.
- BIANCO, S.; PITELLI, R. A.; BIANCO, M. S. Estimativa da área foliar de *Brachiaria plantaginea* usando dimensões lineares do limbo foliar. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 23, n. 4, p. 597-601, 2005.
- BRAGA, R. **Plantas do nordeste**: especialmente do Ceará. Natal: Fundação Guimarães Duque, 1976. 509p. Coleção Mossoroense, 42.
- HILTON-TAYLOR, C. 2000. - **2000 IUCN Red List of Threatned Species**. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK.
- LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Rima, 2000. 531 p.
- LIMA, D. De A. 1989. **Plantas da Caatinga**. Academia Brasileira de Ciências, Rio de Janeiro.
- LORENZI, H. 1992. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Ed. Plantarum, Nova Odessa.
- MARSHALL, J.K. Methods of leaf area measurement of large and small leaf samples. **Photosynthetica**, Praha, v.2, p.41-47, 1968.
- MAIA, G. N. 2004 Caatinga. Árvores e arbustos e suas utilidades. 1ª edição São Paulo; D & Z Computação gráfica e editora, 2004.
- MARACAJÁ, P. B; MADALENA, J. A. S da; ARAÚJO E de; LIMA, B. G; LINHARES, P. C. F.; Estimativa de Área Foliar de Juazeiro por Dimensões Lineares do Limbo Foliar. **Revista Verde**(Mossoró – RN – Brasil) v.3, n.4, p0-05 outubro/dezembro de 2008.
- MOREIRA FILHO, E. C. et al. Estimção da área foliar da flor de seda (*Calotropis procera*). **Archivos de Zootecnia**, v. 56, n. 214, p.245-248. 2007.
- PEREIRA, A.R. Estimativa da área foliar em milharal. **Bragantia**, Campinas, v.46, n.1, p.147-150, 1987.
- PEDRO-JÚNIOR, M.J.; RIBEIRO, I.J.; MARTINS, F.P. Determinação da área foliar em videira cultivar Niágara Rosada. **Bragantia**, Campinas, v.45, n.1, p.199-204, 1986.
- PEREIRA, A.R.; VILA NOVA, N.A.; SEDIYAMA, R. **Evapotranspiração**. Piracicaba: FEALQ/ESALQ/USP, 1997.70p.
- QUEIROZ, J. E; MENDOÇA, I. F. C. de; VIEGAS, R. A.; Avaliação da área foliar da *Cassia siamea* por análise digital e modelos matemáticos. **Congresso Nordestino de Engenharia Florestal** - Campina Grande - Paraíba 2009a.

QUEIROZ, J. E; MENDOÇA, I. F. C. de; VIEGAS, R. A.; Análise comparativa de valores de área foliar do limoeiro obtidos pela equação da elipse e por regressão linear. **Congresso Nordestino de Engenharia Florestal** - Campina Grande - Paraíba 2009b.

SEVERINO, L.S.; CARDOSOS, G.D.; VALE, L.S.; SANTOS, J.W. Método para determinação da área foliar da momoneira. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, v. 8, n.1, p. 753-762, 2004.

SILVA, J. M. C.. **Ecologia e conservação da Caatinga**. Recife: Editora da UFPE, 2003. p. 719-734.FAZUOLI, L.C.; BERNARDES, M.S. Análise comparativa de métodos de estimativa de área foliar em cafeeiro. **Bragantia**, v.61, n.2, p.199-203, 2002.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719 p.
TAVARES-JÚNIOR, J. E.; FAVARIN, J. L.; DOURADONETO, D.; MAIA, A. H. N.; FAZUOLI, L. C.; BERNARDES, M. S. Análise comparativa de métodos de estimativa de área foliar em cafeeiro. **Bragantia**, Campinas, v. 61, n. 2, p. 199-203, 2002.