

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL E PASTAGENS

**AVALIAÇÃO DE MÉTODOS NÃO DESTRUTIVOS PARA  
ESTIMAR O ÍNDICE DE ÁREA DO CLADÓDIO EM  
PALMA FORRAGEIRA ORELHA DE ELEFANTE  
MEXICANA**

Autor: Francisco Martins de Castro  
Orientador: Prof. Dr. Márcio Vieira da Cunha

GARANHUNS  
Estado de Pernambuco  
Agosto - 2013

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL E PESTAGENS

**AVALIAÇÃO DE MÉTODOS NÃO DESTRUTIVOS PARA  
ESTIMAR O ÍNDICE DE ÁREA DO CLADÓDIO EM  
PALMA FORRAGEIRA ORELHA DE ELEFANTE  
MEXICANA**

Autor: Francisco Martins de Castro

Orientador: Prof. Dr. Márcio Vieira da Cunha

Co-orientadoras: Dra. Geane Dias Gonçalves Ferreira

Dra. Mércia Virginia Ferreira dos Santos

Dissertação apresentada como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM CIÊNCIA ANIMAL E PASTAGENS, no Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal e Pastagens, da Universidade Federal Rural de Pernambuco - Área de concentração produção de ruminantes.

GARANHUNS  
Estado de Pernambuco  
Agosto – 2013

Ficha Catalográfica  
Setor de Processos Técnicos da Biblioteca Setorial UFRPE/UAG

C355a Castro, Francisco Martins de

Avaliação de métodos não destrutivos para estimar o índice de área do cladódio em palma forrageira orelha de elefante mexicana/ Francisco Martins de Castro. \_Garanhuns, 2013

f. Castro

Orientador: Márcio Vieira da Cunha

Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagem) – Universidade Federal Rural de Pernambuco – Unidade Acadêmica de Garanhuns, 2013.

Inclui anexo e bibliografias

CDD: 633.2

1. Pastagem- Morfologia
  2. Biometria
  3. Técnica óptica
- I. Cunha, Márcio Vieira da  
II. Título

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO  
UNIDADE ACADÊMICA DE GARANHUNS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL E  
PASTAGENS**

**AVALIAÇÃO DE MÉTODOS NÃO DESTRUTIVOS PARA ESTIMAR O  
ÍNDICE DE ÁREA DO CLADÓDIO EM PALMA FORRAGEIRA ORELHA DE  
ELEFANTE MEXICANA**

Autor: Francisco Martins de Castro

Orientador: Prof. Dr. Márcio Vieira da Cunha

Co-orientadores: Dra. Geane Dias Gonçalves Ferreira

Dra. Mércia Virginia Ferreira dos Santos

TITULAÇÃO: Mestre em Ciência Animal e Pastagens

Área de Concentração: Produção de ruminantes

APROVADA: 30/08/2013

---

Prof. Dr. Mário de Andrade Lira  
DZ/UFRPE

---

Dr<sup>a</sup>. Maria da Conceição Silva  
IPA

---

Prof. Dr. José Carlos Batista Dubeux Júnior  
DZ/UFRPE

---

Prof. Dr. Márcio Vieira da Cunha  
DZ/UFRPE  
(Orientador)

*Ciência e perseverança tem o efeito mágico de  
fazer as dificuldades desaparecerem e os  
obstáculos sumirem.*

John Quincy Adams

**DEDICO**

*A Deus, pelo dom da vida e por estar sempre presente em qualquer que seja o obstáculo a ser vencido.*

*A minha mãe, Erandi Martins de Castro e ao meu pai José Vale de Castro que sem eles nada na minha vida seria possível, que nunca na vida mediram esforços para educar seus filhos e com muita dificuldade conseguiram mostrar a eles os reais valores da vida. Pra vocês meu eterno e infinito amor e gratidão.*

*Aos meus irmãos, Evani, Eliene, Eliane e Antônio que sempre me deram forças e incentivo para nunca desistir dos meus objetivos.*

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ter me guiado sempre pelo caminho do bem e por ter me dado o dom da vida

À UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO, em especial ao PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL E PASTAGENS por ter-me possibilitado desenvolver este trabalho.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa de estudos.

Ao CNPq e o Instituto Nacional do Semiárido pelo financiamento do projeto.

Ao Prof. Dr. Márcio Vieira da Cunha, pela dedicação, orientação, ensinamentos, estímulo e amizade durante o mestrado.

As co-orientadoras, as professoras Geane Dias Gonçalves Ferreira e Mércia Virginia Ferreira dos Santos, pela co-orientação neste trabalho.

Ao Instituto Agrônomo de Pernambuco, IPA, Estação Experimental de Arcoverde, em especial o Pesquisador Dr. Djalma Cordeiro dos Santos que muito contribuiu para a realização deste trabalho. Aos funcionários do IPA, da estação experimental de Arcoverde, Dra. Conceição e a bolsista IPA/FACEPE/UFRPE Leevina, pela contribuição prestada para realização deste trabalho.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal e Pastagens, da UAG, em especial a Geane, André Magalhães, Carlos Ribeiro, William Gonçalves,

Marcelo Martins, Julyene, Alberício, Omer, pelos ensinamentos e críticas construtivas que me ajudaram a crescer no mestrado.

A professora Rosane Cláudia Rodrigues, mulher guerreira que está sempre a disposição para ajudar seus eternos orientados (filhos).

Aos amigos de curso Diana, Janieire, Carlos Eduardo, Sthephane, Marla, Carol, Wilma, Wilka, Felipe, Amelinha, Juliana, José Ribamar, Ricardo pela amizade, apoio e demonstração de companheirismo.

Aos novos e velhos amigos e companheiros de todas as horas, Leones, Erickson e Hélio.

Aos Amigos Kelly, Helton, Liberato e Nathalia pela amizade e imensa ajuda para realização deste trabalho; serei eternamente grato a vocês.

A Ricardo, doutorando da Pós-Graduação em Zootecnia da UFRPE, pela ajuda e parceria para realização deste trabalho.

As mestrandas Silvania e Cristiane da Pós-Graduação em Zootecnia da UFRPE pela grande ajuda da reta final de avaliação.

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.



## **BIOGRAFIA**

Francisco Martins de Castro, filho de José Vale de Castro e Erandi Martins de Castro, nasceu no município de Chapadinha, Maranhão, no dia 22 de Dezembro de 1986.

Em fevereiro de 2006 ingressou na Universidade Federal do Maranhão – Campus de Ciências Agrárias e Ambientais, onde em Janeiro de 2010 obteve o título de Bacharel em Zootecnia.

Em agosto de 2011 ingressou no mestrado em Ciência Animal e Pastagens, na Universidade Federal Rural de Pernambuco – Unidade Acadêmica de Garanhuns, concentrando seus estudos na área de Forragicultura.

# ÍNDICE

	<b>Página</b>
LISTA DE FIGURAS.....	vii
LISTA DE TABELAS.....	viii
RESUMO.....	ix
ABSTRACT.....	x
<b>1 INTRODUÇÃO GERAL .....</b>	<b>14</b>
<b>2 Revisão de literatura.....</b>	<b>17</b>
2.1 Origem e importância da palma forrageira .....	17
2.2 Cultivares de palma.....	18
2.3 Sistemas de cultivo e produtividade.....	19
2.4 Características estruturais da palma .....	20
2.5 Índice de área de cladódios (IAC): importância e determinação .....	21
2.6 Referências bibliográficas.....	24
<b>3 Métodos não destrutivos para estimar o índice de área do cladódio em palma forrageira .....</b>	<b>34</b>
Resumo.....	34
Abstract.....	34
3.1 Introdução .....	35
3.2 Material e Métodos .....	36
3.3 Resultados e discussão .....	39
3.4 Conclusão.....	43
3.5 Agradecimentos .....	43
3.6 Referências bibliográficas.....	43
3.7 Tabelas e Figuras .....	46
<b>4 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>50</b>
APÊNDICES.....	51

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Página</b>
<b>Figura 1.</b> Área do cladódio observada e estimada pelo modelo de potência utilizando a interação largura x comprimento x perímetro como variável independente em palma Orelha de Elefante Mexicana ( <i>Opuntia</i> sp.).....	49
<b>Figura 2.</b> Índice de área de cladódio observada e estimada pelos modelos linear (A), quadrático (B) e potência (C) utilizando a interação altura x largura como variável independente da palma forrageira Orelha de Elefante Mexicana ( <i>Opuntia</i> sp.).....	49

## LISTA DE TABELAS

	<b>Página</b>
<b>Tabela 1.</b> Análise descritiva das dimensões do cladódio da palma Orelha de Elefante Mexicana ( <i>Opuntia</i> sp.).....	46
<b>Tabela 2.</b> Avaliação da área do cladódio da palma orelha de elefante mexicana ( <i>Opuntia</i> sp.) estimado pelas dimensões do cladódio.....	46
<b>Tabela 3.</b> Análise descritiva das características morfológicas relacionadas à planta da palma Orelha de Elefante Mexicana ( <i>Opuntia</i> sp.).....	47
<b>Tabela 4.</b> Avaliação do índice de área de cladódio da palma Orelha de Elefante Mexicana ( <i>Opuntia</i> sp.) estimado pelo LAI-2000 <sup>®</sup> com diferentes números de pontos amostrais.....	48
<b>Tabela 5.</b> Avaliação do índice de área de cladódio da palma Orelha de Elefante Mexicana ( <i>Opuntia</i> sp.) estimado pela altura e largura da planta.....	48

## RESUMO

A palma forrageira possui grande relevância para o Semiárido brasileiro. Quando manejada de forma correta apresenta elevadas produtividades. Ainda, nesta região assume grande importância na alimentação animal principalmente no período de estiagem por ser rica em água apresentar elevado coeficiente de digestibilidade. Objetivou-se com o presente trabalho avaliar métodos não destrutivos para estimar a área do cladódio e o índice de área do cladódio (IAC) em palma forrageira orelha de elefante mexicana (*Opuntia* sp.). Os métodos não destrutivos foram métodos indiretos baseados em características relacionadas à estrutura da planta. O IAC foi estimado por meio de técnica óptica, utilizando um analisador de dossel (LAI-2000<sup>®</sup>) e por meio de características morfologia da planta (altura e largura) e do cladódio (comprimento, largura e perímetro). Para estimativa da área do cladódio, os melhores modelos foram aqueles que utilizaram a integração das dimensões do cladódio (comprimento, largura e perímetro) como variáveis independentes, destacando-se o comprimento x altura que são medidas que podem ser facilmente tomadas no campo e podem ser indicados para estimar a área do cladódio, principalmente quando se utiliza o produto entre essas variáveis que apresentaram, de forma geral,  $R^2$  maior que 0,92,  $r$  maior que 0,93, índice de concordância ( $d$ ) igual à unidade, índice de desempenho ( $c$ ) maior que 0,93, erro médio de estimativa (EME) menor 0,0024 e raiz quadrada do quadrado do erro médio (RMSE) menor que 0,0057, esses modelos. Os modelos gerados em função da técnica óptica não foram consistentes para estimar o IAC. Os melhores modelos foram os que utilizaram o produto entre largura e altura da planta, pois apresentaram em média  $R^2 = 0,7170$ ,  $r = 0,7952$ ,  $d = 0,9899$ ,  $c = 0,7873$ ,  $RMSE = 0,3821$ , e  $EME = 0,0078$ . A largura e comprimento do cladódio podem ser usados para estimar a sua área. O IAC pode ser facilmente estimado pela largura e altura da planta.

## ABSTRACT

The spineless cactus has great relevance for the Brazilian semiarid region. When handled correctly shows high productivity. Still, this region is of great importance in animal feed mainly in the dry season to be rich in water presents high digestibility. The objective of the present work was to evaluate non-destructive methods to estimate the area of the cladodes area index and the cladodes (CAI) in spineless elephant ear Mexican (*Opuntia sp.*). The non-destructive methods are indirect methods based on characteristics related to the structure of the plant. CAI was estimated by optical technique using a canopy analyzer (LAI-2000<sup>®</sup>) and through plant morphology characteristics (width and height) and the cladodes (length, width and girth). To estimate the area of the cladodes, the best models were those who used the integration of the cladodes dimensions (length, width and girth) as independent variables, especially the length x height are measures that can be taken easily in the field and can be appointed to estimate the area of the cladodes, mainly about using the product between these variables showed that, in general,  $R^2$  greater than 0,92,  $r$  greater than 0,93, index of agreement (d) equal to unity, index performance (c) greater than 0,93, the mean error of estimate (MEE) below 0,0024 and the square root of the mean square error (RMSE) of less than 0,0057, these models. The models generated as a function of optical technique were not consistent for estimating the CAI. The best models were those who used the product of width and height of the plant, it had an average  $R^2 = 0,7170$ ,  $r = 0,7952$ ,  $d = 0,9899$ ,  $c = 0,7873$ ,  $RMSE = 0,3821$ , and  $MEE = 0,0078$ . The width and length of the cladodes can be used to estimate their area. The CAI can be easily estimated by the width and height of the plant.

## 1 INTRODUÇÃO GERAL

O Brasil apresenta grande diversidade climática. Entre os diversos climas, o semiárido é caracterizado por ser predominantemente seco, com forte insolação, temperaturas relativamente altas e com distribuição das chuvas, tanto espacial como temporal, bastante irregular (Silva et al., 2010). A região de clima semiárido ocupa 969.589,4 km<sup>2</sup> do território brasileiro (MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO REGIONAL, 2005), com maior área inserida na Região Nordeste.

O bioma predominante no Semiárido é a Caatinga, que é composta por uma grande diversidade de espécies vegetais, com predominância de plantas lenhosas e caducifólias (Giulietti et al., 2003). No sistema fundiário do Semiárido predominam pequenas propriedades rurais, com a maioria delas dedicadas à pecuária e agricultura de subsistência (Guimaraes Filho & Lopes, 2001). A capacidade de suporte da Caatinga é de 10 a 12 ha/UA em anos com chuvas regulares. Essa capacidade de suporte é reduzida para até 30 ha/UA/ano em anos de seca (Lira et al., 2004). A agricultura de sequeiro, por sua vez, convive com altos riscos e tem sido baseada em sistemas de cultivo e pousio (Tiessen et al., 1992).

Devido às condições climáticas adversas, a região semiárida do Nordeste brasileiro apresenta forte estacionalidade quanto à produção das forrageiras. No estado de Pernambuco isso é mais evidente em áreas do Sertão, onde as chuvas são mais escassas. Assim, historicamente, a pecuária no Semiárido é caracterizada por baixo desempenho produtivo, principalmente relacionado à frágil estrutura do suporte alimentar e a forte estacionalidade da produção forrageira (Dubeux Jr et al. 2010). Todavia, esta região é propícia para o desenvolvimento de forrageiras com

características xerófilas, que apresentam adaptação a climas secos (Kerbaudy, 2004). Neste contexto, destaca-se a palma forrageira.

A palma forrageira é uma planta extremamente resistente à seca (Liguori et al., 2013), apresentando grande tolerância as condições ambientais do Semiárido, devido a suas características morfofisiológicas, baseadas no processo fotossintético denominado “metabolismo ácido das crassuláceas” (MAC). Esse metabolismo consiste na abertura dos estômatos para trocas gasosas no período noturno, quando preferencialmente devem ser frias e úmidas e fechamento dos estômatos durante o período diurno, quando as temperaturas, geralmente são mais elevadas. Assim, perdas de água para o ambiente são diminuídas, uma vez que o H<sub>2</sub>O e CO<sub>2</sub> partilham a mesma rota de difusão. (Taiz & Zeiger, 2009). Plantas de metabolismo CAM apresentam maior eficiência do uso da água, devido a menor perda de água por transpiração durante a captação de CO<sub>2</sub> (Winter et al., 2011). Essas plantas apresentam as células da epiderme com paredes mais espessas e adensadas, além de traçados mais sinuosos e são intensamente cutinizadas, o que contribui na redução da transpiração cuticular (Jaleel et al., 2009).

No Semiárido brasileiro, a palma se tornou uma planta forrageira utilizada em diversos sistemas de produção pecuária, necessitando assim de tratos culturais que possam garantir a longevidade e produtividade da cultura. A palma adapta-se melhor em solos férteis, de textura arenosa à argilosa, no entanto, solos argilo-arenosos são mais frequentemente recomendados (Santos et al., 2006). Além da fertilidade, é fundamental também que os solos sejam de boa drenagem, uma vez que áreas sujeitas a encharcamento não são adequadas ao cultivo da palma (Snyman, 2006).

Segundo Rego et al. (2002), as características estruturais do dossel forrageiro influenciam o crescimento das plantas forrageiras após o corte e determina sua velocidade de crescimento, produtividade e persistência. A morfologia da planta poderá se ajustar às limitações impostas pelo manejo adotado, por meio de mudanças em sua arquitetura, sobretudo em função do sistema de cultivo implantado no estabelecimento da cultura. O sistema de cultivo adotado promove mudanças no índice de área foliar da planta que, no caso da palma forrageira, é denominado índice de área de cladódios (Farias et al., 2005). O índice de área foliar, definido como área de folhas em relação à área de solo coberta por estas folhas, é o componente chave dos ciclos biogeoquímicos no ecossistema da cultura, pois governa o microclima na comunidade de plantas, determina a interceptação luminosa e as trocas de CO<sub>2</sub> e água. Qualquer mudança no



índice de área foliar é acompanhada por modificações no “stand” forrageiro (Bréda, 2003).

Silva & Nascimento Jr (2007) realizaram uma compilação dos avanços na pesquisa com plantas forrageiras tropicais e salientaram que muitas pesquisas tem focado o índice de área foliar (IAF) como critério de manejo de pastejo ou de corte das plantas forrageiras, notadamente em gramíneas. Nesse sentido, a cultura da palma forrageira não vem tendo atenção desse tipo de pesquisa e enfoque dado às gramíneas tropicais. Assim, o estudo de métodos indiretos para determinação do índice de área do cladódio assume grande importância, uma vez que, a partir deste índice é possível entender as respostas das plantas ao ambiente e definir estratégias de manejo.

Os objetivos desta dissertação foram avaliar métodos não destrutivos de estimativa do índice de área do cladódio em função de técnica óptica, por meio de um analisador de dossel, bem como avaliar métodos não destrutivos de estimativa da área do cladódio índice de área do cladódio em função das características morfológicas da planta.

## 2 Revisão de literatura

### 2.1 Origem e importância da palma forrageira

A palma pertence à família das cactáceas. Nessa família existem 178 gêneros, nos quais há cerca de 2.000 espécies conhecidas. Se destacam como espécies forrageiras a *Opuntia ficus-indica* Mill. e a *Nopalea cochenillifera* Salm-Dyck (Silva & Santos, 2007). A espécie *Opuntia ficus-indica* (L) Mill. tem como centro de origem a América do Norte, mais precisamente o México (Araújo et al., 2005). Estas plantas possuem requisitos para suportar os rigores do clima e as especificidades físico-químicas dos solos de zonas Semiáridas (Chiacchio et al., 2006), por serem de metabolismo CAM, caracterizada por um mecanismo fotossintético que resulta em grande economia de água (Nobel, 2001), conferindo assim vantagem competitiva em ambiente seco (Taiz & Zeiger, 2009), quando comparadas a plantas de metabolismo C<sub>4</sub> e C<sub>3</sub>.

Segundo Lira et al. (2011), a palma é a cactácea de maior importância do mundo, sendo cultivada como frutífera, verdura, hospedeira da cochonilha do carmim, planta ornamental e como forrageira. No Brasil, a palma foi introduzida pelos portugueses, no período colonial, em meados do século XVIII, com o objetivo de desenvolver a criação de cochonilha para obter o pigmento carmim, muito utilizado nas indústrias de vestuário, cosméticos, pinturas, medicamentos e alimentos, porém não houve sucesso com esse objetivo (Alves et. al. 2008; Lopes et al., 2007). Assim, a palma passou a ser cultivada como planta ornamental, quando um dia, por acaso, verificou-se que era forrageira, despertando interesse dos criadores que passaram a cultivá-la para fins forrageiros (Santos et. al. 2006).

No Nordeste brasileiro é cultivada quase que exclusivamente para ser utilizada na alimentação animal. Sua elevada produtividade à torna um dos principais recursos forrageiros do Nordeste brasileiro. Essa forrageira contém, em média, 90% de água representando para o semiárido uma valiosa contribuição no suprimento desse líquido

para os animais (Santos et al., 2006). É uma forrageira que dispensa a realização de processos de conservação e mantém o valor nutritivo com o avanço da idade. É rica em cálcio e potássio e apresenta alta digestibilidade da matéria seca (Santos et al., 2011), além de altos teores de carboidratos não fibrosos e baixos teores de fibra e de proteína (Lira et al., 2011).

Segundo Melo (2011), quando se utiliza de rações com grande proporção de palma, estas dietas normalmente possuem alta umidade, o que pode ser favorável em regiões onde a água é um nutriente escasso em determinadas estações do ano. Várias pesquisas mostraram que à medida que se eleva os níveis de palma na dieta animal, o consumo de água via outra fonte reduz de forma linear (Tavares et al., 2005; Bispo et al., 2007; e Abidi et al., 2009).

Os ruminantes não devem ser alimentados exclusivamente de palma, pois seu valor proteico e de fibra, não atendem as necessidades nutricionais desses animais. Então, torna-se necessário o uso de alimentos volumosos e fontes proteicas para evitar prováveis problemas com distúrbios alimentares (Silva & Santos, 2007). Essa associação é um fator determinante para um normal funcionamento de atividades como ruminação, movimentação ruminal, homogeneização do conteúdo ruminal e secreção salivar (Bispo et al., 2007).

## 2.2 Cultivares de palma

No Nordeste brasileiro durante várias décadas foram cultivadas predominantemente três cultivares de palma. Os cultivares Gigante e Redonda pertencem a espécie *Opuntia ficus-indica* Mill., e a cultivar Miúda, à espécie *Nopalea cochenilifera* Salm-Dick (Silva & Santos, 2007). A escolha da espécie a ser cultivada deve está relacionadas às condições edafoclimáticas do local de plantio (Farias et al., 2005), assim como a susceptibilidade a pragas e doenças como a cochonilha de escama, cochonilha do carmim e podridões de artículos primários e secundários, causadas pelos fungos que ocorrem na região (Santos et al. 2006). No caso, da cochonilha do carmim a melhor alternativa é o cultivo de clones resistentes a esse inseto (Vasconcelos et al., 2009). Estes autores relataram que os clones Miúda e Orelha de Elefante Africana (*Opuntia undulata* Griffiths) apresentam resistência à cochonilha do carmim. Santos et al. (2008) avaliaram vários clones resistentes a cochonilha do carmim e observaram que o clone Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia* sp.) foi o que

apresentou maior produção de matéria seca, mencionando que este clone apresenta alto potencial agrônomo para ser cultivada em regiões onde ocorre a cochonilha do carmim. Por apresentar elevada produtividade e resistência a pragas como a cochonilha do carmim, a palma orelha de elefante mexicana vem se destacando. Assim, em áreas atacadas pela cochonilha do carmim, Santos et al. (2011) obtiveram produtividade de 75,9t de MS/ha /dois anos para palma Orelha de Elefante Mexicana.

### **2.3 Sistemas de cultivo e produtividade**

Os sistemas de cultivos aplicados à cultura da palma geralmente estão em função de fatores como clima, atributos do solo, tamanho da propriedade, disponibilidade de mão-de-obra, assistência técnica, possibilidade de mecanização, custos de aquisição de insumos, pragas e doenças, cultivo consorciado ou solteiro, espaçamento utilizado, dentre outros (Farias et al., 2005). Estes fatores podem ser determinantes para produtividade e manutenção do palmar.

Pesquisando o comportamento de cinco cultivares de *Opuntia ficus-indica* em solo mexicano, plantados em diferentes densidade (30, 60 e 90 mil plantas por hectare), Ruiz-Espinoza et al. (2008) verificaram que o aumento densidade de plantio resultou em um aumento significativo na produtividade, tanto em matéria verde quanto em matéria seca. Para Oliveira Jr. et al. (2009), o espaçamento utilizado no cultivo da palma forrageira é um ponto importante no estabelecimento do palmar, por definir a população de plantas, que pode variar de acordo com a fertilidade do solo, quantidade de chuvas, finalidade da exploração e com o consórcio a ser utilizado. Em palmais adensados, é possível alcançar maiores produções, mas os custos de estabelecimento são maiores e os tratamentos culturais tornam-se mais difíceis, além de não permitir o consórcio com outras culturas (Farias et al., 2000).

Segundo Farias et al. (2005), a questão do espaçamento de plantio têm sido muito estudado, pois pode influenciar na interceptação de luz e na eficiência fotossintética, afetando o desenvolvimento produtivo. De forma geral, maior área de exposição à luz para a planta se correlaciona positivamente com produtividade (Taiz & Zeiger, 2009).

Para obtenção de elevadas produtividades e manutenção dessa produtividade ao longo dos sucessivos cortes da palma, aspectos como correção do solo e adubação, técnica de plantio adequada, controle de plantas daninhas e manejo correto de colheita

devem ser considerados, além da utilização de uma cultivar melhorada (Farias et al. 2005).

Segundo Cortázar & Nobel (1991), a palma forrageira apresenta taxas de crescimento menores que as plantas de metabolismo fotossintético C<sub>3</sub> e C<sub>4</sub>. No entanto, Santos et al. (2008) relataram que apesar dessa diferença no metabolismo, a palma quando bem manejada, apresenta elevada produção por unidade de área. Nobel (2001) verificou que a palma apresenta potencial para produzir cerca de 50 t de MS/ha/ano. A obtenção de alta produtividade na palma forrageira está associada ao uso de adubação e adensamento de plantio (Dubeux Jr. et al. 2006; Dubeux Jr. et al., 2010) e a precipitação pluviométrica (Menezes et al., 2005). Dubeux Jr. et al. (2006) verificaram que ocorre melhor aproveitamento da chuva pela palma a partir do momento que se aumenta a densidade de plantio e esse aproveitamento foi quase duas vezes maior quando o teor de fosforo no solo foi superior a 11ppm.

Farias et al. (2000) encontraram maior produção de palma quando se utilizou espaçamento mais adensados, e maior produção de forragem numa frequência de colheita de quatro anos, em relação a de dois anos, quando conservados apenas os artículos primários. Dubeux Jr. et al. (2006) avaliaram diferentes densidades de plantio (5000 vs. 40000 plantas/ha) na palma IPA-20 e observaram maior produção de cladódios por planta na menor densidade de plantio. Os autores atribuíram esse fato a maior superfície de solo a ser explorado pelas plantas quando plantadas em menor densidade.

## **2.4 Características estruturais da palma**

O arranjo estrutural da palma forrageira varia de acordo com a cultivar, idade, espaçamento de plantio, orientação dos cladódios e número de cladódios por ordem. O número de cladódios varia com a idade, ambiente e cultivar (Santos et al., 2010). O gênero *Opuntia* possui como características o seu porte arborescente variando de 3-5 metros de altura, 60-150 cm de largura do caule sendo essa tomada nas maiores extremidades da planta, os cladódios são obovaladas com 30 a 60 de cm comprimento, 20 a 40 cm de largura e 19 a 28 mm de espessura (Scheinvar, 2001).

Segundo Mondragón & Pérez (2001), o tamanho dos cladódios é uma característica genética, sendo em menor escala determinada pela posição de plantio e fertilidade do solo. Outro fator que também exerce influência nas dimensões e

consequentemente no tamanho do cladódio, são as variações climáticas, afetando desse modo, a produção (Sales & Andrade, 2006).

Ao avaliar clones de palma forrageira, Silva et al. (2010) encontraram correlação positiva significativa com a produção de matéria seca, para a altura da planta, largura da planta, largura do cladódio primário e comprimento do cladódio primário. Logo, clones mais produtivos apresentaram maior altura e largura, além de artículos primários mais largos e compridos.

A palma forrageira apresenta uma estrutura diferente das demais forrageiras como gramíneas e leguminosas, que possuem o aparelho fotossintético localizado nas folhas. A palma possui tal aparelho localizado nos caules modificados/cladódios (Sampaio, 2005). É nos cladódios onde ocorre a absorção de luz e a fotossíntese (Santos et al., 2005). Daí, o IAF na palma forrageira denomina-se índice de área do cladódio (IAC). Neste sentido, Farias et al. (2005) comentaram que após algum período de crescimento os novos cladódios que irão surgindo na palma irão ocupar diferentes posições ao longo do perfil da planta, sempre buscando a maior eficiência na interceptação da luz, o que dá uma arquitetura própria a essa forrageira.

Segundo Loomis & Williams (1969), a estrutura do dossel interfere na distribuição da luz dentro da população de plantas, com isso as características estruturais de uma cultura são determinantes para o IAF. Essa característica estrutural envolve a distribuição espacial dos elementos da vegetação ao longo de caules, ramos ou brotos, e da heterogeneidade do arranjo espacial das plantas dentro do dossel, como ocorre nos dosséis descontínuos, a exemplo das culturas plantadas em linha (Garrigues et al., 2008).

## **2.5 Índice de área de cladódios (IAC): importância e determinação**

A energia solar e a radiação fotossinteticamente ativa desempenham papel fundamental no desenvolvimento das plantas e consequentemente na produtividade (Cortazar et al., 1985; Pedreira & Pedreira, 2007). A quantidade de luz capturada é que determina o uso do CO<sub>2</sub> por uma planta e a assimilação de CO<sub>2</sub> provê tanto esqueletos de carbono para o crescimento das plantas quanto para a manutenção e ativação de todas as funções metabólicas, as quais determinam, em grande parte, a capacidade de aquisição de nitrogênio e de outros nutrientes (Lemaire & Chapman, 1996). Nobel &

Hartsock (1983) relataram que a captação noturna de CO<sub>2</sub> e acumulação ácida em *O. ficus indica* são influenciadas pela radiação fotossinteticamente ativa durante o dia.

O tamanho da área de interceptação luminosa é representado pela área foliar, e essa depende das características inerentes das plantas (Nabinger & Pontes, 2001) como a idade, o tipo e o tamanho das folhas, além do arranjo espacial das folhas, com a distribuição horizontal e vertical de folhas e ângulo de inserção foliar (Calvano et al., 2011). Com o aumento no índice de área foliar ocorre um aumento na interceptação luminosa e uma maior atividade fotossintética, até um IAF crítico que para pastagens situam-se, normalmente entre 3 e 5, sendo que nesta faixa a interceptação luminosa (IL) seria de cerca de 95% da radiação (Fagundes et al., 1999) e, conseqüentemente, um aumento no acúmulo de forragem, (Silva, 2009). Farias et al. (2000) observaram que, ao se conservar os cladódios secundários após o corte da palma, obteve-se maior produção de forragem, devido ao maior índice de área de cladódio remanescente. Isto possibilita maior eficiência fotossintética, com maior acúmulo de reservas na planta e brotação de novos cladódios.

Qualquer alteração no IAF do dossel, seja pela chuva, seca, desfolha ou manejo, é acompanhado por alterações na produtividade da forrageira. O IAF é causador de modificações no microclima tanto da parte aérea quanto subterrânea do dossel forrageiro, sendo uma componente chave dos ciclos biogeoquímicos no ecossistema (Breda, 2003). É a principal variável utilizada para modelar muitos processos, como a fotossíntese do dossel e evapotranspiração (Weiss et al., 2004). O IAF também é considerado variável chave de grande importância na compreensão da dinâmica da vegetação em ecossistemas terrestres, uma vez que é determinante dos processos produtivos, tais como a interceptação da radiação e trocas gasosas e de água com o meio (Favarin et al., 2002; Sbrissia & Silva, 2008).

Lira et al. (2005) relataram que a palma forrageira apresenta baixo índice de área de cladódio, principalmente em comparação as gramíneas. Segundo Farias et al. (2000), o baixo IAC da palma pode ser parcialmente atenuado ao cultivo com uma maior densidade de plantas ou quando se maneja o palmar adotando colheitas menos frequentes, do que as tradicionalmente utilizadas com a preservação de um maior número de cladódios pós colheita.

Segundo Santos et al. (2010), o IAC da palma relatado na literatura é muito variável, o que pode está associado às diferentes metodologias utilizadas para determinação, assim como diferentes ambientes de cultivo. Teles et al. (2002) encontrou

IAC de em 1,15 palma Gigante cultivada em casa de vegetação aos nove meses de idade. Os mesmos autores relataram que esse valor pode ser considerado baixo em comparação a outras plantas forrageiras, principalmente gramíneas. Nobel (2001) relatou que a palma tem sua produção aumentada à medida que a área de superfície dos cladódios por unidade de solo aumenta. Com um IAC de 4 a 5, considerando as duas faces dos cladódios, a sua produtividade é máxima. O mesmo autor ainda mencionou que quando as plantas estão mais adensadas ou têm mais cladódios, o IAC aumenta até um determinado ponto, partir do qual a produtividade líquida diminui, devido ao autosombreamento. A maior interceptação luminosa promovidas por elevados IAF e IAC favorecem uma maior atividade fotossintética. Segundo Cortazar & Nobel (1991) o autosombreamento diminui a taxa de fotossíntese da palma forrageira.

As medições do índice de área foliar podem ser realizadas de forma direta ou indireta. As medições diretas são as mais precisas, porém têm a desvantagem de serem mais demoradas, trabalhosas e destrutivas. Podem ser aplicados em áreas pequenas e para um número limitado de observações durante o ciclo da cultura (Stroppiana et al., 2006).

Os métodos indiretos em geral são não-destrutivos e podem fornecer estimativas precisas do índice de área foliar (Peksen, 2007). As medidas indiretas podem ser tomadas através de equipamentos eletrônicos que permitem inferir uma leitura do IAF de forma não destrutiva (Sbrissia & Silva, 2008), como o LAI-2000 e o AccuPAR LP-80, ou também com base nas relações biométricas da área foliar (Barbosa et al., 2012). O LAI-2000, da Li-Cor<sup>®</sup>, tem sido amplamente empregado nas estimativas de IAF (Davi et al., 2008). O princípio de funcionamento do equipamento se baseia em medidas da transmissão da luz difusa no dossel vegetativo (LI-COR 1992).

Atualmente, os métodos ópticos são amplamente utilizados para estimar o IAF, principalmente por serem rápidos (Liu et al., 2012), podendo obter medições em grandes áreas em um curto espaço de tempo (Chen et al., 1997) e adequados para o controle da dinâmica espacial e temporal da estrutura do dossel (Soudania et al., 2001).

No entanto, a necessidade de validação de métodos indiretos exige que técnicas diretas sejam usadas como métodos de calibração (Jonckheere et al., 2004). Os modelos matemáticos envolvendo medições lineares como comprimento e largura da folha, de forma independente ou associada, geralmente apresentam alta precisão para estimar a área foliar (Blanco & Folegatti, 2005) e, conseqüentemente, o índice de área foliar.



## 2.6 Referências bibliográficas

ABIDI, S.; SALEN, H. B.; VASTA, V.; PRIOLO, A. Supplementation with barley or spineless cactus (*Opuntia ficus indica* f. *inermis*) cladodes on digestion, growth and intramuscular fatty acid composition in sheep and goats receiving oaten hay. **Small Ruminant Research**, v.87, p.9-16, 2009.

ALVES, M. A.; SOUZA, A. C. M.; GUAMARRA-ROJAS, G.; GUERRA, N. B. Fruto de palma (*Opuntia ficus-indica*) (L) Miller, *Cactaceae*: morfologia, composição química, fisiologia, índices de colheita e fisiologia pós-colheita. **Revista Iberoamericana Tecnología Postcosecha** vol. 9, n.1, p.16-25, 2008.

ARAÚJO, L. F.; OLIVEIRA, L. S. C.; PERAZZO NETO, A.; ALSINA, O. L. S.; SILVA, F. L. H. Equilíbrio higroscópico da palma forrageira: Relação com a umidade ótima para fermentação sólida. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.9, n.3, p. 379-384, 2005.

BARBOSA, J. P. R. A. D.; MARTINS, G. A.; FERREIRA, R. T.; PENNACCHI, J. P.; SOUZA, V. F.; SOARES, A. M. Estimativa do iaf de cafeeiro a partir do volume de folhas e arquitetura da planta. **Coffee Science**, Lavras, v. 7, n. 3, p. 267-274, 2012.

BISPO, S. V.; FERREIRA, M. A.; VÉRAS, A. S. C.; BATISTA, A. M. V.; PESSOA, R. A. S.; BLEUEL, M. P. Palma forrageira em substituição ao deno de capim elefante. Efeito sobre, digestibilidade e características de fermentação ruminal em ovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.6, p.1902-1909, 2007.

BLANCO, F. F.; FOLEGATTI, M. V. Estimation of leaf area for greenhouse cucumber by linear measurements under salinity and grafting. **Scientia Agrícola**, v.62, n.4, p. 305-309, 2005.

BRÉDA, N. J. J. Ground-based measurements of leaf area index: a review of methods, instruments and current controversies. **Journal of Experimental Botany**, v.54, n.392, p. 2403-2417, 2003.

CALVANO, M. P. C. A.; EUCLIDES, V. P. B.; MONTAGNER, D. B.; LEMPP, B.; DIFANTE, G. S.; FLORES, R. S.; GALBEIRO, S. Tillering and forage accumulation in

Marandu grass under different grazing intensities. **Revista Ceres**, v.58, p.781-789, 2011.

CHEN, J. M.; RICH, P. M.; GOWER, S. T.; NORMAN, J. M.; PLUMMER, S. Leaf area index of boreal forests: Theory, techniques, and measurements **Journal of Geophysical Research**, vol. 102, nº 24, pages 29,429-29,443, 1997.

CHIACCHIO, F. P. B.; MESQUITA, A. S.; SANTOS, J. R. Palma forrageira: uma oportunidade econômica ainda desperdiçada para o Semiárido baiano. **Revista Bahia Agrícola**. Salvador. Bahia: SEAGRI/BA. v. 7, n. 3, nov. 2006. p.39-49.

CORTAZAR, V. G.; ACEVEDO, E. Modeling of par interception and productivity by *Opuntia ficus-indica*. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 34, p.145-162, 1985.

CORTAZAR, V. G.; NOBEL, P. S. Worldwide environmental productivity indices and yield predictions for a cam plant, *Opuntia ficus-indica*, including effects of doubled CO<sub>2</sub> levels. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 49, p. 261-279, 1991.

DAVI, H.; BARET, F.; HUC, R.; DUFRÊNE, E. Effect of thinning on LAI variance in heterogeneous forests. **Forest Ecology and Management**, v. 256, p. 890–899, 2008.

DUBEUX JR, J. C. B.; ARAÚJO FILHO, J. T.; SANTOS, M. V. F.; LIRA, M. A.; SANTOS, D. C.; PESSOA, R. A. S. Adubação mineral no crescimento e composição mineral da palma forrageira – Clone IPA-20. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias** v.5, n.1, p.129-135, 2010.

DUBEUX JR, J. C. B.; SANTOS, M. V. F.; LIRA, M. A.; SANTOS, D. C.; FARIAS, I.; LIMA, L. E.; FERREIRA, R. L. C. Productivity of *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller under different N and P fertilization and plant population in north-east Brazil. **Journal of Arid Environments**, v. 67, n.3, p.357-372, 2006.

FAGUNDES, J. L.; SILVA, S. C.; PEDREIRA, C. G. S.; SBRISSIA, A. F.; CARNEVALL, R. A.; CARVALHO, C. A. B.; PINTO, L. F. M. Índice de área foliar, interceptação luminosa e acúmulo de forragens em pastagens de *Cynodon spp.* sob diferentes intensidades de pastejo. **Scientia Agrícola**, v. 56. n.4, p.1141-1150, 1999.

FARIAS, I.; LIRA, M. A.; SANTOS, D. C.; TAVARES FILHO, J. J.; SANTOS, M. V. F.; FERNANDES, A. P. M.; SANTOS, V. F. Manejo de colheita e espaçamento da palma forrageira em consócio com o sorgo granífero, no agreste de Pernambuco. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v35, n.2, p.341-347, 2000.

FARIAS, I.; SANTOS, D. C.; DUBEUX JR., J. C. B. Estabelecimento e manejo da palma forrageira. In: MENEZES, R. S. C.; SIMÕES, D. A.; SAMPAIO, E. V. S. B. **A palma no Nordeste do Brasil: conhecimento atual e novas perspectivas de uso**, 2005 cap. 6 p.81-103.

FAVARIN, J. L.; DOURADO NETO, D.; GARCÍA, A. G.; NOVA, N. A. V.; FAVARIN, M. G. G. V. Equações para a estimativa do Índice de área foliar do cafeeiro. **Pesquisa, agropecuária, brasileira.**, Brasília, v. 37, n. 6, p. 769-773, 2002.

GARRIGUES, S.; SHABANOV, N. V.; SWANSON, K.; MORISETTE, J. T.; BARET, F.; MYNENI, R. B. Intercomparison and sensitivity analysis of Leaf Area Index retrievals from LAI-2000, AccuPAR, and digital hemispherical photography over croplands. **Agricultural and forest meteorology** 148 p. 1193-1209, 2008.

GIULIETTI, A. M.; BOCAGE NETA, A. L.; CASTRO, A. A. J. F.; GAMARRA-ROJAS, C. F. L.; SAMPAIO, E. V. S. B.; VIRGÍNIO, J. F.; QUEIROZ, L. P. FIGUEIREDO, M. A.; RODAL, M. J. N.; BARBOSA, M. R. V.; HARLEY, R. M. Diagnóstico da vegetação nativa do bioma Caatinga. In: Biodiversidade da Caatinga: áreas e ações prioritárias para a conservação. Brasília, DF: **Ministério do Meio Ambiente**: Universidade Federal de Pernambuco, p. 47-90, 2003.

GUIMARÃES FILHO, C.; LOPES, P. R. C. Subsídios para formulação de um programa de convivência com a seca no semi-árido brasileiro. Petrolina-PE: **Embrapa/Semi-árido**, 2001. 22p. (Documentos, 171).

JALEEL, C. A.; MANIVANNAN, P.; WAHID, A.; FAROOQ, M.; AL-JUBURI, H. J.; SOMASUNDARAM, R.; PANNEERSELVAM, R. Drought stress in plants: a review on morphological characteristics and pigments composition. **International Journal of Agriculture & Biology**, v.11, n.1, p.100-105, 2009.

JONCKHEERE, I.; FLECK, S.; NACKAERTS, K.; MUYS, B.; COPPIN, P. WEISS, M. BARET, F. Review of methods for in situ leaf area index determination Part I.

Theories, sensors and hemispherical photography. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 121 p.19–35, 2004.

KERBAUY, G.B. **Fisiologia Vegetal**. Guanabara Koogan, 2004, 470p.

LEMAIRE, E., CHAPMAN, D. Tissue flows in grazed plant communities. In: **The ecology and management of grazing systems**. p.3-36, 1996.

LI-COR. **Plant canopy analyzer: LAI-2000, operating manual**. Lincoln, 1992, 179p.

LIGUORI, G.; INGLESE, G.; PERNICE, F.; SORTINO, G.; INGLESE, P. CO<sub>2</sub> uptake of *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill. whole trees and single cladodes, in relation to plant water status and cladode age. **Italian Journal of Agronomy**, v.8, n.1, p.14-20, 2013.

LIRA, M. A.; MELLO, A. C. L.; SANTOS, M. V. F.; FERREIRA, M. A.; FARIAS, I. SANTOS, D. C. Considerações sobre a produção leiteira no semi-árido pernambucano. **Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agronômica**, v.1, p.112-126, 2004.

LIRA, M. A.; SANTOS, D. C.; SILVA, M. C.; SANTOS, M. V. F.; FRANÇA, E. V.; MELLO, A. C. L.; DUBEUX JR., J. C. B.; PINTO, M. S. C. Genética e melhoramento da palma forrageira In: CONGRESSO BRASILEIRO DA PALMA E OUTRAS CACTÁCEAS, 2., 2011, Garanhuns, Pernambuco, Brasil. **Anais...** Garanhuns, 2011. Disponível. CD-ROM.

LIRA, M. A.; SANTOS, M. V. F.; CUNHA, M. V.; MELLO, A. C. L.; FARIAS, I.; SANTOS, D. C. Utilização da palma forrageira na pecuária leiteira do semiárido. **Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agronômica**, Recife, vol. 2, p.107-120, 2005.

LIU, Z.; JIN, G.; QI, Y. Estimate of leaf area index in an old-growth mixed broadleaved-korean pine forest in northeastern china. **PLoS ONE**, v. 7, n. 3, 2012.

LOOMIS, R. S.; WILLIAMS, W. A. Productivity and the morphology of crop stands: patterns with leaves. In: EASTIN, J. D. et al. **Physiological aspects of crop yield**. Madison: ASA/CSSA/SSA, 1969, p. 27-47.

LOPES, E. B.; SANTOS, D. C.; VASCONCELOS, M. F. Cultivo da palma forrageira. In: PALMA FORRAGEIRA: CULTIVO, USO ATUAL E PERSPECTIVAS DE

UTILIZAÇÃO NO SEMIÁRIDO NORDESTINO. João Pessoa Estado da Paraíba Outubro, 2007.

MELO, A. A. S. Palma forrageira na alimentação de vacas em lactação In: CONGRESSO BRASILEIRO DA PALMA E OUTRAS CACTÁCEAS, 2., 2011, Garanhuns, Pernambuco, Brasil. **Anais...** Garanhuns, 2011. Disponível. CD-ROM.

MENESES, R. S. C.; SAMPAIO, E. V. S. B.; SALCEDO, I. H.; SOUZA, F. J. Produtividade da palma em propriedades rurais. In: MENEZES, R. S. C.; SIMÕES, D. A.; SAMPAIO, E. V. S. B. **A palma no Nordeste do Brasil: conhecimento atual e novas perspectivas de uso**, 2005 cap. 8 p.129-141.

MINISTÉRIO DA INTERGRAÇÃO REGIONAL – MI. Secretaria de Políticas Públicas de Desenvolvimento Regional. **Nova delimitação do semi-árido brasileiro**. Brasília, 2005, 35p.

MONDRAGÓN, J. C.; PÉREZ, S. G. Germplasm resources and breeding *Opuntia* for fodder production. In: **CACTUS (OPUNTIA SPP) AS FORAGE**. **Food and Agriculture Organization of the United Nations**. Rome, p.21-28, 2001.

NABINGER, C.; PONTES, L. S. Morfogênese de plantas forrageiras e estrutura do pasto. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA. 38, 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: SBZ, 22p. 2001.

NOBEL, P. S. Biologia ambiental. In: AGROECOLOGIA, CULTIVO E USO DA PALMA FORRAGEIRA. **Food and Agriculture Organization of the United Nations**, 1995. SEBRAE, PB, p.36-48. 216p. 2001.

NOBEL, P. S.; HARTSOCK, T. L. Relationships between photosynthetically active radiation, nocturnal acid accumulation, and CO<sub>2</sub> uptake for a crassulacean acid metabolism plant, *Opuntia ficus-indica*. **Plant Physiology**, v. 71, p. 71-75, 1983.

OLIVEIRA JUNIOR, S.; BARREIRO NETO, M.; RAMOS, J. P. F.; LEITE, M. L. M. V.; BRITO, E. A.; NASCIMENTO, J. P. Crescimento vegetativo da palma forrageira (*Opuntia ficus-indica*) em função do espaçamento no Semiárido paraibano. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, João Pessoa, v.3, n.1, p.7-12, 2009.

PEDREIRA, B. C.; PEDREIRA, C. G. S. Fotossíntese foliar do capim-xaraés [*Brachiaria brizantha* (A. Rich.) Stapf. cv. Xaraés] e modelagem da assimilação potencial de dosséis sob estratégias de pastejo rotativo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, p.773-779, 2007.

PEKSEN, E. Non-destructive leaf area estimation model for faba bean (*Vicia faba* L.) **Scientia Horticulturae**, v.113, p.322-328, 2007.

REGO, F. C. A.; CECATO, U.; CANTO, M. W.; MARTINS, E. N.; SANTOS, G. T.; CANO, C. P.; PETERNELLIS, M. Características morfológicas e índice de área foliar do capim-tanzânia (*Panicum maximum* Jacq. cv. Tanzânia-1) manejado em diferentes alturas, sob pastejo. **Revista Brasileira Zootecnia**, v. 31, n. 4, p.1931-1937, 2002.

RUIZ-ESPINOZA, F. H.; ALVARADO-MENDOZA, J. F.; MURILLO-AMADOR, B.; GARCÍA-HERNÁNDEZ, J. L.; PARGAS-LARA, R.; DUARTE-OSUNA, J. D.; BELTRÁN-MORALES, F. A.; FENECH-LARIOS, L. Rendimiento y crecimiento de nopalitos de cultivares de nopal (*Opuntia ficus-indica*) bajo diferentes densidades de plantación. **Jpacd**, 2008.

SALES, A. T.; ANDRADE, A. P. Potencial de adaptação de variedades de palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* e *Nopalea cochenillifera*) no cariri paraibano. In: IV CONGRESSO NORDESTINO DE PRODUÇÃO ANIMAL. Petrolina, PE, p. 434-438. 2006.

SAMPAIO, E. V. B. Fisiologia da palma. In: MENEZES, R. S. C.; SIMÕES, D. A.; SAMPAIO, E. V. S. B. **A palma no Nordeste do Brasil: conhecimento atual e novas perspectivas de uso**. Recife: Ed. Universitária da UFPE, cap.3 p. 43-55, 2005.

SANTOS, D. C. FARIAS, I.; LIRA, M. A.; SANTOS, M. V. F.; ARRUDA, G. P.; COELHO, R. S. B.; DIAS, F. M. MELO, J. N. (in memorian). Manejo e utilização da palma forrageira (*Opuntia* e *Nopalea*) em Pernambuco. Recife: **IPA**, 2006. 48p.

SANTOS, D. C.; LIRA, M. A.; DIAS, F. M. Melhoramento genético da palma forrageira. In: MENEZES, R. S. C.; SIMÕES, D. A.; SAMPAIO, E. V. S. B. **A palma no Nordeste do Brasil: conhecimento atual e novas perspectivas de uso**. Recife: Ed. Universitária da UFPE, 2005. Cap.2 p. 27-42.

SANTOS, D.C. ; LIRA, M.A.; SILVA, M.C.; CUNHA, M.V.; PEREIRA, V.L.A.; FARIAS, I.; COSTA, A.F. Características agronômicas de clones de palma resistentes a cochonilha do carmim em Pernambuco. IN: V CONGRESSO NORDESTINO DE PRODUÇÃO ANIMAL, Aracaju-SE, 2008, **Anais...** Congresso nordestino de produção animal Aracaju-SE, 2008.

SANTOS, D.C.; LIRA, M.A.; SILVA, M.C.; FREITAS, E.V.; CAVALCANTE, H.M.B.; SANTOS, M.V.F.; VAZ, A.A.; PEREIRA, V.L.A. Genótipos de Palma Forrageira para Áreas Atacadas pela Cochonilha do Carmim no Sertão Pernambucano. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE PLANTAS, 6, 2011, Búzios. **Anais...** Búzios: SBMP, 2011. CD-ROM.

SANTOS, M. V. F.; LIRA, M. A.; DUBEUX JR., J. C. B.; FERREIRA, M. A.; CUNHA, M. V. Palma Forrageira. In: PLANTAS FORRAGEIRAS. Viçosa-MG: **Ed. UFV**, p.459-493, 2010.

SBRISSIA, A. F.; SILVA, S. C. Comparação de três métodos para estimativa do índice de área foliar em pastos de capim-marandu sob lotação contínua. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.2, p. 212-220, 2008.

SCHEINVAR, L. Taxonomia das *Opuntias* utilizadas. In: AGROECOLOGIA, CULTIVO E USOS DA PALMA FORRAGEIRA. Traduzido por João Pessoa: **SEBRAE**, PB, p. 20-27. 2001.

SILVA, C. C. F.; SANTOS, L. C. Palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* Mill) como alternativa na alimentação de ruminantes. **Revista Eletrônica de Veterinária**. v. 7, n.10, 2007.

SILVA, N. G. M.; LIRA, M. A.; SANTOS, M. V. F.; DUBEUX JR.; J. C.; MELLO, A. C. L.; SILVA, M. C. Relação entre características morfológicas e produtivas de clones de palma-forrageira. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.11, p. 2389-2397, 2010.

SILVA, S. C. Conceitos básicos sobre sistemas de produção animal em pasto. In: INTENSIFICAÇÃO DE SISTEMAS DE PRODUÇÃO ANIMAL EM PASTO, 25., 2009, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Simpósio sobre Manejo da Pastagem, 2009. p. 7-36.

SILVA, S. C.; NASCIMENTO JUNIOR, D. Avanços na pesquisa com plantas forrageiras tropicais em pastagens: características morfofisiológicas e manejo do pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, p. 121-138, 2007.

SNYMAN, H. A. A. Greenhouse study on root dynamics of cactus pears, *Opuntia ficus-indica* and *O. robusta*. **Journal of Arid Environments**, v.65, n.4, p.529–542, 2006.

SOUDANIA, B. K.; TRAUTMANN, J.; WALTER, J. M. Comparaison de méthodes optiques pour estimer l'ouverture de la canopée et l'indice foliaire em forêt feuillue. **Life Sciences** v. 324, p.381–392, 2001.

STROPPIANA, D.; BOSCHETTI, M.; CONFALONIERI, R.; BOCCHI, S.; BRIVIO, P. A. Evaluation of LAI-2000 for leaf area index monitoring in paddy rice. **Field Crops Research**, v. 99 p.167–170, 2006.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4.ed. Porto Alegre: Artmed, 819p. 2009.

TAVARES, A. M. A. Níveis crescentes de feno em dietas à base de palma forrageira para caprinos em confinamento: comportamento ingestivo. **Acta Science Animal**. Maringá, v. 27, n. 4, p. 497-504, 2005.

TELES, M. M.; SANTOS, M. V. F.; DUBEUX JR., J. C. B.; LIRA, M. A.; FERREIRA, R. L. C.; BEZERRA NETO, E.; FARIAS, I. Efeitos da adubação e de nematicida no crescimento e na produção da palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* Mill) cv. Gigante. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.1, p.52-60, 2002.

TIESSEN, H.; SALCEDO, I. H.; SAMPAIO, E. V. S. B. Nutrient and soil organic matter dynamics under shifting cultivation in semi-arid northeastern Brazil. **Agriculture, Ecosystems and Environments**, n. 38, p. 139-151, 1992.

VASCONCELOS, A. G. V.; LIRA, M. A.; CAVALCANTI, V. L. B.; SANTOS, M. V. F.; WILLADINO, L. Seleção de clones de palma forrageira resistente a cochonilha do carmim (*Dactylopius sp.*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.5, p.827-831, 2009.



WEISS, M.; BARET, F.; SMITH, G. J.; JONCKHEERE, I.; COPPIN, P. Review of methods for in situ leaf area index (LAI) determination Part II. Estimation of LAI, errors and sampling. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 121, p.37-53, 2004.

WINTER, K.; GARCIA, M.; HOLTUM, J. A. M. Drought-stress-induced up-regulation of CAM in seedlings of a tropical cactus, *Opuntia elatior*, operating predominantly in the C<sub>3</sub> mode. **Journal of Experimental Botany**, v.62, n.11, p.4037–4042, 2011.

### 3 Métodos não destrutivos para estimar o índice de área do cladódio em palma forrageira

**Resumo** - Objetivou-se com este trabalho avaliar métodos não destrutivos para estimar a área e o índice de área do cladódio (IAC) em palma forrageira Orelha de Elefante Mexicana. Os métodos não destrutivos estudados foram baseados em técnica óptica e na morfologia da planta. Estes métodos foram avaliados por meio da geração e avaliação de modelos matemáticos. Para estimativa da área do cladódio, os melhores modelos foram aqueles que utilizaram a integração das dimensões do cladódio (comprimento, largura e perímetro) como variáveis independentes, destacando-se o comprimento x altura que apresentaram, de forma geral,  $R^2$  maior que 0,92,  $r$  maior que 0,93, índice de concordância ( $d$ ) igual à unidade, índice de desempenho ( $c$ ) maior que 0,93, erro médio de estimativa (EME) menor 0,0024 e raiz quadrada do quadrado do erro médio (RMSE) menor que 0,0057. Os modelos gerados em função da técnica óptica não foram consistentes para estimar o IAC. Os melhores modelos foram os que utilizaram o produto entre largura e altura da planta, pois apresentaram em média  $R^2=0,7170$ ,  $r=0,7952$ ,  $d=0,9899$ ,  $c=0,7873$ ,  $RMSE=0,3821$ , e  $EME=0,0078$ . A largura e comprimento do cladódio podem ser usados para estimar a sua área. O IAC pode ser facilmente estimado pela largura e altura da planta.

**Termos para indexação:** Biometria, morfologia da planta, técnica óptica, modelagem.

#### **Non-destructive methods to estimate the cladodes index area and the cactus pear**

**Abstract** - The objective of this study was to evaluate non-destructive methods to estimate the area and leaf area index of cladodes (CAI) in spineless Elephant Ear Mexican. The non-destructive methods have been studied based on optical technique and morphology of the plant. These methods were evaluated through the generation and evaluation of mathematical models. To estimate the area of the cladodes, the best models were those who used the integration of the cladodes dimensions (length, width and girth) as independent variables, especially the length x height showed that, in general,  $R^2$  greater than 0,92,  $r$  greater than 0,93, index of agreement ( $d$ ) equal to unity, performance index ( $c$ ) greater than 0,93, the mean error of estimate (MEE) below

0,0024 and the root mean square error (RMSE) of less than 0,0057. The models generated as a function of optical technique were not consistent for estimating the CAI. The best models were those who used the product of width and height of the plant, it had an average  $R^2=0,7170$ ,  $r=0,7952$ ,  $d=0,9899$ ,  $c=0,7873$ ,  $RMSE=0,3821$  and  $EME=0,0078$ . The width and length of the cladodes can be used to estimate their area. The CAI can be easily estimated by the width and height of the plant.

**Index terms:** Biometrics, plant morphology, optical technique, modeling.

### 3.1 Introdução

O Semiárido brasileiro é caracterizado por apresentar irregular distribuição de chuvas, ocorrendo constantemente longos períodos de estiagem, o que limita a produção vegetal. Neste contexto, as cactáceas se sobressaem devido ao metabolismo fotossintético CAM (Mallona et al., 2011), que resulta em grande eficiência de uso da água.

A palma forrageira (*Opuntia fícus-indica* Mill) pode apresentar elevadas produções de matéria seca por unidade de área (Dubeux Jr. et al., 2006). A estrutura do dossel afeta fortemente a produtividade primária líquida. Assim, compreender e quantificar características do dossel são fundamentais para modelagem desse processo (Chason et al., 1991). Uma das características importantes que pode ser utilizada neste contexto é o índice de área foliar (IAF), que é um parâmetro biofísico importante na ecofisiologia da planta (Hasegawa et al., 2010).

O IAF da vegetação é dependente da composição botânica, estágio de desenvolvimento, das condições do local de cultivo, sazonalidade e das práticas de manejo (Jonckheere et al. 2004). Além disso, o IAF também depende da distribuição espacial dos elementos da vegetação ao longo de caules, ramos ou brotos, assim como da heterogeneidade do arranjo espacial das plantas dentro do dossel, como ocorre nos dosséis descontínuos, a exemplo das culturas plantadas em linha (Garrigues et al., 2008).

As estimativas do IAF em dosséis de plantas forrageiras podem ser realizadas por meio de diversas metodologias, empregando medidas diretas ou indiretas envolvendo instrumentos ópticos ou a morfologia da planta (Chen et al., 1997). Segundo Sbrissia & Silva (2008), o método clássico de determinação do IAF em culturas agrícolas consiste em medir a área foliar usando planímetros ou integradores de área, ou ainda por meio de relações específicas entre determinadas medidas da folha (i.e., largura, comprimento

etc.) e sua área. Medidas diretas envolvem técnicas de colheita destrutivas, exigindo colheita de toda a planta ou de alguma parte dela (Garrigues et al., 2008; Schleeppi et al., 2011).

Assim, estimativas do IAF por meio de métodos indiretos e não destrutivos assumem importância fundamental na avaliação de comunidades de plantas. Atualmente existem no mercado algumas opções de equipamentos capazes de realizar tais estimativas sem a necessidade de destruição da planta ou de parte dela. Normalmente, o princípio básico de funcionamento desses equipamentos consiste em integrar variáveis como a transmissão e a penetração da luz e as características estruturais do dossel. Esse método apresenta a vantagem de não ser destrutivo e de permitir maior frequência e rapidez nas leituras, utilizando apenas a informação da fração de radiação transmitida que não sofreu atenuação pela estrutura do dossel (Coelho Filho et al., 2012).

O IAF também pode ser determinado através das características morfológicas das plantas. Esses métodos baseiam-se em relações biométricas da área foliar com o volume e a área do dossel e, conseqüentemente, com a altura e o diâmetro inferior do dossel (Barbosa et al., 2012). No caso da palma forrageira podem ser mensuradas a largura e altura da planta, largura, comprimento, perímetro e espessura do cladódio, medidas que podem ser tomadas no campo sem a necessidade de destruir a planta.

A palma forrageira apresenta uma estrutura diferente das demais forrageiras como gramíneas e leguminosas, onde o aparelho fotossintético é localizado nas folhas. Na palma, está localizado nos caules modificados, chamados de cladódios (Sampaio, 2005). Daí, o IAF na palma forrageira denomina-se índice de área do cladódio. Deste modo, o objetivo deste trabalho foi avaliar métodos não destrutivos para estimativa da área do cladódio e do índice de área do cladódio em palma forrageira Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia* sp.).

### **3.2 Material e Métodos**

O trabalho foi conduzido na Estação Experimental do Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA), localizado em Arcoverde – PE. A Estação Experimental apresenta coordenadas geográficas de 8°25' S e 37°02' W, altitude de 750 m acima do nível do mar e solo predominante classificado como Neossolo Regolítico. O clima é classificado por Thornthwaite como do tipo Dd'a' (semiárido megatérmico).

A área estudada consistiu num palmar experimental cultivado no mês de junho de 2011, com o clone Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia* sp.). As medições destinadas

às estimativas da área do cladódio e do índice de área do cladódio foram realizadas em 64 parcelas, formadas por três fileiras no espaçamento de 1,80 m entre filas e 0,20 m entre plantas, com área de 21,6 m<sup>2</sup>.

As avaliações ocorreram no mês de junho dos anos de 2012 e 2013, no momento do corte anual, em duas plantas na fileira central, na qual ainda foram descartadas as bordaduras nas extremidades da fileira (0,4 m de cada lado), correspondente as duas primeiras plantas de cada lado. Foram mensuradas a altura e largura da planta, com auxílio de uma trena. A altura foi tomada do nível do solo até o cladódio mais alto. A largura foi medida na região da planta de maior expansão lateral. Após o corte das plantas, cada cladódio foi destacado, identificado por planta e ordem com auxílio de pincel marcador permanente.

Para estimativa direta da área do cladódio e do índice de área do cladódio, cada cladódio destacado foi digitalizado em scanner de mesa (modelo F4180, da HP®) acoplado ao computador. Como havia cladódios maiores que a área do scanner, estes foram cortados para facilitar a leitura pelo scanner. As imagens obtidas foram armazenadas no formato de JPEG em pastas individuais para cada planta e posteriormente foram processadas quanto à mensuração da área do cladódio pelo software “Leaf Area FOR Everyone© by Veiko Lehsten” (LAFore). Os cladódios que foram cortados tiveram as áreas das suas respectivas partes somados. O IAC foi determinado mediante a divisão da área de todos os cladódios da planta pela área de solo ocupada pela planta, que neste caso foi 0,36 m<sup>2</sup> (1,80 m x 0,20 m).

Foi estudada a relação entre as dimensões do cladódio (comprimento, largura e perímetro) e a área do cladódio. As dimensões do cladódio foram determinadas com uma fita métrica. A região de maior largura e comprimento do cladódio foi utilizada para medição dessas duas características. O perímetro foi determinado contornando o cladódio com a fita métrica. O produto entre as dimensões do cladódio (comprimento x largura, comprimento x perímetro, largura x perímetro e comprimento x largura x perímetro) também foram considerados no estudo da relação com área do cladódio.

Para estimativa do IAC foram estudados métodos indiretos e não destrutivos baseados em técnica óptica e na morfologia da planta. Na avaliação da técnica óptica foi utilizado o equipamento LAI-2000, da Li-Cor®, que se baseia em medidas da transmissão da luz difusa através do dossel vegetativo. Para as medidas com o aparelho foram feitas leituras em transectas diagonais ao longo do espaço entre fileiras, conforme manual do equipamento (LI-COR, 1992).

Como a área avaliada tinha três fileiras, cada transecta iniciou, de forma oposta, numa das plantas da fileira central que seria cortada para realização da medição direta. Desta forma, foram tomadas uma leitura acima do dossel e oito, seis, quatro e duas leituras na parte inferior do dossel ao longo das transectas.

As leituras com o LAI-2000<sup>®</sup> seguiram as seguintes distribuições dentro de cada transecta: 1) A realização de oito leituras foi feita com quatro leituras/transecta, sendo a primeira leitura na linha de cultivo, na altura do cladódio mãe, a segunda à  $\frac{1}{4}$  da transecta, a terceira no meio da transecta e quarta leitura à  $\frac{3}{4}$  do transecta; 2) A realização de seis leituras foi feita com três leituras /transecta. A primeira leitura foi feita na linha de cultivo, na altura do cladódio mãe, a segunda a  $\frac{1}{3}$  do transecta e a terceira a  $\frac{2}{3}$  da transecta; 3) Para a realização de quatro leituras, a primeira leitura na linha de cultivo, na altura do cladódio mãe, e a última na metade da linha de cultivo e 4) A realização de duas leituras foi feita em duas linhas de cultivo, com uma leitura em cada linha de cultivo, na altura do cladódio mãe.

Para realização das leituras, um cap de 45 °C foi colocado no sensor do LAI-2000<sup>®</sup>. Essa medida foi importante para eliminar qualquer interferência do avaliador sobre a estimativa do IAC. As leituras foram realizadas no início da manhã e no final da tarde ou quando o céu apresentava-se encoberto por nuvens, seguindo recomendações do manual do equipamento, que menciona que as leituras devem ser realizadas sob radiação difusa (LI-COR, 1992).

Ainda para estimativa indireta do IAC foram realizadas medidas da morfologia da planta, na qual a altura e a largura da planta foram avaliadas, sendo a altura tomada do nível do solo ao até o cladódio mais alto e a largura foi tomada nas maiores extremidades.

A relação entre as medidas indiretas e as medidas diretas (área do cladódio e IAC) foi estudada por meio de análise de regressão para obtenção de modelos linear, quadrático e potência. Os modelos foram gerados com os dados do ano de 2012 e testados com os dados do ano de 2013, exceto para o estudo da relação entre o IAC direto e o indireto estimado pelo LAI-2000<sup>®</sup>, no qual foram utilizados apenas os dados de 2012.

Para estimativa da área do cladódio em função das dimensões dos cladódios (largura, comprimento, perímetro e seus produtos) foram utilizadas as medidas de 1474 cladódios colhidos em junho de 2012 para geração dos modelos. Para testar os modelos, foram utilizadas as medidas de 1514 cladódios colhidos em junho de 2013.

Para estimativa do IAC baseado na técnica óptica, foram usadas 40 medidas para geração dos modelos e 24 medidas para testar os modelos. Para a estimativa do IAC em função da morfologia da planta (altura e largura da planta e seu produto) foram utilizadas 64 medidas obtidas em junho de 2012 para geração dos modelos. Para testar os modelos, foram utilizadas as medidas realizadas nas mesmas 64 áreas em junho de 2013.

O desempenho dos modelos foi verificado por meio do coeficiente de correlação ( $r$ ), coeficiente de determinação ( $R^2$ ), raiz quadrada do quadrado do erro médio (RMSE), erro médio de estimativa (EME), índice de concordância ( $d$ ) de Willmott (1982) e do índice de desempenho ( $c$ ), conforme as fórmulas abaixo:

$$r = \frac{\sum SO - \frac{(\sum S)(\sum O)}{N}}{\sqrt{\left[ \sum S^2 - \frac{(\sum S)^2}{N} \right] \left[ \sum O^2 - \frac{(\sum O)^2}{N} \right]}}$$

$$R^2 = \frac{SQ \text{ Regressão} * 100}{SQ \text{ Total}}$$

$$RMSE = (\sum (Si - Oi)^2 / N)^{0,5}$$

$$EME = N^{-1} \sum (Si - Oi)$$

$$d = 1 - \left[ \frac{\sum (Si - Oi)^2}{\sum (|Si - O| + |Oi - O|)^2} \right], 0 \leq d \leq 1$$

$$c = r \times d$$

onde,  $S$  corresponde ao valor estimado,  $O$ , o valor observado e  $N$  é o número de observações. O índice de desempenho ( $c$ ) foi avaliado de acordo com a descrição realizada por Camargo & Sentelhas, (1997), onde: 1) valores de  $c > 0,85$ , o desempenho modelo foi classificado como ótimo, 2) valores de  $c$  entre 0,76 a 0,85 o modelo foi classificado como muito bom, 3) valores de  $c$  entre 0,66 a 0,75 o modelo é considerado bom; 4) valor de  $c$  entre 0,65 a 0,65 é considerado mediano, 4) valores de  $c$  entre 0,51 a 0,60 foram considerados sofrível, 5) valores entre 0,41 a 0,50 foi considerado mal e 6) valores de  $c \leq 0,40$  o modelo foi considerado péssimo.

As análises estatísticas descritivas e de regressão foram realizadas pelo software SigmaPlot para Windows versão 12.0.

### 3.3 Resultados e discussão

A análise descritiva das dimensões do cladódio mostrou que houve grande variação, principalmente para a área dos cladódios avaliados (Tabela 1). Os elevados coeficientes de variação para área dos cladódios (42,37 e 63,61%) pode ter ocorrido

devido a grande variação nos tamanhos do cladódio, cuja área variou de 0,0036 m<sup>2</sup> a 0,1089 m<sup>2</sup> no primeiro ano e de 0,0031 a 0,5890 no segundo ano. As variáveis largura, comprimento e perímetro do cladódio também apresentaram elevados valores de coeficiente de variação. Silva et al. (2010) também encontraram elevados coeficientes de variação para essas variáveis e explicaram que isso provavelmente ocorreu porque alguns cladódios terciários estavam expandidos e outros em expansão, o que resultou em cladódios de diferentes tamanhos.

De maneira geral, os modelos estimadores da área do cladódio apresentaram coeficientes de determinação e correlação elevados para a maioria dos modelos gerados ( $R^2 > 0,84$  e  $r > 0,87$ ), conforme Tabela 2. Também, o EME e RMSE foram próximos de zero para todos os modelos estudados, mostrando assim que a área do cladódio pode ser determinada pelos modelos avaliados. Contudo, ressalta-se que para as sete variáveis independentes estudadas, a grande maioria dos modelos de potência mostraram  $R^2$  superiores aos lineares e quadráticos.

O melhor resultado foi obtido com o modelo de potência, utilizando-se o produto entre o comprimento x largura x perímetro, pois apresentou melhor desempenho na avaliação dos modelos (Tabela 2). Além disso, este modelo apresentou índice de confiança (c) acima de 0,94. Segundo Camargo & Sentelhas (1997), quando um modelo apresenta valor de c acima de 0,85, é considerado um modelo ótimo. Assim, este modelo pôde determinar a área do cladódio com grande precisão (Figura 1).

Entretanto, segundo Maldaner et al. (2009), modelos que utilizam somente uma medida, como a largura e/ou o comprimento, para estimativa da área foliar são preferíveis, por utilizarem apenas uma das dimensões da folha. Com isso, há redução no número de medições a serem realizadas no campo. No caso da palma Orelha de Elefante Mexicana alguns modelos gerados através dessas variáveis apresentaram bons resultados podendo ser indicados com grande precisão. Neste sentido, dentre esses modelos, o que mais se destacou pelos seus resultados na avaliação foi o modelo de potência utilizando o perímetro do cladódio como variável independente. Contudo, a medição do perímetro do cladódio somente é facilitada quando o cladódio pode ser destacado da planta, dada a dificuldade de medir o perímetro devido ao arranjo irregular dos cladódios na palma forrageira, bem como a presença de espinhos. Neste sentido, as medidas de comprimento e largura podem ser facilmente tomadas no campo, sem a necessidade de destruir a planta, além de poderem ser tomadas periodicamente.



Assim, para interação entre a largura e o comprimento do cladódio, os modelos de potência, quadrático e linear apresentaram valores de  $R^2 > 0,92$ ,  $r > 0,93$  e  $d > 1$ , além de MBE e RMSE próximos à zero. Os valores de  $c$  classificaram os modelos como ótimos, ficando acima de 0.93. Essas medidas mostraram boa correlação entre os dados observados e os estimados (Figura 1).

Quanto às avaliações do IAC, quando comparadas às médias obtidas do IAC direto do primeiro ano com a do segundo ano de avaliação não houve diferenças entre anos, levando em consideração a sobreposição dos dados no intervalo de confiança (Tabela 3). Em termos médios, a determinação do índice de área de cladódio utilizando o LAI-2000<sup>®</sup> com dois pontos na parte inferior do dossel (IAC por técnica ótica 1) não diferiu do IAC direto, considerando a sobreposição dos intervalos de confiança para a média (Tabela 3). As demais leituras testadas com o LAI-2000<sup>®</sup> tenderam a subestimar o IAC da palma orelha de elefante mexicana.

A precisão das estimativas utilizando o LAI-2000<sup>®</sup> depende da forma de distribuição e da quantidade de pontos mensurados no dossel forrageiro (Stroppiana et al., 2006). O IAC indireto com duas leituras abaixo do dossel se aproximou do real provavelmente porque as leituras foram tomadas logo abaixo das plantas que foram colhidas para determinação do IAC direto, não ocorrendo distribuição dos pontos ao longo do espaço entre fileiras. Assim, maior distribuição de leituras com o LAI-2000<sup>®</sup> ao longo da transecta levou a menores valores de IAC, uma vez que a projeção da palma no espaço entre fileiras foi pequena. A baixa projeção da palma forrageira Orelha de Elefante Mexicana entre fileiras é demonstrada pela largura média das plantas, que foi de 90 e 84 cm no primeiro e segundo ano de avaliação, respectivamente. Considerando a sobreposição dos intervalos de confiança para a média, esses valores não diferiram entre si, e representam uma ocupação de aproximadamente 25% do espaço entre fileiras (Tabela 3).

Majasalmi et al. (2013) relataram que os métodos de estimativas do índice de área foliar através de técnicas ópticas tendem a subestimar o IAF, devendo-se procurar técnicas que mais se ajuste a vegetação e ao ambiente que será avaliado. Segundo Chen et al. (1997), vários instrumentos ópticos analisadores de dossel são prejudicados pela complexidade da estrutura do dossel, que pode ser separada em dois atributos, como a distribuição do ângulo da folhagem e a distribuição espacial das folhas.

Os modelos estudados para determinar o IAC pelo LAI 2000<sup>®</sup> apresentaram coeficientes de determinação baixos ( $R^2 < 0,2460$ ), conforme Tabela 4. Os modelos

gerados com a leitura de seis pontos abaixo do dossel apresentaram maiores valores de  $R^2$ . Ressalta-se que estes valores estão muito abaixo do recomendado para que o modelo seja adequado, pois quanto mais próximo da unidade for o valor de  $R^2$ , mais confiável é o modelo (Ferreira, 2000). Além do baixo valor de  $R^2$ , os modelos também proporcionaram baixa correlação ( $r$ ) entre os valores de IAC pelo LAI-2000<sup>®</sup> e o do IAC direto. Mais uma vez, os modelos que proporcionaram maior correlação foram os estimados com o IAC obtido com seis leituras abaixo do dossel ( $r = 0,6508, 0,6515$  e  $0,6468$  para o modelo linear, quadrático e potência). Segundo Figueiredo Filho & Silva Jr. (2009), esses valores correspondem a uma correlação moderada positiva.

Os valores do erro médio de estimativa (EME) e raiz quadrada do quadrado do erro médio (RMSE) apresentaram-se distantes de zero o que é um indicativo da existência de maiores erros, quando se utilizou o LAI-2000<sup>®</sup> para estimar o IAC da palma forrageira Orelha de Elefante Mexicana. O coeficiente de desempenho ( $c$ ) também não foi consistente para indicar a determinação do IAC pelo LAI-2000<sup>®</sup>. Os modelos gerados utilizando dois e quatro leituras abaixo do dossel apresentaram valor de  $c$  abaixo de  $0,4000$ , e segundo Camargo & Sentelhas (1997), são classificados como péssimos. Os valores de  $c$  para o IAC estimado com seis leituras foram classificados como medianos. Os modelos gerados pelo IAC com oito leituras foram classificados como sofríveis, pois apresentaram valor médio de  $c$  de  $0,5185$ . Assim dentre todos os modelos gerados a partir da técnica óptica o que apresentou melhores resultados foram aqueles que utilizaram o IAC estimado com seis leituras como variável independente. Vale ressaltar que é importante avaliar novas formas de se estimar o IAC da palma utilizando o LAI-2000<sup>®</sup>, uma vez que seguindo as recomendações do fabricante para culturas plantadas em linha, o IAC foi estimado com baixa precisão.

Para estimativa do IAC utilizando a altura e largura da planta, bem como seu produto, como variáveis independentes, foram gerados nove modelos estimadores do IAC. Os modelos foram classificados como bons, segundo Camargo & Sentelhas (1997), quando se utilizou apenas a altura ou a largura como variáveis independentes (Tabela 5). Os valores de  $R^2$  foram medianos e o EME e RMSE ficaram próximos de zero, o que é um indicativo de poucos erros. Contudo, melhores resultados foram obtidos quando se utilizou o produto entre a largura e altura da planta como variável independente (Figura 2). Neste caso, os modelos apresentaram coeficientes de determinação ( $R^2$ ) e correlação ( $r$ ) próximos, acima de  $0,70$  para os modelos linear, quadrático e de potência. Esses modelos também apresentaram proximidade para o

índice de concordância (d), com valores acima de 0,98. O coeficiente de desempenho (c) classificou os modelos gerados como muito bons estimadores do IAC da palma Orelha de Elefante Mexicana, segundo Camargo & Sentelhas (1997). Essas medidas mostraram boa correlação entre o IAC observado e o estimado principalmente para o modelo linear. As medidas de altura e largura da palma forrageira podem ser tomadas de forma rápida e fácil no campo, podendo ser utilizadas as medidas de várias plantas de uma unidade mesma experimental, o que poderá conduzir a estimativas mais confiáveis.

### **3.4 Conclusão**

A área do cladódio da palma Orelha de Elefante Mexicana pode ser estimada com alto nível de confiança pelas dimensões do cladódio, notadamente pelo produto entre largura, comprimento e perímetro do cladódio.

A utilização do LAI-2000<sup>®</sup> não foi o método indireto mais adequado para estimativa do índice de área do cladódio (IAC) em palma forrageira Orelha de Elefante Mexicana. A estimativa do IAC utilizando a altura e a largura da planta demonstrou ser a mais precisa.

### **3.5 Agradecimentos**

Ao Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA), a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa de mestrado ao autor Francisco Martins de Castro, e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão de bolsa de produtividade em pesquisa aos autores Márcio Vieira da Cunha, Mércia Virginia Ferreira dos Santos, José Carlos Batista Dubeux Júnior, Mário de Andrade Lira e Alexandre Carneiro Leão de Mello.

### **3.6 Referências bibliográficas**

BARBOSA, J.P.R.A.D.; MARTINS, G.A.; FERREIRA, R.T.; PENNACCHI, J.P.; SOUZA, V.F.; SOARES, A.M. Estimativa do iaf de cafeeiro a partir do volume de folhas e arquitetura da planta. *Coffee Science*, Lavras, v. 7, n. 3, p. 267-274, 2012.

CAMARGO, Â.P & SENTELHAS, P.C. Avaliação do desempenho de diferentes métodos de estimativa da potencial da evapotranspiração no estado de São Paulo, Brasil. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Santa Maria, v. 5, n. 1, p. 89-97, 1997.

CHASON, J.W.; BALDOCCHI, D.D.; HUSTONA, M.A. A comparison of direct and indirect methods for estimating forest canopy leaf area. *Agricultural and Forest Meteorology*. 57, 107–128 1991.

CHEN, J.M.; RICH, M.P.; GOWER, S.T.; NORMAN, J.M.; PLUMMER, S. Leaf area index of boreal forests: Theory, techniques, and measurements. *Journal of Geophysical Research*, vol. 102, no. d24, pages 29,429-29,443, 1997.

COELHO FILHO, M.A.; VILLA-NOVA, N.A.; ANGELOCCI, L.R.; MARIN, F.R.; RIGHI, C.A. Método para estimativa do IAF de árvores isoladas ou de plantações com dossel fechado *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental Campina Grande, PB*, v.16, n.5, p.529-538, 2012.

DUBEUX JR, J.C.B.; SANTOS, M.V.F.; LIRA, M.A.; SANTOS, D.C.; FARIAS, I.; LIMA, L.E.; FERREIRA, R.L.C. Productivity of *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller under different N and P fertilization and plant population in north-east Brazil. *Journal of Arid Environments*, v. 67, n.3, p.357-372, 2006.

FERREIRA, P.V. Estatística experimental aplicada à agronomia. Maceió Edufal, 3 ed..422 p. 2000.

FIGUEREIDO FILHO, D.B.; SILVA JR., J.A. Desvendando os mistérios do coeficiente de correlação de Pearson (r). *Revista Política Hoje*, Vol. 18, n. 1, 2009.

GARRIGUES, S.; SHABANOV, N.V.; SWANSON, K.; MORISETTE, J.T.; BARET, F.; MYNENI, R.B. Intercomparison and sensitivity analysis of Leaf Area Index retrievals from LAI-2000, AccuPAR, and digital hemispherical photography over croplands. *Agricultural and forest meteorology* 148 p. 1193-1209, 2008.

HASEGAWA, K.; MATSUYAMA, H.; HAYATO TSUZUKI, H.; SWEDA, T. Improving the estimation of leaf area index by using remotely sensed NDVI with BRDF signatures. *Remote Sensing of Environment* 114 p.514–519, 2010.

JONCKHEERE, I.; FLECK, S.; NACKAERTS, K.; MUYS, B.; COPPIN, P.; WEISS, M.; BARET, F. Review of methods for in situ leaf area index determination Part I. Theories, sensors and hemispherical photography. *Agricultural and Forest Meteorology* 121 p.19–35, 2004.

LI-COR. Plant canopy analyzer: LAI-2000; operating manual. Lincoln:. 179p. 1992.

MAJASALMI, T. RAUTIAINEN, M.; STENBERG, P.; LUKES, P. An assessment of ground reference methods for estimating LAI of boreal forests. *Forest Ecology and Management* 292 p.10–18, 2013.

MALDANER, I.C.; HELDWEIN, A.B.; LOOSE, L.H.; LUCAS, D.D.P.; GUSE, F.I.; BORTOLUZZI, M.P. Modelos de determinação não-destrutiva da área foliar em girassol. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.39, n.5, p.1356-1361, 2009.

MALONA, I. , EGEEA-CORTINES M, WEISS J. Conserved and Divergent Rhythms of Crassulacean Acid Metabolism-Related and Core Clock Gene Expression in the Cactus *Opuntia ficus-indica*. *Plant Physiology*, Vol. 156, p. 1978–1989, 2011.

SAMPAIO, E.V.S.B. Fisiologia da palma. IN: MENEZES, R. S. C.; SIMÕES, D. A.; SAMPAIO, E. V. S. B. A palma no Nordeste do Brasil: conhecimento atual e novas perspectivas de uso. Recife: Ed. Universitária da UFPE. 2005. Cap. 3 p. 43-55

SBRISSIA, A.F.; SILVA, S.C. Comparação de três métodos para estimativa do índice de área foliar em pastos de capim-marandu sob lotação contínua. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.37, n.2, p. 212-220, 2008.

SCHLEPPI, P.; THIMONIER, A.; WALTHERT, L. Estimating leaf area index of mature temperate forests using regressions on site and vegetation data. *Forest Ecology and Management* 261 p.601–610, 2011.

SILVA, N.G.M.; LIRA, M.A.; SANTOS, M.V.F.; DUBEUX JR, J.C.B.; MELLO, A.C.L.; SILVA, M.C. Relação entre características morfológicas e produtivas de clones de palma forrageira. *Revista Brasileira Zootecnia*, v.39, n.11, p.2389-2397, 2010.

STROPPIANA, D. BOSCHETTI, M.; CONFALONIERI, R.; BOCCHI, S.; BRIVIO, P.A. Evaluation of LAI-2000 for leaf area index monitoring in paddy rice. *Field Crops Research* 99 p.167–170, 2006.

WILLMOTT, C.J. Some Comments on the Evaluation of Model Performance *American Meteorological Society*, v.63, p.1309-1313, 1982.

### 3.7 Tabelas e figuras

**Tabela 1.** Análise descritiva das dimensões do cladódio da palma Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia* spp.).

Variáveis	Média	Mínimo	Máximo	CV (%)	Intervalo de confiança (95%)	
					Limite Inferior	Limite Superior
2012						
Área do cladódio (m <sup>2</sup> )	0,0372	0,0036	0,1089	42,3749	0,0360	0,0380
Comprimento do cladódio (m)	0,2454	0,0920	0,4370	22,5932	0,2420	0,2480
Largura do cladódio (m)	0,2087	0,0680	0,3550	22,4883	0,2060	0,2110
Perímetro do cladódio (m)	0,7085	0,1700	1,2350	21,5809	0,7000	0,7170
2013						
Área do cladódio (m <sup>2</sup> )	0,0335	0,0031	0,5890	63,6100	0,0320	0,0350
Comprimento do cladódio (m)	0,2544	0,0900	0,4500	23,9205	0,2510	0,2580
Largura do cladódio (m)	0,1846	0,0500	0,3400	25,1762	0,1820	0,1870
Perímetro do cladódio (m)	0,6796	0,0900	1,1950	0,0242	0,6710	0,6880

**Tabela 2.** Avaliação da área do cladódio da palma orelha de elefante mexicana (*Opuntia* spp.) estimado pelas dimensões do cladódio.

Variáveis independentes	Modelos	R <sup>2</sup>	Avaliação do modelo				
			r	d	EME	RMSE	c
Largura	AC=-0,0273+(0,3086*L)	0,8463	0,8774	0,9999	-0,0035	0,0077	0,8773
Largura	AC=-0,0045+(0,0759*L)+(0,5646*L) <sup>2</sup>	0,8583	0,8761	0,9998	-0,0121	0,0145	0,8759
Largura	AC=0,6146*(L <sup>1,8139</sup> )	0,8584	0,8738	0,9999	0,0076	0,0076	0,8737
Comprimento	AC=-0,0271+(0,2620*C)	0,8504	0,8934	0,9999	0,0066	0,0097	0,8933
Comprimento	AC=-0,0077+(0,0965*C)+(0,3348*C) <sup>2</sup>	0,8586	0,8942	0,9998	-0,0084	0,0110	0,8941
Comprimento	AC=0,4320*(C <sup>1,7697</sup> )	0,8583	0,8916	0,9999	0,0068	0,0100	0,8915
Perímetro	AC=-0,0325+(0,0983*P)	0,9114	0,9121	1,0000	0,0014	0,0064	0,9121
Perímetro	AC=0,0059+(-0,0173*P)+(0,0828*P) <sup>2</sup>	0,9410	0,9190	0,9996	-0,0237	0,0259	0,9186
Perímetro	AC=0,0709*(P <sup>2,0140</sup> )	0,9404	0,9241	1,0000	0,0014	0,0058	0,9240
Comprimento x Largura	AC=0,0009+(0,6789*CL)	0,9274	0,9388	1,0000	0,0011	0,0050	0,9388
Comprimento x Largura	AC=-0,0001+(0,7191*CL)+(-0,3379*CL) <sup>2</sup>	0,9276	0,9386	1,0000	0,0024	0,0057	0,9386
Comprimento x Largura	AC=0,6431*(CL <sup>0,9724</sup> )	0,9276	0,9391	1,0000	0,0011	0,0050	0,9390
Comprimento x Perímetro	AC=0,0013+(0,1972*CP)	0,9172	0,9179	0,9999	0,0042	0,0075	0,9178
Comprimento x Perímetro	AC=0,0003+(0,2082*CP)+(-0,0269*CP) <sup>2</sup>	0,9174	0,9179	0,9999	0,0046	0,0081	0,9178

Comprimento x Perímetro	$AC=0,1923*(CP^{0,9623})$	0,9174	0,9185	0,9999	0,0042	0,0074	0,9185
Largura x Perímetro	$AC=-0,0004+(0,2377*LP)$	0,9294	0,9299	1,0000	-0,0014	0,0054	0,9298
Largura x Perímetro	$AC=-0,0008+(0,2322*LP)+(-0,1162*LP)^2$	0,9294	0,9298	1,0000	-0,0031	0,0060	0,9297
Largura x Perímetro	$AC=0,2365*(LP^{0,9911})$	0,9294	0,9299	1,0000	-0,0015	0,0054	0,9299
Comprimento x Largura x Perímetro	$AC=0,0123+(0,6041*CLP)$	0,9230	0,9357	1,0000	0,0013	0,0051	0,9357
Comprimento x Largura x Perímetro	$AC=0,0081+(0,8163*CLP)+(-1,9360*CLP)^2$	0,9374	0,9167	0,9998	0,0113	0,0177	0,9165
Comprimento x Largura x Perímetro	$AC=0,3194*(CLP^{0,6612})$	0,9401	0,9475	1,0000	0,0012	0,0047	0,9474

AC= Área do Cladódio, L= Largura, C= Comprimento, P= Perímetro, CL= Comprimento x Largura, CP= Comprimento x Perímetro, LP= Largura x Perímetro, CLP= Comprimento x Largura x Perímetro.

**Tabela 3.** Análise descritiva das características morfológicas relacionadas à planta da palma Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia* spp.).

Variáveis	Média	Mínimo	Máximo	CV(%)	Intervalo de confiança (95%)	
					Limite Inferior	Limite Superior
2012						
IAC direto	1,33	0,44	2,59	40,26	1,19	1,47
IAC pelo LAI-2000 <sup>®</sup> com duas leituras	1,41	0,26	2,69	31,57	1,29	1,52
IAC pelo LAI-2000 <sup>®</sup> com quatro leituras	1,07	0,26	1,84	33,51	0,98	1,16
IAC pelo LAI-2000 <sup>®</sup> com seis leituras	1,09	0,25	1,80	33,06	0,99	1,18
IAC pelo LAI-2000 <sup>®</sup> com oito leituras	1,00	0,37	2,63	37,73	0,90	1,09
Altura da planta (m)	0,60	0,43	0,84	18,73	0,57	0,63
Largura da planta (m)	0,90	0,58	1,51	22,87	0,85	0,95
2013						
IAC direto	1,09	0,21	2,36	52,97	0,94	1,23
Altura da planta (m)	0,53	0,29	0,73	19,25	0,50	0,55
Largura da planta (m)	0,84	0,38	1,34	26,35	0,90	0,78

IAC indireto 1, 2, 3 e 4: dois, quatro, seis e oito pontos amostrais utilizando o LAI-2000<sup>®</sup>

**Tabela 4.** Avaliação do índice de área de cladódio da palma Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia* spp.) estimado pelo LAI-2000<sup>®</sup> com diferentes números de pontos amostrais.

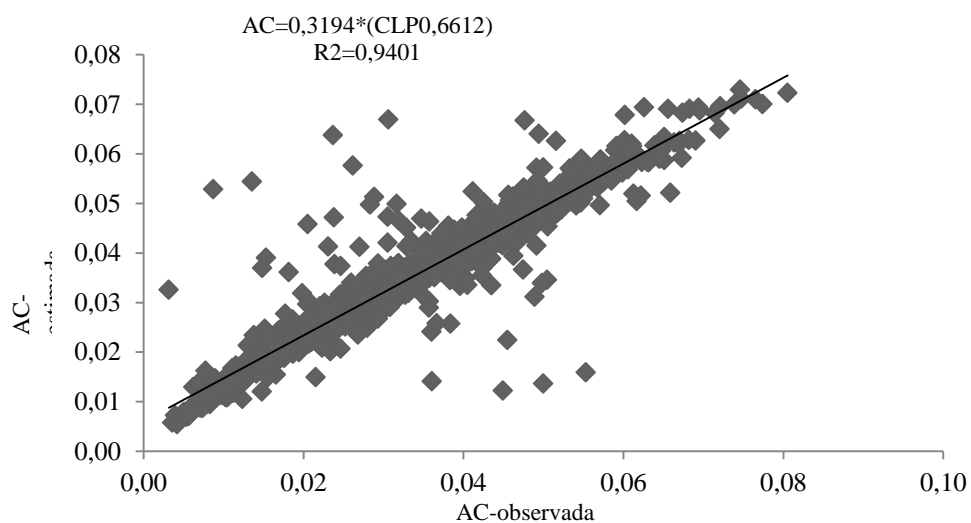
Variáveis Independentes	Modelos	R <sup>2</sup>	Avaliação do modelo				
			r	d	EME	RMSE	c
Duas leituras abaixo do dossel	IAC=0,6767+(0,5387*DP)	0,1784	0,2600	0,9972	0,2773	0,5330	0,2593
	IAC=0,7491+(0,4246*DP)+(0,04*DP) <sup>2</sup>	0,1789	0,2603	0,9900	0,1649	0,4821	0,2577
	IAC=1,2299*(DP <sup>0,4847</sup> )	0,1789	0,2455	0,9961	0,2723	0,5305	0,2445
Quatro leituras abaixo do dossel	IAC=0,7088+(0,6929*QP)	0,1578	0,1822	0,9919	0,3173	0,5710	0,1807
	IAC=-0,2394+(2,8644*QP)+(-1,1*QP) <sup>2</sup>	0,2172	0,1718	0,9611	4,3445	4,6669	0,1651
	IAC= 1,4239*(QP <sup>0,464</sup> )	0,1768	0,1904	0,9916	0,3057	0,5582	0,1888
Seis leituras abaixo do dossel	IAC=0,63+(0,7412*SP)	0,2363	0,6508	0,9911	0,2718	0,4645	0,6450
	IAC=0,3862+(1,284*SP)+(-0,2625*SP) <sup>2</sup>	0,2419	0,6515	0,9789	0,8267	0,9016	0,6377
	IAC= 1,3982*(SP <sup>0,5123</sup> )	0,2460	0,6468	0,9906	0,2742	0,4740	0,6408
Oito leituras abaixo do dossel	IAC=0,7623+(0,6777*OP)	0,2129	0,5276	0,9849	0,2593	0,4810	0,5196
	IAC=0,584+(1,0019*OP)+(-0,1318*OP) <sup>2</sup>	0,2189	0,5274	0,9798	0,4839	0,6272	0,5168
	IAC=1,458*(OP <sup>0,478</sup> )	0,2204	0,5275	0,9845	0,2665	0,4867	0,5193

**Tabela 5.** Avaliação do índice de área de cladódio da palma Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia* spp.) estimado pela altura e largura da planta.

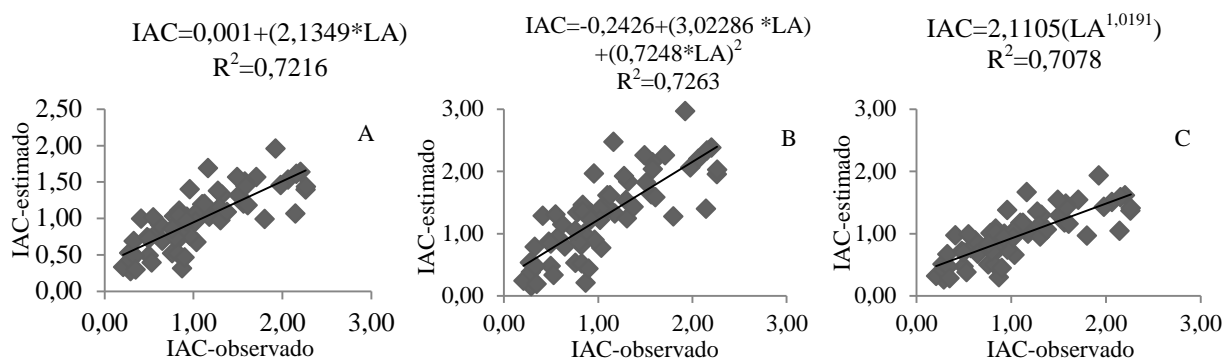
Variáveis independentes	Modelos	R <sup>2</sup>	Avaliação do modelo				
			r	d	EME	RMSE	c
Altura	IAC=-0,519+(2,8203*A)	0,4445	0,6890	0,9928	-0,1118	0,4389	0,6840
Altura	IAC=-0,9772+(4,3178*A)+(-1,1826*A) <sup>2</sup>	0,4455	0,6900	0,9812	0,6227	0,7692	0,6770
Altura	IAC=2,3765(A <sup>1,494</sup> )	0,4367	0,6906	0,9942	-0,1542	0,4576	0,6866
Largura	IAC=-0,3842+(1,7383*L)	0,5628	0,7488	0,9977	0,0121	0,3665	0,7470
Largura	IAC=-0,7636+(2,5491*L)+(-0,4112*L) <sup>2</sup>	0,5647	0,7516	0,9921	0,4459	0,6118	0,7457
Largura	IAC=1,3071(L <sup>1,4214</sup> )	0,5644	0,7606	0,9982	-0,0219	0,3615	0,7592
Largura x Altura	IAC=0,001+(2,1349*LA)	0,7216	0,7948	0,9915	-0,0843	0,3480	0,7880
Largura x Altura	IAC=-0,2426+(3,02286*LA)+(-0,7248*LA) <sup>2</sup>	0,7263	0,7959	0,9860	0,2152	0,4470	0,7848
Largura x Altura	IAC=2,1105(LA <sup>1,0191</sup> )	0,7078	0,7951	0,9923	-0,1073	0,3545	0,7889

A= Altura, L= Largura, LA= Altura x Largura





**Figura 1.** Área do cladódio observada e estimada pelo modelo de potência utilizando a interação largura x comprimento x perímetro como variável independente em palma Orelha de Elefante Mexicana.



**Figura 2.** Índice de área de cladódio observada e estimada pelos modelos linear (A), quadrático (B) e potência (C) utilizando a interação altura x largura como variável independente da palma forrageira Orelha de Elefante Mexicana.

## **4 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A área do cladódio e o índice de área do cladódio (IAC) podem ser estimados pela morfologia da planta e do cladódio. Essas medidas podem ser facilmente tomadas no campo, principalmente a largura e altura da planta e largura e comprimento do cladódio, sem a necessidade de corta-las.

O LAI-2000<sup>®</sup> não estimou de forma satisfatória o IAC da palma orelha de elefante mexicana. São necessários novos estudos avaliando outras formas de avaliação, além da maneira recomendada pelo fabricante. Além disso, é preciso avaliar a técnica em outras variedades de palma.

## **APÊNDICES**

Quadro 1. Avaliação do modelo linear tendo como variável independente a altura

Altura	Observado	Estimado	r					d					MBE	RMSE
0,2900	0,2893	0,30	-0,79	-0,67	0,53	0,63	0,45	0,00	0,78	0,79	0,01	0,00		
0,4450	0,2762	0,74	-0,80	-0,23	0,19	0,65	0,05	0,08	0,34	0,80	0,46	0,21		
0,4650	0,4969	0,79	-0,58	-0,18	0,10	0,34	0,03	0,11	0,29	0,58	0,30	0,09		
0,3500	0,2067	0,47	-0,87	-0,50	0,44	0,76	0,25	0,01	0,61	0,87	0,26	0,07		
0,5300	0,5730	0,98	-0,51	0,01	0,00	0,26	0,00	0,20	0,10	0,51	0,40	0,16		
0,3250	0,2854	0,40	-0,79	-0,57	0,45	0,63	0,33	0,01	0,68	0,79	0,11	0,01		
0,4800	0,7574	0,83	-0,32	-0,13	0,04	0,10	0,02	0,13	0,25	0,32	0,08	0,01		
0,5350	1,5624	0,99	0,48	0,02	0,01	0,23	0,00	0,21	0,09	0,48	-0,57	0,33		
0,5100	0,6208	0,92	-0,46	-0,05	0,02	0,21	0,00	0,17	0,16	0,46	0,30	0,09		
0,5950	1,1777	1,16	0,10	0,19	0,02	0,01	0,04	0,32	0,08	0,10	-0,02	0,00		
0,6950	2,2029	1,44	1,12	0,47	0,53	1,26	0,22	0,56	0,36	1,12	-0,76	0,58		
0,6350	1,3197	1,27	0,24	0,30	0,07	0,06	0,09	0,41	0,19	0,24	-0,05	0,00		
0,6000	0,9563	1,17	-0,12	0,20	-0,03	0,02	0,04	0,33	0,09	0,12	0,22	0,05		
0,5000	2,1451	0,89	1,07	-0,08	-0,08	1,13	0,01	0,15	0,19	1,07	-1,25	1,57		
0,4250	0,7910	0,68	-0,29	-0,29	0,08	0,08	0,08	0,06	0,40	0,29	-0,11	0,01		
0,4500	1,0343	0,75	-0,05	-0,22	0,01	0,00	0,05	0,09	0,33	0,05	-0,28	0,08		
0,4850	0,8204	0,85	-0,26	-0,12	0,03	0,07	0,01	0,13	0,23	0,26	0,03	0,00		
0,4600	0,4769	0,78	-0,60	-0,19	0,11	0,36	0,04	0,10	0,30	0,60	0,30	0,09		
0,4500	0,6456	0,75	-0,43	-0,22	0,09	0,19	0,05	0,09	0,33	0,43	0,10	0,01		
0,4450	0,8253	0,74	-0,25	-0,23	0,06	0,06	0,05	0,08	0,34	0,25	-0,09	0,01		
0,5950	0,8365	1,16	-0,24	0,19	-0,05	0,06	0,04	0,32	0,08	0,24	0,32	0,10		
0,5050	1,0547	0,91	-0,03	-0,06	0,00	0,00	0,00	0,16	0,17	0,03	-0,15	0,02		
0,6350	1,0194	1,27	-0,06	0,30	-0,02	0,00	0,09	0,41	0,19	0,06	0,25	0,06		
0,7250	1,7079	1,53	0,63	0,56	0,35	0,39	0,31	0,64	0,45	0,63	-0,18	0,03		
0,5300	0,9258	0,98	-0,15	0,01	0,00	0,02	0,00	0,20	0,10	0,15	0,05	0,00		
0,5750	1,0967	1,10	0,02	0,13	0,00	0,00	0,02	0,28	0,02	0,02	0,01	0,00		
0,5950	1,2755	1,16	0,20	0,19	0,04	0,04	0,04	0,32	0,08	0,20	-0,12	0,01		
0,3500	1,0900	0,47	0,01	-0,50	0,00	0,00	0,25	0,01	0,61	0,01	-0,62	0,39		
0,5650	2,3563	1,07	1,28	0,11	0,14	1,63	0,01	0,26	0,01	1,28	-1,28	1,64		
0,6000	2,2599	1,17	1,18	0,20	0,24	1,39	0,04	0,33	0,09	1,18	-1,09	1,18		
0,6200	2,0639	1,23	0,98	0,26	0,26	0,97	0,07	0,37	0,15	0,98	-0,83	0,70		
0,6600	1,9793	1,34	0,90	0,37	0,34	0,81	0,14	0,47	0,26	0,90	-0,64	0,41		
0,4300	0,3357	0,69	-0,74	-0,27	0,20	0,55	0,08	0,07	0,39	0,74	0,36	0,13		
0,4350	0,5283	0,71	-0,55	-0,26	0,14	0,30	0,07	0,07	0,37	0,55	0,18	0,03		
0,4000	0,3256	0,61	-0,75	-0,36	0,27	0,57	0,13	0,04	0,47	0,75	0,28	0,08		
0,4500	0,9613	0,75	-0,12	-0,22	0,03	0,01	0,05	0,09	0,33	0,12	-0,21	0,04		
0,4950	0,8504	0,88	-0,23	-0,09	0,02	0,05	0,01	0,15	0,20	0,23	0,03	0,00		
0,5300	0,9099	0,98	-0,17	0,01	0,00	0,03	0,00	0,20	0,10	0,17	0,07	0,00		
0,6300	1,5082	1,26	0,43	0,29	0,12	0,18	0,08	0,39	0,18	0,43	-0,25	0,06		
0,6500	1,5769	1,31	0,50	0,35	0,17	0,25	0,12	0,44	0,23	0,50	-0,26	0,07		
0,6450	0,7805	1,30	-0,30	0,33	-0,10	0,09	0,11	0,43	0,22	0,30	0,52	0,27		
0,4400	0,7959	0,72	-0,28	-0,25	0,07	0,08	0,06	0,08	0,36	0,28	-0,07	0,01		
0,6500	2,2632	1,31	1,18	0,35	0,41	1,40	0,12	0,44	0,23	1,18	-0,95	0,90		
0,7300	1,1633	1,54	0,08	0,57	0,05	0,01	0,33	0,66	0,46	0,08	0,38	0,14		
0,5450	1,0239	1,02	-0,06	0,05	0,00	0,00	0,00	0,22	0,06	0,06	-0,01	0,00		
0,5288	0,4105	0,97	-0,67	0,00	0,00	0,45	0,00	0,20	0,11	0,67	0,56	0,32		
0,5650	1,0216	1,07	-0,06	0,11	-0,01	0,00	0,01	0,26	0,01	0,06	0,05	0,00		
0,6800	1,9241	1,40	0,84	0,43	0,36	0,71	0,19	0,52	0,32	0,84	-0,53	0,28		
0,5550	0,5470	1,05	-0,53	0,08	-0,04	0,28	0,01	0,24	0,03	0,53	0,50	0,25		
0,3650	0,3490	0,51	-0,73	-0,46	0,33	0,53	0,21	0,02	0,57	0,73	0,16	0,03		
0,4850	0,8366	0,85	-0,24	-0,12	0,03	0,06	0,01	0,13	0,23	0,24	0,01	0,00		
0,3800	0,8688	0,55	-0,21	-0,42	0,09	0,04	0,17	0,03	0,53	0,21	-0,32	0,10		
0,4300	0,8986	0,69	-0,18	-0,27	0,05	0,03	0,08	0,07	0,39	0,18	-0,20	0,04		
0,4600	0,4978	0,78	-0,58	-0,19	0,11	0,34	0,04	0,10	0,30	0,58	0,28	0,08		
0,4650	0,7597	0,79	-0,32	-0,18	0,06	0,10	0,03	0,11	0,29	0,32	0,03	0,00		
0,5650	1,2937	1,07	0,21	0,11	0,02	0,05	0,01	0,26	0,01	0,21	-0,22	0,05		
0,6350	1,5821	1,27	0,50	0,30	0,15	0,25	0,09	0,41	0,19	0,50	-0,31	0,10		
0,5700	0,9217	1,09	-0,16	0,12	-0,02	0,03	0,01	0,27	0,01	0,16	0,17	0,03		
0,5100	1,3044	0,92	0,22	-0,05	-0,01	0,05	0,00	0,17	0,16	0,22	-0,39	0,15		
0,5000	1,6073	0,89	0,53	-0,08	-0,04	0,28	0,01	0,15	0,19	0,53	-0,72	0,51		
0,5450	1,1238	1,02	0,04	0,05	0,00	0,00	0,00	0,22	0,06	0,04	-0,11	0,01		
0,6900	2,1555	1,43	1,08	0,46	0,49	1,16	0,21	0,54	0,35	1,08	-0,73	0,53		
0,6200	1,4908	1,23	0,41	0,26	0,11	0,17	0,07	0,37	0,15	0,41	-0,26	0,07		
0,5450	1,3760	1,02	0,30	0,05	0,01	0,09	0,00	0,22	0,06	0,30	-0,36	0,13		
	1,08	0,97				7,07	20,54	5,12	14,58	15,94	29,05	-7,16	12,33	
											64	64		
						r			d	MBE	RMSE	c		
						0,6890			0,9928	-0,1118	0,4389	0,683991		

Quadro 2. Avaliação do modelo quadrático tendo como variável independente a altura

Altura	Observado	Estimado	r					d			MBE	RMSE
0,2900	0,2893	0,39	-0,79	-1,31	1,04	0,63	1,72	0,01	0,69	0,79	0,10	0,01
0,4450	0,2762	1,22	-0,80	-0,48	0,39	0,65	0,23	0,60	0,14	0,80	0,94	0,89
0,4650	0,4969	1,33	-0,58	-0,37	0,22	0,34	0,14	0,75	0,25	0,58	0,84	0,70
0,3500	0,2067	0,71	-0,87	-1,00	0,87	0,76	0,99	0,13	0,37	0,87	0,50	0,25
0,5300	0,5730	1,70	-0,51	0,00	0,00	0,26	0,00	1,38	0,62	0,51	1,13	1,28
0,3250	0,2854	0,57	-0,79	-1,13	0,90	0,63	1,27	0,06	0,51	0,79	0,29	0,08
0,4800	0,7574	1,42	-0,32	-0,29	0,09	0,10	0,08	0,88	0,34	0,32	0,66	0,44
0,5350	1,5624	1,73	0,48	0,03	0,01	0,23	0,00	1,44	0,65	0,48	0,17	0,03
0,5100	0,6208	1,59	-0,46	-0,11	0,05	0,21	0,01	1,16	0,51	0,46	0,97	0,94
0,5950	1,1777	2,09	0,10	0,38	0,04	0,01	0,15	2,23	1,01	0,10	0,91	0,83
0,6950	2,2029	2,70	1,12	1,00	1,12	1,26	0,99	4,02	1,62	1,12	0,50	0,25
0,6350	1,3197	2,33	0,24	0,63	0,15	0,06	0,39	2,87	1,25	0,24	1,01	1,02
0,6000	0,9563	2,12	-0,12	0,41	-0,05	0,02	0,17	2,30	1,04	0,12	1,16	1,35
0,5000	2,1451	1,53	1,07	-0,17	-0,18	1,13	0,03	1,06	0,45	1,07	-0,61	0,38
0,4250	0,7910	1,11	-0,29	-0,59	0,17	0,08	0,35	0,47	0,03	0,29	0,32	0,10
0,4500	1,0343	1,25	-0,05	-0,45	0,02	0,00	0,21	0,64	0,17	0,05	0,21	0,05
0,4850	0,8204	1,45	-0,26	-0,26	0,07	0,07	0,07	0,92	0,37	0,26	0,63	0,39
0,4600	0,4769	1,30	-0,60	-0,40	0,24	0,36	0,16	0,71	0,22	0,60	0,83	0,69
0,4500	0,6456	1,25	-0,43	-0,45	0,20	0,19	0,21	0,64	0,17	0,43	0,60	0,36
0,4450	0,8253	1,22	-0,25	-0,48	0,12	0,06	0,23	0,60	0,14	0,25	0,40	0,16
0,5950	0,8365	2,09	-0,24	0,38	-0,09	0,06	0,15	2,23	1,01	0,24	1,25	1,56
0,5050	1,0547	1,56	-0,03	-0,14	0,00	0,00	0,02	1,11	0,48	0,03	0,51	0,26
0,6350	1,0194	2,33	-0,06	0,63	-0,04	0,00	0,39	2,87	1,25	0,06	1,31	1,71
0,7250	1,7079	2,89	0,63	1,19	0,74	0,39	1,41	4,68	1,81	0,63	1,18	1,39
0,5300	0,9258	1,70	-0,15	0,00	0,00	0,02	0,00	1,38	0,62	0,15	0,78	0,61
0,5750	1,0967	1,97	0,02	0,27	0,00	0,00	0,07	1,94	0,89	0,02	0,87	0,76
0,5950	1,2755	2,09	0,20	0,38	0,08	0,04	0,15	2,23	1,01	0,20	0,81	0,66
0,3500	1,0900	0,71	0,01	-1,00	-0,01	0,00	0,99	0,13	0,37	0,01	-0,38	0,15
0,5650	2,3563	1,91	1,28	0,21	0,26	1,63	0,04	1,81	0,83	1,28	-0,45	0,20
0,6000	2,2599	2,12	1,18	0,41	0,49	1,39	0,17	2,30	1,04	1,18	-0,14	0,02
0,6200	2,0639	2,24	0,98	0,53	0,53	0,97	0,29	2,62	1,16	0,98	0,17	0,03
0,6600	1,9793	2,48	0,90	0,78	0,70	0,81	0,61	3,32	1,40	0,90	0,50	0,25
0,4300	0,3357	1,14	-0,74	-0,56	0,42	0,55	0,32	0,50	0,06	0,74	0,80	0,64
0,4350	0,5283	1,17	-0,55	-0,54	0,30	0,30	0,29	0,53	0,09	0,55	0,64	0,41
0,4000	0,3256	0,97	-0,75	-0,73	0,55	0,57	0,53	0,33	0,11	0,75	0,65	0,42
0,4500	0,9613	1,25	-0,12	-0,45	0,05	0,01	0,21	0,64	0,17	0,12	0,29	0,08
0,4950	0,8504	1,50	-0,23	-0,20	0,05	0,05	0,04	1,02	0,42	0,23	0,65	0,43
0,5300	0,9099	1,70	-0,17	0,00	0,00	0,03	0,00	1,38	0,62	0,17	0,79	0,63
0,6300	1,5082	2,30	0,43	0,60	0,25	0,18	0,35	2,78	1,22	0,43	0,79	0,62
0,6500	1,5769	2,42	0,50	0,72	0,36	0,25	0,51	3,13	1,34	0,50	0,84	0,71
0,6450	0,7805	2,39	-0,30	0,69	-0,21	0,09	0,47	3,04	1,31	0,30	1,61	2,59
0,4400	0,7959	1,19	-0,28	-0,51	0,14	0,08	0,26	0,57	0,11	0,28	0,40	0,16
0,6500	2,2632	2,42	1,18	0,72	0,85	1,40	0,51	3,13	1,34	1,18	0,16	0,02
0,7300	1,1633	2,92	0,08	1,22	0,10	0,01	1,48	4,80	1,84	0,08	1,76	3,09
0,5450	1,0239	1,79	-0,06	0,09	0,00	0,00	0,01	1,55	0,71	0,06	0,77	0,59
0,5288	0,4105	1,70	-0,67	-0,01	0,00	0,45	0,00	1,37	0,62	0,67	1,29	1,66
0,5650	1,0216	1,91	-0,06	0,21	-0,01	0,00	0,04	1,81	0,83	0,06	0,89	0,79
0,6800	1,9241	2,61	0,84	0,90	0,76	0,71	0,82	3,71	1,53	0,84	0,68	0,46
0,5550	0,5470	1,85	-0,53	0,15	-0,08	0,28	0,02	1,68	0,77	0,53	1,30	1,70
0,3650	0,3490	0,79	-0,73	-0,92	0,67	0,53	0,84	0,18	0,29	0,73	0,44	0,19
0,4850	0,8366	1,45	-0,24	-0,26	0,06	0,06	0,07	0,92	0,37	0,24	0,61	0,37
0,3800	0,8688	0,87	-0,21	-0,84	0,18	0,04	0,70	0,24	0,21	0,21	0,00	0,00
0,4300	0,8986	1,14	-0,18	-0,56	0,10	0,03	0,32	0,50	0,06	0,18	0,24	0,06
0,4600	0,4978	1,30	-0,58	-0,40	0,23	0,34	0,16	0,71	0,22	0,58	0,81	0,65
0,4650	0,7597	1,33	-0,32	-0,37	0,12	0,10	0,14	0,75	0,25	0,32	0,57	0,33
0,5650	1,2937	1,91	0,21	0,21	0,04	0,05	0,04	1,81	0,83	0,21	0,62	0,38
0,6350	1,5821	2,33	0,50	0,63	0,31	0,25	0,39	2,87	1,25	0,50	0,75	0,56
0,5700	0,9217	1,94	-0,16	0,24	-0,04	0,03	0,06	1,87	0,86	0,16	1,02	1,03
0,5100	1,3044	1,59	0,22	-0,11	-0,03	0,05	0,01	1,16	0,51	0,22	0,28	0,08
0,5000	1,6073	1,53	0,53	-0,17	-0,09	0,28	0,03	1,06	0,45	0,53	-0,08	0,01
0,5450	1,1238	1,79	0,04	0,09	0,00	0,00	0,01	1,55	0,71	0,04	0,67	0,45
0,6900	2,1555	2,67	1,08	0,97	1,04	1,16	0,93	3,91	1,59	1,08	0,51	0,26
0,6200	1,4908	2,24	0,41	0,53	0,22	0,17	0,29	2,62	1,16	0,41	0,75	0,56
0,5450	1,3760	1,79	0,30	0,09	0,03	0,09	0,01	1,55	0,71	0,30	0,42	0,17
	1,08	1,70			14,51	20,54	21,54	103,16	44,97	29,05	39,85	37,87
											64	64
							r		d	MBE	RMSE	c
							0,6900		0,9812	0,6227	0,7692	0,6769839

Quadro 3. Avaliação do modelo de potência tendo como variável independente a altura

Altura	Observado	Estimado	r				d				MBE	RMSE
0,2900	0,2893	0,37	-0,79	-0,55	0,44	0,63	0,30	0,01	0,71	0,79	0,08	0,01
0,4450	0,2762	0,71	-0,80	-0,22	0,17	0,65	0,05	0,07	0,37	0,80	0,43	0,19
0,4650	0,4969	0,76	-0,58	-0,17	0,10	0,34	0,03	0,09	0,32	0,58	0,26	0,07
0,3500	0,2067	0,50	-0,87	-0,43	0,38	0,76	0,19	0,02	0,58	0,87	0,29	0,08
0,5300	0,5730	0,92	-0,51	-0,01	0,00	0,26	0,00	0,15	0,16	0,51	0,35	0,12
0,3250	0,2854	0,44	-0,79	-0,48	0,38	0,63	0,23	0,01	0,64	0,79	0,16	0,02
0,4800	0,7574	0,79	-0,32	-0,13	0,04	0,10	0,02	0,10	0,29	0,32	0,04	0,00
0,5350	1,5624	0,93	0,48	0,01	0,00	0,23	0,00	0,16	0,15	0,48	-0,63	0,40
0,5100	0,6208	0,87	-0,46	-0,06	0,03	0,21	0,00	0,13	0,21	0,46	0,25	0,06
0,5950	1,1777	1,09	0,10	0,17	0,02	0,01	0,03	0,25	0,01	0,10	-0,08	0,01
0,6950	2,2029	1,38	1,12	0,45	0,51	1,26	0,21	0,47	0,30	1,12	-0,82	0,68
0,6350	1,3197	1,21	0,24	0,28	0,07	0,06	0,08	0,33	0,13	0,24	-0,11	0,01
0,6000	0,9563	1,11	-0,12	0,18	-0,02	0,02	0,03	0,26	0,03	0,12	0,15	0,02
0,5000	2,1451	0,84	1,07	-0,08	-0,09	1,13	0,01	0,12	0,24	1,07	-1,30	1,69
0,4250	0,7910	0,66	-0,29	-0,26	0,08	0,08	0,07	0,06	0,42	0,29	-0,13	0,02
0,4500	1,0343	0,72	-0,05	-0,21	0,01	0,00	0,04	0,07	0,36	0,05	-0,31	0,10
0,4850	0,8204	0,81	-0,26	-0,12	0,03	0,07	0,01	0,10	0,27	0,26	-0,01	0,00
0,4600	0,4769	0,74	-0,60	-0,18	0,11	0,36	0,03	0,08	0,34	0,60	0,27	0,07
0,4500	0,6456	0,72	-0,43	-0,21	0,09	0,19	0,04	0,07	0,36	0,43	0,08	0,01
0,4450	0,8253	0,71	-0,25	-0,22	0,06	0,06	0,05	0,07	0,37	0,25	-0,12	0,01
0,5950	0,8365	1,09	-0,24	0,17	-0,04	0,06	0,03	0,25	0,01	0,24	0,26	0,07
0,5050	1,0547	0,86	-0,03	-0,07	0,00	0,00	0,00	0,12	0,22	0,03	-0,20	0,04
0,6350	1,0194	1,21	-0,06	0,28	-0,02	0,00	0,08	0,33	0,13	0,06	0,19	0,03
0,7250	1,7079	1,47	0,63	0,54	0,34	0,39	0,30	0,55	0,39	0,63	-0,24	0,06
0,5300	0,9258	0,92	-0,15	-0,01	0,00	0,02	0,00	0,15	0,16	0,15	-0,01	0,00
0,5750	1,0967	1,04	0,02	0,11	0,00	0,00	0,01	0,22	0,04	0,02	-0,06	0,00
0,5950	1,2755	1,09	0,20	0,17	0,03	0,04	0,03	0,25	0,01	0,20	-0,18	0,03
0,3500	1,0900	0,50	0,01	-0,43	0,00	0,00	0,19	0,02	0,58	0,01	-0,59	0,35
0,5650	2,3563	1,01	1,28	0,09	0,11	1,63	0,01	0,20	0,07	1,28	-1,34	1,81
0,6000	2,2599	1,11	1,18	0,18	0,21	1,39	0,03	0,26	0,03	1,18	-1,15	1,33
0,6200	2,0639	1,16	0,98	0,24	0,23	0,97	0,06	0,30	0,08	0,98	-0,90	0,81
0,6600	1,9793	1,28	0,90	0,35	0,32	0,81	0,12	0,38	0,20	0,90	-0,70	0,49
0,4300	0,3357	0,67	-0,74	-0,25	0,19	0,55	0,06	0,06	0,41	0,74	0,34	0,11
0,4350	0,5283	0,69	-0,55	-0,24	0,13	0,30	0,06	0,06	0,39	0,55	0,16	0,02
0,4000	0,3256	0,60	-0,75	-0,32	0,24	0,57	0,10	0,04	0,48	0,75	0,28	0,08
0,4500	0,9613	0,72	-0,12	-0,21	0,02	0,01	0,04	0,07	0,36	0,12	-0,24	0,06
0,4950	0,8504	0,83	-0,23	-0,09	0,02	0,05	0,01	0,11	0,25	0,23	-0,02	0,00
0,5300	0,9099	0,92	-0,17	-0,01	0,00	0,03	0,00	0,15	0,16	0,17	0,01	0,00
0,6300	1,5082	1,19	0,43	0,27	0,11	0,18	0,07	0,32	0,11	0,43	-0,32	0,10
0,6500	1,5769	1,25	0,50	0,32	0,16	0,25	0,10	0,36	0,17	0,50	-0,33	0,11
0,6450	0,7805	1,23	-0,30	0,31	-0,09	0,09	0,10	0,35	0,15	0,30	0,45	0,21
0,4400	0,7959	0,70	-0,28	-0,23	0,07	0,08	0,05	0,07	0,38	0,28	-0,10	0,01
0,6500	2,2632	1,25	1,18	0,32	0,38	1,40	0,10	0,36	0,17	1,18	-1,01	1,03
0,7300	1,1633	1,49	0,08	0,56	0,05	0,01	0,31	0,57	0,41	0,08	0,32	0,10
0,5450	1,0239	0,96	-0,06	0,03	0,00	0,00	0,00	0,17	0,12	0,06	-0,06	0,00
0,5288	0,4105	0,92	-0,67	-0,01	0,01	0,45	0,00	0,15	0,16	0,67	0,51	0,26
0,5650	1,0216	1,01	-0,06	0,09	-0,01	0,00	0,01	0,20	0,07	0,06	-0,01	0,00
0,6800	1,9241	1,34	0,84	0,41	0,35	0,71	0,17	0,43	0,26	0,84	-0,59	0,35
0,5550	0,5470	0,99	-0,53	0,06	-0,03	0,28	0,00	0,19	0,09	0,53	0,44	0,19
0,3650	0,3490	0,53	-0,73	-0,40	0,29	0,53	0,16	0,03	0,55	0,73	0,18	0,03
0,4850	0,8366	0,81	-0,24	-0,12	0,03	0,06	0,01	0,10	0,27	0,24	-0,03	0,00
0,3800	0,8688	0,56	-0,21	-0,37	0,08	0,04	0,13	0,03	0,52	0,21	-0,31	0,10
0,4300	0,8986	0,67	-0,18	-0,25	0,05	0,03	0,06	0,06	0,41	0,18	-0,23	0,05
0,4600	0,4978	0,74	-0,58	-0,18	0,11	0,34	0,03	0,08	0,34	0,58	0,25	0,06
0,4650	0,7597	0,76	-0,32	-0,17	0,05	0,10	0,03	0,09	0,32	0,32	0,00	0,00
0,5650	1,2937	1,01	0,21	0,09	0,02	0,05	0,01	0,20	0,07	0,21	-0,28	0,08
0,6350	1,5821	1,21	0,50	0,28	0,14	0,25	0,08	0,33	0,13	0,50	-0,38	0,14
0,5700	0,9217	1,03	-0,16	0,10	-0,02	0,03	0,01	0,21	0,05	0,16	0,10	0,01
0,5100	1,3044	0,87	0,22	-0,06	-0,01	0,05	0,00	0,13	0,21	0,22	-0,44	0,19
0,5000	1,6073	0,84	0,53	-0,08	-0,04	0,28	0,01	0,12	0,24	0,53	-0,76	0,58
0,5450	1,1238	0,96	0,04	0,03	0,00	0,00	0,00	0,17	0,12	0,04	-0,16	0,03
0,6900	2,1555	1,37	1,08	0,44	0,47	1,16	0,19	0,46	0,29	1,08	-0,79	0,62
0,6200	1,4908	1,16	0,41	0,24	0,10	0,17	0,06	0,30	0,08	0,41	-0,33	0,11
0,5450	1,3760	0,96	0,30	0,03	0,01	0,09	0,00	0,17	0,12	0,30	-0,42	0,17
	1,08	0,93			6,46	20,54	4,26	11,76	16,02	29,05	-9,87	13,40
										64	64	
						r			d	MBE	RMSE	c
						0,6906			0,9942	-0,1542	0,4576	0,6865948

Quadro 4. Avaliação do modelo linear tendo como variável independente a largura

Largura	Observado	Estimado	r				d				MBE	RMSE
0,4350	0,2893	0,37	-0,78	-0,71	0,56	0,61	0,51	0,01	0,70	0,78	0,08	0,01
0,5500	0,2762	0,57	-0,80	-0,51	0,41	0,63	0,26	0,00	0,50	0,80	0,30	0,09
0,4900	0,4969	0,47	-0,57	-0,62	0,35	0,33	0,38	0,00	0,60	0,57	-0,03	0,00
0,4400	0,2067	0,38	-0,86	-0,70	0,61	0,75	0,49	0,00	0,69	0,86	0,17	0,03
0,6900	0,5730	0,82	-0,50	-0,27	0,13	0,25	0,07	0,02	0,26	0,50	0,24	0,06
0,6050	0,2854	0,67	-0,79	-0,42	0,33	0,62	0,17	0,00	0,40	0,79	0,38	0,15
0,5050	0,7574	0,49	-0,31	-0,59	0,19	0,10	0,35	0,00	0,58	0,31	-0,26	0,07
1,0500	1,5624	1,44	0,49	0,36	0,18	0,24	0,13	0,15	0,37	0,49	-0,12	0,01
0,8350	0,6208	1,07	-0,45	-0,02	0,01	0,20	0,00	0,05	0,00	0,45	0,45	0,20
0,8000	1,1777	1,01	0,11	-0,08	-0,01	0,01	0,01	0,04	0,06	0,11	-0,17	0,03
1,1000	2,2029	1,53	1,13	0,44	0,50	1,28	0,20	0,18	0,46	1,13	-0,68	0,46
0,9750	1,3197	1,31	0,25	0,23	0,06	0,06	0,05	0,11	0,24	0,25	-0,01	0,00
1,0900	0,9563	1,51	-0,11	0,43	-0,05	0,01	0,18	0,18	0,44	0,11	0,55	0,31
0,9950	2,1451	1,35	1,07	0,26	0,28	1,15	0,07	0,12	0,27	1,07	-0,80	0,64
0,8450	0,7910	1,08	-0,28	0,00	0,00	0,08	0,00	0,06	0,01	0,28	0,29	0,09
0,7000	1,0343	0,83	-0,04	-0,25	0,01	0,00	0,06	0,02	0,24	0,04	-0,20	0,04
0,6750	0,8204	0,79	-0,25	-0,29	0,07	0,06	0,09	0,01	0,28	0,25	-0,03	0,00
0,7500	0,4769	0,92	-0,59	-0,16	0,10	0,35	0,03	0,03	0,15	0,59	0,44	0,20
0,7150	0,6456	0,86	-0,43	-0,22	0,10	0,18	0,05	0,02	0,21	0,43	0,21	0,05
0,5400	0,8253	0,55	-0,25	-0,53	0,13	0,06	0,28	0,00	0,52	0,25	-0,27	0,07
0,8650	0,8365	1,12	-0,23	0,04	-0,01	0,06	0,00	0,06	0,05	0,23	0,28	0,08
0,9500	1,0547	1,27	-0,02	0,18	0,00	0,00	0,03	0,10	0,20	0,02	0,21	0,05
0,7600	1,0194	0,94	-0,05	-0,15	0,01	0,00	0,02	0,03	0,13	0,05	-0,08	0,01
1,0100	1,7079	1,37	0,64	0,29	0,18	0,41	0,08	0,13	0,30	0,64	-0,34	0,11
0,9000	0,9258	1,18	-0,15	0,10	-0,01	0,02	0,01	0,08	0,11	0,15	0,25	0,06
0,9700	1,0967	1,30	0,03	0,22	0,01	0,00	0,05	0,11	0,23	0,03	0,21	0,04
1,0800	1,2755	1,49	0,20	0,41	0,08	0,04	0,17	0,17	0,42	0,20	0,22	0,05
0,9500	1,7988	1,27	0,73	0,18	0,13	0,53	0,03	0,10	0,20	0,73	-0,53	0,28
0,9000	1,0900	1,18	0,02	0,10	0,00	0,00	0,01	0,08	0,11	0,02	0,09	0,01
1,0850	2,2599	1,50	1,19	0,42	0,50	1,41	0,18	0,17	0,43	1,19	-0,76	0,57
1,1550	2,0639	1,62	0,99	0,54	0,54	0,99	0,29	0,22	0,55	0,99	-0,44	0,19
1,0300	1,9793	1,41	0,91	0,32	0,29	0,82	0,10	0,14	0,33	0,91	-0,57	0,33
0,5250	0,3357	0,53	-0,74	-0,56	0,41	0,54	0,31	0,00	0,54	0,74	0,19	0,04
0,4200	0,5283	0,35	-0,54	-0,74	0,40	0,29	0,54	0,01	0,73	0,54	-0,18	0,03
0,8000	0,3256	1,01	-0,75	-0,08	0,06	0,56	0,01	0,04	0,06	0,75	0,68	0,46
0,7850	0,9613	0,98	-0,11	-0,10	0,01	0,01	0,01	0,04	0,09	0,11	0,02	0,00
0,7750	0,8504	0,96	-0,22	-0,12	0,03	0,05	0,01	0,04	0,11	0,22	0,11	0,01
0,8800	0,9099	1,15	-0,16	0,06	-0,01	0,03	0,00	0,07	0,07	0,16	0,24	0,06
0,9750	1,5082	1,31	0,44	0,23	0,10	0,19	0,05	0,11	0,24	0,44	-0,20	0,04
1,0800	1,5769	1,49	0,51	0,41	0,21	0,26	0,17	0,17	0,42	0,51	-0,08	0,01
0,7450	0,7805	0,91	-0,29	-0,17	0,05	0,08	0,03	0,03	0,16	0,29	0,13	0,02
0,7800	0,7959	0,97	-0,28	-0,11	0,03	0,08	0,01	0,04	0,10	0,28	0,18	0,03
1,0300	2,2632	1,41	1,19	0,32	0,38	1,42	0,10	0,14	0,33	1,19	-0,86	0,73
1,0800	1,1633	1,49	0,09	0,41	0,04	0,01	0,17	0,17	0,42	0,09	0,33	0,11
0,9150	1,0239	1,21	-0,05	0,12	-0,01	0,00	0,02	0,08	0,14	0,05	0,18	0,03
0,9700	0,4105	1,30	-0,66	0,22	-0,14	0,44	0,05	0,11	0,23	0,66	0,89	0,79
0,7900	1,0216	0,99	-0,05	-0,09	0,00	0,00	0,01	0,04	0,08	0,05	-0,03	0,00
1,3450	1,9241	1,95	0,85	0,87	0,74	0,73	0,76	0,37	0,88	0,85	0,03	0,00
0,8500	0,5470	1,09	-0,52	0,01	-0,01	0,27	0,00	0,06	0,02	0,52	0,55	0,30
0,3750	0,3490	0,27	-0,72	-0,82	0,59	0,52	0,67	0,01	0,80	0,72	-0,08	0,01
1,0000	0,8366	1,35	-0,23	0,27	-0,06	0,06	0,07	0,13	0,28	0,23	0,52	0,27
0,3800	0,8688	0,28	-0,20	-0,81	0,16	0,04	0,65	0,01	0,79	0,20	-0,59	0,35
0,5000	0,8986	0,48	-0,17	-0,60	0,10	0,03	0,36	0,00	0,59	0,17	-0,41	0,17
0,7300	0,4978	0,88	-0,57	-0,20	0,11	0,33	0,04	0,02	0,19	0,57	0,39	0,15
0,8550	0,7597	1,10	-0,31	0,02	-0,01	0,10	0,00	0,06	0,03	0,31	0,34	0,12
0,9500	1,2937	1,27	0,22	0,18	0,04	0,05	0,03	0,10	0,20	0,22	-0,03	0,00
1,0600	1,5821	1,46	0,51	0,37	0,19	0,26	0,14	0,16	0,39	0,51	-0,12	0,02
0,7850	0,9217	0,98	-0,15	-0,10	0,02	0,02	0,01	0,04	0,09	0,15	0,06	0,00
0,8900	1,3044	1,16	0,23	0,08	0,02	0,05	0,01	0,07	0,09	0,23	-0,14	0,02
1,1000	1,6073	1,53	0,54	0,44	0,24	0,29	0,20	0,18	0,46	0,54	-0,08	0,01
1,0250	1,1238	1,40	0,05	0,31	0,02	0,00	0,10	0,14	0,33	0,05	0,27	0,07
1,0900	2,1555	1,51	1,08	0,43	0,46	1,18	0,18	0,18	0,44	1,08	-0,64	0,42
1,1800	1,4908	1,67	0,42	0,58	0,24	0,18	0,34	0,24	0,60	0,42	0,18	0,03
0,9300	1,3760	1,23	0,30	0,15	0,05	0,09	0,02	0,09	0,16	0,30	-0,14	0,02
											64	64
						r			d	MBE	RMSE	c
						0,7488			0,9977	0,0121	0,3665	0,7470455

Quadro 5. Avaliação do modelo quadrático tendo como variável independente a largura

Largura	Observado	Estimado	r					d				MBE	RMSE
0,4350	0,2893	0,38	-0,78	-1,14	0,89	0,61	1,30	0,01	0,69	0,78	0,09	0,01	
0,5500	0,2762	0,69	-0,80	-0,83	0,66	0,63	0,69	0,02	0,38	0,80	0,41	0,17	
0,4900	0,4969	0,53	-0,57	-0,99	0,57	0,33	0,98	0,00	0,55	0,57	0,03	0,00	
0,4400	0,2067	0,39	-0,86	-1,13	0,97	0,75	1,27	0,00	0,68	0,86	0,18	0,03	
0,6900	0,5730	1,08	-0,50	-0,44	0,22	0,25	0,19	0,15	0,00	0,50	0,50	0,25	
0,6050	0,2854	0,84	-0,79	-0,68	0,53	0,62	0,46	0,06	0,23	0,79	0,55	0,31	
0,5050	0,7574	0,57	-0,31	-0,95	0,30	0,10	0,90	0,00	0,50	0,31	-0,19	0,04	
1,0500	1,5624	2,10	0,49	0,58	0,29	0,24	0,34	1,10	1,03	0,49	0,54	0,29	
0,8350	0,6208	1,48	-0,45	-0,03	0,02	0,20	0,00	0,42	0,41	0,45	0,86	0,74	
0,8000	1,1777	1,38	0,11	-0,13	-0,01	0,01	0,02	0,34	0,31	0,11	0,21	0,04	
1,1000	2,2029	2,24	1,13	0,73	0,82	1,28	0,53	1,31	1,17	1,13	0,04	0,00	
0,9750	1,3197	1,88	0,25	0,37	0,09	0,06	0,13	0,82	0,81	0,25	0,56	0,32	
1,0900	0,9563	2,22	-0,11	0,70	-0,08	0,01	0,49	1,27	1,14	0,11	1,26	1,59	
0,9950	2,1451	1,94	1,07	0,42	0,45	1,15	0,18	0,89	0,87	1,07	-0,21	0,04	
0,8450	0,7910	1,51	-0,28	-0,01	0,00	0,08	0,00	0,44	0,44	0,28	0,72	0,52	
0,7000	1,0343	1,10	-0,04	-0,41	0,02	0,00	0,17	0,16	0,03	0,04	0,07	0,00	
0,6750	0,8204	1,03	-0,25	-0,48	0,12	0,06	0,23	0,13	0,04	0,25	0,21	0,05	
0,7500	0,4769	1,24	-0,59	-0,27	0,16	0,35	0,08	0,24	0,17	0,59	0,77	0,59	
0,7150	0,6456	1,15	-0,43	-0,37	0,16	0,18	0,14	0,19	0,07	0,43	0,50	0,25	
0,5400	0,8253	0,66	-0,25	-0,86	0,21	0,06	0,73	0,01	0,41	0,25	-0,16	0,03	
0,8650	0,8365	1,57	-0,23	0,05	-0,01	0,06	0,00	0,49	0,50	0,23	0,73	0,53	
0,9500	1,0547	1,81	-0,02	0,29	0,00	0,00	0,09	0,74	0,74	0,02	0,76	0,57	
0,7600	1,0194	1,27	-0,05	-0,25	0,01	0,00	0,06	0,26	0,20	0,05	0,25	0,06	
1,0100	1,7079	1,98	0,64	0,47	0,30	0,41	0,22	0,95	0,91	0,64	0,28	0,08	
0,9000	0,9258	1,67	-0,15	0,15	-0,02	0,02	0,02	0,59	0,60	0,15	0,74	0,55	
0,9700	1,0967	1,87	0,03	0,35	0,01	0,00	0,12	0,81	0,80	0,03	0,77	0,59	
1,0800	1,2755	2,19	0,20	0,67	0,14	0,04	0,45	1,22	1,12	0,20	0,91	0,83	
0,9500	1,7988	1,81	0,73	0,29	0,21	0,53	0,09	0,74	0,74	0,73	0,01	0,00	
0,9000	1,0900	1,67	0,02	0,15	0,00	0,00	0,02	0,59	0,60	0,02	0,58	0,33	
1,0850	2,2599	2,20	1,19	0,68	0,81	1,41	0,47	1,25	1,13	1,19	-0,06	0,00	
1,1550	2,0639	2,41	0,99	0,89	0,88	0,99	0,79	1,56	1,33	0,99	0,34	0,12	
1,0300	1,9793	2,04	0,91	0,52	0,48	0,82	0,27	1,02	0,97	0,91	0,06	0,00	
0,5250	0,3357	0,62	-0,74	-0,90	0,66	0,54	0,80	0,01	0,45	0,74	0,29	0,08	
0,4200	0,5283	0,34	-0,54	-1,18	0,64	0,29	1,39	0,01	0,73	0,54	-0,19	0,04	
0,8000	0,3256	1,38	-0,75	-0,13	0,10	0,56	0,02	0,34	0,31	0,75	1,06	1,12	
0,7850	0,9613	1,34	-0,11	-0,18	0,02	0,01	0,03	0,31	0,27	0,11	0,38	0,14	
0,7750	0,8504	1,31	-0,22	-0,20	0,05	0,05	0,04	0,29	0,24	0,22	0,46	0,21	
0,8800	0,9099	1,61	-0,16	0,09	-0,02	0,03	0,01	0,53	0,54	0,16	0,70	0,49	
0,9750	1,5082	1,88	0,44	0,37	0,16	0,19	0,13	0,82	0,81	0,44	0,37	0,14	
1,0800	1,5769	2,19	0,51	0,67	0,34	0,26	0,45	1,22	1,12	0,51	0,61	0,37	
0,7450	0,7805	1,23	-0,29	-0,29	0,08	0,08	0,08	0,23	0,16	0,29	0,45	0,20	
0,7800	0,7959	1,33	-0,28	-0,19	0,05	0,08	0,04	0,30	0,26	0,28	0,53	0,28	
1,0300	2,2632	2,04	1,19	0,52	0,62	1,42	0,27	1,02	0,97	1,19	-0,22	0,05	
1,0800	1,1633	2,19	0,09	0,67	0,06	0,01	0,45	1,22	1,12	0,09	1,02	1,05	
0,9150	1,0239	1,71	-0,05	0,19	-0,01	0,00	0,04	0,63	0,64	0,05	0,69	0,47	
0,9700	0,4105	1,87	-0,66	0,35	-0,23	0,44	0,12	0,81	0,80	0,66	1,46	2,12	
0,7900	1,0216	1,36	-0,05	-0,16	0,01	0,00	0,03	0,32	0,28	0,05	0,33	0,11	
1,3450	1,9241	2,97	0,85	1,45	1,24	0,73	2,11	2,64	1,90	0,85	1,05	1,10	
0,8500	0,5470	1,53	-0,52	0,01	0,00	0,27	0,00	0,46	0,45	0,52	0,98	0,96	
0,3750	0,3490	0,22	-0,72	-1,30	0,94	0,52	1,69	0,03	0,86	0,72	-0,13	0,02	
1,0000	0,8366	1,95	-0,23	0,44	-0,10	0,06	0,19	0,91	0,88	0,23	1,12	1,25	
0,3800	0,8688	0,23	-0,20	-1,29	0,26	0,04	1,66	0,02	0,84	0,20	-0,64	0,41	
0,5000	0,8986	0,55	-0,17	-0,96	0,17	0,03	0,93	0,00	0,52	0,17	-0,35	0,12	
0,7300	0,4978	1,19	-0,57	-0,33	0,19	0,33	0,11	0,21	0,12	0,57	0,69	0,48	
0,8550	0,7597	1,54	-0,31	0,02	-0,01	0,10	0,00	0,47	0,47	0,31	0,78	0,61	
0,9500	1,2937	1,81	0,22	0,29	0,07	0,05	0,09	0,74	0,74	0,22	0,52	0,27	
1,0600	1,5821	2,13	0,51	0,61	0,31	0,26	0,37	1,14	1,06	0,51	0,55	0,30	
0,7850	0,9217	1,34	-0,15	-0,18	0,03	0,02	0,03	0,31	0,27	0,15	0,42	0,18	
0,8900	1,3044	1,64	0,23	0,12	0,03	0,05	0,01	0,56	0,57	0,23	0,33	0,11	
1,1000	1,6073	2,24	0,54	0,73	0,39	0,29	0,53	1,31	1,17	0,54	0,64	0,41	
1,0250	1,1238	2,03	0,05	0,51	0,03	0,00	0,26	1,00	0,96	0,05	0,90	0,82	
1,0900	2,1555	2,22	1,08	0,70	0,76	1,18	0,49	1,27	1,14	1,08	0,06	0,00	
1,1800	1,4908	2,48	0,42	0,96	0,40	0,18	0,93	1,69	1,41	0,42	0,99	0,98	
0,9300	1,3760	1,75	0,30	0,24	0,07	0,09	0,06	0,68	0,68	0,30	0,38	0,14	
	1,07	1,52			16,49	19,42	24,79	39,31	42,31	28,39	28,54	23,95	
										64	64		
					r				d	MBE	RMSE	c	
					0,7516				0,9921	0,4459	0,6118	0,7456729	



Quadro 6. Avaliação do modelo de potência tendo como variável independente a largura

Largura	Observado	Estimado	r			d				MBE	RMSE	
0,4350	0,2893	0,40	-0,78	-0,65	0,51	0,61	0,42	0,01	0,67	0,78	0,11	0,01
0,5500	0,2762	0,56	-0,80	-0,49	0,39	0,63	0,24	0,00	0,51	0,80	0,28	0,08
0,4900	0,4969	0,47	-0,57	-0,58	0,33	0,33	0,33	0,00	0,60	0,57	-0,02	0,00
0,4400	0,2067	0,41	-0,86	-0,64	0,56	0,75	0,41	0,00	0,66	0,86	0,20	0,04
0,6900	0,5730	0,77	-0,50	-0,28	0,14	0,25	0,08	0,01	0,30	0,50	0,20	0,04
0,6050	0,2854	0,64	-0,79	-0,41	0,32	0,62	0,17	0,00	0,43	0,79	0,35	0,13
0,5050	0,7574	0,49	-0,31	-0,55	0,17	0,10	0,31	0,00	0,58	0,31	-0,26	0,07
1,0500	1,5624	1,40	0,49	0,35	0,17	0,24	0,12	0,12	0,33	0,49	-0,16	0,03
0,8350	0,6208	1,01	-0,45	-0,04	0,02	0,20	0,00	0,03	0,06	0,45	0,39	0,15
0,8000	1,1777	0,95	0,11	-0,10	-0,01	0,01	0,01	0,02	0,12	0,11	-0,23	0,05
1,1000	2,2029	1,50	1,13	0,45	0,51	1,28	0,20	0,16	0,43	1,13	-0,71	0,50
0,9750	1,3197	1,26	0,25	0,21	0,05	0,06	0,04	0,08	0,19	0,25	-0,06	0,00
1,0900	0,9563	1,48	-0,11	0,43	-0,05	0,01	0,18	0,15	0,41	0,11	0,52	0,27
0,9950	2,1451	1,30	1,07	0,25	0,27	1,15	0,06	0,09	0,23	1,07	-0,85	0,72
0,8450	0,7910	1,03	-0,28	-0,02	0,01	0,08	0,00	0,03	0,04	0,28	0,24	0,06
0,7000	1,0343	0,79	-0,04	-0,26	0,01	0,00	0,07	0,01	0,28	0,04	-0,25	0,06
0,6750	0,8204	0,75	-0,25	-0,30	0,08	0,06	0,09	0,01	0,32	0,25	-0,07	0,01
0,7500	0,4769	0,87	-0,59	-0,18	0,11	0,35	0,03	0,01	0,20	0,59	0,39	0,15
0,7150	0,6456	0,81	-0,43	-0,24	0,10	0,18	0,06	0,01	0,26	0,43	0,17	0,03
0,5400	0,8253	0,54	-0,25	-0,50	0,12	0,06	0,26	0,00	0,53	0,25	-0,28	0,08
0,8650	0,8365	1,06	-0,23	0,01	0,00	0,06	0,00	0,04	0,01	0,23	0,23	0,05
0,9500	1,0547	1,22	-0,02	0,17	0,00	0,00	0,03	0,07	0,14	0,02	0,16	0,03
0,7600	1,0194	0,88	-0,05	-0,16	0,01	0,00	0,03	0,02	0,19	0,05	-0,13	0,02
1,0100	1,7079	1,33	0,64	0,28	0,18	0,41	0,08	0,10	0,25	0,64	-0,38	0,15
0,9000	0,9258	1,13	-0,15	0,08	-0,01	0,02	0,01	0,05	0,05	0,15	0,20	0,04
0,9700	1,0967	1,25	0,03	0,20	0,01	0,00	0,04	0,08	0,18	0,03	0,16	0,02
1,0800	1,2755	1,46	0,20	0,41	0,08	0,04	0,17	0,14	0,39	0,20	0,18	0,03
0,9500	1,7988	1,22	0,73	0,17	0,12	0,53	0,03	0,07	0,14	0,73	-0,58	0,34
0,9000	1,0900	1,13	0,02	0,08	0,00	0,00	0,01	0,05	0,05	0,02	0,04	0,00
1,0850	2,2599	1,47	1,19	0,42	0,50	1,41	0,18	0,15	0,40	1,19	-0,79	0,63
1,1550	2,0639	1,60	0,99	0,55	0,55	0,99	0,31	0,20	0,53	0,99	-0,46	0,21
1,0300	1,9793	1,36	0,91	0,31	0,28	0,82	0,10	0,11	0,29	0,91	-0,62	0,38
0,5250	0,3357	0,52	-0,74	-0,53	0,39	0,54	0,28	0,00	0,55	0,74	0,19	0,04
0,4200	0,5283	0,38	-0,54	-0,67	0,36	0,29	0,45	0,00	0,69	0,54	-0,15	0,02
0,8000	0,3256	0,95	-0,75	-0,10	0,07	0,56	0,01	0,02	0,12	0,75	0,63	0,39
0,7850	0,9613	0,93	-0,11	-0,12	0,01	0,01	0,02	0,02	0,14	0,11	-0,03	0,00
0,7750	0,8504	0,91	-0,22	-0,14	0,03	0,05	0,02	0,02	0,16	0,22	0,06	0,00
0,8800	0,9099	1,09	-0,16	0,04	-0,01	0,03	0,00	0,04	0,02	0,16	0,18	0,03
0,9750	1,5082	1,26	0,44	0,21	0,09	0,19	0,04	0,08	0,19	0,44	-0,25	0,06
1,0800	1,5769	1,46	0,51	0,41	0,21	0,26	0,17	0,14	0,39	0,51	-0,12	0,01
0,7450	0,7805	0,86	-0,29	-0,19	0,06	0,08	0,04	0,01	0,21	0,29	0,08	0,01
0,7800	0,7959	0,92	-0,28	-0,13	0,04	0,08	0,02	0,02	0,15	0,28	0,12	0,01
1,0300	2,2632	1,36	1,19	0,31	0,37	1,42	0,10	0,11	0,29	1,19	-0,90	0,81
1,0800	1,1633	1,46	0,09	0,41	0,04	0,01	0,17	0,14	0,39	0,09	0,29	0,09
0,9150	1,0239	1,15	-0,05	0,10	0,00	0,00	0,01	0,06	0,08	0,05	0,13	0,02
0,9700	0,4105	1,25	-0,66	0,20	-0,13	0,44	0,04	0,08	0,18	0,66	0,84	0,71
0,7900	1,0216	0,93	-0,05	-0,11	0,01	0,00	0,01	0,02	0,14	0,05	-0,09	0,01
1,3450	1,9241	1,99	0,85	0,94	0,80	0,73	0,89	0,42	0,92	0,85	0,07	0,00
0,8500	0,5470	1,04	-0,52	-0,01	0,01	0,27	0,00	0,04	0,03	0,52	0,49	0,24
0,3750	0,3490	0,32	-0,72	-0,73	0,52	0,52	0,53	0,00	0,75	0,72	-0,02	0,00
1,0000	0,8366	1,31	-0,23	0,26	-0,06	0,06	0,07	0,09	0,24	0,23	0,47	0,22
0,3800	0,8688	0,33	-0,20	-0,72	0,15	0,04	0,52	0,00	0,74	0,20	-0,54	0,29
0,5000	0,8986	0,49	-0,17	-0,56	0,10	0,03	0,32	0,00	0,58	0,17	-0,41	0,17
0,7300	0,4978	0,84	-0,57	-0,21	0,12	0,33	0,05	0,01	0,24	0,57	0,34	0,11
0,8550	0,7597	1,05	-0,31	0,00	0,00	0,10	0,00	0,04	0,03	0,31	0,29	0,08
0,9500	1,2937	1,22	0,22	0,17	0,04	0,05	0,03	0,07	0,14	0,22	-0,08	0,01
1,0600	1,5821	1,42	0,51	0,37	0,19	0,26	0,14	0,13	0,35	0,51	-0,16	0,03
0,7850	0,9217	0,93	-0,15	-0,12	0,02	0,02	0,02	0,02	0,14	0,15	0,00	0,00
0,8900	1,3044	1,11	0,23	0,06	0,01	0,05	0,00	0,05	0,04	0,23	-0,20	0,04
1,1000	1,6073	1,50	0,54	0,45	0,24	0,29	0,20	0,16	0,43	0,54	-0,11	0,01
1,0250	1,1238	1,35	0,05	0,30	0,02	0,00	0,09	0,11	0,28	0,05	0,23	0,05
1,0900	2,1555	1,48	1,08	0,43	0,46	1,18	0,18	0,15	0,41	1,08	-0,68	0,46
1,1800	1,4908	1,65	0,42	0,60	0,25	0,18	0,37	0,22	0,58	0,42	0,16	0,03
0,9300	1,3760	1,18	0,30	0,13	0,04	0,09	0,02	0,06	0,11	0,30	-0,20	0,04
	1,07	1,05			9,95	19,42	8,81	4,17	19,48	28,39	-1,40	8,36
										64	64	
						r				d	MBE	RMSE
						0,7606				0,9982	-0,0219	0,3615
											c	0,7591798

Quadro 7. Avaliação do modelo linear tendo como variável independente o produto da largura x altura.

Altura x Largura	Observado	Estimado	r					d					MBE	RMSE
0,1262	0,2893	0,27	-0,78	-0,72	0,56	0,61	0,52	0,00	0,80	0,78	-0,02	0,00		
0,2448	0,2762	0,52	-0,80	-0,47	0,37	0,63	0,22	0,08	0,55	0,80	0,25	0,06		
0,2279	0,4969	0,49	-0,57	-0,50	0,29	0,33	0,25	0,07	0,59	0,57	-0,01	0,00		
0,1540	0,2067	0,33	-0,86	-0,66	0,57	0,75	0,43	0,03	0,74	0,86	0,12	0,01		
0,3657	0,5730	0,78	-0,50	-0,21	0,10	0,25	0,04	0,17	0,29	0,50	0,21	0,04		
0,1966	0,2854	0,42	-0,79	-0,57	0,45	0,62	0,32	0,05	0,65	0,79	0,13	0,02		
0,2424	0,7574	0,52	-0,31	-0,47	0,15	0,10	0,22	0,08	0,55	0,31	-0,24	0,06		
0,5618	1,5624	1,20	0,49	0,21	0,10	0,24	0,04	0,41	0,13	0,49	-0,36	0,13		
0,4259	0,6208	0,91	-0,45	-0,08	0,04	0,20	0,01	0,23	0,16	0,45	0,29	0,08		
0,4760	1,1777	1,02	0,11	0,03	0,00	0,01	0,00	0,29	0,06	0,11	-0,16	0,03		
0,7645	2,2029	1,63	1,13	0,64	0,73	1,28	0,41	0,75	0,56	1,13	-0,57	0,33		
0,6191	1,3197	1,32	0,25	0,33	0,08	0,06	0,11	0,49	0,25	0,25	0,00	0,00		
0,6540	0,9563	1,40	-0,11	0,41	-0,05	0,01	0,17	0,55	0,32	0,11	0,44	0,19		
0,4975	2,1451	1,06	1,07	0,07	0,08	1,15	0,01	0,32	0,01	1,07	-1,08	1,17		
0,3591	0,7910	0,77	-0,28	-0,22	0,06	0,08	0,05	0,17	0,31	0,28	-0,03	0,00		
0,3150	1,0343	0,67	-0,04	-0,32	0,01	0,00	0,10	0,13	0,40	0,04	-0,36	0,13		
0,3274	0,8204	0,70	-0,25	-0,29	0,07	0,06	0,08	0,14	0,37	0,25	-0,12	0,02		
0,3450	0,4769	0,74	-0,59	-0,25	0,15	0,35	0,06	0,15	0,34	0,59	0,26	0,07		
0,3218	0,6456	0,69	-0,43	-0,30	0,13	0,18	0,09	0,13	0,39	0,43	0,04	0,00		
0,2403	0,8253	0,51	-0,25	-0,48	0,12	0,06	0,23	0,07	0,56	0,25	-0,31	0,10		
0,5147	0,8365	1,10	-0,23	0,11	-0,03	0,06	0,01	0,34	0,03	0,23	0,26	0,07		
0,4798	1,0547	1,02	-0,02	0,04	0,00	0,00	0,00	0,30	0,05	0,02	-0,03	0,00		
0,4826	1,0194	1,03	-0,05	0,04	0,00	0,00	0,00	0,30	0,04	0,05	0,01	0,00		
0,7323	1,7079	1,56	0,64	0,58	0,37	0,41	0,33	0,69	0,49	0,64	-0,15	0,02		
0,4770	0,9258	1,02	-0,15	0,03	0,00	0,02	0,00	0,29	0,05	0,15	0,09	0,01		
0,5578	1,0967	1,19	0,03	0,20	0,01	0,00	0,04	0,40	0,12	0,03	0,09	0,01		
0,6426	1,2755	1,37	0,20	0,38	0,08	0,04	0,15	0,53	0,30	0,20	0,10	0,01		
0,4624	1,7988	0,99	0,73	0,00	0,00	0,53	0,00	0,27	0,09	0,73	-0,81	0,66		
0,5085	1,0911	1,08	0,02	0,10	0,00	0,00	0,01	0,33	0,01	0,02	-0,01	0,00		
0,6510	2,2599	1,39	1,19	0,40	0,48	1,41	0,16	0,54	0,32	1,19	-0,87	0,76		
0,7161	2,0639	1,53	0,99	0,54	0,54	0,99	0,29	0,66	0,46	0,99	-0,54	0,29		
0,6798	1,9793	1,45	0,91	0,46	0,42	0,82	0,21	0,59	0,38	0,91	-0,53	0,28		
0,2258	0,3357	0,48	-0,74	-0,51	0,37	0,54	0,26	0,07	0,59	0,74	0,15	0,02		
0,1827	0,5283	0,39	-0,54	-0,60	0,32	0,29	0,36	0,04	0,68	0,54	-0,14	0,02		
0,3200	0,3256	0,68	-0,75	-0,30	0,23	0,56	0,09	0,13	0,39	0,75	0,36	0,13		
0,3533	0,9613	0,75	-0,11	-0,23	0,03	0,01	0,05	0,16	0,32	0,11	-0,21	0,04		
0,3836	0,8504	0,82	-0,22	-0,17	0,04	0,05	0,03	0,19	0,25	0,22	-0,03	0,00		
0,4664	0,9099	0,99	-0,16	0,01	0,00	0,03	0,00	0,28	0,08	0,16	0,08	0,01		
0,6143	1,5082	1,31	0,44	0,32	0,14	0,19	0,10	0,48	0,24	0,44	-0,20	0,04		
0,7020	1,5769	1,50	0,51	0,51	0,26	0,26	0,26	0,63	0,43	0,51	-0,08	0,01		
0,4805	0,7805	1,02	-0,29	0,04	-0,01	0,08	0,00	0,30	0,05	0,29	0,24	0,06		
0,3432	0,7959	0,73	-0,28	-0,26	0,07	0,08	0,07	0,15	0,34	0,28	-0,06	0,00		
0,6695	2,2632	1,43	1,19	0,44	0,53	1,42	0,19	0,58	0,36	1,19	-0,83	0,70		
0,7884	1,1633	1,68	0,09	0,70	0,06	0,01	0,48	0,80	0,61	0,09	0,52	0,27		
0,4987	1,0239	1,06	-0,05	0,08	0,00	0,00	0,01	0,32	0,01	0,05	0,04	0,00		
0,4649	0,4105	0,99	-0,66	0,00	0,00	0,44	0,00	0,28	0,08	0,66	0,58	0,34		
0,4464	1,0216	0,95	-0,05	-0,04	0,00	0,00	0,00	0,26	0,12	0,05	-0,07	0,00		
0,9146	1,9241	1,95	0,85	0,96	0,82	0,73	0,93	1,08	0,88	0,85	0,03	0,00		
0,4718	0,5470	1,01	-0,52	0,02	-0,01	0,27	0,00	0,29	0,07	0,52	0,46	0,21		
0,1369	0,3490	0,29	-0,72	-0,70	0,50	0,52	0,48	0,02	0,78	0,72	-0,06	0,00		
0,4850	0,8366	1,03	-0,23	0,05	-0,01	0,06	0,00	0,30	0,04	0,23	0,20	0,04		
0,1444	0,8688	0,31	-0,20	-0,68	0,14	0,04	0,46	0,03	0,76	0,20	-0,56	0,32		
0,2150	0,8986	0,46	-0,17	-0,53	0,09	0,03	0,28	0,06	0,61	0,17	-0,44	0,19		
0,3358	0,4978	0,72	-0,57	-0,27	0,16	0,33	0,07	0,14	0,36	0,57	0,22	0,05		
0,3976	0,7597	0,85	-0,31	-0,14	0,04	0,10	0,02	0,20	0,22	0,31	0,09	0,01		
0,5368	1,2937	1,14	0,22	0,16	0,04	0,05	0,02	0,37	0,07	0,22	-0,15	0,02		
0,6731	1,5821	1,44	0,51	0,45	0,23	0,26	0,20	0,58	0,36	0,51	-0,15	0,02		
0,4475	0,9217	0,95	-0,15	-0,03	0,00	0,02	0,00	0,26	0,12	0,15	0,03	0,00		
0,4539	1,3044	0,97	0,23	-0,02	0,00	0,05	0,00	0,26	0,10	0,23	-0,34	0,11		
0,5500	1,6073	1,17	0,54	0,19	0,10	0,29	0,03	0,39	0,10	0,54	-0,43	0,19		
0,5586	1,1238	1,19	0,05	0,20	0,01	0,00	0,04	0,40	0,12	0,05	0,07	0,00		
0,7521	2,1555	1,60	1,08	0,62	0,67	1,18	0,38	0,73	0,53	1,08	-0,55	0,30		
0,7316	1,4908	1,56	0,42	0,57	0,24	0,18	0,33	0,69	0,49	0,42	0,07	0,00		
0,5069	1,3760	1,08	0,30	0,09	0,03	0,09	0,01	0,33	0,01	0,30	-0,29	0,09		
	1,0713	0,99			10,94	19,42	9,77	20,33	20,53	28,39	-5,39	7,75		
										64	64			
					r				d	MBE	RMSE	c		
					0,7948				0,9915	-0,0843	0,3480	0,78800		

Quadro 8. Avaliação do modelo quadrático tendo como variável independente o produto da largura x altura.

Altura x Largura	Observado	Estimado	r					d					MBE	RMSE
0,1262	0,2893	0,15	-0,78	-1,14	0,89	0,61	1,30	0,02	0,92	0,78	-0,14	0,02		
0,2448	0,2762	0,53	-0,80	-0,76	0,60	0,63	0,57	0,08	0,54	0,80	0,25	0,06		
0,2279	0,4969	0,47	-0,57	-0,81	0,47	0,33	0,66	0,06	0,60	0,57	-0,02	0,00		
0,1540	0,2067	0,24	-0,86	-1,05	0,91	0,75	1,10	0,01	0,84	0,86	0,03	0,00		
0,3657	0,5730	0,93	-0,50	-0,35	0,18	0,25	0,12	0,32	0,14	0,50	0,36	0,13		
0,1966	0,2854	0,37	-0,79	-0,91	0,72	0,62	0,84	0,03	0,70	0,79	0,09	0,01		
0,2424	0,7574	0,52	-0,31	-0,77	0,24	0,10	0,59	0,08	0,55	0,31	-0,24	0,06		
0,5618	1,5624	1,62	0,49	0,33	0,16	0,24	0,11	1,12	0,55	0,49	0,06	0,00		
0,4259	0,6208	1,14	-0,45	-0,15	0,07	0,20	0,02	0,51	0,07	0,45	0,52	0,27		
0,4760	1,1777	1,32	0,11	0,03	0,00	0,01	0,00	0,70	0,24	0,11	0,14	0,02		
0,7645	2,2029	2,38	1,13	1,09	1,23	1,28	1,19	2,60	1,30	1,13	0,17	0,03		
0,6191	1,3197	1,83	0,25	0,54	0,14	0,06	0,30	1,47	0,76	0,25	0,51	0,26		
0,6540	0,9563	1,96	-0,11	0,67	-0,08	0,01	0,45	1,70	0,89	0,11	1,00	1,01		
0,4975	2,1451	1,39	1,07	0,10	0,11	1,15	0,01	0,80	0,32	1,07	-0,75	0,57		
0,3591	0,7910	0,91	-0,28	-0,38	0,11	0,08	0,14	0,30	0,16	0,28	0,12	0,01		
0,3150	1,0343	0,76	-0,04	-0,52	0,02	0,00	0,28	0,20	0,31	0,04	-0,27	0,07		
0,3274	0,8204	0,80	-0,25	-0,48	0,12	0,06	0,23	0,23	0,27	0,25	-0,02	0,00		
0,3450	0,4769	0,86	-0,59	-0,42	0,25	0,35	0,18	0,27	0,21	0,59	0,39	0,15		
0,3218	0,6456	0,78	-0,43	-0,50	0,21	0,18	0,25	0,21	0,29	0,43	0,14	0,02		
0,2403	0,8253	0,51	-0,25	-0,77	0,19	0,06	0,60	0,07	0,56	0,25	-0,31	0,10		
0,5147	0,8365	1,45	-0,23	0,17	-0,04	0,06	0,03	0,88	0,38	0,23	0,62	0,38		
0,4798	1,0547	1,33	-0,02	0,04	0,00	0,00	0,00	0,72	0,26	0,02	0,27	0,07		
0,4826	1,0194	1,34	-0,05	0,05	0,00	0,00	0,00	0,73	0,27	0,05	0,32	0,10		
0,7323	1,7079	2,25	0,64	0,97	0,61	0,41	0,93	2,31	1,18	0,64	0,54	0,30		
0,4770	0,9258	1,32	-0,15	0,03	0,00	0,02	0,00	0,71	0,25	0,15	0,39	0,15		
0,5578	1,0967	1,61	0,03	0,32	0,01	0,00	0,10	1,10	0,54	0,03	0,51	0,26		
0,6426	1,2755	1,92	0,20	0,63	0,13	0,04	0,40	1,62	0,85	0,20	0,64	0,41		
0,4624	1,7988	1,27	0,73	-0,02	-0,01	0,53	0,00	0,65	0,20	0,73	-0,53	0,28		
0,5085	1,0911	1,43	0,02	0,14	0,00	0,00	0,02	0,85	0,36	0,02	0,34	0,12		
0,6510	2,2599	1,95	1,19	0,66	0,79	1,41	0,44	1,68	0,88	1,19	-0,31	0,10		
0,7161	2,0639	2,19	0,99	0,90	0,90	0,99	0,82	2,18	1,12	0,99	0,13	0,02		
0,6798	1,9793	2,06	0,91	0,77	0,70	0,82	0,59	1,89	0,98	0,91	0,08	0,01		
0,2258	0,3357	0,47	-0,74	-0,82	0,60	0,54	0,67	0,06	0,60	0,74	0,13	0,02		
0,1827	0,5283	0,33	-0,54	-0,96	0,52	0,29	0,92	0,02	0,74	0,54	-0,20	0,04		
0,3200	0,3256	0,78	-0,75	-0,51	0,38	0,56	0,26	0,21	0,29	0,75	0,45	0,21		
0,3533	0,9613	0,89	-0,11	-0,40	0,04	0,01	0,16	0,29	0,18	0,11	-0,07	0,00		
0,3836	0,8504	0,99	-0,22	-0,29	0,06	0,05	0,09	0,37	0,08	0,22	0,14	0,02		
0,4664	0,9099	1,28	-0,16	0,00	0,00	0,03	0,00	0,66	0,21	0,16	0,37	0,14		
0,6143	1,5082	1,81	0,44	0,53	0,23	0,19	0,28	1,44	0,74	0,44	0,30	0,09		
0,7020	1,5769	2,14	0,51	0,85	0,43	0,26	0,73	2,06	1,07	0,51	0,56	0,32		
0,4805	0,7805	1,33	-0,29	0,04	-0,01	0,08	0,00	0,72	0,26	0,29	0,55	0,30		
0,3432	0,7959	0,86	-0,28	-0,43	0,12	0,08	0,18	0,26	0,21	0,28	0,06	0,00		
0,6695	2,2632	2,02	1,19	0,73	0,87	1,42	0,53	1,81	0,95	1,19	-0,25	0,06		
0,7884	1,1633	2,47	0,09	1,18	0,11	0,01	1,39	2,82	1,40	0,09	1,30	1,70		
0,4987	1,0239	1,40	-0,05	0,11	-0,01	0,00	0,01	0,80	0,32	0,05	0,37	0,14		
0,4649	0,4105	1,28	-0,66	-0,01	0,01	0,44	0,00	0,66	0,20	0,66	0,87	0,75		
0,4464	1,0216	1,21	-0,05	-0,08	0,00	0,00	0,01	0,59	0,14	0,05	0,19	0,04		
0,9146	1,9241	2,96	0,85	1,68	1,43	0,73	2,81	4,19	1,89	0,85	1,04	1,08		
0,4718	0,5470	1,30	-0,52	0,01	-0,01	0,27	0,00	0,69	0,23	0,52	0,75	0,57		
0,1369	0,3490	0,18	-0,72	-1,11	0,80	0,52	1,22	0,00	0,89	0,72	-0,17	0,03		
0,4850	0,8366	1,35	-0,23	0,06	-0,01	0,06	0,00	0,74	0,28	0,23	0,51	0,26		
0,1444	0,8688	0,20	-0,20	-1,08	0,22	0,04	1,17	0,00	0,87	0,20	-0,66	0,44		
0,2150	0,8986	0,43	-0,17	-0,85	0,15	0,03	0,73	0,05	0,64	0,17	-0,47	0,22		
0,3358	0,4978	0,83	-0,57	-0,45	0,26	0,33	0,21	0,25	0,24	0,57	0,33	0,11		
0,3976	0,7597	1,04	-0,31	-0,24	0,08	0,10	0,06	0,42	0,03	0,31	0,28	0,08		
0,5368	1,2937	1,53	0,22	0,24	0,05	0,05	0,06	0,99	0,46	0,22	0,24	0,06		
0,6731	1,5821	2,03	0,51	0,74	0,38	0,26	0,55	1,84	0,96	0,51	0,45	0,20		
0,4475	0,9217	1,22	-0,15	-0,07	0,01	0,02	0,01	0,59	0,14	0,15	0,29	0,09		
0,4539	1,3044	1,24	0,23	-0,05	-0,01	0,05	0,00	0,61	0,17	0,23	-0,07	0,00		
0,5500	1,6073	1,58	0,54	0,29	0,16	0,29	0,09	1,06	0,51	0,54	-0,03	0,00		
0,5586	1,1238	1,61	0,05	0,32	0,02	0,00	0,10	1,11	0,54	0,05	0,49	0,24		
0,7521	2,1555	2,33	1,08	1,04	1,13	1,18	1,08	2,48	1,26	1,08	0,17	0,03		
0,7316	1,4908	2,25	0,42	0,96	0,40	0,18	0,93	2,31	1,18	0,42	0,76	0,58		
0,5069	1,3760	1,42	0,30	0,14	0,04	0,09	0,02	0,84	0,35	0,30	0,05	0,00		
	1,0713	1,29			18,07	19,42	26,55	57,06	35,49	28,39	13,77	12,79		
										64	64			
						r				d	MBE	RMSE	c	
						0,7959				0,9860	0,2152	0,4470	0,784816	

Quadro 9. Avaliação do modelo de potência tendo como variável independente o produto da largura x altura.

Altura x Largura	Observado	Estimado	r					d					MBE	RMSE
0,1262	0,2893	0,26	-0,78	-0,71	0,55	0,61	0,50	0,00	0,82	0,78	-0,03	0,00		
0,2448	0,2762	0,50	-0,80	-0,46	0,37	0,63	0,21	0,07	0,57	0,80	0,23	0,05		
0,2279	0,4969	0,47	-0,57	-0,50	0,29	0,33	0,25	0,06	0,60	0,57	-0,03	0,00		
0,1540	0,2067	0,31	-0,86	-0,65	0,56	0,75	0,42	0,03	0,76	0,86	0,11	0,01		
0,3657	0,5730	0,76	-0,50	-0,21	0,10	0,25	0,04	0,15	0,31	0,50	0,18	0,03		
0,1966	0,2854	0,40	-0,79	-0,56	0,44	0,62	0,32	0,04	0,67	0,79	0,12	0,01		
0,2424	0,7574	0,50	-0,31	-0,47	0,15	0,10	0,22	0,07	0,57	0,31	-0,26	0,07		
0,5618	1,5624	1,17	0,49	0,21	0,10	0,24	0,04	0,37	0,10	0,49	-0,39	0,15		
0,4259	0,6208	0,88	-0,45	-0,08	0,04	0,20	0,01	0,21	0,19	0,45	0,26	0,07		
0,4760	1,1777	0,99	0,11	0,03	0,00	0,01	0,00	0,26	0,08	0,11	-0,19	0,04		
0,7645	2,2029	1,61	1,13	0,64	0,73	1,28	0,41	0,71	0,53	1,13	-0,60	0,36		
0,6191	1,3197	1,29	0,25	0,33	0,08	0,06	0,11	0,46	0,22	0,25	-0,02	0,00		
0,6540	0,9563	1,37	-0,11	0,41	-0,05	0,01	0,16	0,51	0,30	0,11	0,41	0,17		
0,4975	2,1451	1,04	1,07	0,07	0,08	1,15	0,01	0,29	0,04	1,07	-1,11	1,23		
0,3591	0,7910	0,74	-0,28	-0,22	0,06	0,08	0,05	0,15	0,33	0,28	-0,05	0,00		
0,3150	1,0343	0,65	-0,04	-0,31	0,01	0,00	0,10	0,11	0,42	0,04	-0,38	0,15		
0,3274	0,8204	0,68	-0,25	-0,29	0,07	0,06	0,08	0,12	0,39	0,25	-0,14	0,02		
0,3450	0,4769	0,71	-0,59	-0,25	0,15	0,35	0,06	0,14	0,36	0,59	0,24	0,06		
0,3218	0,6456	0,66	-0,43	-0,30	0,13	0,18	0,09	0,12	0,41	0,43	0,02	0,00		
0,2403	0,8253	0,49	-0,25	-0,47	0,12	0,06	0,22	0,06	0,58	0,25	-0,33	0,11		
0,5147	0,8365	1,07	-0,23	0,11	-0,03	0,06	0,01	0,31	0,00	0,23	0,24	0,06		
0,4798	1,0547	1,00	-0,02	0,03	0,00	0,00	0,00	0,27	0,07	0,02	-0,06	0,00		
0,4826	1,0194	1,00	-0,05	0,04	0,00	0,00	0,00	0,27	0,07	0,05	-0,01	0,00		
0,7323	1,7079	1,54	0,64	0,57	0,36	0,41	0,33	0,65	0,46	0,64	-0,17	0,03		
0,4770	0,9258	0,99	-0,15	0,03	0,00	0,02	0,00	0,27	0,08	0,15	0,07	0,00		
0,5578	1,0967	1,16	0,03	0,20	0,01	0,00	0,04	0,37	0,09	0,03	0,07	0,00		
0,6426	1,2755	1,34	0,20	0,38	0,08	0,04	0,14	0,49	0,27	0,20	0,07	0,00		
0,4624	1,7988	0,96	0,73	0,00	0,00	0,53	0,00	0,25	0,11	0,73	-0,84	0,70		
0,5085	1,0911	1,06	0,02	0,10	0,00	0,00	0,01	0,30	0,01	0,02	-0,03	0,00		
0,6510	2,2599	1,36	1,19	0,40	0,47	1,41	0,16	0,51	0,29	1,19	-0,90	0,80		
0,7161	2,0639	1,50	0,99	0,54	0,53	0,99	0,29	0,62	0,43	0,99	-0,56	0,32		
0,6798	1,9793	1,42	0,91	0,46	0,42	0,82	0,21	0,55	0,35	0,91	-0,56	0,31		
0,2258	0,3357	0,46	-0,74	-0,50	0,37	0,54	0,25	0,06	0,61	0,74	0,13	0,02		
0,1827	0,5283	0,37	-0,54	-0,59	0,32	0,29	0,35	0,04	0,70	0,54	-0,16	0,02		
0,3200	0,3256	0,66	-0,75	-0,30	0,23	0,56	0,09	0,12	0,41	0,75	0,34	0,11		
0,3533	0,9613	0,73	-0,11	-0,23	0,03	0,01	0,05	0,14	0,34	0,11	-0,23	0,05		
0,3836	0,8504	0,79	-0,22	-0,17	0,04	0,05	0,03	0,17	0,28	0,22	-0,06	0,00		
0,4664	0,9099	0,97	-0,16	0,01	0,00	0,03	0,00	0,25	0,10	0,16	0,06	0,00		
0,6143	1,5082	1,28	0,44	0,32	0,14	0,19	0,10	0,45	0,21	0,44	-0,22	0,05		
0,7020	1,5769	1,47	0,51	0,51	0,26	0,26	0,26	0,59	0,40	0,51	-0,11	0,01		
0,4805	0,7805	1,00	-0,29	0,04	-0,01	0,08	0,00	0,27	0,07	0,29	0,22	0,05		
0,3432	0,7959	0,71	-0,28	-0,25	0,07	0,08	0,06	0,13	0,36	0,28	-0,09	0,01		
0,6695	2,2632	1,40	1,19	0,44	0,52	1,42	0,19	0,54	0,33	1,19	-0,86	0,74		
0,7884	1,1633	1,66	0,09	0,69	0,06	0,01	0,48	0,75	0,59	0,09	0,49	0,24		
0,4987	1,0239	1,04	-0,05	0,07	0,00	0,00	0,01	0,29	0,03	0,05	0,01	0,00		
0,4649	0,4105	0,97	-0,66	0,00	0,00	0,44	0,00	0,25	0,10	0,66	0,56	0,31		
0,4464	1,0216	0,93	-0,05	-0,04	0,00	0,00	0,00	0,23	0,14	0,05	-0,09	0,01		
0,9146	1,9241	1,93	0,85	0,96	0,82	0,73	0,93	1,02	0,86	0,85	0,00	0,00		
0,4718	0,5470	0,98	-0,52	0,02	-0,01	0,27	0,00	0,26	0,09	0,52	0,43	0,19		
0,1369	0,3490	0,28	-0,72	-0,69	0,50	0,52	0,47	0,02	0,79	0,72	-0,07	0,01		
0,4850	0,8366	1,01	-0,23	0,05	-0,01	0,06	0,00	0,28	0,06	0,23	0,17	0,03		
0,1444	0,8688	0,29	-0,20	-0,67	0,14	0,04	0,45	0,02	0,78	0,20	-0,58	0,33		
0,2150	0,8986	0,44	-0,17	-0,52	0,09	0,03	0,27	0,05	0,63	0,17	-0,46	0,21		
0,3358	0,4978	0,69	-0,57	-0,27	0,15	0,33	0,07	0,13	0,38	0,57	0,20	0,04		
0,3976	0,7597	0,82	-0,31	-0,14	0,04	0,10	0,02	0,18	0,25	0,31	0,06	0,00		
0,5368	1,2937	1,12	0,22	0,16	0,03	0,05	0,02	0,34	0,05	0,22	-0,17	0,03		
0,6731	1,5821	1,41	0,51	0,45	0,23	0,26	0,20	0,54	0,34	0,51	-0,17	0,03		
0,4475	0,9217	0,93	-0,15	-0,03	0,01	0,02	0,00	0,23	0,14	0,15	0,01	0,00		
0,4539	1,3044	0,94	0,23	-0,02	0,00	0,05	0,00	0,24	0,13	0,23	-0,36	0,13		
0,5500	1,6073	1,15	0,54	0,18	0,10	0,29	0,03	0,36	0,08	0,54	-0,46	0,21		
0,5586	1,1238	1,17	0,05	0,20	0,01	0,00	0,04	0,37	0,09	0,05	0,04	0,00		
0,7521	2,1555	1,58	1,08	0,61	0,67	1,18	0,38	0,68	0,51	1,08	-0,58	0,33		
0,7316	1,4908	1,53	0,42	0,57	0,24	0,18	0,33	0,65	0,46	0,42	0,04	0,00		
0,5069	1,3760	1,06	0,30	0,09	0,03	0,09	0,01	0,30	0,02	0,30	-0,32	0,10		
	1,0713	0,96			10,86	19,42	9,61	18,74	20,82	28,39	-6,87	8,04		
										64	64			
					r				d	MBE	RMSE	c		
					0,7951				0,9923	-0,1073	0,3545	0,7889154		

Quadro 10. Avaliação do modelo linear tendo como variável independente duas leituras abaixo do dossel utilizando o LAI-2000<sup>®</sup>.

Duas leituras abaixo do												
dossel	Observado	Estimado	r					d			MBE	RMSE
1,3500	1,2807	1,16	-0,01	-0,40	0,01	0,00	0,16	0,01	0,13	0,01	-0,12	0,01
1,4000	1,1726	1,43	-0,12	-0,13	0,02	0,01	0,02	0,00	0,14	0,12	0,26	0,07
2,0500	2,5887	1,78	1,30	0,22	0,29	1,68	0,05	0,07	0,49	1,30	-0,81	0,65
1,7900	1,7043	1,64	0,41	0,08	0,03	0,17	0,01	0,02	0,35	0,41	-0,06	0,00
1,4900	1,1647	1,48	-0,13	-0,08	0,01	0,02	0,01	0,00	0,19	0,13	0,31	0,10
1,1700	1,6133	1,31	0,32	-0,25	-0,08	0,10	0,06	0,02	0,01	0,32	-0,31	0,09
1,6700	2,0766	1,58	0,78	0,02	0,01	0,61	0,00	0,01	0,28	0,78	-0,50	0,25
1,3900	1,6641	1,43	0,37	-0,14	-0,05	0,14	0,02	0,00	0,13	0,37	-0,24	0,06
1,9200	0,7387	1,71	-0,55	0,15	-0,08	0,31	0,02	0,04	0,42	0,55	0,97	0,95
1,8700	0,7872	1,68	-0,51	0,12	-0,06	0,26	0,02	0,03	0,39	0,51	0,90	0,80
1,3200	0,9312	1,39	-0,36	-0,17	0,06	0,13	0,03	0,00	0,09	0,36	0,46	0,21
1,9700	1,0283	1,74	-0,27	0,18	-0,05	0,07	0,03	0,05	0,44	0,27	0,71	0,50
1,6300	0,8841	1,55	-0,41	-0,01	0,00	0,17	0,00	0,01	0,26	0,41	0,67	0,45
1,6800	0,6505	1,58	-0,64	0,02	-0,01	0,41	0,00	0,01	0,29	0,64	0,93	0,87
2,0100	1,6366	1,76	0,34	0,20	0,07	0,12	0,04	0,06	0,47	0,34	0,12	0,02
1,5300	0,8948	1,50	-0,40	-0,06	0,02	0,16	0,00	0,00	0,21	0,40	0,61	0,37
1,6300	1,2931	1,55	0,00	-0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,26	0,00	0,26	0,07
1,4900	0,7419	1,48	-0,55	-0,08	0,04	0,30	0,01	0,00	0,19	0,55	0,74	0,54
1,2700	1,0055	1,36	-0,29	-0,20	0,06	0,08	0,04	0,01	0,07	0,29	0,36	0,13
2,6300	1,7814	2,09	0,49	0,53	0,26	0,24	0,28	0,29	0,80	0,49	0,31	0,10
1,6900	0,9839	1,59	-0,31	0,03	-0,01	0,10	0,00	0,01	0,29	0,31	0,60	0,36
1,6200	1,3573	1,55	0,06	-0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,26	0,06	0,19	0,04
1,8000	1,3212	1,65	0,03	0,09	0,00	0,00	0,01	0,02	0,35	0,03	0,33	0,11
1,4600	1,7404	1,46	0,45	-0,10	-0,04	0,20	0,01	0,00	0,17	0,45	-0,28	0,08
	1,29	1,56			0,49	5,28	0,81	0,69	6,67	9,10	6,42	6,82
										24	24	
						r			d	MBE	RMSE	c
						0,2389			0,9972	0,2674	0,5330	0,2382

Quadro 11. Avaliação do modelo quadrático tendo como variável independente duas leituras abaixo do dossel utilizando o LAI-2000<sup>®</sup>.

Duas leituras abaixo do												
dossel	Observado	Estimado	r					d			MBE	RMSE
1,3500	1,2807	1,33	-0,01	-0,13	0,00	0,00	0,02	0,00	0,03	0,01	0,04	0,00
1,4000	1,1726	1,35	-0,12	-0,11	0,01	0,01	0,01	0,00	0,05	0,12	0,17	0,03
2,0500	2,5887	1,63	1,30	0,17	0,22	1,68	0,03	0,18	0,33	1,30	-0,96	0,93
1,7900	1,7043	1,51	0,41	0,06	0,02	0,17	0,00	0,08	0,22	0,41	-0,19	0,04
1,4900	1,1647	1,39	-0,13	-0,07	0,01	0,02	0,01	0,01	0,09	0,13	0,22	0,05
1,1700	1,6133	1,25	0,32	-0,21	-0,07	0,10	0,04	0,01	0,05	0,32	-0,37	0,13
1,6700	2,0766	1,46	0,78	0,00	0,00	0,61	0,00	0,04	0,17	0,78	-0,61	0,38
1,3900	1,6641	1,34	0,37	-0,12	-0,04	0,14	0,01	0,00	0,05	0,37	-0,32	0,10
1,9200	0,7387	1,57	-0,55	0,11	-0,06	0,31	0,01	0,12	0,28	0,55	0,83	0,69
1,8700	0,7872	1,55	-0,51	0,09	-0,05	0,26	0,01	0,10	0,26	0,51	0,76	0,58
1,3200	0,9312	1,31	-0,36	-0,15	0,05	0,13	0,02	0,00	0,02	0,36	0,38	0,15
1,9700	1,0283	1,59	-0,27	0,13	-0,04	0,07	0,02	0,14	0,30	0,27	0,56	0,32
1,6300	0,8841	1,45	-0,41	-0,01	0,01	0,17	0,00	0,03	0,15	0,41	0,56	0,32
1,6800	0,6505	1,47	-0,64	0,01	-0,01	0,41	0,00	0,05	0,17	0,64	0,82	0,67
2,0100	1,6366	1,61	0,34	0,15	0,05	0,12	0,02	0,16	0,32	0,34	-0,03	0,00
1,5300	0,8948	1,40	-0,40	-0,06	0,02	0,16	0,00	0,02	0,11	0,40	0,51	0,26
1,6300	1,2931	1,45	0,00	-0,01	0,00	0,00	0,00	0,03	0,15	0,00	0,15	0,02
1,4900	0,7419	1,39	-0,55	-0,07	0,04	0,30	0,01	0,01	0,09	0,55	0,64	0,41
1,2700	1,0055	1,29	-0,29	-0,17	0,05	0,08	0,03	0,00	0,00	0,29	0,29	0,08
2,6300	1,7814	1,88	0,49	0,42	0,20	0,24	0,18	0,57	0,58	0,49	0,10	0,01
1,6900	0,9839	1,47	-0,31	0,01	0,00	0,10	0,00	0,05	0,18	0,31	0,49	0,24
1,6200	1,3573	1,44	0,06	-0,02	0,00	0,00	0,00	0,03	0,15	0,06	0,08	0,01
1,8000	1,3212	1,52	0,03	0,06	0,00	0,00	0,00	0,08	0,23	0,03	0,20	0,04
1,4600	1,7404	1,37	0,45	-0,09	-0,04	0,20	0,01	0,01	0,08	0,45	-0,37	0,14
	1,2934	1,46			0,39	5,28	0,43	1,73	4,05	9,10	3,96	5,58
										24	24	
						r			d	MBE	RMSE	c
						0,2603			0,9900	0,1649	0,4821	0,2577

Quadro 12. Avaliação do modelo de potência tendo como variável independente duas leituras abaixo do dossel utilizando o LAI-2000®.

Duas leituras abaixo do dossel	Observado	Estimado	r					d				MBE	RMSE
1,3500	1,2807	1,42	-0,01	-0,14	0,00	0,00	0,02	0,02	0,13	0,01	0,14	0,02	
1,4000	1,1726	1,45	-0,12	-0,12	0,01	0,01	0,01	0,00	0,15	0,12	0,28	0,08	
2,0500	2,5887	1,74	1,30	0,18	0,23	1,68	0,03	0,10	0,45	1,30	-0,85	0,72	
1,7900	1,7043	1,63	0,41	0,07	0,03	0,17	0,00	0,03	0,34	0,41	-0,07	0,01	
1,4900	1,1647	1,49	-0,13	-0,07	0,01	0,02	0,01	0,00	0,20	0,13	0,33	0,11	
1,1700	1,6133	1,33	0,32	-0,24	-0,08	0,10	0,06	0,02	0,03	0,32	-0,29	0,08	
1,6700	2,0766	1,58	0,78	0,01	0,01	0,61	0,00	0,01	0,28	0,78	-0,50	0,25	
1,3900	1,6641	1,44	0,37	-0,12	-0,05	0,14	0,02	0,00	0,15	0,37	-0,22	0,05	
1,9200	0,7387	1,69	-0,55	0,12	-0,07	0,31	0,01	0,05	0,39	0,55	0,95	0,90	
1,8700	0,7872	1,67	-0,51	0,10	-0,05	0,26	0,01	0,04	0,37	0,51	0,88	0,77	
1,3200	0,9312	1,41	-0,36	-0,16	0,06	0,13	0,03	0,01	0,11	0,36	0,48	0,23	
1,9700	1,0283	1,71	-0,27	0,14	-0,04	0,07	0,02	0,07	0,42	0,27	0,68	0,46	
1,6300	0,8841	1,56	-0,41	-0,01	0,00	0,17	0,00	0,01	0,27	0,41	0,67	0,45	
1,6800	0,6505	1,58	-0,64	0,02	-0,01	0,41	0,00	0,01	0,29	0,64	0,93	0,87	
2,0100	1,6366	1,73	0,34	0,16	0,05	0,12	0,03	0,08	0,43	0,34	0,09	0,01	
1,5300	0,8948	1,51	-0,40	-0,05	0,02	0,16	0,00	0,00	0,22	0,40	0,62	0,38	
1,6300	1,2931	1,56	0,00	-0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,27	0,00	0,27	0,07	
1,4900	0,7419	1,49	-0,55	-0,07	0,04	0,30	0,01	0,00	0,20	0,55	0,75	0,56	
1,2700	1,0055	1,38	-0,29	-0,18	0,05	0,08	0,03	0,01	0,09	0,29	0,38	0,14	
2,6300	1,7814	1,97	0,49	0,40	0,19	0,24	0,16	0,44	0,67	0,49	0,18	0,03	
1,6900	0,9839	1,59	-0,31	0,02	-0,01	0,10	0,00	0,01	0,29	0,31	0,60	0,36	
1,6200	1,3573	1,55	0,06	-0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,26	0,06	0,20	0,04	
1,8000	1,3212	1,64	0,03	0,07	0,00	0,00	0,00	0,03	0,34	0,03	0,31	0,10	
1,4600	1,7404	1,48	0,45	-0,09	-0,04	0,20	0,01	0,00	0,18	0,45	-0,26	0,07	
	1,29	1,57			0,38	5,28	0,46	0,95	6,54	9,10	6,54	6,75	
											24	24	
						r			d		MBE	RMSE	c
						0,2455			0,9961		0,2723	0,5305	0,2445

Quadro 13. Avaliação do modelo linear tendo como variável independente quatro leituras abaixo do dossel utilizando o LAI-2000®.

Quatro leituras abaixo do dossel	Observado	Estimado	r					d				MBE	RMSE
1,040	1,2807	1,43	-0,01	-0,18	0,00	0,00	0,03	0,02	0,14	0,01	0,15	0,02	
0,680	1,1726	1,18	-0,12	-0,43	0,05	0,01	0,19	0,25	0,11	0,12	0,01	0,00	
1,520	2,5887	1,76	1,30	0,15	0,20	1,68	0,02	0,06	0,47	1,30	-0,83	0,68	
1,260	1,7043	1,58	0,41	-0,03	-0,01	0,17	0,00	0,10	0,29	0,41	-0,12	0,01	
1,220	1,1647	1,55	-0,13	-0,06	0,01	0,02	0,00	0,11	0,26	0,13	0,39	0,15	
1,280	1,6133	1,60	0,32	-0,02	0,00	0,10	0,00	0,10	0,30	0,32	-0,02	0,00	
1,350	2,0766	1,64	0,78	0,03	0,03	0,61	0,00	0,09	0,35	0,78	-0,43	0,19	
1,240	1,6641	1,57	0,37	-0,04	-0,02	0,14	0,00	0,11	0,27	0,37	-0,10	0,01	
1,550	0,7387	1,78	-0,55	0,17	-0,10	0,31	0,03	0,05	0,49	0,55	1,04	1,09	
1,160	0,7872	1,51	-0,51	-0,10	0,05	0,26	0,01	0,12	0,22	0,51	0,73	0,53	
1,360	0,9312	1,65	-0,36	0,04	-0,01	0,13	0,00	0,08	0,36	0,36	0,72	0,52	
1,790	1,0283	1,95	-0,27	0,34	-0,09	0,07	0,11	0,03	0,66	0,27	0,92	0,85	
1,790	0,8841	1,95	-0,41	0,34	-0,14	0,17	0,11	0,03	0,66	0,41	1,07	1,13	
1,110	0,6505	1,48	-0,64	-0,13	0,09	0,41	0,02	0,14	0,18	0,64	0,83	0,68	
1,570	1,6366	1,80	0,34	0,19	0,06	0,12	0,03	0,05	0,50	0,34	0,16	0,03	
1,500	0,8948	1,75	-0,40	0,14	-0,05	0,16	0,02	0,06	0,45	0,40	0,85	0,73	
0,940	1,2931	1,36	0,00	-0,25	0,00	0,00	0,06	0,18	0,07	0,00	0,07	0,00	
1,060	0,7419	1,44	-0,55	-0,17	0,09	0,30	0,03	0,15	0,15	0,55	0,70	0,49	
0,810	1,0055	1,27	-0,29	-0,34	0,10	0,08	0,12	0,21	0,02	0,29	0,26	0,07	
1,840	1,7814	1,98	0,49	0,37	0,18	0,24	0,14	0,02	0,69	0,49	0,20	0,04	
1,300	0,9839	1,61	-0,31	0,00	0,00	0,10	0,00	0,10	0,32	0,31	0,63	0,39	
1,310	1,3573	1,62	0,06	0,01	0,00	0,00	0,00	0,09	0,32	0,06	0,26	0,07	
1,340	1,3212	1,64	0,03	0,03	0,00	0,00	0,00	0,09	0,34	0,03	0,32	0,10	
1,220	1,7404	1,55	0,45	-0,06	-0,03	0,20	0,00	0,11	0,26	0,45	-0,19	0,03	
	1,29	1,61			0,41	5,28	0,94	2,35	7,89	9,10	7,62	7,82	
											24	24	
						r			d		MBE	RMSE	c
						0,1822			0,9919		0,3173	0,5710	0,1807



Quadro 16. Avaliação do modelo linear tendo como variável independente seis leituras abaixo do dossel utilizando o LAI-2000®

Seis leituras abaixo do dossel														
dossel	Observado	Estimado	r					d			MBE	RMSE		
1,010	1,2807	1,38	-0,01	-0,19	0,00	0,00	0,03	0,01	0,09	0,01	0,10	0,01		
1,080	1,1726	1,43	-0,12	-0,13	0,02	0,01	0,02	0,12	0,14	0,12	0,26	0,07		
1,530	2,5887	1,76	1,30	0,20	0,26	1,68	0,04	0,05	0,47	1,30	-0,82	0,68		
1,370	1,7043	1,65	0,41	0,08	0,03	0,17	0,01	0,08	0,35	0,41	-0,06	0,00		
1,490	1,1647	1,73	-0,13	0,17	-0,02	0,02	0,03	0,06	0,44	0,13	0,57	0,32		
1,280	1,6133	1,58	0,32	0,01	0,00	0,10	0,00	0,09	0,29	0,32	-0,03	0,00		
1,680	2,0766	1,88	0,78	0,31	0,24	0,61	0,10	0,04	0,58	0,78	-0,20	0,04		
1,360	1,6641	1,64	0,37	0,07	0,03	0,14	0,01	0,08	0,34	0,37	-0,03	0,00		
1,320	0,7387	1,61	-0,55	0,04	-0,02	0,31	0,00	0,08	0,32	0,55	0,87	0,76		
1,270	0,7872	1,57	-0,51	0,01	0,00	0,26	0,00	0,09	0,28	0,51	0,78	0,61		
0,970	0,9312	1,35	-0,36	-0,22	0,08	0,13	0,05	0,14	0,06	0,36	0,42	0,17		
1,470	1,0283	1,72	-0,27	0,15	-0,04	0,07	0,02	0,06	0,43	0,27	0,69	0,48		
0,890	0,8841	1,29	-0,41	-0,28	0,11	0,17	0,08	0,16	0,00	0,41	0,41	0,16		
1,090	0,6505	1,44	-0,64	-0,13	0,08	0,41	0,02	0,12	0,14	0,64	0,79	0,62		
1,540	1,6366	1,77	0,34	0,21	0,07	0,12	0,04	0,05	0,48	0,34	0,13	0,02		
1,050	0,8948	1,41	-0,40	-0,16	0,06	0,16	0,02	0,13	0,11	0,40	0,51	0,26		
1,130	1,2931	1,47	0,00	-0,10	0,00	0,00	0,01	0,11	0,17	0,00	0,17	0,03		
1,090	0,7419	1,44	-0,55	-0,13	0,07	0,30	0,02	0,12	0,14	0,55	0,70	0,48		
0,920	1,0055	1,31	-0,29	-0,25	0,07	0,08	0,06	0,15	0,02	0,29	0,31	0,09		
1,800	1,7814	1,96	0,49	0,40	0,19	0,24	0,16	0,03	0,67	0,49	0,18	0,03		
0,960	0,9839	1,34	-0,31	-0,22	0,07	0,10	0,05	0,15	0,05	0,31	0,36	0,13		
1,150	1,3573	1,48	0,06	-0,08	-0,01	0,00	0,01	0,11	0,19	0,06	0,13	0,02		
1,480	1,3212	1,73	0,03	0,16	0,00	0,00	0,03	0,06	0,43	0,03	0,41	0,16		
1,350	1,7404	1,63	0,45	0,07	0,03	0,20	0,00	0,08	0,34	0,45	-0,11	0,01		
		1,29	1,57			1,34	5,28	0,80	2,18	6,53	9,10	6,52	5,18	
											24	24		
				r						d	MBE	RMSE	c	
				0,6508						0,9911	0,2718	0,4645	0,6450	

Quadro 17. Avaliação do modelo quadrático tendo como variável independente seis leituras abaixo do dossel utilizando o LAI-2000®

Seis leituras abaixo do dossel														
dossel	Observado	Estimado	r					d			MBE	RMSE		
1,010	1,2807	1,75	-0,01	-0,37	0,00	0,00	0,13	0,22	0,46	0,01	0,47	0,22		
1,080	1,1726	1,85	-0,12	-0,27	0,03	0,01	0,07	0,60	0,56	0,12	0,68	0,46		
1,530	2,5887	2,51	1,30	0,39	0,51	1,68	0,15	0,96	1,22	1,30	-0,08	0,01		
1,370	1,7043	2,27	0,41	0,15	0,06	0,17	0,02	0,82	0,98	0,41	0,57	0,33		
1,490	1,1647	2,45	-0,13	0,33	-0,04	0,02	0,11	0,93	1,16	0,13	1,29	1,66		
1,280	1,6133	2,14	0,32	0,02	0,01	0,10	0,00	0,74	0,85	0,32	0,53	0,28		
1,680	2,0766	2,74	0,78	0,62	0,48	0,61	0,38	1,12	1,44	0,78	0,66	0,44		
1,360	1,6641	2,26	0,37	0,14	0,05	0,14	0,02	0,81	0,97	0,37	0,60	0,35		
1,320	0,7387	2,20	-0,55	0,08	-0,04	0,31	0,01	0,78	0,91	0,55	1,46	2,14		
1,270	0,7872	2,13	-0,51	0,01	0,00	0,26	0,00	0,74	0,83	0,51	1,34	1,80		
0,970	0,9312	1,70	-0,36	-0,42	0,15	0,13	0,18	0,53	0,40	0,36	0,77	0,59		
1,470	1,0283	2,42	-0,27	0,30	-0,08	0,07	0,09	0,91	1,13	0,27	1,39	1,94		
0,890	0,8841	1,58	-0,41	-0,54	0,22	0,17	0,29	0,48	0,29	0,41	0,70	0,49		
1,090	0,6505	1,87	-0,64	-0,25	0,16	0,41	0,06	0,60	0,57	0,64	1,22	1,48		
1,540	1,6366	2,53	0,34	0,41	0,14	0,12	0,17	0,97	1,23	0,34	0,89	0,79		
1,050	0,8948	1,81	-0,40	-0,31	0,12	0,16	0,10	0,58	0,52	0,40	0,92	0,84		
1,130	1,2931	1,93	0,00	-0,19	0,00	0,00	0,04	0,63	0,63	0,00	0,63	0,40		
1,090	0,7419	1,87	-0,55	-0,25	0,14	0,30	0,06	0,60	0,57	0,55	1,13	1,27		
0,920	1,0055	1,63	-0,29	-0,49	0,14	0,08	0,24	0,50	0,33	0,29	0,62	0,38		
1,800	1,7814	2,92	0,49	0,80	0,39	0,24	0,64	1,26	1,63	0,49	1,14	1,30		
0,960	0,9839	1,68	-0,31	-0,44	0,14	0,10	0,19	0,52	0,39	0,31	0,70	0,49		
1,150	1,3573	1,95	0,06	-0,17	-0,01	0,00	0,03	0,65	0,66	0,06	0,60	0,36		
1,480	1,3212	2,44	0,03	0,32	0,01	0,00	0,10	0,92	1,14	0,03	1,12	1,25		
1,350	1,7404	2,25	0,45	0,13	0,06	0,20	0,02	0,80	0,95	0,45	0,50	0,25		
		1,2934	2,12			2,64	5,28	3,11	17,67	19,84	9,10	19,84	19,51	
											24	24		
				r						d	MBE	RMSE	c	
				0,6515						0,9789	0,8267	0,9016	0,6377	





Quadro 20. Avaliação do modelo quadrático tendo como variável independente oito leituras abaixo do dossel utilizando o LAI-2000<sup>®</sup>

Oito leituras abaixo do dossel												
dossel	Observado	Estimado	r					d			MBE	RMSE
0,960	1,2807	1,56	-0,01	-0,22	0,00	0,00	0,05	0,08	0,27	0,01	0,28	0,08
0,830	1,1726	1,43	-0,12	-0,35	0,04	0,01	0,12	0,36	0,13	0,12	0,25	0,06
1,700	2,5887	2,34	1,30	0,56	0,73	1,68	0,31	0,41	1,04	1,30	-0,25	0,06
1,410	1,7043	2,03	0,41	0,25	0,10	0,17	0,06	0,39	0,74	0,41	0,33	0,11
1,050	1,1647	1,66	-0,13	-0,12	0,02	0,02	0,01	0,37	0,36	0,13	0,49	0,24
1,040	1,6133	1,64	0,32	-0,13	-0,04	0,10	0,02	0,37	0,35	0,32	0,03	0,00
1,410	2,0766	2,03	0,78	0,25	0,20	0,61	0,06	0,39	0,74	0,78	-0,05	0,00
1,110	1,6641	1,72	0,37	-0,06	-0,02	0,14	0,00	0,37	0,42	0,37	0,05	0,00
0,930	0,7387	1,53	-0,55	-0,25	0,14	0,31	0,06	0,36	0,24	0,55	0,79	0,63
1,700	0,7872	2,34	-0,51	0,56	-0,28	0,26	0,31	0,41	1,04	0,51	1,55	2,40
1,310	0,9312	1,93	-0,36	0,15	-0,05	0,13	0,02	0,38	0,63	0,36	1,00	0,99
1,150	1,0283	1,76	-0,27	-0,02	0,00	0,07	0,00	0,37	0,47	0,27	0,73	0,53
0,890	0,8841	1,49	-0,41	-0,29	0,12	0,17	0,08	0,36	0,20	0,41	0,61	0,37
1,060	0,6505	1,67	-0,64	-0,11	0,07	0,41	0,01	0,37	0,37	0,64	1,02	1,03
1,250	1,6366	1,86	0,34	0,09	0,03	0,12	0,01	0,38	0,57	0,34	0,23	0,05
0,770	0,8948	1,37	-0,40	-0,41	0,16	0,16	0,17	0,35	0,07	0,40	0,47	0,22
0,910	1,2931	1,51	0,00	-0,27	0,00	0,00	0,07	0,36	0,22	0,00	0,22	0,05
1,080	0,7419	1,69	-0,55	-0,09	0,05	0,30	0,01	0,37	0,39	0,55	0,94	0,89
0,850	1,0055	1,45	-0,29	-0,33	0,09	0,08	0,11	0,36	0,15	0,29	0,44	0,20
1,450	1,7814	2,07	0,49	0,30	0,14	0,24	0,09	0,39	0,78	0,49	0,29	0,09
1,130	0,9839	1,74	-0,31	-0,04	0,01	0,10	0,00	0,37	0,44	0,31	0,75	0,57
1,190	1,3573	1,80	0,06	0,02	0,00	0,00	0,00	0,37	0,51	0,06	0,44	0,20
1,490	1,3212	2,12	0,03	0,34	0,01	0,00	0,11	0,39	0,82	0,03	0,79	0,63
1,320	1,7404	1,94	0,45	0,16	0,07	0,20	0,03	0,38	0,64	0,45	0,20	0,04
	1,2934	1,78			1,60	5,28	1,73	8,68	11,61	9,10	11,61	9,44
											24	24
						r		d		MBE	RMSE	c
						0,5274		0,9798		0,4839	0,6272	0,5167

Quadro 21. Avaliação do modelo linear tendo como variável independente oito leituras abaixo do dossel utilizando o LAI-2000<sup>®</sup>

Oito leituras abaixo do dossel												
dossel	Observado	Estimado	r					d			MBE	RMSE
0,960	1,2807	1,43	-0,01	-0,13	0,00	0,00	0,02	0,02	0,14	0,01	0,15	0,02
0,830	1,1726	1,33	-0,12	-0,23	0,03	0,01	0,05	0,25	0,04	0,12	0,16	0,03
1,700	2,5887	1,88	1,30	0,32	0,41	1,68	0,10	0,03	0,59	1,30	-0,71	0,50
1,410	1,7043	1,72	0,41	0,16	0,07	0,17	0,03	0,10	0,42	0,41	0,01	0,00
1,050	1,1647	1,49	-0,13	-0,07	0,01	0,02	0,00	0,20	0,20	0,13	0,33	0,11
1,040	1,6133	1,49	0,32	-0,07	-0,02	0,10	0,01	0,20	0,19	0,32	-0,13	0,02
1,410	2,0766	1,72	0,78	0,16	0,12	0,61	0,03	0,10	0,42	0,78	-0,36	0,13
1,110	1,6641	1,53	0,37	-0,03	-0,01	0,14	0,00	0,18	0,24	0,37	-0,13	0,02
0,930	0,7387	1,41	-0,55	-0,15	0,08	0,31	0,02	0,23	0,11	0,55	0,67	0,45
1,700	0,7872	1,88	-0,51	0,32	-0,16	0,26	0,10	0,03	0,59	0,51	1,09	1,19
1,310	0,9312	1,66	-0,36	0,10	-0,04	0,13	0,01	0,12	0,37	0,36	0,73	0,53
1,150	1,0283	1,56	-0,27	0,00	0,00	0,07	0,00	0,17	0,27	0,27	0,53	0,28
0,890	0,8841	1,38	-0,41	-0,18	0,07	0,17	0,03	0,24	0,09	0,41	0,49	0,24
1,060	0,6505	1,50	-0,64	-0,06	0,04	0,41	0,00	0,19	0,21	0,64	0,85	0,72
1,250	1,6366	1,62	0,34	0,06	0,02	0,12	0,00	0,14	0,33	0,34	-0,01	0,00
0,770	0,8948	1,29	-0,40	-0,27	0,11	0,16	0,07	0,27	0,01	0,40	0,39	0,15
0,910	1,2931	1,39	0,00	-0,17	0,00	0,00	0,03	0,23	0,10	0,00	0,10	0,01
1,080	0,7419	1,51	-0,55	-0,05	0,03	0,30	0,00	0,19	0,22	0,55	0,77	0,59
0,850	1,0055	1,35	-0,29	-0,21	0,06	0,08	0,04	0,25	0,06	0,29	0,34	0,12
1,450	1,7814	1,74	0,49	0,18	0,09	0,24	0,03	0,08	0,45	0,49	-0,04	0,00
1,130	0,9839	1,55	-0,31	-0,01	0,00	0,10	0,00	0,17	0,25	0,31	0,56	0,32
1,190	1,3573	1,58	0,06	0,02	0,00	0,00	0,00	0,16	0,29	0,06	0,23	0,05
1,490	1,3212	1,76	0,03	0,20	0,01	0,00	0,04	0,08	0,47	0,03	0,44	0,20
1,320	1,7404	1,66	0,45	0,11	0,05	0,20	0,01	0,12	0,37	0,45	-0,08	0,01
	1,29	1,56			0,97	5,28	0,64	3,74	6,41	9,10	6,40	5,68
											24	24
						r		d		MBE	RMSE	c
						0,5275		0,9845		0,2665	0,4867	0,5192