

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE MESTRADO**

ESTIMATIVAS DE ÁREA FOLIAR EM GENÓTIPOS DE GIRASSOL

JOSÉ AUGUSTO REIS ALMEIDA

**CRUZ DAS ALMAS - BAHIA
MARÇO - 2013**

ESTIMATIVAS DE ÁREA FOLIAR EM GENÓTIPOS DE GIRASSOL

JOSÉ AUGUSTO REIS ALMEIDA

ENGENHEIRO AGRÔNOMO

Universidade do Estado da Bahia, 2010.

Dissertação submetida à Câmara de Ensino de Pós-Graduação e Pesquisa da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, como requisito parcial para obtenção do Grau de Mestre em Ciências Agrárias, Área de Concentração: Fitotecnia.

Orientador: Prof. Dr. Clovis Pereira Peixoto

Co-Orientador: Prof(a). Dr(a). Adriana Rodrigues Passos

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA

MESTRADO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS

CRUZ DAS ALMAS - BAHIA - 2013.

FICHA CATALOGRÁFICA

A447

Almeida, José Augusto Reis.

Estimativas de área foliar em genótipos de girassol: determinação da área foliar em genótipos de girassol / José Augusto Reis Almeida. – Cruz das Almas, BA, 2013.
63p.; il.

Orientador: Clovis Pereira Peixoto.

Coorientadora: Adriana Rodrigues Passos.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas.

1. Girassol – Cultivo – Folhas. 2. Girassol – Fitotecnia – Bahia. I. Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas. II. Título.

CDD: 635.953

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS

**COMISSÃO EXAMINADORA DA DEFESA DA DISSERTAÇÃO DE
JOSÉ AUGUSTO REIS ALMEIDA**

Prof. Dr. Clovis Pereira Peixoto
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - UFRB
(Orientador)

Prof. Dr. Elvis Lima Vieira
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - UFRB

Profa. Dra. Thyane Viana da Cruz
IFBA - Campus de Irecê - BA

Dissertação homologada pelo colegiado do Curso de Mestrado em Ciências
Agrárias em.....
Conferindo o Grau de Mestre em Ciências Agrárias em.....

Dedicatória

A DEUS.

A meus pais José Augusto Vaz Almeida e Valdineide Santos Reis.

A minha esposa Micilene Sá Dourado.

A minha filha Gabriele Dourado Reis Almeida.

A minha irmã Joana Graziela Reis Almeida.

Aos meus avôs paternos José dos Reis Almeida (*In memorian*) e Odete Vaz Almeida (*In memorian*).

Aos meus avôs maternos Valdemar Santos Reis e Nena Lino Santos Reis.

Aos meus tios Valdilania Santos Reis, Cleuza Pita Vaz Almeida, Norma Lidia Vaz Almeida, Maria José Neves Almeida, Jorge Luiz Vaz Almeida, Luiz Jorge Vaz Almeida, Valdir Reis e Vane Vaz Almeida (*In memorian*).

Aos meus primos e primas.

A Raimundo Guedes de Almeida.

A Luiz Henrique Batista de Souza (*In memorian*).

Agradecimentos

A todos responsáveis por minha formação educacional ao longo da minha existência.

A minha mãe Valdineide Santos Reis por acreditar sempre na educação como processo de formação social.

A minha esposa Micilene Sá Dourado e minha filha Gabriele Dourado Reis Almeida que continuaram presente nos momentos mais difíceis durante todo o estudo realizado.

Ao Professor Orientador Clovis Pereira Peixoto, pela participação, dedicação, confiança, incentivo e amizade.

A Co-orientadora professora Adriana Rodrigues Passos pelo incentivo e colaboração.

A Universidade Federal do Recôncavo da Bahia contribuindo com sua estrutura e com profissionais de alto gabarito durante o período da Pós Graduação.

A Universidade Estadual da Bahia responsável pela minha formação acadêmica.

Aos professores da Universidade do Estado da Bahia: Fábio del Monte Coccozza, Joaquim Pedro Soares Neto, João Luiz Coimbra e Tadeu Cavalcante Reis pelo incentivo a pesquisa.

Aos professores da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia: Carlos Alberto da Silva Ledo, Clovis Pereira Peixoto, Elvis Lima Vieira, Tales Miler Soares e Eduardo Augusto Girardi, pela dedicação, amizade, profissionalismo e ensinamentos.

A professora do Instituto Federal da Bahia Thyane Viana da Cruz, pela colaboração.

Aos colegas da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia: Jamille Ferreira dos Santos, Gisele da Silva Machado, Jamile Maria da Silva dos Santos, Carlos Alan Couto dos Santos, Ana Maria Pereira Bispo dos Santos, Everton Vieira de Carvalho, Rose Neila Amaral da Silva, Carlos Magno Marques de Souza, Ruan Túlio Monção Araújo, Jackson de Carvalho Teixeira, Dionei Lima Santos e Lucas de Oliveira Ribeiro.

Ao colega Vicente Américo Barbosa Peixoto pela participação, dedicação, confiança, incentivo e amizade.

Aos colegas da EBDA de Marcionílio Souza: Jonas Oliveira Cezar, Leonardo dos Santos Araújo, Cezar Silva Santos Júnior, Igor Brito Santa Rosa e Anízio Caldas Santos pelo incentivo aos estudos.

A colega Rosimeire Santana pela participação, dedicação, confiança, incentivo e amizade.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior e a Universidade Federal do Recôncavo da Bahia pelo auxílio financeiro durante as pesquisas.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	
ABSTRACT	
INTRODUÇÃO.....	1
Capítulo 1	
DETERMINAÇÃO DA ÁREA FOLIAR EM GENÓTIPOS DE GIRASSOL.....	7
Capítulo 2	
RÉGUA PARA MEDIDAS DE ÁREA FOLIAR EM PLANTAS DE GIRASSOL.....	27
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	46

ESTIMATIVAS DE ÁREA FOLIAR EM GENÓTIPOS DE GIRASSOL

Autor: José Augusto Reis Almeida

Orientador: Prof. Dr. Clovis Pereira Peixoto

Co-orientador: Profa. Dra. Adriana Rodrigues Passos

Resumo: Objetivou-se com esse trabalho avaliar estimativas de área foliar em genótipos girassol. O trabalho foi realizado na estação experimental da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - UFRB, no *Campus* de Cruz das Almas. Foram utilizados os genótipos H250, H253 e Aguará. Para as determinações da área foliar foram utilizados delineamento experimental inteiramente casualizado, em duas épocas de semeadura, nos dois trabalhos realizados. Para avaliações e determinações de área foliar foi utilizado o método: destrutivo (Análise de Imagem Digital por *Scanner*) e não destrutivos (Pontos, Dimensões Lineares e Modelo exponencial). Foram realizadas coletas quinzenais de plantas a partir de trinta dias até a maturação plena em duas épocas de Semeadura. Para o método destrutivo o material coletado foi encaminhado ao laboratório de Fisiologia Vegetal da UFRB, realizando-se assim as medições de área foliar. Para a confecção da régua linear foram realizadas duas avaliações aos 90 dias em duas épocas de semeadura. O material vegetal utilizado na primeira etapa foi a cultivar de girassol Aguará definido para a confecção da régua, e na segunda etapa os genótipos H250, H253 e Aguará para testar e validar a régua. Os dados coletados foram submetidos à análise de variância e a análise de regressão. A utilização de métodos simples e de fácil aquisição como os métodos dos Pontos e das Dimensões Lineares podem ser utilizados com alto grau de exatidão em substituição ao método padrão do *Scanner* para medidas de área foliar na cultura do girassol. A régua linear desenvolvida consegue estimar com rapidez, precisão e de forma simples a área foliar dos genótipos de girassol.

Palavras-chave: Avaliação, *helianthus annuus* L., IAF, folhas.

ESTIMATES OF LEAF AREA IN THE SUNFLOWER GENOTYPES

Author: José Augusto Reis Almeida

Advisor: Prof. Dr. Clovis Pereira Peixoto

Co Advisor: Profa. Dra. Adriana Rodrigues Passos

Abstract: The objective of this study was to evaluate estimates of leaf area in sunflower genotypes. The study was conducted at the Experimental Station of the Federal University of Bahia Reconcavo - UFRB, *Campus Cruz das Almas*. Genotypes were used H250, H253 and Aguará. For measurements of leaf area were used completely randomized design in two sowing dates in both works performed. For evaluations and determinations of leaf area method was used: destructive (Image Analysis for Digital Scanner) and nondestructive (Points, Dimensions Linear and exponential model). Were collected biweekly plants from thirty days to full maturity in two seasons of sowing. Destructive method for the collected material was sent to the laboratory of Plant Physiology UFRB, thus making measurements of leaf area. To create the rule Linear Two evaluations were performed at 90 days in two sowing dates. The plant material used in the first step was to cultivate sunflower Aguará set for the making of the ruler, and the second stage genotypes H250, H253 and Aguará to test and validate the rule. The data collected were subjected to analysis of variance and regression analysis. All methods of measuring leaf area proved accurate, obtaining values of coefficient of determination for the most part, with acceptable values in the two seasons that were evaluated, the use of simple and easy to purchase as methods of spots and leaf dimensions can be used with high accuracy in the measurement of leaf area in sunflower genotypes. The linear rule developed can estimate quickly, accurately and simply leaf area of sunflower genotypes.

Keywords: Evaluation, *helianthus annuus* L., IAF, leaves.

INTRODUÇÃO

O girassol (*Helianthus annuus* L.) é cultivado em todos os continentes, em área que atinge aproximadamente 18 milhões de hectares (NOBRE et al., 2010). Destaca-se como a quarta oleaginosa em produção de grãos e a quinta em área cultivada, respondendo por cerca de 13% de todo o óleo vegetal produzido no mundo, apresentando grande evolução na área plantada (EMBRAPA, 2010).

As técnicas de análise de crescimento se apresentam como ferramenta válida para estudar as bases fisiológicas da produção e, por evidência, a influência exercida pelas variáveis ambientais, genéticas e agronômicas. A análise de crescimento se baseia, fundamentalmente, no fato de que cerca de 90% da matéria seca acumulada pelas plantas ao longo do seu crescimento resultam da atividade fotossintética (BLACKMAN, 1968; BENINCASA, 2003; PEIXOTO e PEIXOTO, 2009; PEIXOTO et al., 2011).

Vários autores destacam a importância da medição da área foliar e do índice de área foliar como parâmetros da análise de crescimento, dentro da experimentação em fitotecnia (SEVERINO et al., 2004; CAIRO et al., 2008). Eles explicam que esses parâmetros permitem ao pesquisador obter indicativo de resposta de tratamentos aplicados e lidar com uma variável que se relaciona diretamente com a capacidade fotossintética e de interceptação da luz.

A área foliar de uma cultura é conhecida como sendo uma variável indicativa de produtividade, pois o processo fotossintético depende da interceptação da energia luminosa e da sua conversão em energia química (FAVARIN et al., 2002). Para Almeida e Chaves (2011), a superfície foliar de uma planta é base do rendimento de uma cultura.

O índice de área foliar (IAF) é a relação funcional existente entre a área foliar (AF) e a área do terreno ocupada pela cultura. O processo fotossintético depende da interceptação da luz e sua conversão em energia química, portanto, o

IAF pode ser considerado um parâmetro indicativo de produtividade e é uma medida necessária para a maioria dos estudos agrônômicos e fisiológicos envolvendo crescimento vegetal (ADAMI et al., 2008). O conhecimento do IAF também pode ser útil na avaliação de várias práticas culturais como densidade de plantio, adubação, irrigação, poda e aplicação de defensivos (FAVARIN et al., 2002);

Conforme Roupael et al. (2007), a área foliar está intimamente relacionada com os processos fisiológicos incluindo crescimento, fotossíntese, transpiração, interceptação solar e o balanço de energia. Diversos outros autores têm ressaltado a importância do estudo da área foliar em culturas de grande importância econômica, dentre eles podemos citar: Favarin et al. (2002), Blanco e Folegatti (2005), Peksen (2007); Adami et al. (2008) e Maldener et al. (2009).

As estimativas de área foliar (AF) podem ser realizadas por métodos diretos ou indiretos e destrutivos ou não destrutivos. Os métodos indiretos são baseados na correlação conhecida entre a variável medida e a AF e são todos não destrutivos. Já os métodos diretos podem alternar em relação à destruição ou não da amostra experimental podendo ser destrutivos ou não destrutivos.

Segundo Fideles Filho et al. (2010), a área foliar pode ser medida ou estimada por métodos destrutivos e não destrutivos. Os métodos destrutivos pressupõem colheitas destrutivas de amostras de plantas e da medição da sua área foliar real no laboratório em medidores de área foliar. Para Maracajá et al. (2008), esses métodos consomem muito tempo, tendo a grande desvantagem de provocar a destruição de superfície fotossintética, não permitindo o acompanhamento da evolução da área foliar, ao longo do ciclo na mesma planta.

Para Lima 2008, vários são os métodos que podem ser utilizados para determinar a área foliar das plantas em condições de campo ou laboratório, os quais diferem quanto à complexidade e precisão, sendo estes métodos mais utilizados que os destrutivos, que geralmente, são mais trabalhosos, por isso demandam tempo e mão-de-obra que nem sempre são disponíveis ao pesquisador.

Para muitos autores, as dimensões do limbo foliar são alternativas viáveis e de fácil utilização para as estimativas de área foliar. Várias pesquisas têm demonstrado bons resultados, entre elas à proposta por: Adami et al. (2008), estudando a estimativa de área de folíolos de soja usando imagens digitais e

dimensões foliares; Maldaner et al. (2009), aferindo modelos de determinação não-destrutivos de área foliar em girassol utilizando dimensões foliares e Cardozo et al. (2011) ao desenvolver equações capazes de estimar a área foliar de *crotalaria juncea* L. a partir de dimensões lineares do limbo foliar.

Fideles Filho et al. (2010) utilizando as dimensões lineares das folhas de genótipos de algodão, assim como, Grimes e Carter (1969), conseguiram desenvolver e validar uma régua simples e prática, capaz de medir diretamente no campo a área do limbo foliar. A maioria das pesquisas envolvendo métodos simples para obtenção da área foliar visa à redução da dificuldade na obtenção do material de alto valor aquisitivo, como os integradores digitais de difícil acesso a comunidade científica e aos produtores rurais.

Para Rouphael et al. (2007), a busca de métodos fáceis de serem executados, rápidos e não-destrutivos para a estimativa da área foliar com precisão torna-se importante para avaliar o crescimento das plantas nas condições de campo. Tais modelos de determinação de área foliar não destrutivos, geralmente são obtidos por modelos de regressão, baseados em medidas lineares do limbo foliar. Este tipo de abordagem vem amplamente sendo estudado em culturas anuais e perenes.

Assim como o método das medidas lineares, métodos como o dos pontos, planímetro, fotocópia, dos discos, são opções de fácil operação e de baixo valor aquisitivo disponíveis na literatura. De acordo com Cardoso et al. (2006), diversas são as formas de se medir a área foliar de um cultivo, porém muitas são inadequadas por serem destrutivas e/ou por dependerem de aparelhos disponíveis somente em laboratórios ou, ainda, por demandarem excessiva mão-de-obra para execução.

Godoy et al. (2007) também citam que os métodos clássicos de determinação da área foliar em culturas agrícolas consistem na medida da área foliar usando-se integradores de área portáteis, ou relações específicas entre determinadas medidas lineares da folha (i.e., largura, comprimento etc.) e sua área. Os integradores de área foliar são aparelhos precisos, não fabricados no Brasil e, por isso, são caros e de difícil manutenção. Além disso, alguns equipamentos têm dimensões que limitam a leitura em folhas de grande tamanho.

Portanto, esse trabalho teve com objetivo avaliar algumas estimativas de área foliar em genótipos girassol.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, R. L. S.; CHAVES, L. H. G. Análise do crescimento de mudas de cacau ccn-51. **Revista Verde**, v.6, n.1, p. 196-200, 2011

ADAMI, M.; HASTENREITER, F. A.; FLUMIGNAN, D. L. et al. Estimativa de área de folíolos de soja usando imagens digitais e dimensões foliares. **Bragantia**, v.67, n.4, p.1053-1058, 2008.

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

BLACKMAN, G. E. The application of the concepts of growth analysis to the assessment of productivity. In. ECKARDT, F. E. (Ed.). **Functioning on terrestrial ecosystems at the primary production level**. Paris: UNESCO, 1968. p. 243-259.

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.

CAIRO, P. A. R.; OLIVEIRA, L. E. M.; MESQUITA, A. C. **Análise de crescimento de plantas**. 1 ed. Edições UESB, 2008. p. 65.

CARDOSO, G. D.; ALVES, P. L. C. A.; BELTRÃO, N. E. M. et al. Uso da análise de crescimento não destrutiva como ferramenta para avaliação de cultivares. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v.6, n. 2, p. 79-84, 2006.

CARDOZO, N. P.; PARREIRA, M. C.; AMARAL, C. L. et al. Estimativa da área foliar de *Crotalaria juncea* L. a partir de dimensões lineares do limbo foliar. **Bioscience Journal**, v. 27, n. 6, p. 902-907, 2011.

EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa de Soja. 2010. **Girassol: sistemas de produção**. Documentos. Disponível em: < http://www.cnpso.embrapa.br/index.php?oppage=54&cod_pai=38 >. Acesso em: 12 de fevereiro de 2013.

FAVARIN, J. L.; DOURADO NETO, D.; GARCIA, A. G. et al. Equações para a estimativa do índice de área foliar do cafeeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, n.6, p.769-773, 2002.

FIDELES FILHO, J.; BELTRÃO, N. E. M.; PEREIRA, A. S. Desenvolvimento de uma régua para medidas de área foliar do algodoeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, n.7, p.736–741, 2010.

GODOY, L. J. G. et al. Análise da imagem digital para estimativa da área foliar em plantas de laranja "Pêra". **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 29, n. 3, 2007.

GRIMES, D. W.; CARTER, L. M. A linear rule for direct nondestructive leaf area measurements. **Agronomy Journal**, v.3, n.61, p.477-479, 1969.

LIMA, C. J. G. S.; OLIVEIRA, F. A.; MEDEIROS, J. F. et al. Modelos matemáticos para estimativa de área foliar de feijão caupi. **Caatinga**, v. 21, n.2, p. 120-127, 2008.

MALDANER, I. C.; HELDWEIN, A. B.; LOOSE, L. H. et al. Modelos de determinação não-destrutiva da área foliar em girassol. **Ciência Rural**, v.39, n.5, p.1356-1361, 2009.

MARACAJÁ, P. B.; MADALENA, J. A. S da.; ARAÚJO E de. et al. Estimativa de Área Foliar de Juazeiro por Dimensões Lineares do Limbo Foliar. **Revista Verde**, v.3, n.4, p.0-5. 2008.

NOBRE, R. G.; GHEYI, H. R.; CORREIA, K. G. et al. Crescimento e floração do girassol sob estresse salino e adubação nitrogenada. **Revista Ciência Agronômica**, v. 41, n. 3, p. 358-365, 2010.

PEKSEN, E. Non-destructive leaf area estimation model for faba bean (*Vicia faba* L.) **Scientia Horticulturae**, v.113, n.1, p.322- 328, 2007.

PEIXOTO, C. P.; PEIXOTO, M. F. S. P. **Dinâmica do crescimento vegetal: princípios básicos**. In: Tópicos em Ciências Agrárias - Cruz das Almas, BA: Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas, 2009. p. 37-53.

PEIXOTO, C. P.; CRUZ, T. V.; PEIXOTO, M. F. S. P. Análise quantitativa do crescimento de plantas: Conceitos e Prática. **Enciclopédia biosfera**, v.7, n.13, p. 51-76, 2011.

ROUPHAEL, Y.; COLLA, G.; FANASCA, S. et al. Leaf area estimation of sunflower leaves from simple linear measurements. **Photosynthetica**, v.45, n.2, p.306-308, 2007.

SEVERINO, L. S.; CARDOSO, G. D.; VALE, L. S. do et al. Método para determinação da área foliar da mamoneira. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, v.8, n.1, p. 753-762, 2004.

CAPÍTULO 1

DETERMINAÇÃO DA ÁREA FOLIAR EM GENÓTIPOS DE GIRASSOL¹

¹ Artigo a ser ajustado e submetido ao Comitê Editorial do periódico SEMINA: Ciências Agrárias.

DETERMINAÇÃO DA ÁREA FOLIAR EM GENÓTIPOS DE GIRASSOL

Autor: José Augusto Reis Almeida

Orientador: Prof. Dr. Clovis Pereira Peixoto

Co-orientador: Profa. Dra. Adriana Rodrigues Passos

Resumo: O objetivo desse trabalho foi avaliar diferentes métodos para a obtenção da área foliar em genótipos de girassol durante o seu desenvolvimento. O experimento foi realizado na estação experimental da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - UFRB, no *Campus* de Cruz das Almas. As avaliações de área foliar foram realizadas com coletas quinzenais de plantas a partir de trinta dias após a semeadura (DAS) até a maturação plena em duas épocas de plantio. Foram utilizados os genótipos H250, H253 e Aguará, conduzidos sob sistema de plantio direto. Para a determinação da área foliar foi utilizado o delineamento experimental inteiramente casualizado, com quatro tratamentos, sendo 4 métodos para determinação de área foliar em 18 repetições, em duas épocas da safra 2011. Os métodos para a obtenção da área foliar foram subdivididos em destrutivo (Análise de Imagem Digital por *Scanner*) e não destrutivos (Pontos, Dimensões Lineares e Modelo exponencial). Os métodos de medição de área foliar diferiram estatisticamente quando comparados entre si ($P < 0,01$). A utilização de métodos simples e de fácil aquisição como os métodos dos Pontos e das Dimensões Lineares podem ser utilizados com alto grau de exatidão em substituição ao método padrão do *Scanner* para medidas de área foliar na cultura do girassol.

Palavras-chave: *Helianthus annuus* L., IAF, folhas, métodos de avaliação.

DETERMINATION OF LEAF AREA IN SUNFLOWER GENOTYPES

Author: José Augusto Reis Almeida

Advisor: Prof. Dr. Clovis Pereira Peixoto

Co Advisor: Profa. Dra. Adriana Rodrigues Passos

Abstract: The aim of this study was to evaluate different methods for obtaining the leaf area in sunflower genotypes during its development. The experiment was conducted at the Experimental Station of the Federal University of Bahia Reconcavo - UFRB, *Campus Cruz das Almas*. Assessments of leaf area were performed with fortnightly collections of plants from thirty days after sowing (DAS) to full maturity in both planting dates. Genotypes were used H250, H253 and Aguará, conducted under no-tillage system. To determine the leaf area was used completely randomized design with four treatments and four methods for determining leaf area in 18 repetitions, two times the 2011 harvest. The methods for obtaining the leaf area were subdivided into destructive (Image Analysis for Digital Scanner) and nondestructive (Points, Dimensions Linear and exponential model). The methods of measuring leaf area differ when compared with each other ($P < 0.01$). The use of simple and easy to purchase as methods of Points and Linear dimensions can be used with a high degree of accuracy to replace the standard method Scanner measures for leaf area in sunflower cultivation.

Keywords: *Helianthus annuus* L., IAF, leaves, evaluation methods.

INTRODUÇÃO

O girassol (*Helianthus annuus* L.) é cultivado em todos os continentes, em área que atinge aproximadamente 18 milhões de hectares (NOBRE et al., 2010). Destaca-se como a quarta oleaginosa em produção de grãos e a quinta em área cultivada, respondendo por cerca de 13% de todo o óleo vegetal produzido no mundo, apresentando grande evolução na área plantada (EMBRAPA, 2010).

Vários autores destacam a importância da medição da área foliar e do índice de área foliar como parâmetros da análise de crescimento, dentro da experimentação em fitotecnia (SEVERINO et al., 2004; CAIRO et al., 2008). Eles explicam que esses parâmetros permitem ao pesquisador obter indicativo de resposta de tratamentos aplicados e lidar com uma variável que se relaciona diretamente com a capacidade fotossintética e de interceptação da luz.

A área foliar de uma cultura é conhecida como sendo uma variável indicativa de produtividade, pois o processo fotossintético depende da interceptação da energia luminosa e da sua conversão em energia química (FAVARIN et al., 2002). Para Almeida e Chaves (2011), a superfície foliar de uma planta é base do rendimento de uma cultura.

O índice de área foliar (IAF) é a relação funcional existente entre a área foliar (AF) e a área do terreno ocupada pela cultura. O processo fotossintético depende da interceptação da luz e sua conversão em energia química, portanto, o IAF pode ser considerado um parâmetro indicativo de produtividade e é uma medida necessária para a maioria dos estudos agrônômicos e fisiológicos envolvendo crescimento vegetal (ADAMI et al., 2008). O conhecimento do IAF também pode ser útil na avaliação de várias práticas culturais como densidade de plantio, adubação, irrigação, poda e aplicação de defensivos (FAVARIN et al., 2002);

Conforme Roupael et al. (2007), a área foliar está intimamente relacionada com os processos fisiológicos incluindo crescimento, fotossíntese, transpiração, interceptação solar e o balanço de energia. Diversos outros autores têm ressaltado a importância do estudo da área foliar em culturas de grande importância econômica, dentre eles podemos citar: Favarin et al. (2002), Blanco e Folegatti (2005), Peksen (2007); Adami et al. (2008) e Maldener et al. (2009).

As estimativas de área foliar (AF) podem ser realizadas por métodos diretos ou indiretos e destrutivos ou não destrutivos. Os métodos indiretos são baseados na correlação conhecida entre a variável medida e a AF e são todos não destrutivos. Já os métodos diretos podem alternar em relação à destruição ou não da amostra experimental podendo ser destrutivos ou não destrutivos.

Segundo Fideles Filho et al. (2010), a área foliar pode ser medida ou estimada por métodos destrutivos e não destrutivos. Os métodos destrutivos pressupõem colheitas destrutivas de amostras de plantas e da medição da sua área foliar real no laboratório em medidores de área foliar. Para Maracajá et al. (2008), esses métodos consomem muito tempo, tendo a grande desvantagem de provocar a destruição de superfície fotossintética, não permitindo o acompanhamento da evolução da área foliar, ao longo do ciclo na mesma planta.

Para Lima 2008, vários são os métodos que podem ser utilizados para determinar a área foliar das plantas em condições de campo ou laboratório, os quais diferem quanto à complexidade e precisão, sendo estes métodos mais utilizados que os destrutivos, que geralmente, são mais trabalhosos, por isso demandam tempo e mão-de-obra que nem sempre são disponíveis ao pesquisador.

Para muitos autores, as dimensões do limbo foliar são alternativas viáveis e de fácil utilização para as estimativas de área foliar. Várias pesquisas têm demonstrado bons resultados, entre elas à proposta por: Adami et al. (2008), estudando a estimativa de área de folíolos de soja usando imagens digitais e dimensões foliares; Maldaner et al. (2009), aferindo modelos de determinação não-destrutivos de área foliar em girassol utilizando dimensões foliares e Cardozo et al. (2011) ao desenvolver equações capazes de estimar a área foliar de *crotalaria juncea* L. a partir de dimensões lineares do limbo foliar.

Para Roupheal et al. (2007), a busca de métodos fáceis de serem executados, rápidos e não-destrutivos para a estimativa da área foliar com precisão torna-se importante para avaliar o crescimento das plantas nas condições de campo. Tais modelos de determinação de área foliar não destrutivos, geralmente são obtidos por modelos de regressão, baseados em medidas lineares do limbo foliar. Este tipo de abordagem vem amplamente sendo estudado em culturas anuais e perenes.

Assim como o método das medidas lineares, métodos como o dos pontos, planímetro, fotocópia, dos discos, são opções de fácil operação e de baixo valor aquisitivo disponíveis na literatura. De acordo com Cardoso et al. (2006), diversas são as formas de se medir a área foliar de um cultivo, porém muitas são inadequadas por serem destrutivas e/ou por dependerem de aparelhos disponíveis somente em laboratórios ou, ainda, por demandarem excessiva mão-de-obra para execução.

Godoy et al. (2007) também citam que os métodos clássicos de determinação da área foliar em culturas agrícolas consistem na medida da área foliar usando-se integradores de área portáteis, ou relações específicas entre determinadas medidas lineares da folha (i.e., largura, comprimento etc.) e sua área. Os integradores de área foliar são aparelhos precisos, não fabricados no Brasil e, por isso, são caros e de difícil manutenção. Além disso, alguns equipamentos têm dimensões que limitam a leitura em folhas de grande tamanho.

Uma vez que os métodos que utilizam equipamentos eletrônicos nem sempre são de fácil aquisição (MARACAJÁ et al., 2008), a estimativa da área foliar utilizando a relação entre as dimensões lineares da folha e a respectiva área, destaca-se como alternativa simples e acessível, necessitando apenas de uma régua e de cálculos associados.

Dessa forma, o objetivo desse trabalho foi avaliar diferentes métodos para a obtenção da área do limbo foliar de genótipos de girassol.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na estação experimental da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - UFRB, no Campus de Cruz das Almas, situado a 12°40'19" de latitude sul e 39°06'22" de longitude oeste do Meridiano de Greenwich, tendo 220 m de altitude, no ano de 2011.

Para a determinação da área foliar foi utilizado o delineamento experimental inteiramente casualizado com quatro tratamentos, sendo quatro métodos para determinação de área foliar (Método dos Pontos; Dimensões Foliare; Equação Exponencial e o Scanner) em 18 repetições, em duas épocas da safra 2011. As sementes foram realizadas nas datas: 24/05/2011 (Primeira época) e 04/08/2011 (Segunda época). A unidade experimental foi composta por cinco folhas por parcela experimental, com a amostragem de 90 folhas por tratamento em cada avaliação.

As avaliações de área foliar foram realizadas com coletas quinzenais de plantas a partir de trinta dias após a sementeira (DAS) até a maturação plena em duas épocas de plantio. Foram utilizados os genótipos H250, H253 e Aguará, conduzidos sob sistema plantio direto.

Os métodos para a obtenção da área foliar foram subdivididos em destrutivo (Análise de Imagem Digital por *Scanner*) e não destrutivos (Pontos, Dimensões Lineares e Modelo exponencial). Para o método destrutivo o material coletado foi encaminhado ao laboratório de Fisiologia Vegetal da UFRB, realizando-se assim as medições de área foliar destrutiva.

Inicialmente, foi determinada a área foliar utilizando-se o método dos pontos, por ser um método não destrutivo e realizado a campo. Para isso, foram utilizadas folhas de transparência contendo pontos digitalizados com papel milimetrado, em quadrados medindo 1 cm² cada, e em seguida foram contados os quadrados preenchidos pelo contorno de cada folha. Dessa forma, a área foliar foi estimada pelo número de quadrados preenchidos (PEIXOTO e PEIXOTO, 2009).

No segundo método utilizado, também não destrutivo e denominado método das dimensões lineares, foi obtida a largura e o comprimento da folha com a utilização de uma régua milimetrada em campo. Para a estimativa da área foliar, multiplica-se o produto do comprimento (C) com a largura (L) por um coeficiente, denominado fator de correção (FC). Em teoria, esse mesmo

coeficiente poderá ser usado para estimar a área de qualquer outra folha da espécie. Para isso, calcula-se a área foliar por um método conhecido (Imagem Digital por *Scanner*), dividindo-se os valores obtidos pelo produto das dimensões lineares. Dessa forma, o valor médio do FC passou a ser considerado como fator capaz de corrigir os valores superestimados pelo método das dimensões lineares (CAIRO et al., 2008; PEIXOTO et al., 2011).

O terceiro método não destrutivo foi calculado pela equação exponencial $AF = 1,7582 * L^{1,7067}$ ($R^2=0,98$), onde AF é a Área foliar e L a maior largura (L) perpendicular ao alinhamento da nervura em cm (MALDANER et al., 2009).

O quarto método e o utilizado como padrão foi o da imagem digital por *Scanner*, onde as folhas foram processadas em um escâner de mesa acoplado a um computador pessoal, e as imagens arquivadas e processadas em programa para análise de imagens (Leaf Area Measurement).

Por fim, os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias significativas, a análise de regressão através do software estatístico Sisvar (FERREIRA, 2008).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas Figuras 1, 2 e 3 estão apresentados os resultados das análises de regressão para a estimativa de área foliar nos genótipos de girassol Aguará, H250 e H253, respectivamente, por meio dos quatro métodos avaliados na primeira época de cultivo. Os métodos de medição de área foliar diferiram estatisticamente quando comparados entre si ($P < 0,01$). Dessa forma, os métodos obtiveram valores de coeficiente de determinação na maioria dos testes, apresentando valores aceitáveis (acima de 70%) nas duas épocas que foram avaliados (Figuras 1, 2, 3, 4, 5 e 6).

Foi encontrado o Fator de Correção (FC) 0,67, o que possibilitou a obtenção da área foliar dos genótipos através do método das dimensões lineares ($L \times C$), resultando na fórmula $AF = (L * C) * 0,67$, onde AF é área foliar (cm^2), L a maior largura (cm), C maior comprimento (cm) e 0,67 o FC encontrado, o que possibilitou facilmente o cálculo da área foliar dessa cultura por meio das dimensões utilizadas.

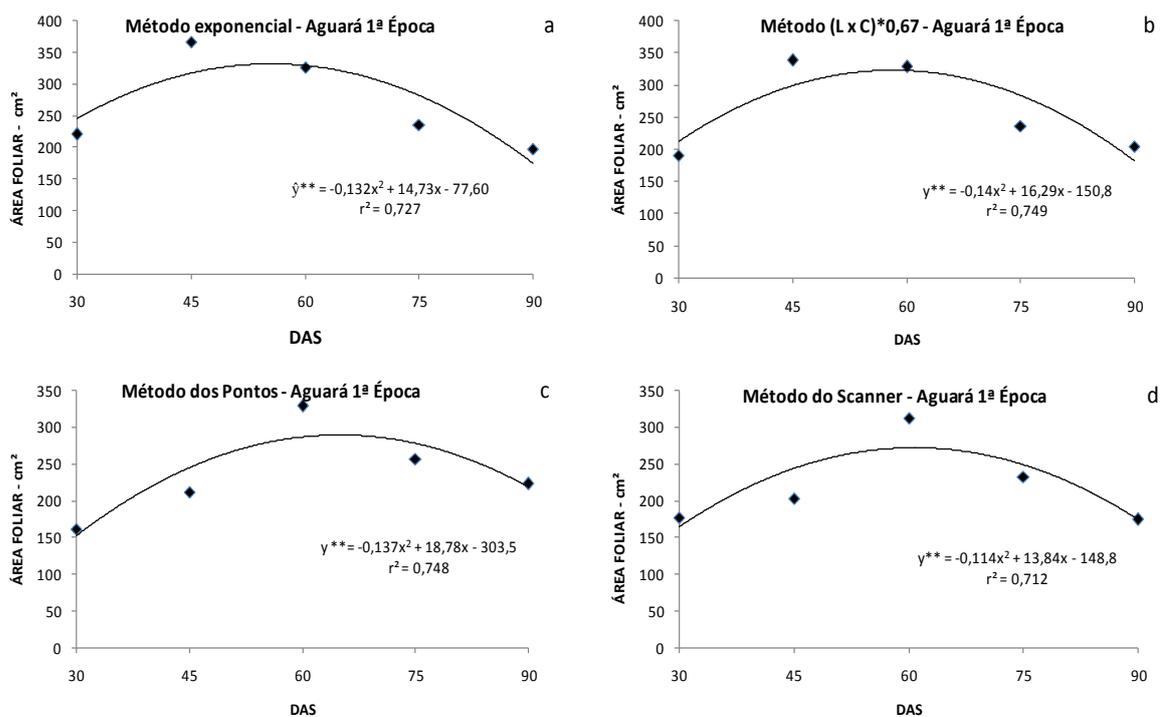


Figura 1 - Análises de regressão para a estimativa da área foliar do genótipo de girassol Aguará 30, 45, 60, 75 e 90 DAS, através dos métodos: a) Modelo exponencial (MALDANER, 2009); b) Largura x Comprimento ($L \times C$)*0,67; c) Pontos e d) Scanner, na primeira época de semeadura, respectivamente.

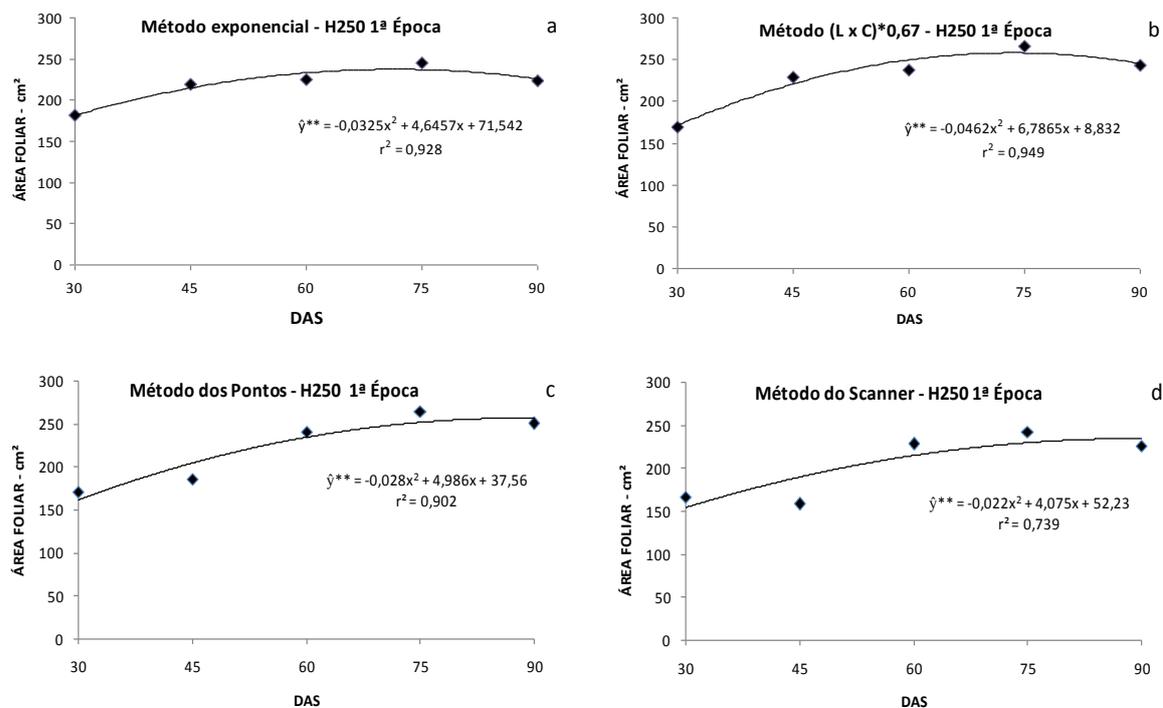


Figura 2 - Análises de regressão para a estimativa da área foliar do genótipo de girassol H250 30, 45, 60, 75 e 90 DAS, através dos métodos: a) Modelo exponencial (MALDANER, 2009); b) Largura x Comprimento (LxC)*0,67; c) Pontos e d) Scanner, na primeira época de semeadura, respectivamente.

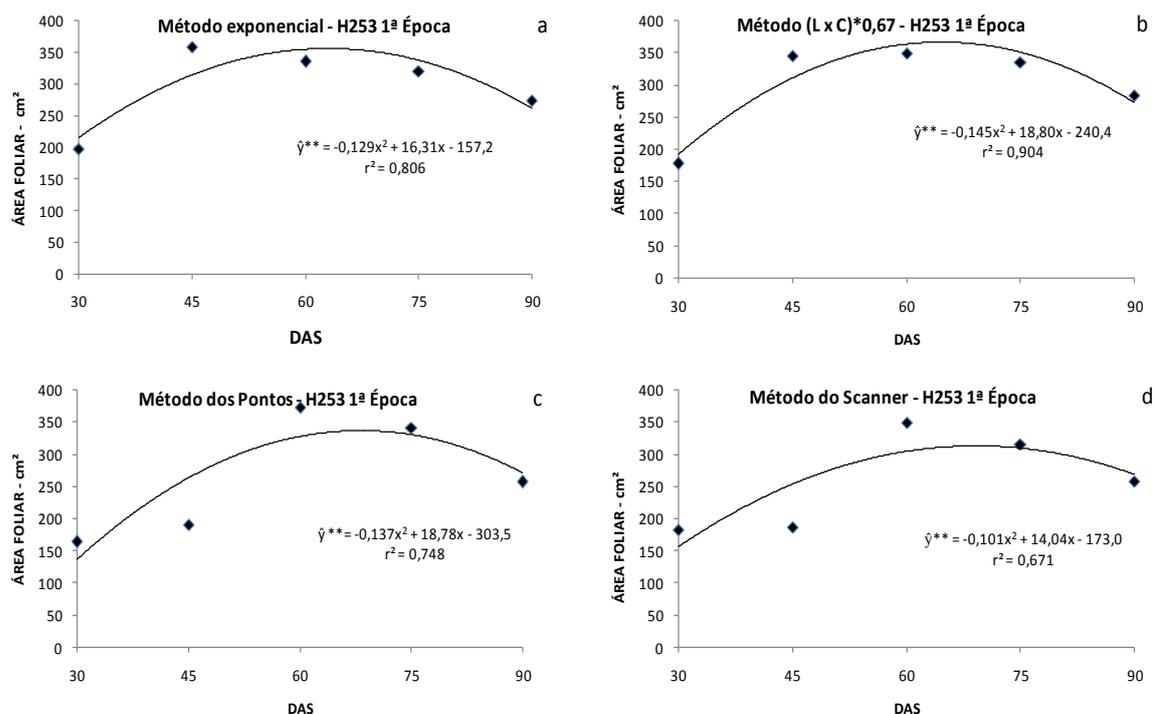


Figura 3 - Análises de regressão para a estimativa da área foliar do genótipo de girassol H253 30, 45, 60, 75 e 90 DAS, através dos métodos: a) Modelo exponencial (MALDANER, 2009); b) Largura x Comprimento (LxC)*0,67; c) Pontos e d) Scanner, na primeira época de semeadura, respectivamente.

Na Tabela 1 encontram-se as equações obtidas na primeira época de cultivo com seus respectivos valores de área foliar máxima e a quantidade de Dias Após a Semeadura (DAS) onde as mesmas foram encontradas.

Tabela 1 - Equações, Máxima (Máx.) Área Foliar (AF) e respectivos DAS da AF Máx. encontrados na primeira época de cultivo para os genótipos Aguará, H250 e H253 pelos métodos: Modelo Exponencial (M. E.), Largura X Comprimento (LXC)*0,67, Pontos (Pon.) e Scanner (SCAN.).

Genótipo	Época	Método	Equação	r ²	AF cm ² Máx.	DAS AF Máx.
Aguará	1	M. E.	$\hat{y}^{**} = -0,132x^2 + 14,73x - 77,60$	0,72	331,50	56
Aguará	1	LXC	$\hat{y}^{**} = -0,14x^2 + 16,29x - 150,8$	0,74	323,86	58
Aguará	1	PON.	$\hat{y}^{**} = -0,137x^2 + 17,78x - 303,5$	0,75	330,09	66
Aguará	1	SCAN.	$\hat{y}^{**} = -0,114x^2 + 13,84x - 148,8$	0,71	271,25	61
H250	1	M. E.	$\hat{y}^{**} = -0,0325x^2 + 4,645x + 71,54$	0,93	237,54	71
H250	1	LXC	$\hat{y}^{**} = -0,0462x^2 + 6,786x + 8,83$	0,95	258,01	73
H250	1	PON.	$\hat{y}^{**} = -0,028x^2 + 4,986x + 37,56$	0,90	259,55	90
H250	1	SCAN.	$\hat{y}^{**} = -0,022x^2 + 4,075x + 52,23$	0,74	241,02	90
H253	1	M. E.	$\hat{y}^{**} = -0,129x^2 + 16,31x - 157,2$	0,81	358,33	63
H253	1	LXC	$\hat{y}^{**} = -0,145x^2 + 18,80x - 240,4$	0,90	368,98	65
H253	1	PON.	$\hat{y}^{**} = -0,137x^2 + 18,78x - 303,5$	0,75	340,09	68
H253	1	SCAN.	$\hat{y}^{**} = -0,101x^2 + 14,04x - 173,0$	0,67	314,92	68

Os métodos em questão obtiveram ajustes variáveis em relação aos genótipos estudados. O método do Scanner utilizado como padrão manteve um ajuste médio significativo e similar para ambos os genótipos. Observa-se que entre os métodos utilizados, o método do Scanner tende a ter AF Máx. superestimada pelos demais (Tabela 1). Observando as Figura 1, 2 e 3, pode-se notar uma similaridade entre as curvas encontradas, entre os métodos do Scanner e o método dos Pontos, assim como o método que utiliza um modelo exponencial proposto por Maldaner et al. (2009) e a equação encontrada que utiliza Largura x Crescimento x 0,67.

Da mesma forma na Tabela 1, observam-se valores similares entre os métodos dos Pontos e do Scanner e os métodos L x C x 0,67 e Exponencial. Para ambos, tanto os valores da AF Máx. e dos DAS da AF Máx. são similares. Tendo o método do Scanner como padrão, pode-se compará-lo nessa primeira época de cultivo ao método dos pontos devidos as suas similaridades.

A utilização de medidores automáticos de área foliar geralmente proporciona bom grau de aferimento, tendo como problema serem aparelhos de

alto custo e por necessitarem da destruição das amostras. Poucos são os autores que relevam a eficiência do método dos pontos, por ser um método barato e de fácil aplicação. Lucena et al. (2011) obtiveram resultados satisfatórios com esse método, ao aferir a área foliar de folhas de acerola. Todavia, esses mesmos pesquisadores ressaltam que o método pode ser trabalhoso ao se avaliar grandes volumes de material.

Almeida e Chaves (2011) também observaram que houve um comportamento diferenciado entre métodos avaliados. Nesse trabalho foram utilizados: medidor automático de área foliar, planímetro, fotocópia, papel filtro e medidas de comprimento x largura, em espécies frutíferas. Os maiores valores de coeficiente de determinação foram obtidos utilizando o medidor automático para a videira e o planímetro para o araçazeiro e goiabeira, comprovando que existe certa variação de acordo com o método ou o material vegetal estudado.

Conforme pode ser observado na segunda época de cultivo (Figuras 4, 5 e 6), houve um encurtamento do ciclo de todos os genótipos. Provavelmente, os fatores ambientais aceleraram o metabolismo dos genótipos.

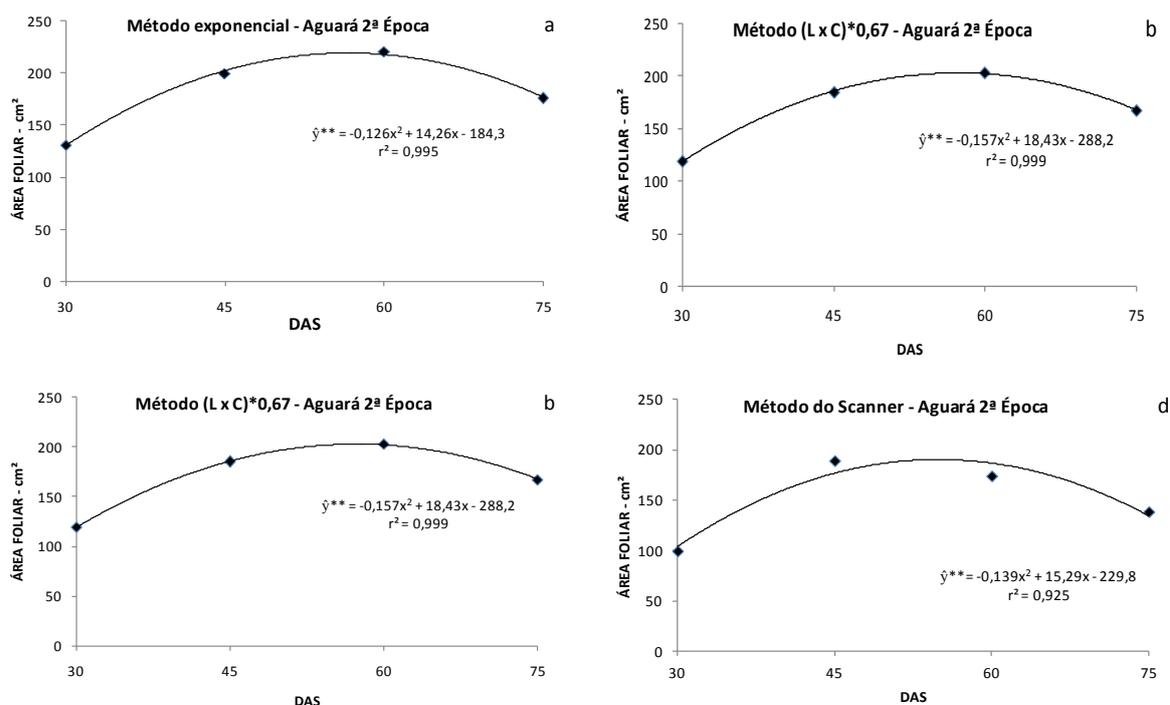


Figura 4 - Análises de regressão para a estimativa da área foliar do genótipo de girassol Aguará 30, 45, 60 e 75 DAS, através dos métodos: a) Modelo exponencial (MALDANER, 2009); b) Largura x Comprimento (Lx C)*0,67; c) Pontos e d) Scanner, na segunda época de semeadura.

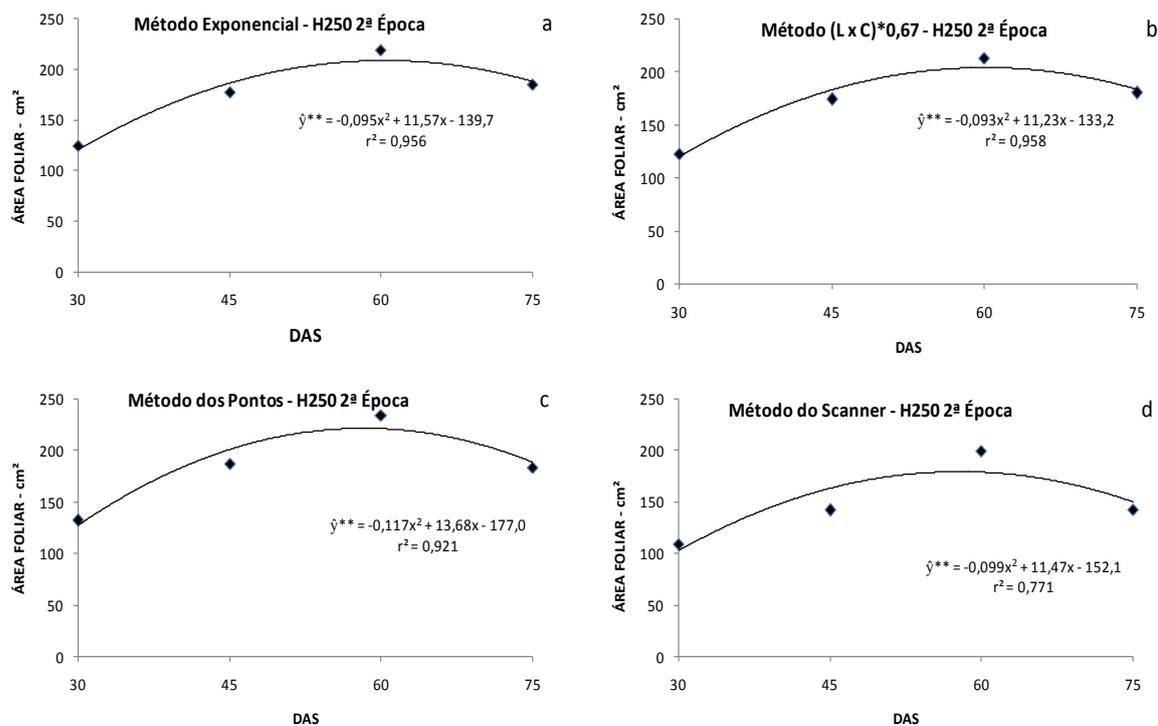


Figura 5 - Análises de regressão para a estimativa da área foliar do genótipo de girassol H250 30, 45, 60 e 75 DAS, através dos métodos: a) Modelo exponencial (MALDANER, 2009); b) Largura x Comprimento (LxC)*0,67; c) Pontos e d) Scanner, na segunda época de semeadura.

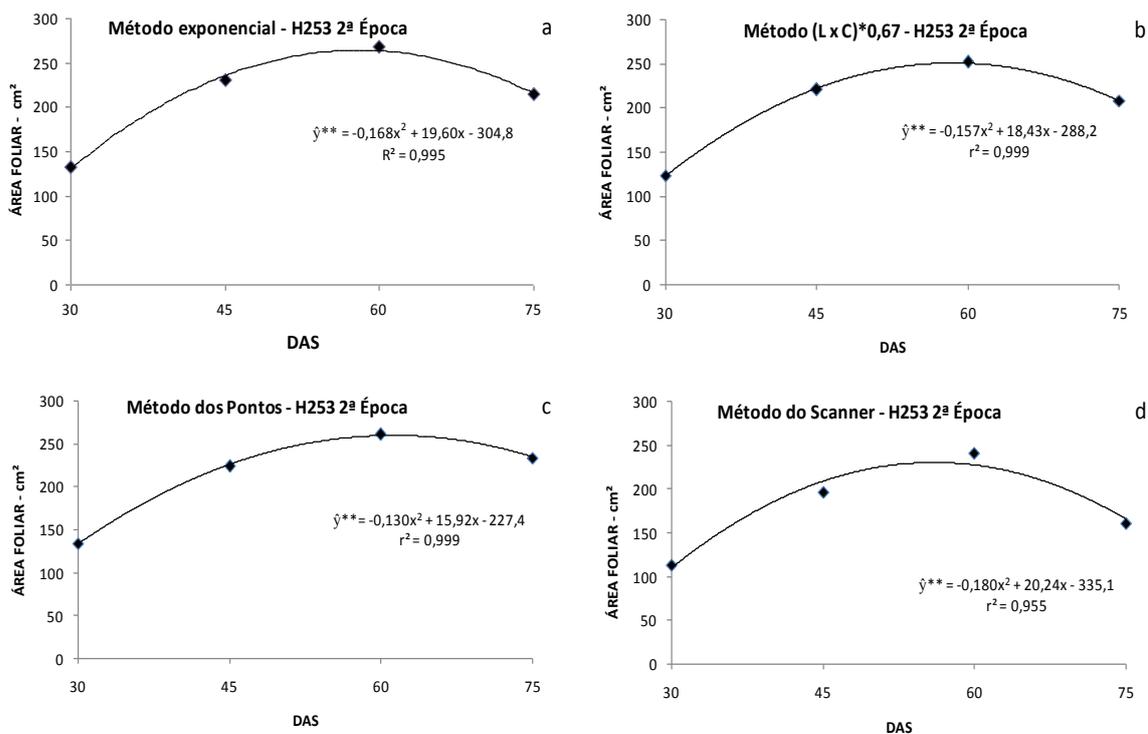


Figura 6 - Análises de regressão para a estimativa da área foliar do genótipo de girassol H253 30, 45, 60 e 75 DAS, através dos métodos: a) Modelo exponencial (MALDANER, 2009); b) Largura x Comprimento (LxC)*0,67; c) Pontos e d) Scanner, na segunda época de semeadura.

Na Tabela 2 encontram-se as equações obtidas na segunda época de cultivo com seus respectivos valores de máxima área foliar e a quantidade de Dias Após a Semeadura (DAS) onde as mesmas foram encontradas.

Tabela 2 - Equações, Máxima (Máx.) Área Foliar (AF) e respectivos DAS da AF Máx. encontrados na segunda época de cultivo para os genótipos Aguará, H250 e H253 pelos métodos: Modelo Exponencial (M. E.), Largura X Comprimento (LXC)*0,67, Pontos (Pon.) e Scanner (SCAN.).

Genótipo	Época	Método	Equação	r ²	AF cm ² Máx.	DAS AF Máx.
Aguará	2	M. E.	$\hat{y}^{**} = -0,126x^2 + 14,26x - 184,3$	0,99	219,17	58
Aguará	2	LXC	$\hat{y}^{**} = -0,157x^2 + 18,43x - 288,2$	0,99	252,87	59
Aguará	2	PON.	$\hat{y}^{**} = -0,123x^2 + 14,11x - 189,3$	0,96	215,36	57
Aguará	2	SCAN.	$\hat{y}^{**} = -0,139x^2 + 15,29x - 229,8$	0,92	190,66	57
H250	2	M. E.	$\hat{y}^{**} = -0,095x^2 + 11,57x - 139,7$	0,95	212,57	61
H250	2	LXC	$\hat{y}^{**} = -0,093x^2 + 11,23x - 133,2$	0,96	205,81	60
H250	2	PON.	$\hat{y}^{**} = -0,117x^2 + 13,68x - 177,0$	0,92	222,86	58
H250	2	SCAN.	$\hat{y}^{**} = -0,099x^2 + 11,47x - 152,1$	0,77	180,12	58
H253	2	M. E.	$\hat{y}^{**} = -0,168x^2 + 19,60x - 304,8$	0,99	267,00	58
H253	2	LXC	$\hat{y}^{**} = -0,157x^2 + 18,43x - 288,2$	0,99	252,67	59
H253	2	PON.	$\hat{y}^{**} = -0,130x^2 + 15,92x - 227,4$	0,99	260,00	61
H253	2	SCAN.	$\hat{y}^{**} = -0,180x^2 + 20,24x - 335,1$	0,95	233,87	57

Na segunda época de cultivo, como pode ser observado nas Figuras 4, 5 e 6 e na Tabela 2, houve diferença de similaridade para os métodos estudados. Para o genótipo Aguará o método do Scanner foi similar ao método dos pontos, assim como o ocorrido na primeira época de cultivo. Todavia, para os genótipos H250 e H253 o método do Scanner é similar ao método que utiliza as dimensões lineares (LXC) multiplicados pelo fator de correção (0,67) proposto no presente trabalho.

A tendência de ajuste das curvas para os métodos testados seguem os mesmos padrões dentro de cada genótipo, mas, se diferenciam de um genótipo para outro nas duas épocas de semeadura em que foram testados. Esse desempenho demonstra a diferença de cada material vegetal em sua época de cultivo, e ao mesmo tempo sinaliza o bom desempenho dos métodos em cada genótipo por seguirem as mesmas tendências. Esse mesmo desempenho foi observado por Maldaner (2009), ao obter e testar modelos matemáticos de estimativa da área do limbo foliar em função das suas dimensões lineares para os

genótipos de girassol Hélio 358 e Aguará 03 ao longo do ciclo da cultura em duas épocas de cultivo.

As dimensões do limbo foliar são alternativas viáveis e de fácil utilização para as estimativas de área foliar. Várias pesquisas têm demonstrado bons resultados, entre elas à proposta por: Adami et al. (2008), estudando a estimativa de área de folíolos de soja usando imagens digitais e dimensões foliares; Maldaner et al. (2009), aferindo modelos de determinação não-destrutivos de área foliar em girassol utilizando dimensões foliares e Cardoso et al. (2011) ao desenvolver equações capazes de estimar a área foliar de *crotalaria juncea* L. a partir de dimensões lineares do limbo foliar.

A maioria das pesquisas envolvendo métodos simples para obtenção da área foliar como os propostos no presente trabalho visa à redução da dificuldade na obtenção do material de alto valor aquisitivo, como os integradores digitais de difícil acesso a comunidade científica e aos produtores rurais.

A busca de métodos fáceis de serem executados, rápidos e não-destrutivos para a estimativa da área foliar com precisão torna-se importante para avaliar o crescimento das plantas nas condições de campo. Tais modelos de determinação de área foliar não destrutivos, geralmente são obtidos por modelos de regressão, baseados em medidas lineares do limbo foliar. Este tipo de abordagem vem amplamente sendo estudado em culturas anuais e perenes.

Assim como o método das medidas lineares, métodos como o dos pontos, planímetro, fotocópia, dos discos, são opções de fácil operação e de baixo valor aquisitivo disponíveis na literatura. De acordo com Cardoso et al. (2006), diversas são as formas de se medir a área foliar de um cultivo, porém muitas são inadequadas por serem destrutivas e/ou por dependerem de aparelhos disponíveis somente em laboratórios ou, ainda, por demandarem excessiva mão-de-obra para execução.

Godoy et al. (2007) também citam que os métodos clássicos de determinação da área foliar em culturas agrícolas consistem na medida da área foliar usando-se integradores de área portáteis, ou relações específicas entre determinadas medidas lineares da folha (i.e., largura, comprimento etc.) e sua área. Os integradores de área foliar são aparelhos precisos, não fabricados no Brasil e, por isso, são caros e de difícil manutenção. Além disso, alguns equipamentos têm dimensões que limitam a leitura em folhas de grande tamanho.

Segundo Monteiro et al. (2005), a vantagem de métodos como o dos Pontos e das Dimensões Lineares, é a possibilidade de uso mínimo de recursos, além de esses métodos poderem ser utilizados como não destrutivos. Para Maldaner et al. (2009), esses métodos são capazes de difundir de forma fácil e rápida e com baixo valor aquisitivo as medições de área foliar para diversas culturas.

Sendo assim, pode-se afirmar que a utilização de métodos simples e de fácil aquisição como o dos pontos e das dimensões lineares, na aferição da área foliar de uma espécie de importância econômica como a do girassol, podem ser utilizados com alto grau de exatidão.

CONCLUSÕES

A utilização de métodos simples e de fácil aquisição como os métodos dos Pontos e das Dimensões Lineares podem ser utilizados com alto grau de exatidão em substituição ao método padrão do Scanner para medidas de área foliar na cultura do girassol.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, R. L. S.; CHAVES, L. H. G. Análise do crescimento de mudas de cacau ccn-51. **Revista Verde**, v.6, n.1, p. 196-200, 2011

ADAMI, M.; HASTENREITER, F. A.; FLUMIGNAN, D. L. et al. Estimativa de área de folíolos de soja usando imagens digitais e dimensões foliares. **Bragantia**, v.67, n.4, p.1053-1058, 2008.

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.

CAIRO, P. A. R.; OLIVEIRA, L. E. M.; MESQUITA, A. C. **Análise de crescimento de plantas**. 1 ed. Edições UESB, 2008. p. 65.

CARDOSO, G. D.; ALVES, P. L. C. A.; BELTRÃO, N. E. M. et al. Uso da análise de crescimento não destrutiva como ferramenta para avaliação de cultivares. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v.6, n. 2, p. 79-84, 2006.

CARDOZO, N. P., PARREIRA, M. C., AMARAL, C. L. et al. Estimativa da área foliar de *crotalaria juncea* l. a partir de dimensões lineares do limbo foliar. **Bioscience Journal**, v. 27, n. 6, p. 902-907. 2011.

EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa de Soja. 2010. **Girassol: sistemas de produção**. Documentos. Disponível em: < http://www.cnpso.embrapa.br/index.php?oppage=54ecod_pai=38 >. Acesso em: 12 de fevereiro de 2013.

FAVARIN, J. L.; DOURADO NETO, D.; GARCIA, A. G. et al. Equações para a estimativa do índice de área foliar do cafeeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, n.6, p.769-773, 2002.

FERREIRA, D.F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium**, Recife, v.6, n.2, p.36-41, 2008.

FIDELES FILHO, J.; BELTRÃO, N. E. M.; PEREIRA, A. S. Desenvolvimento de uma régua para medidas de área foliar do algodoeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, n.7, p.736–741, 2010.

GODOY, L. J. G. et al. Análise da imagem digital para estimativa da área foliar em plantas de laranja "Pêra". **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 29, n .3, 2007.

LIMA, C. J. G. S.; OLIVEIRA, F. A.; MEDEIROS, J. F. et al. Modelos matemáticos para estimativa de área foliar de feijão caupi. **Caatinga**, v. 21, n.2, p. 120-127, 2008.

LUCENA, R. R. M.; BATISTA, T. M. V.; DOMBROSKI, J. L. D. et al. Medição de área foliar em aceroleira. **Revista Caatinga**, v. 24, n.2, p.40-45, 2011.

MALDANER, I. C.; HELDWEIN, A. B.; LOOSE, L. H. et al. Modelos de determinação não-destrutiva da área foliar em girassol. **Ciência Rural**, v.39, n.5, p.1356-1361, 2009.

MARACAJÁ, P. B.; MADALENA, J. A. S da.; ARAÚJO E de. et al. Estimativa de Área Foliar de Juazeiro por Dimensões Lineares do Limbo Foliar. **Revista Verde**, v.3, n.4, p.0-5. 2008.

MONTEIRO, J.E. B. A., SENTELHAS, P. C., CHIAVEGATO, E. J. et al. Estimação da área foliar do algodoeiro por meio de dimensões e massa das folhas. **Bragantia**, v.64, n.1, p.15-24, 2005.

NOBRE, R. G.; GHEYI, H. R.; CORREIA, K. G. et al. Crescimento e floração do girassol sob estresse salino e adubação nitrogenada. **Revista Ciência Agronômica**, v. 41, n. 3, p. 358-365, 2010.

PEIXOTO, C. P.; PEIXOTO, M. F. S. P. **Dinâmica do crescimento vegetal: princípios básicos**. In: Tópicos em Ciências Agrárias - Cruz das Almas, BA: Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas, 2009. p. 37-53.

PEIXOTO, C. P.; CRUZ, T. V.; PEIXOTO, M. F. S. P. Análise quantitativa do crescimento de plantas: Conceitos e Prática. **Enciclopédia biosfera**, v.7, n.13, p. 51-76, 2011.

PEKSEN, E. Non-destructive leaf area estimation model for faba bean (*Vicia faba* L.) **Scientia Horticulturae**, v.113, n.1, p.322- 328, 2007.

ROUPHAEL, Y.; COLLA, G.; FANASCA, S. et al. Leaf area estimation of sunflower leaves from simple linear measurements. **Photosynthetica**, v.45, n.2, p.306-308, 2007.

SEVERINO, L. S.; CARDOSO, G. D.; VALE, L. S. do et al. Método para determinação da área foliar da mamoneira. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, v.8, n.1, p. 753-762, 2004.

CAPÍTULO 2

RÉGUA PARA MEDIDAS DE ÁREA FOLIAR EM PLANTAS DE GIRASSOL ²

² Artigo a ser ajustado e submetido ao Comitê Editorial do periódico PAB

RÉGUA PARA MEDIDAS DE ÁREA FOLIAR EM PLANTAS DE GIRASSOL

Autor: José Augusto Reis Almeida

Orientador: Prof. Dr. Clovis Pereira Peixoto

Co-orientador: Profa. Dra. Adriana Rodrigues Passos

Resumo: O objetivo desse trabalho foi desenvolver e validar uma régua linear que possibilite, de maneira rápida, não destrutiva e diretamente no campo, a determinação da área foliar em plantas de girassol. O experimento foi instalado na estação experimental da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - UFRB, no *Campus* de Cruz das Almas. Foram utilizados os genótipos H250, H253 e Aguará, conduzidos em sistema plantio direto. O material vegetal utilizado na primeira etapa foi o genótipo de girassol Aguará definido para a confecção da régua, e na segunda etapa os genótipos H250, H253 e Aguará. Aos 90 dias após a semeadura (DAS) na primeira época de cultivo (Primeira etapa), amostras de folhas de 10 plantas de girassol foram coletadas das quais foram retiradas todas as folhas para composição da amostragem e, em seguida, foi medido o comprimento da nervura principal de cada folha. As áreas das folhas amostradas foram determinadas com o método dos discos foliares. Os dados coletados foram submetidos à análise de regressão, conforme o modelo logaritmo $\log(Y) = a + b \log(X)$, em que Y representará a área foliar, e X o comprimento da folha, e a e b, são os coeficientes da equação, obtendo-se a equação para a confecção da régua. Na segunda etapa foram utilizados para testar a régua, o genótipo Aguará como testemunha, e os genótipos H250 e H253. Aos 90 DAS da segunda época de cultivo (Segunda etapa). As áreas das folhas foram medidas com a régua desenvolvida na primeira etapa e os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância. A área foliar dos genótipos de girassol estudados pode ser medida de forma não destrutiva, rápida, precisa e de forma simples com a utilização da régua linear desenvolvida. A régua linear pode ser recomendada para medidas de área foliar de genótipos de girassol, podendo medir a área do limbo foliar de forma não destrutiva diretamente no campo.

Palavras-chave: Avaliação, folhas, *helianthus annuus* L., IAF.

RULER MEASURES FOR LEAF AREA IN SUNFLOWER PLANTS

Author: José Augusto Reis Almeida

Advisor: Prof. Dr. Clovis Pereira Peixoto

Co Advisor: Profa. Dra. Adriana Rodrigues Passos

Abstract: The aim of this study was to develop and validate a linear rule that allows, for fast, non-destructive and directly in the field, the determination of leaf area in sunflower. The experiment was conducted at the Experimental Station of the Federal University of Bahia Reconcavo - UFRB, *Campus Cruz das Almas*. Genotypes were used H250, H253 and Aguará conducted in tillage. The plant material used in the first step was the genotype of sunflower Aguará set for the making of the ruler, and the second stage genotypes H250, H253 and Aguará. At 90 days after sowing (DAS) in the first growing season (first stage), leaf samples of 10 sunflower plants were collected of which were taken all the leaves to the composition of the sample, and then measured the length of midrib of each leaf. The areas of the sampled leaves were determined with the method of leaf discs. The collected data were subjected to regression analysis, as the model logarithm, where Y represents the leaf area, and X the length of the sheet, and a and b are coefficients of the equation, obtaining the equation for the preparation of the ruler. In the second stage were used to test the ruler, as a witness Aguará genotype, and genotypes H250 and H253. At 90 DAS of the second growing season (second phase). The areas of the leaves were measured with a ruler developed in the first stage and the results were submitted to analysis of variance. The leaf area of sunflower genotypes studied can be measured non-destructively, fast, accurate and simple way using the linear rule developed. The rule can be recommended for linear measures leaf area of sunflower genotypes, can measure the area of the leaf nondestructively directly in the field.

Keywords: Evaluation, leaves, *helianthus annuus* L., IAF.

INTRODUÇÃO

As técnicas de análise de crescimento se apresentam como ferramenta válida para estudar as bases fisiológicas da produção e, por evidência, a influência exercida pelas variáveis ambientais, genéticas e agronômicas. A análise de crescimento se baseia, fundamentalmente, no fato de que cerca de 90% da matéria seca acumulada pelas plantas ao longo do seu crescimento resultam da atividade fotossintética (BLACKMAN, 1968; BENINCASA, 2003; PEIXOTO e PEIXOTO, 2009; PEIXOTO et al., 2011).

Vários autores destacam a importância da medição da área foliar e do índice de área foliar como parâmetros da análise de crescimento, dentro da experimentação em fitotecnia (SEVERINO et al., 2004; CAIRO et al., 2008). Eles explicam que esses parâmetros permitem ao pesquisador obter indicativo de resposta de tratamentos aplicados e lidar com uma variável que se relaciona diretamente com a capacidade fotossintética e de interceptação da luz.

A área foliar de uma cultura é conhecida como sendo uma variável indicativa de produtividade, pois o processo fotossintético depende da interceptação da energia luminosa e da sua conversão em energia química (FAVARIN et al., 2002). Para Almeida e Chaves (2011), a superfície foliar de uma planta é base do rendimento de uma cultura.

O índice de área foliar (IAF) é a relação funcional existente entre a área foliar (AF) e a área do terreno ocupada pela cultura. O processo fotossintético depende da interceptação da luz e sua conversão em energia química, portanto, o IAF pode ser considerado um parâmetro indicativo de produtividade e é uma medida necessária para a maioria dos estudos agronômicos e fisiológicos envolvendo crescimento vegetal (ADAMI et al., 2008). O conhecimento do IAF também pode ser útil na avaliação de várias práticas culturais como densidade de plantio, adubação, irrigação, poda e aplicação de defensivos (FAVARIN et al., 2002);

Conforme Roupheal et al. (2007), a área foliar está intimamente relacionada com os processos fisiológicos incluindo crescimento, fotossíntese, transpiração, interceptação solar e o balanço de energia. Diversos outros autores têm ressaltado a importância do estudo da área foliar em culturas de grande

importância econômica, dentre eles podemos citar: Favarin et al. (2002), Blanco e Folegatti (2005), Peksen (2007); Adami et al. (2008) e Maldener et al. (2009).

As estimativas de área foliar (AF) podem ser realizadas por métodos diretos ou indiretos e destrutivos ou não destrutivos. Os métodos indiretos são baseados na correlação conhecida entre a variável medida e a AF e são todos não destrutivos. Já os métodos diretos podem alternar em relação à destruição ou não da amostra experimental podendo ser destrutivos ou não destrutivos.

Segundo Fideles Filho et al. (2010), a área foliar pode ser medida ou estimada por métodos destrutivos e não destrutivos. Os métodos destrutivos pressupõem colheitas destrutivas de amostras de plantas e da medição da sua área foliar real no laboratório em medidores de área foliar. Para Maracajá et al. (2008), esses métodos consomem muito tempo, tendo a grande desvantagem de provocar a destruição de superfície fotossintética, não permitindo o acompanhamento da evolução da área foliar, ao longo do ciclo na mesma planta.

Para muitos autores, as dimensões do limbo foliar são alternativas viáveis e de fácil utilização para as estimativas de área foliar. Várias pesquisas têm demonstrado bons resultados, entre elas à proposta por: Adami et al. (2008), estudando a estimativa de área de folíolos de soja usando imagens digitais e dimensões foliares; Maldaner et al. (2009), aferindo modelos de determinação não-destrutivos de área foliar em girassol utilizando dimensões foliares e Cardozo et al. (2011) ao desenvolver equações capazes de estimar a área foliar de *crotalaria juncea* L. a partir de dimensões lineares do limbo foliar.

Fideles Filho et al. (2010) utilizando as dimensões lineares das folhas de genótipos de algodão, assim como, Grimes e Carter (1969), conseguiram desenvolver e validar uma régua simples e prática, capaz de medir diretamente no campo a área do limbo foliar. A maioria das pesquisas envolvendo métodos simples para obtenção da área foliar visa à redução da dificuldade na obtenção do material de alto valor aquisitivo, como os integradores digitais de difícil acesso a comunidade científica e aos produtores rurais.

Severino et al. (2004) destacam a importância da medição da área foliar, dentro da experimentação em fitotecnia, como ação que permite ao pesquisador obter indicativo de resposta de tratamentos aplicados e lidar com uma variável que se relaciona diretamente com a capacidade fotossintética e de interceptação da luz.

A área foliar de uma cultura é conhecida como sendo uma variável indicativa de produtividade, pois o processo fotossintético depende da interceptação da energia luminosa e da sua conversão em energia química (Favarin et al., 2002). Para Maracajá et al. (2008), a superfície foliar de uma planta é base do rendimento de uma cultura. Segundo Fideles Filho et al. (2010), a área foliar pode ser medida ou estimada por métodos destrutivos e não destrutivos.

Os métodos destrutivos pressupõem colheitas destrutivas de amostras de plantas e da medição da sua área foliar real no laboratório em medidores de área foliar. Para Adami et al. (2008), esses métodos consomem muito tempo, tendo a grande desvantagem de provocar a destruição de superfície fotossintética, não permitindo o acompanhamento da evolução da área foliar, ao longo do ciclo na mesma planta.

Dessa forma, objetivou-se, desenvolver e validar uma régua linear que possibilite, de maneira rápida e não destrutiva e diretamente no campo, a determinação da área foliar em genótipos de girassol.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na estação experimental da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - UFRB, no Campus de Cruz das Almas, situado a 12°40'19" de latitude sul e 39°06'22" de longitude oeste do Meridiano de Greenwich, tendo 220 m de altitude, na safra 2011. Foram utilizados os genótipos de girassol H250, H253 e Aguará, conduzidos em sistema de plantio direto.

A pesquisa foi desenvolvida em duas etapas. O material vegetal utilizado na primeira etapa foi a cultivar de girassol Aguará definido para a confecção da régua, e na segunda etapa os genótipos H250, H253 e Aguará para testar e validar a régua.

Aos 90 dias (primeira etapa) após a semeadura (DAS) da cultura amostras de folhas de 10 plantas de girassol foram coletadas das quais foram retiradas todas as folhas para composição da amostragem e, em seguida, foi medido com o auxílio de uma régua milimetrada o comprimento da nervura principal de cada folha (FIDELES FILHO et al., 2010). O comprimento das folhas foi medida como a distância entre o ponto de inserção do pecíolo no limbo foliar e a extremidade oposta da folha (Figura 1), com o auxílio de uma régua milimetrada.

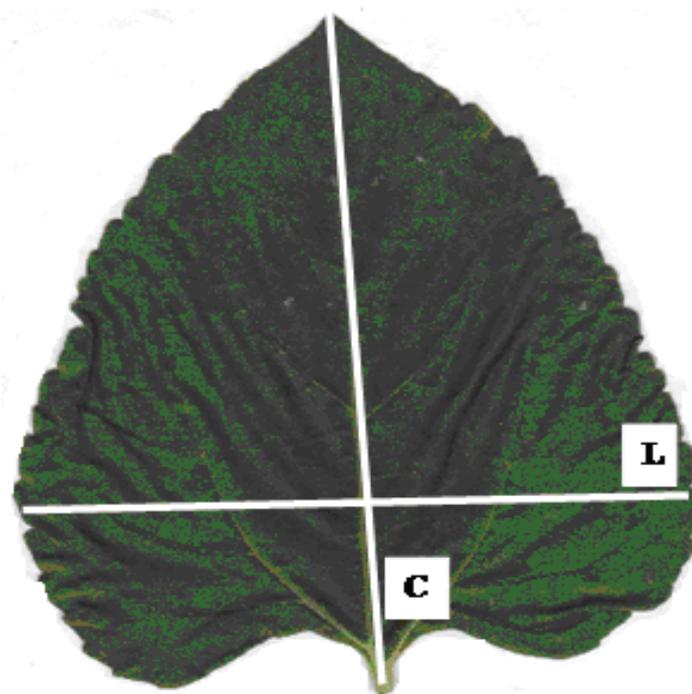


Figura 1 - Medidas lineares obtidas nas folhas de girassol: limbo foliar com comprimento (C) e largura (L).

As áreas das folhas amostradas foram determinadas com a retirada de discos foliares com um vazador metálico (extrator de área conhecida), também conhecido como método dos discos foliares. Os discos foram retirados de todas as folhas frescas e posteriormente foram submetidos à secagem em estufa de ventilação forçada a 65°C. Após 72 horas os discos foram pesados em balança analítica. A área foliar foi estimada pela fórmula $AF = (MSFXAD / MSD)$, onde: AF é a área foliar estimada pelo método; MSF é a massa seca da folha; AD é a área conhecida do disco retirado da folha (1,78 cm²); e MSD é a massa seca dos discos) (CAIRO et al., 2008 e PEIXOTO et al., 2011).

Os dados coletados foram submetidos à análise de regressão, conforme o modelo logaritmo proposto por Grimes e Carter (1969), de acordo com a Equação 1:

$$\log(Y) = a + b \log(X) \quad (1)$$

em que Y representará a área foliar, e X o comprimento da folha, e a e b, coeficientes da equação, obtendo-se a equação para a confecção da régua.

Na segunda etapa foram utilizados para testar a régua, o genótipo Aguará como testemunha, e os genótipos H250 e H253. Aos 90 DAS da segunda época de cultivo (Segunda etapa) as áreas das folhas foram medidas com a régua desenvolvida na etapa anterior. Em seguida, foram coletadas as folhas, ou seja, as mesmas que foram medidas com a régua para se determinar a área através dos discos foliares para que fossem comparadas com os valores obtidos pela régua.

Para aferição e teste da régua desenvolvida, obtiveram-se 390 folhas dos genótipos de girassol, sendo 130 folhas do genótipo Aguará (Utilizado para desenvolvimento da régua), 130 folhas do genótipo H250 e 130 folhas do genótipo H253.

Os dados foram submetidos à análise de variância a 5% de probabilidade através do software estatístico Sisvar (FERREIRA, 2008).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As medidas do comprimento das folhas coletadas aos 90 DAS e as respectivas áreas das folhas obtidas por meio do método dos discos foliares, foram submetidas à análise de regressão, onde se observou alto grau de correlação. A análise de regressão foi estatisticamente significativa ($y^{**} = 3,2213x - 1,7807$) pelo teste F, ($P < 0,01$), com elevado (0,963) coeficiente de determinação (Figura 2).

Para a obtenção de estimativas de alto grau de relevância pela equação desenvolvida, torna-se necessário alta correlação entre a área medida pelo método dos discos foliares e o modelo adotado em que se utiliza apenas o comprimento da folha. A regressão obtida com a relação entre a área das folhas e o comprimento do limbo principal das folhas de girassol, é apresentada na figura 2.

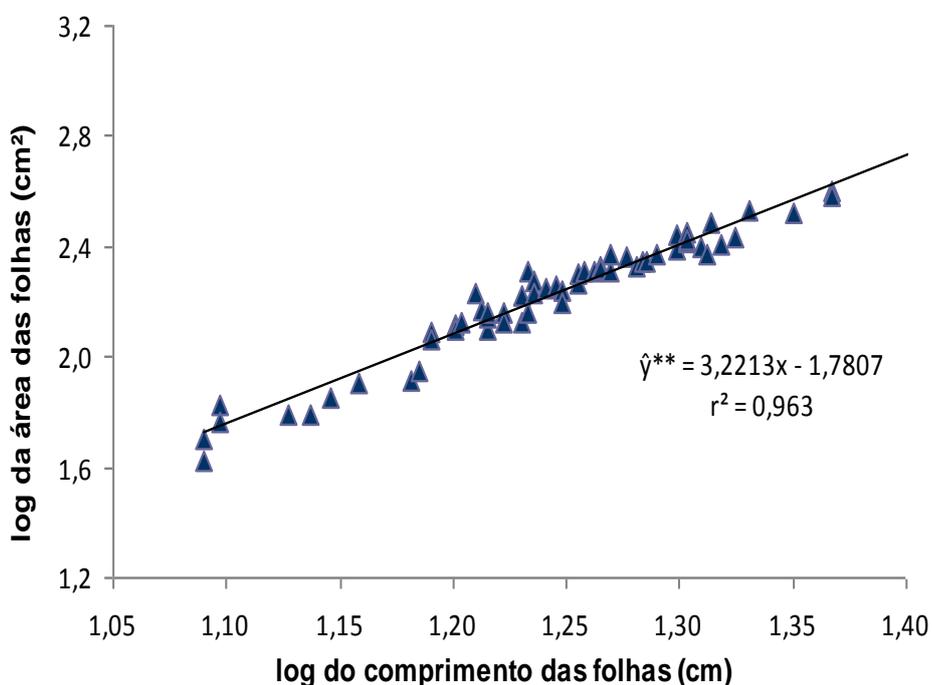


Figura 2 - Relação entre área foliar (cm²) e o comprimento (cm) do limbo foliar do genótipo de girassol Aguará.

A equação de regressão da área das folhas em relação ao seu comprimento, na forma de logaritmo, é dada por:

$$\text{Log}(y) = -1,7807 + \log(x)^{3,2213} \quad (2)$$

em que Y corresponde à área foliar (AF) e X ao comprimento da nervura principal da folha.

Resolvendo a Eq. 2 para a fórmula potencial:

$$y = 0,01657(x)^{3,2213} \quad (3)$$

$$x = 3,57(y)^{0,3104} \quad (4)$$

A Equação (4) é obtida da (3), pela solução de X por termos de Y. À distância X é agora determinada nos valores selecionados de Y.

Foram determinadas a partir das equações (3) e (4), as escalas da régua, pelas quais as medidas da área do limbo foliar do girassol podem ser realizadas em função do comprimento do limbo principal das folhas diretamente no campo, sem que ocorra a destruição das plantas, utilizando-se a régua apresentada na Figura 3. A régua pode ser basicamente dividida da seguinte forma: a escala inferior da régua é dada em centímetros (cm) (comprimento do limbo principal das folhas), enquanto a escala superior é dada em centímetros quadrados (cm²) (Área foliar da cultura dada diretamente).

Mesmo com a facilidade imposta pelo aparelho desenvolvido, Fideles Filho et al. (2010) explicam que apesar da medição do comprimento da nervura principal ser tarefa fácil e rápida, a estimativa da área foliar total de uma cultura ainda se torna morosa, caso se queira medir todas as folhas, principalmente quando as plantas estiverem em plena atividade fotossintética e a depender do grau de desenvolvimento da planta.

Todavia, pode-se afirmar, que assim como encontrado por Fideles Filho et al. (2010) na cultura do algodão, a régua apresentada na Figura 3 permite a obtenção da leitura direta e não destrutiva da área foliar de cada folha individual de uma planta de girassol no campo sem que seja necessária sua destruição, na qual se tem a relação entre a área foliar e o comprimento das folhas.

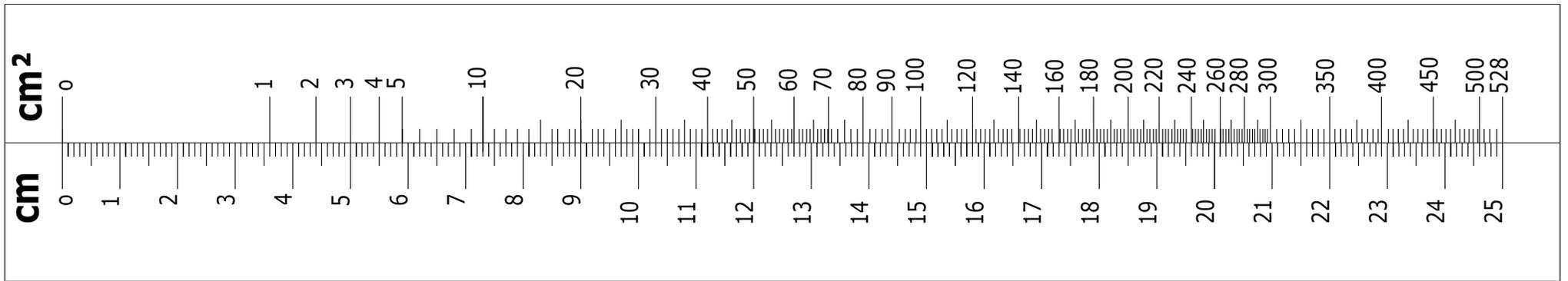


Figura 3 - Régua Linear elaborada através da relação entre o comprimento do limbo foliar do genótipo de girassol Aguará, e sua área calculada pelo método dos discos foliares (escala em cm e cm², respectivamente).

Os resultados das análises de variância dos dados médios das áreas foliares dos genótipos de girassol medidos com a régua linear e com os discos foliares estão descritos na Tabela 1. Observa-se que não houve efeito estatisticamente significativo entre as medições realizadas para ambos os métodos dentro dos genótipos testados ($P > 0,05$), pelo teste F, nos três genótipos estudados. As áreas foliares ao se utilizarem à régua linear e o método dos discos foliares para os três genótipos de girassol não se mostraram estatisticamente diferentes.

Tabela 1. Análise de variância das médias das áreas foliares dos genótipos de girassol medidos com a régua linear e com os discos foliares.

Causas da Variação	G.L.	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	Test F
Régua Linear				
Tratamentos	2	26.676,0912	13.338,0456	0,224 ns
Resíduos	51	453.564,2476	8.537.1993	-
Total	53	480.240,3388	-	-
CV (%)	29,26	-	-	-
Discos Foliares				
Tratamentos	2	18.693,4397	9.346,7198	0,058 ns
Resíduos	51	159.030,6211	3.026,8697	-
Total	53	177.724,0608	-	-
CV (%)	18,26	-	-	-

“ns” indica que não existem diferenças significativas, pelo teste F a nível de 5% de probabilidade.
 “CV” significa: Coeficiente de Variação.

Deste modo, a régua linear desenvolvida para realizar as medidas de área foliar das folhas dos genótipos de girassol, pode ser recomendada para fazer medidas diretamente no campo dos genótipos de girassol avaliados. O método em questão não pode ser indicado para outras culturas com folhas com formatos diferentes, sem que antes o mesmo método seja testado..

Os resultados da Análise de variância (ANAVA) das médias das áreas foliares dos genótipos de girassol medidos entre a régua linear e os discos foliares, estão apresentados na Tabela 2. Nessa análise, também pode se observar que não houve efeito estatisticamente significativo entre as medições realizadas para ambos os métodos dentro dos três genótipos ($P > 0,05$), pelo teste F da ANAVA.

Tabela 2. Análise de variância das médias das áreas foliares dos genótipos de girassol medidos entre a régua linear e os discos foliares.

Causas da Variação	G.L.	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	Test F
Tratamentos	1	260,9641	260,9641	0,347 ns
Resíduos	4	3.004,9533	751,2383	-
Total	5	3.265,9174	-	-
CV (%)	24,83	-	-	-

ns” indica que não existem diferenças significativas, pelo teste F a nível de 5% de probabilidade. “CV” significa: Coeficiente de Variação.

Sendo assim, verificou-se que a média da área das folhas dos três genótipos de girassol medidas com a régua linear, não diferiu estatisticamente da área média medida com o método dos discos foliares, o que confirma a utilização da régua linear para medida direta e não destrutiva da área das folhas desses genótipos diretamente no campo, com facilidade e exatidão.

Na Figura 4 estão apresentadas as médias das áreas das folhas dos três genótipos de girassol. Notou-se que os testes realizados não detectaram diferenças significativas entre as médias obtidas pela régua e pelo método dos discos foliares. Pode-se observar ainda, na Figura 4, que para todos os genótipos os métodos seguem as mesmas tendências, não detectando diferenças estatísticas.

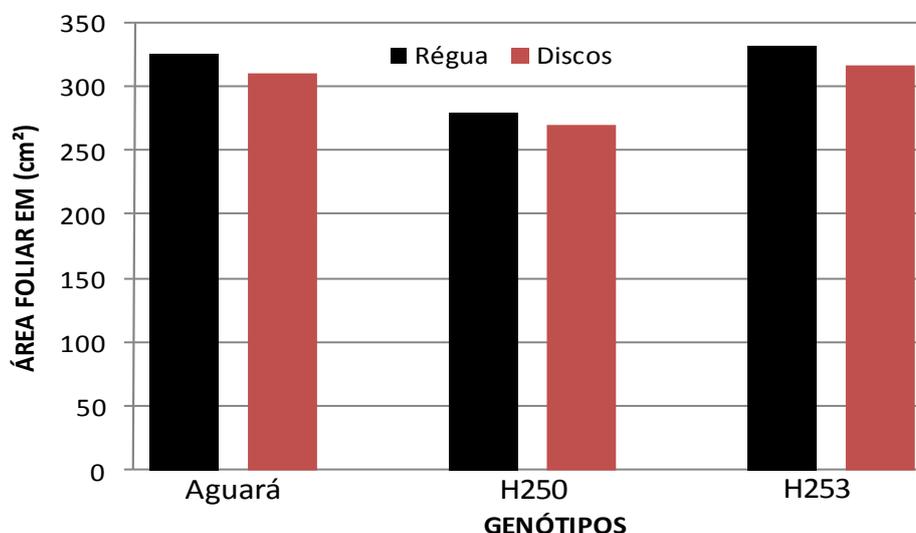


Figura 4. Variação das médias das áreas foliares dos três genótipos de girassol testados, utilizando os dois métodos.

Os genótipos estudados, apesar de serem distintos, têm as folhas com o formato similar e o mesmo ciclo de crescimento. Fideles Filho et al. (2010) trabalhando com quatro genótipos de algodão com folhas de formato cordiformes e planofilares, também conseguiram validar uma régua linear para a cultura em questão. Nesse trabalho, assim como o proposto, não foi observado diferenças estatísticas entre os genótipos que tiveram as folhas medidas com a régua linear e com o planímetro, utilizado com método padrão para validar e desenvolver a régua.

Existem vários métodos para se obter a área do limbo foliar das culturas. Na maioria das vezes são de altos valores aquisitivos ou de difíceis aplicações. Quando não são usados integradores de área foliar de complicado acesso e uso até mesmo para a comunidade acadêmica, pode-se lançar mão de métodos alternativos como: pontos, planímetro, fotocópias, discos, que são opções de fácil operação e de baixo valor aquisitivo disponíveis na literatura. Todavia, podem ser trabalhosos quando se tem grande volume de material e algumas vezes podem necessitar da destruição das amostras experimentais.

A busca de métodos fáceis de serem executados, rápidos e não-destrutivos que estimem a área foliar com exatidão torna-se importante para avaliar o crescimento das plantas nas condições de campo. Para Monteiro et al. (2005), estes métodos trazem como vantagem o fato de que as amostragens poderão ser executadas com as mesmas plantas durante o seu ciclo de desenvolvimento reduzindo o erro experimental associado com procedimentos de amostragens destrutivas.

Para Adami et al. (2008), a determinação de área foliar pode ser realizada por métodos diretos ou indiretos. Os métodos diretos e não destrutivos são aqueles que utilizam medições realizadas diretamente nas folhas, sempre dão os resultados na maioria das vezes de forma imediata e não destroem o material estudado. Já os métodos indiretos são todos não destrutivos e baseiam-se na correlação conhecida entre a variável medida e área foliar, mas, por vezes, necessitam de cálculos posteriores para gerar resultados dificultando um pouco o trabalho experimental.

De acordo com Fideles Filho et al. (2010), a vantagem de se utilizar o método da régua linear é que o mesmo tem a possibilidade de uso com um

mínimo de recursos, além de ser utilizado como método não destrutivo e possibilitar medidas posteriores no material inicial. Grimes e Carter (1969) assim como Fideles Filho et al. (2010), trabalhando com a cultura do algodão testaram essa metodologia e obtiveram êxito no desenvolvimento de régua lineares. Os trabalhos foram com a mesma cultura, porém, com material vegetal distinto e aperfeiçoado em seguida.

A grande vantagem de se utilizar o método da régua linear é que o mesmo tem a possibilidade de uso com um mínimo de recursos, além de ser utilizado como método não destrutivo. Em trabalhos futuros é possível avaliar alternativas em métodos mais simples que exijam menor número de medidas, facilitando ainda mais os trabalhos que necessitam das tomadas de área foliar.

Dessa forma, a régua linear desenvolvida pode ser recomendada para medidas de área foliar de genótipos de girassol com folhas no formato de coração, podendo medir de forma não destrutiva, com rapidez e exatidão e de forma simples e diretamente no campo a área do limbo foliar.

CONCLUSÕES

A régua linear desenvolvida consegue estimar com rapidez, precisão e de forma simples a área do limbo foliar dos genótipos de girassol a partir da medida de comprimento de suas folhas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, R. L. S.; CHAVES, L. H. G. Análise do crescimento de mudas de cacau ccn-51. **Revista Verde**, v.6, n.1, p. 196-200, 2011

ADAMI, M.; HASTENREITER, F. A.; FLUMIGNAN, D. L. et al. Estimativa de área de folíolos de soja usando imagens digitais e dimensões foliares. **Bragantia**, v.67, n.4, p.1053-1058, 2008.

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

BLACKMAN, G. E. The application of the concepts of growth analysis to the assessment of productivity. In. ECKARDT, F. E. (Ed.). **Functioning on terrestrial ecosystems at the primary production level**. Paris: UNESCO, 1968. p. 243-259.

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.

CAIRO, P. A. R.; OLIVEIRA, L. E. M.; MESQUITA, A. C. **Análise de crescimento de plantas**. 1 ed. Edições UESB, 2008. p. 65.

CARDOSO, G. D.; ALVES, P. L. C. A.; BELTRÃO, N. E. M. et al. Uso da análise de crescimento não destrutiva como ferramenta para avaliação de cultivares. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v.6, n. 2, p. 79-84, 2006.

CARDOZO, N. P., PARREIRA, M. C., AMARAL, C. L. et al. Estimativa da área foliar de *crotalaria juncea* l. a partir de dimensões lineares do limbo foliar. **Bioscience Journal**, v. 27, n. 6, p. 902-907. 2011.

FAVARIN, J. L.; DOURADO NETO, D.; GARCIA, A. G. et al. Equações para a estimativa do índice de área foliar do cafeeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, n.6, p.769-773, 2002.

FERREIRA, D.F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium**, Recife, v.6, n.2, p.36-41, 2008.

FIDELES FILHO, J.; BELTRÃO, N. E. M.; PEREIRA, A. S. Desenvolvimento de uma régua para medidas de área foliar do algodoeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, n.7, p.736–741, 2010.

GRIMES, D. W.; CARTER, L. M. A linear rule for direct nondestructive leaf area measurements. **Agronomy Journal**, v.3, n.61, p.477-479, 1969.

MALDANER, I. C.; HELDWEIN, A. B.; LOOSE, L. H. et al. Modelos de determinação não-destrutiva da área foliar em girassol. **Ciência Rural**, v.39, n.5, p.1356-1361, 2009.

MARACAJÁ, P. B.; MADALENA, J. A. S da.; ARAÚJO E de. et al. Estimativa de Área Foliar de Juazeiro por Dimensões Lineares do Limbo Foliar. **Revista Verde**, v.3, n.4, p.0-5. 2008.

PEIXOTO, C. P.; PEIXOTO, M. F. S. P. **Dinâmica do crescimento vegetal: princípios básicos**. In: Tópicos em Ciências Agrárias - Cruz das Almas, BA: Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas, 2009. p. 37-53.

PEIXOTO, C. P.; CRUZ, T. V.; PEIXOTO, M. F. S. P. Análise quantitativa do crescimento de plantas: Conceitos e Prática. **Enciclopédia biosfera**, v.7, n.13, p. 51-76, 2011.

PEKSEN, E. Non-destructive leaf area estimation model for faba bean (*Vicia faba* L.) **Scientia Horticulturae**, v.113, n.1, p.322- 328, 2007.

ROUPHAEL, Y.; COLLA, G.; FANASCA, S. et al. Leaf area estimation of sunflower leaves from simple linear measurements. **Photosynthetica**, v.45, n.2, p.306-308, 2007.

SEVERINO, L. S.; CARDOSO, G. D.; VALE, L. S. do et al. Método para determinação da área foliar da mamoneira. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, v.8, n.1, p. 753-762, 2004.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

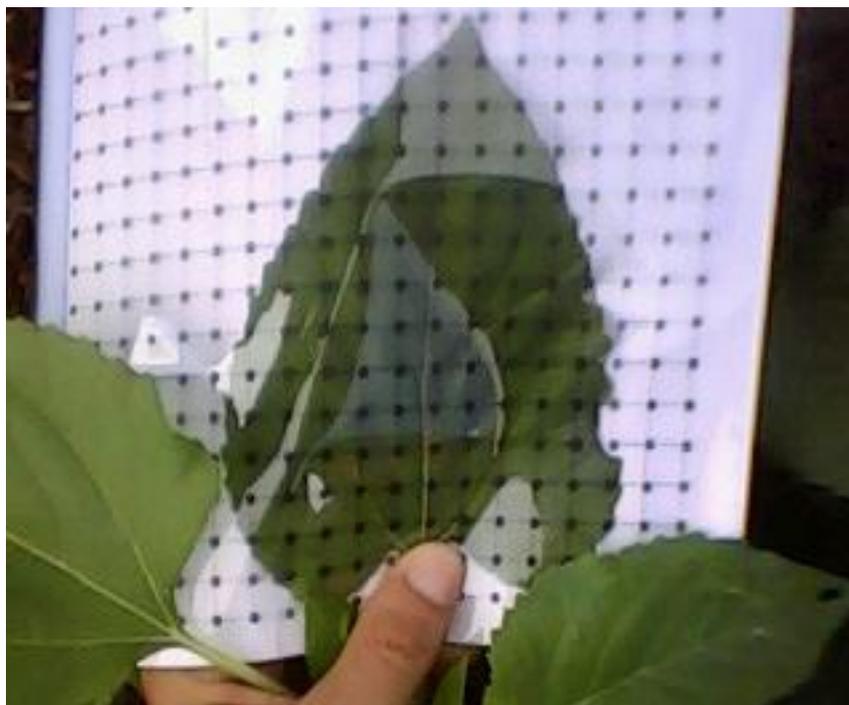
Os estudos realizados demonstram que as utilizações de métodos simples e fáceis de serem utilizados no campo podem ser muito úteis, ágeis e terem alto grau de exatidão na aferição da área foliar de uma cultura de grande importância econômica como a do girassol.

Apesar de que o método da régua linear possa ter sua confecção dificultada por cálculos às vezes complexos, essa ferramenta pode facilitar os trabalhos de campo que envolve as tomadas de área do limbo foliar.

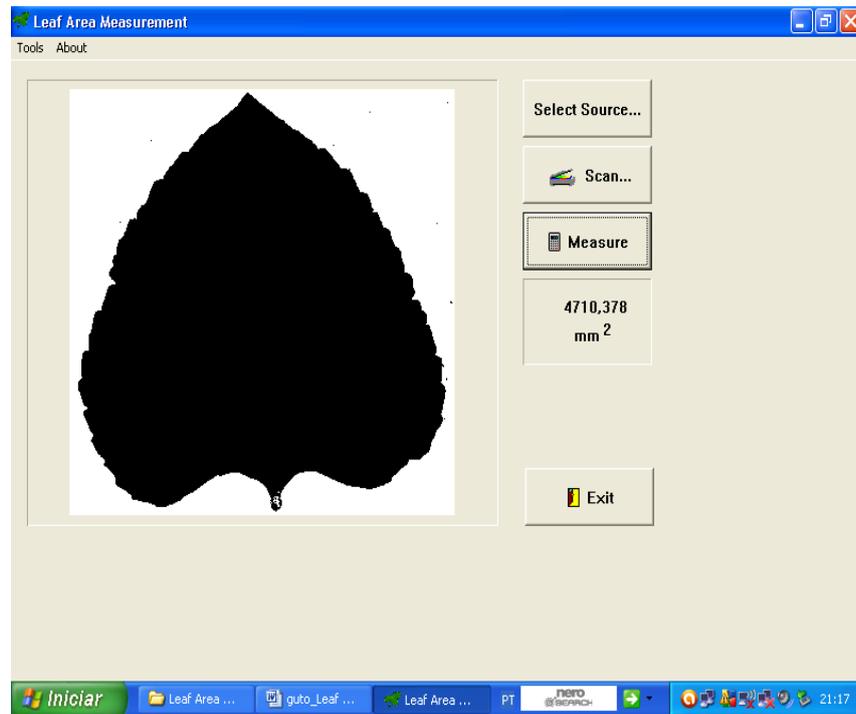
O desenvolvimento de métodos que não necessitam serem utilizados de forma não destrutiva e diretamente no campo de pesquisa, podem facilitar a vida não só dos pesquisadores, mas, de todos os técnicos e agricultores envolvidos nos processos de produção vegetal, que tem a área do limbo foliar como o indicativo de uma boa produtividade.

Uma vez que a área foliar é inteiramente responsável pelo o processo de interceptação solar e assimilação de energia luminosa a ser convertida em energia química, torna-se muito interessante desenvolvimento e a aquisição de ferramentas válidas, e que, possam ser adquiridas por todos os interessados, facilitando o processo de difusão de conhecimento.

ANEXOS

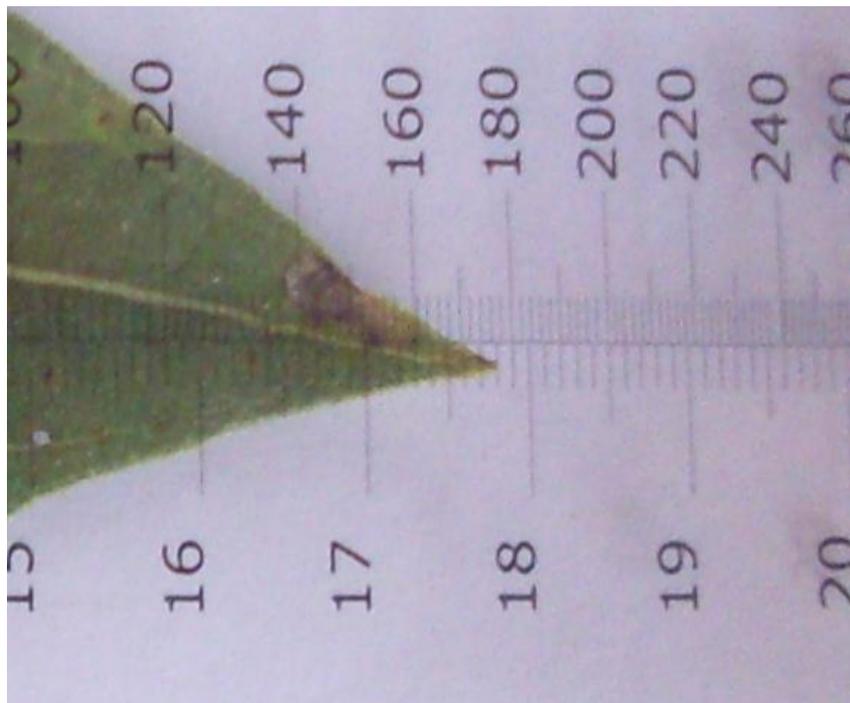
ANEXO A - Método dos Pontos - CAPÍTULO 1**ANEXO B - Método das Dimensões Lineares - CAPÍTULO 1**

ANEXO C - Método do Scanner - CAPÍTULO 1



ANEXO D - Método dos Discos Foliareos - CAPÍTULO 2



ANEXO E - Detalhe do Método da Régua Linear - CAPÍTULO 2

APÊNDICES

APÊNDICE 1 - ANAVA - AF do genótipo Aguará - 1ª Época, CAPÍTULO 1.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Método	3	132952,104561	44317,368187	13,341	0,0000
Tempo	4	924523,604625	231130,901156	69,579	0,0000
Método*Tempo	12	319390,013642	26615,834470	8,012	0,0000
Erro	340	1129436,318878	3321,871526		
Total corrigido	359	2506302,041706			
CV(%):	23,38				
Média geral:	246,48			Número de observações:	360

APÊNDICE 2 - ANAVA - AF do genótipo H250 - 1ª Época, CAPÍTULO 1.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Método	3	72063,895947	24021,298649	10,593	0,0000
Tempo	4	282988,743232	70747,185808	31,199	0,0000
Método*Tempo	12	230583,926359	19215,327197	8,474	0,0000
Erro	340	770984,852539	2267,602507		
Total corrigido	359	1356621,418077			
CV(%):	21,10				
Média geral:	225,71			Número de observações:	360

APÊNDICE 3 - ANAVA - AF do genótipo H253 - 1ª Época, CAPÍTULO 1.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Método	3	118838,748547	39612,916182	9,995	0,0000
Tempo	4	1268840,274507	317210,068627	80,034	0,0000
Método*Tempo	12	406494,999348	33874,583279	8,547	0,0000
Erro	340	1347565,694750	3963,428514		
Total corrigido	359				
CV(%):	22,50				
Média geral:	279,77			Número de observações:	360

APÊNDICE 4 - ANAVA - AF do genótipo Aguará - 2ª Época, CAPÍTULO 1.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Método	3	41969,345212	13989,781737	7,440	0,0001
Tempo	3	309489,589395	103163,196465	54,861	0,0000
Método*Tempo	9	14146,926886	1571,880765	0,836	0,5836
Erro	272	511481,476006	1880,446603		
Total corrigido	287	877087,337500			
CV(%):	25,57				
Média geral:	169,58			Número de observações:	288

APÊNDICE 5 - ANAVA - AF do genótipo H250 - 2ª Época, CAPÍTULO 1.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Método	3	51556,335020	17185,445007	7,882	0,0000
Tempo	3	321567,722015	107189,240672	49,159	0,0000
Método*Tempo	9	7184,276128	798,252903	0,366	0,9504
Erro	272	593082,409828	2180,450036		
Total corrigido	287	973390,742991			
CV(%):	27,38				
Média geral:	170,57			Número de observações:	288

APÊNDICE 6 - ANAVA - AF do genótipo H253 - 2ª Época, CAPÍTULO 1.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Método	3	56661,385890	18887,128630	7,257	0,0001
Tempo	3	642749,451913	214249,817304	82,319	0,0000
Método*Tempo	9	19324,697351	2147,188595	0,825	0,5936
Erro	272	707929,723178	2602,682806		
Total corrigido	287	1426665,258332			
CV(%):	25,38				
Média geral:	201,02		Número de observações:	288	