Revista Brasileira de Geografia Física

ISSN:1984-2295

Homepage: www.ufpe.br/rbgfe

Crescimento Inicial de Espécies Ocorrentes no Semiárido Brasileiro: Biomassa, Biometria e Análise Morfogênica

Marcela Lúcia Barbosa[1], Thieres George Freire da Silva[2], Ana Cristina da Silva[3], Mitchel Gonçalves de Almeida[3], André Luiz Alves de Lima[4], Carlos André Alves de Souza[5]

[1] Bacharel em Ciências Biológicas, Unidade Acadêmica de Serra Talhada, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Fazenda Saco, s/n, CEP 56900-000, Serra Talhada, Pernambuco. (87) 3929-3218. marcelalucia.ufrpe@gmail.com (autor correspondente). [2] Engenheiro-Agrônomo, Professor, Unidade Acadêmica de Serra Talhada, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Fazenda Saco, s/n, CEP 56900-000, Serra Talhada, Pernambuco. (87) 3929-3218. thieres_freire@yahoo.com.br. [3] Graduandos em Bacharelado em Ciências biológicas, Unidade Acadêmica de Serra Talhada, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Fazenda Saco, s/n, CEP 56900-000, Serra Talhada, Pernambuco.
[4] Biólogo, Professor, Unidade Acadêmica de Serra Talhada, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Fazenda Saco, s/n, CEP 56900-000, Serra Talhada, Pernambuco. (87) 3929-3218. andrelimabotanica@yahoo.com.br. [5] Graduando em Agronomia, Unidade Acadêmica de Serra Talhada, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Fazenda Saco, s/n, CEP 56900-000, Serra Talhada, Pernambuco. (87) 3929-3218. carlosandre08_msn.com

Artigo recebido em 12/06/2013 e aceito em 27/10/2013

R E S U M O

Objetivou-se analisar o crescimento inicial de seis espécies de ocorrência na caatinga *Prosopis juliflora* (Sw.) DC.; *Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan; *Poincianella pyramidalis* Tul.; *Piptadenia stipulacea* (Benth) Ducke; *Erythrina velutina* Willd.; e, *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong. Assim, foi conduzido um experimento em viveiro, no município de Serra Talhada-PE. As sementes foram submetidas a tratamentos pré-germinativos. Cada espécie constituiu um tratamento, dispostas em delineamento inteiramente casualizado. A reposição de água foi feita com base na evapotranspiração prevista para o período experimental. Aos 23, 37, 51, 65, 92 e 120 dias após a semeadura foram feitas amostragens para se determinar a biomassa seca das plantas, bem como de suas partes, folhas, caule e raízes e parâmetros biométricos. Com os valores de biomassa seca e índice de área foliar foram determinados os seguintes índices morfofisiológicos: taxa de crescimento absoluto, taxa de crescimento relativo, área foliar específica, razão de área foliar, razão de massa foliar. Tamboril e Algaroba foram aquelas que apresentaram melhores respostas biométricas e de acúmulo de biomassa, em decorrência dos seus desempenhos morfofisiológicos. Por sua vez, Angico Vermelho apresentou o menor crescimento inicial quando comparado com as demais espécies.

Palavras-chave: análise de crescimento, índices morfofisiológicos, plantas caatinga, taxas de incremento.

Initial growth of species occurring in the Brazilian semi-arid region: biomass, biometrics and Morfogenical Analysis

A B S T R A C T

The aimed to analyze the initial growth of six species of occurrence in the 'caatinga' vegetation, *Prosopis juliflora* (Sw.) DC.; *Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan; *Poincianella pyramidalis* Tul.; *Piptadenia stipulacea* (Benth) Ducke; *Erythrina velutina* Willd.; e, *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong.. Thus, an experiment was carried out in the nursery, in the municipality of Serra Talhada, PE. The seeds were subjected to germination treatment. Each species was a treatment, arranged in completely randomized design. The water replenishment was made on the basis of evapotranspiration for the experimental period. At the age of 23, 37, 51, 65, 92 and 120 days after sowing were done samples to determine the dry biomass of plants and their parts, leaves, stems and roots and biometric parameters. With the values of dry biomass and leaf area index were determined the following morphophysiologics indexes, absolute growth rate, relative growth rate, specific leaf area, leaf area ratio, leaf mass ratio. 'Tamboril' and 'Algaroba' were those which presented the best biometric responses and biomass accumulation, as a result of their performance morphophysiological. In turn, 'Angico Vermelho' presented the lowest initial growth when compared with the other species.

Keywords: growth analysis, morphophysiologics indexes, caatinga plants, increment rate.

* E-mail para correspondência:
thieres_freire@yahoo.com.br (Silva, T. G. F. da).

Introdução

A vegetação Caatinga representa 11% do território Nacional e 70% do Nordeste brasileiro, compreendendo o norte de Minas Gerais e todos os Estados da região. A faixa pluviométrica da sua área de ocorrência varia entre 500 e 700 mm ano^{-1}, com regime térmico anual oscilando entre 24ºC e 26ºC e baixa amplitude térmica intranual. Além disso, está sujeita a ventos fortes e secos, que contribuem para aridez nos meses mais secos, bem como às condições edáficas de origens bastante distintas (Sampaio & Rodal, 2013).

Essas condições caracterizam o semiárido brasileiro, que adicionalmente possui fortes irregularidades espacial e temporal das chuvas, e talvez em razão disto a fisionomia da Caatinga seja tão contundente, complexa e heterogênea. As espécies vegetais ocorrentes nessa vegetação, ao longo do tempo experimentaram adaptações de sobrevivência muito peculiares. Apesar disso, as mesmas ainda foram pouco estudadas (Lima, 2012), de modo a fundamentar pesquisas de avaliação dos impactos das mudanças climáticas sobre a resposta dos seus respectivos crescimentos.

Devido ao período chuvoso da região se concentrar entre três e cinco meses, especialmente durante os meses mais quentes do ano, as espécies da Caatinga possuem um curto período de tempo para desenvolver estrutura suficiente para resistir um longo período de estiagem. Assim, a atual tendência é que as mesmas procurem investir mais em biomassa das raízes.

Com as previsões de mudanças climáticas, quando se prevê redução do período chuvoso, ou seja, maior intensidade das chuvas, as atuais espécies ocorrentes nessa vegetação seriam submetidas a períodos de crescimento ainda menores, de modo que estratégias de crescimento como adaptações morfofisiológicas podem ser episódios evidentes diante dos cenários futuros. Com isso, a análise do atual desempenho do crescimento dessas espécies, torna-se de fundamental importância, visando melhorar a compreensão de suas possíveis respostas às modificações do ambiente.

O desempenho do crescimento das plantas é uma informação bastante relevante para a avaliação da capacidade de espécies vegetais em expressar o seu máximo potencial produtivo ou de se adaptar a novas condições do ambiente. A sua mensuração pode ser feita utilizando medidas sucessivas de biomassa e de dados biométricos, em intervalos de tempo regulares, de modo a se obter características morfogênicas da planta (Fayad *et al*., 2001; Cardoso *et al*., 2006;). Essas características expressarão a sua eficiência fotossintética em termos de taxas de evolução do crescimento, espessura foliar e partição de assimilados para as demais partes estruturas.

Por meio da análise de crescimento é possível detectar a influência de variáveis ambientais e genéticas sobre a resposta da

planta. Vários estudos têm se dedicado ao uso dessa técnica (Oliveira *et al*., 2000; Alvarez *et al*., 2005; Silva *et al*., 2009; Braga *et al*., 2010; Lacerda *et al*., 2010;), inclusive para espécies endêmicas, como citado por Barbieri Junior et al. (2007), que avaliaram o crescimento inicial da *Hymenaea courbaril* L., Chaves & Paiva (2004) estudando a influência de períodos de sombreamento durante o crescimento inicial de *Senna macranthera* (Collad.) Irwin et Barn, e Nóbrega et al. (2008) que analisaram o crescimento das espécies *Sesbania virgata* (Caz.) Pers e de *Anadenanthera peregrina* (L.).

Do ponto de vista fisiológico, o crescimento é definido pelo aumento em tamanho, volume e massa de um órgão no tempo, podendo ser medido por meio de métodos não destrutivos e destrutivos. A análise de crescimento não destrutiva utiliza dados biométricos, tais como altura da planta, número de folhas, comprimentos foliares, diâmetro do caule (Cardoso *et al*., 2006; Oliveira *et al*., 2000; Silva *et al*., 2009), e se fundamenta na relação de medidas lineares, número de unidades estruturais e de medidas de superfície com a biomassa acumulada ao longo do seu ciclo vital. Por sua vez, a análise de crescimento destrutiva considera a amostragem da planta e se baseia no fato da maior parte da sua matéria seca ser resultante da atividade fotossintética (Benincasa, 2003). Assim, nessa análise deve-se conhecer a massa da planta e de suas respectivas partes, juntamente com a dimensão do aparelho fotossintético (área foliar).

Na análise não destrutiva, os dados absolutos das variáveis biométricas são convertidos em taxas de incremento, para um determinado intervalo de tempo, de tal modo que é possível avaliar a evolução morfológica da planta, utilizando modelos matemáticos. Essa técnica foi aplicada por Silva *et al*. (2012), quando analisaram o incremento do diâmetro e da altura dos colmos da espécie *Saccharum* ssp. Por sua vez, na análise destrutiva, os dados de biomassa e de índice de área foliar são usados para quantificar índices morfofisiológicos, que segundo Hunt (1990), os mesmos se dividem em (I) taxa de crescimento absoluto, (II) taxa de crescimento relativo, (III) área foliar específica, razão de massa foliar e índice de área foliar e (IV) taxa de assimilação líquida.

Em revisão realizada por Oliveira *et al*. (2000), os mesmos citam que a taxa de crescimento absoluto reflete a capacidade de acúmulo de biomassa de uma espécie, enquanto que a taxa de crescimento relativo demonstra a velocidade com que esse acúmulo ocorreu; ambos variam ao longo do tempo, bem como em função do grupo fotossintético (plantas C3, C4 e MAC), das condições meteorológicas e em decorrência de outros fatores.

A razão de massa foliar indica a proporção da biomassa retida nas folhas em relação à massa total da planta, ou mesmo a fração que não foi destinada das folhas para

as outras partes estruturais. A área foliar específica indica a área ocupada por unidade de biomassa foliar e permite representar a espessura da folha, sendo que valores com maiores magnitudes inferem que a folha tem menor espessura, e vice-versa. O índice de área foliar representa a área foliar total acumulada da planta em relação a uma área unitária do solo. A taxa de assimilação líquida representa a fotossíntese liquida, ou seja, a diferença da matéria seca produzida e àquela consumida na respiração.

O uso dos índices morfofisiológicos como alternativa para analisar o crescimento de espécies têm sido relatados por diversos autores na literatura. Silva *et al*. (2009) utilizou esta técnica para *Helianthus annuus* L., Alvarez *et al*. (2005) para *Arachis hypogaea* L., Oliveira *et al*. (2000) para *Cynodon* spp. Algumas pesquisas já utilizaram esses índices para analisar o crescimento de espécies endêmicas da Caatinga, como Dantas *et al*. (2009) que estudaram a *Poincianella pyramidalis* Tul. e Caron *et al*. (2007) que avaliaram o crescimento da *Myracroduon urundewa* Fr. All.

Com a intenção de melhor compreender a resposta de espécies ocorrentes da Caatinga ao ambiente semiárido, o presente estudo compara o acúmulo de biomassa, os dados biométricos e a evolução do crescimento das mesmas durante a fase inicial, por meio da quantificação dos índices morfofisiológicos e de taxas de incremento.

Material e métodos

Área de Estudo

O experimento foi conduzido num viveiro coberto com sombrite (50%) situado na Unidade Acadêmica de Serra Talhada da Universidade Federal Rural de Pernambuco (Latitude: 7º59'S, longitude: 38º15'O e altitude: 431 m). O município de Serra Talhada está localizado na região do Médio Pajeú, afluente do rio São Francisco. Apresenta normais climatológicas de temperatura média do ar, precipitação e umidade relativa de 25,2ºC, 642,1 mm, 63,0%, respectivamente. O clima é classificado como BSwh' segundo Köppen, indicando que o período chuvoso ocorre nos meses mais quentes e os meses mais frios são os mais secos.

Obtenção e condução do material vegetal

O experimento foi realizado no período de novembro de 2012 a março de 2013. Foram utilizadas seis espécies de ocorrência na caatinga: *Prosopis juliflora* (Sw.) DC. (Algaroba), espécie exótica; e *Anadenanthera macrocarpa* (Benth. Brenan) (Angico Vermelho), *Poincianella pyramidalis* Tul. (Catingueira), *Piptadenia stipulacea* (Benth) Ducke (Jurema branca), *Erythrina velutina* Willd. (Mulungu) e *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong (Tamboril), espécies de ocorrência natural

As sementes foram coletadas em árvores durante o mês de agosto de 2012, sendo armazenadas à temperatura ambiente e, em seguida, submetidas a tratamentos pré-germinativos. As sementes de *Algaroba* foram imersas em água à 100°C por 10 segundos; as de angico vermelho foram imersas em água destilada à temperatura ambiente por 21 horas; as de tamboril foram escarificadas mecanicamente com lixa nº 100 até o desgaste do tegumento e imersas em água destilada (200 mL) por 21 horas; para jurema branca as sementes foram imersas em água a 100ºC por 15 segundos; enquanto que, as de catingueira foram imersas em água a 80ºC por 1 minuto; as sementes de mulungu foram escarificadas mecanicamente com lixa nº 100 e imersas em água destilada (200 mL) por 14 horas. Todas as sementes antes de serem plantadas foram desinfestadas com hipoclorito de sódio, em concentração de 2,0 a 2,5%, imersas por cinco minutos e revolvidas com um bastão de vidro para homogeneizar a ação. As sementes foram colocadas para germinar em bandejas de isopor com 200 células, em substrato comercial vermiculita. A emergência ocorreu entre dois e cinco dias, a depender da espécie, sendo o transplantio feito aos 15 dias após a semeadura.

Tratamentos e delineamento experimental

Cada espécie constituiu um tratamento, dispostas em delineamento inteiramente casualizado, num total de seis tratamentos, cada um com 24 unidades experimentais em espaçamento de 0,20m x 0,20m.

As plantas foram transplantadas, para sacos de polietileno de 0,30 x 0,20 m, com perfurações laterais. O solo utilizado para preencher os sacos foi um cambissolo, que possui a composição de 70,89% de areia, 19,83% de silte e 9,28% de argila, densidade do solo de 1,45 Kg/dm^3, Matéria Orgânica de 8,84 g/Kg, pH de 7,2, Condutividade Elétrica de 3,46 dS/m, Capacidade de Troca Cátions de 13,5 cmolc/dm^3 e Saturação de Base de 76%. Foi realizada uma adubação de fundação, considerando a análise do solo de acordo com o Laboratório de Solos e Nutrição Vegetal da EMBRAPA Semiárido, para suprir os nutrientes necessários no desenvolvimento inicial das plantas. Nessa adubação foi adicionado fósforo, potássio e nitrogênio, por meio dos seguintes produtos comerciais: ureia e superfosfato simples.

O solo dos sacos foi colocado em capacidade de campo com 1.290 mL de água e eventos de reposição de água foram realizados diariamente com base na evapotranspiração prevista para o período experimental e assumindo uma drenagem equivalente a 33% do volume de água aplicado.

Dados da biomassa das espécies

Para a obtenção da biomassa foram realizadas medidas aos 23, 37, 51, 65, 92 e 120 dias, a partir do transplantio das plântulas para os sacos, em quatro plantas aleatórias por

tratamento. Em cada um daqueles momentos foi realizada a separação de suas respectivas partes (folhas, caules e raízes) e, inicialmente, obtida a massa fresca em balança com precisão de 0,001g. Todas as amostragens foram feitas durante o período diurno para garantir a mesma turgidez das plantas. Posteriormente, as mesmas foram acondicionadas em sacos de papel e levadas a uma estufa de circulação forçada de ar, à 65ºC, para secar até adquirir peso constante, e assim, determinar a biomassa seca das folhas (BSF), do caule (BSC), das raízes (BSR) e por totalização dessas partes a biomassa da planta (BSP).

Dados biométricos das espécies

Foi realizada a análise biométrica das espécies, determinando-se: o número de folhas (NF), número de folhas em expansão (NFE), altura da planta (AP), largura média do dossel (LMD), comprimento (incluindo o pecíolo) e largura das folhas (CF; LF) e diâmetro do caule (DC). As medidas foram obtidas com o auxílio de uma trena e de um paquímetro de plástico.

Monitoramento das variáveis meteorológicas

Realizou-se o monitoramento das seguintes variáveis meteorológicas: radiação solar global, temperatura média, máxima e mínima, umidade relativa média, máxima e mínima do ar e precipitação pluviométrica, através de uma estação meteorológica automática, do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET, localizada a 200 metros do viveiro.

Determinação da área foliar e do índice de área foliar

A área foliar foi obtida, por meio de imagens das folhas adquiridas com o auxílio de um *scanner* comercial, e do processamento das mesmas no programa "Leaf Area FOR Everyone (C) by Veiko Lehsten", que determina o número de *pixels* verde presentes na imagem. Por sua vez, o índice de área foliar foi determinado através da soma das áreas foliares por planta dividida pela sua área de ocupação (0,2 m x 0,2 m = 0,04 m^2). Os seus valores foram convertidos em m^2 m^{-2}.

Análise do crescimento inicial das espécies

A análise de crescimento das espécies foi feita por meio da quantificação das taxas médias de incremento de biomassa e dos dados biométricos, da estimativa de índices morfofisiológicos e da evolução do incremento da biomassa das folhas, caule e raízes. As taxas médias foram obtidas pela divisão da diferença dos dados da última e primeira amostragem de biomassa com o número de dias entre elas. Para os índices morfofisiológicos e a evolução do incremento da biomassa das partes estruturais da planta, primeiro se fez necessário, usando o software Sigmaplot v.10, o ajuste de modelos semi-empíricos da BSF, BSC, BSR, BSP e do índice de área foliar (IAF), todos em função dos dias após a semeadura (DAS). Os testes F

e t foram utilizados para a análise de significância dos modelos e de seus respectivos parâmetros, ao nível de 5% de probabilidade. Além disso, os valores do coeficiente de determinação (R^2) foram utilizados para a escolha dos melhores modelos. De modo geral se ajustou modelos exponencial, gaussiano e sigmoidal. Em seguida, os mesmos foram derivados, usando o software Maple 2010 v.10, de modo que os seus resultados foram usados para obter as taxas de incremento das variáveis analisadas. Os cálculos foram efetuados em escala diária.

Com base nos parâmetros dos modelos ajustados e de suas derivadas para a BSF, BSP e IAF (m^2 m^{-2}) foram determinados os seguintes índices morfofisiológicos: taxa de crescimento absoluto (TCA, g m^{-2} dia^{-1}), taxa de crescimento relativo (TCR, g g^{-1} dia^{-1}), taxa de assimilação líquida (TAL, g m^{-2} dia^{-1}), área foliar específica (AFE, m^2 g^{-1}), razão de massa foliar (RMF, g g^{-1}) e razão de área foliar (RAF, m^2 g^{-1}). As curvas da TCA foram obtidas com a derivada dos modelos da BSP e dos seus parâmetros ajustados inicialmente. As curvas para a TAL, RAF, AFE, RMF e TCR foram obtidas por meio das relações TAL=TCA/IAF, RAF=IAF/BSP, AFE = IAF/BSF, RMF=BSF/BSP. Os valores de IAF e BSF dos índices citados foram obtidos da mesma maneira que os da BSP. Igualmente foi feito com as taxas de incremento da BSC e da BSR.

Análise estatística

Os resultados dos valores absolutos e das taxas médias de incremento de biomassa e dos dados biométricos foram analisados a partir da análise de variância (ANOVA), utilizando o programa estatístico GENES. Em caso de significância do teste F, as médias foram submetidas ao teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Resultados e discussão

Durante o período experimental, que compreendeu o ano de 2012, quando o fenômeno climático El-Niño promoveu médias das variáveis meteorológicas acima das normais climatológicas, a radiação solar global foi de 23,2 MJ m^{-2} dia^{-1}, enquanto que a temperatura foi 34,9ºC, 28,3ºC e 22,6ºC, e umidade relativa do ar máxima, média e mínima de 46%, 72% e 20,4%, nessa ordem. A velocidade do vento foi igual a 2,5 m s^{-1} e da precipitação acumulada foram de 191 mm, respectivamente.

Assumindo os valores de precipitação e os eventos de reposição diária de água no solo, cada planta recebeu em média 140 mL de água por dia, totalizando 16,8 litros ao final do experimento.

Na Tabela 1 são mostrados os valores de biomassa seca das plantas, bem como de suas partes, folhas, caule e raízes. Observou-se diferença estatística entre algumas espécies, para todas as partes citadas. Aos 120 dias após a semeadura (DAS), Tamboril apresentou um maior ganho de biomassa seca

pelas folhas. Em relação à biomassa seca do caule, Mulungu e Algaroba apresentaram os maiores valores. Tamboril expôs um maior acúmulo de biomassa seca pelas raízes, porém, não diferiu estatisticamente de Catingueira e Algaroba. Quanto ao acúmulo de biomassa seca pela planta, Algaroba e Tamboril possuíram um maior acúmulo, mas não se diferiram de Mulungu.

Tabela 1. Médias dos valores absolutos, aos 120 dias após o plantio, da biomassa seca acumulada (g) das folhas (BSF), caule (BSC), raízes (BSR) e da planta (BSP) de espécies ocorrentes na caatinga nas condições climáticas do município de Serra Talhada, PE, Semiárido brasileiro.

Espécie	BSF*	BSC	BSR	BSP
Mulungu	3,52 b	7,12 a	5,70 b	16,34 ab
Tamboril	6,22 a	3,93 bc	11,12 a	21,27 a
Catingueira	4,09 b	2,01 cd	6,51 ab	12,61 bc
Angico	1,31 c	0,36 d	4,62 b	6,29 c
Algaroba	4,23 b	9,28 a	7,80 ab	21,32 a
Jurema branca	2,96 bc	4,54 b	3,69 b	11,19 bc

*Médias seguidas pelas mesmas letras na coluna não se diferenciam estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Em relação às variáveis biométricas avaliadas (Tabela 2), observou-se diferenças estatísticas nos valores médios entre as espécies, para todas as variáveis. Algaroba destacou-se em termos de altura e maior número de folhas. Tamboril exibiu uma maior área e comprimento foliar, bem como apresentou uma maior largura média do dossel, porém, nesta característica, não diferiu estatisticamente de Mulungu. Em relação à largura das folhas, Tamboril, Catingueira e Mulungu apresentaram maiores valores. Angico foi a espécie que mais apresentou folíolos por folha, porém também teve a menor área foliar, o que limita a sua capacidade de crescimento, uma vez que a sua área fotossintetizante é menor. Mulungu teve um maior diâmetro do caule quando comparado às demais espécies.

O maior número de folhas em Algaroba favorece para uma maior taxa fotossintética, maximizando a captação da energia luminosa e conversão em energia química, refletindo o seu máximo crescimento (Barbieri Junior *et al*., 2007). Por sua vez, Tamboril com maior tamanho e largura das folhas, maior largura do dossel, o que lhe garante maior área foliar, compensando fotossinteticamente o reduzido número de folhas. Caron et al., (2007) trabalhando com mudas de Aroeira Vermelha, obtiveram 46,4 cm de altura média e um número médio de folhas de 15,6, aos 112 dias,

valores superiores à maioria das espécies do presente estudo aos 120 dias após a semeadura. Freire et al., (2010), estudando mudas de Leucena, encontraram uma altura de 7,29 cm aos 60 dias.

Tabela 2. Médias dos valores absolutos, aos 120 dias após o plantio, dos dados biométricos de área foliar (AF), altura da planta (AP), número de folhas (NF), largura média do dossel (LMD), comprimento foliar (CF), largura foliar (LF), número de folíolos por folha (NFF) e diâmetro do caule (DC) de espécies ocorrentes na caatinga nas condições climáticas do município de Serra Talhada, PE, Semiárido brasileiro.

Espécie	AF*	AP	NF	LMD	CF	LF	NFF	DC
	cm^2	cm	unid.	cm	Cm	cm	unid.	mm
Mulungu	903,74 ab	28,25 c	11,00 b	28,50 ab	15,10 b	11,15 a	3,00 c	19,75 a
Tamboril	1226,73 a	27,37 c	12,50 b	37,63 a	22,82 a	12,75 a	10,50 b	10,25 b
Catingueira	614,82 b	17,85 c	12,25 b	21,06 bc	11,65 c	13,42 a	3,00 c	5,50 c
Angico	188,11 c	13,45 c	8,75 b	17,75 c	10,36 cd	5,61 b	21,34 a	2,63 d
Algaroba	700,31 b	96,33 a	60,00 a	17,00 c	7,66 d	6,64 b	5,33 bc	6,50 c
Jurema branca	550,71 b	51,25 b	16,75 b	21,13 bc	11,40 c	7,23 b	11,00 b	6,00 c

*Médias seguidas pelas mesmas letras na coluna não se diferenciam estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

As plantas interagem com o ambiente, sendo seu crescimento limitado ou favorecido, a depender das condições climáticas, edafológicas e nutricionais do ambiente onde vivem (Boeger & Gluzezak, 2006; Colares et al., 2007). Bernardino et. al., (2005) em trabalho desenvolvido com mudas de Angico Vermelho submetidas a diferentes níveis de saturação de base e adubação, verificaram plan tas com altura que variaram de 19,80 cm a 71,23 cm e biomassa seca acumulada de até 17,40 g, aos 100 dias após a semeadura, valores superiores aos encontrados neste trabalho. Lima et. al., (2010) estudando o crescimento de mudas de Tamboril, com condições climáticas de temperatura média anual em torno de 25°C, precipitação pluviométrica de 2.250 mm e umidade relativa do ar média de 85%, obtiveram uma altura de 93,03 cm, número médio de folhas de 15,67 e massa seca total acumulada pela planta de 39,73 g, aos 120 dias de idade. No presente estudo, aos 120 dias, as mudas de Tamboril apresentaram uma altura média de 27,37 cm, um número médio de folhas de 12,5 e biomassa seca total de 21,27 g. Isso mostra a influência das condições climáticas e ambientais sobre o crescimento das espécies vegetais.

Quanto às taxas médias de incremento de biomassa (Tabela 3), verificou-se que Tamboril apresentou uma maior taxa de incremento de biomassa pelas folhas e raízes, porém, nesta última, não diferiu estatisticamente de Catingueira e Algaroba. Mulungu e Algaroba apresentaram uma maior taxa de incremento de biomassa seca do caule. Tamboril e Algaroba apresentaram uma maior taxa de incremento de biomassa pela planta, mas que não diferiu de Mulungu.

Tabela 3. Taxas médias de incremento da biomassa seca acumulada das folhas (BSF, g dia^{-1}), caule (BSC, g dia^{-1}), raízes (BSR, g dia^{-1}) e da planta (BSP, g dia^{-1}) de espécies ocorrentes na caatinga nas condições climáticas do município de Serra Talhada, PE, Semiárido brasileiro.

Espécie	BSF	BSC	BSR	BSP
Mulungu	0,035 b	0,073 a	0,057 b	0,164 ab
Tamboril	0,064 a	0,040 bc	0,114 a	0,218 a
Catingueira	0,041 b	0,021 cd	0,067 ab	0,129 bc
Angico	0,013 c	0,004 d	0,047 b	0,063 c
Algaroba	0,043 b	0,096 a	0,080 ab	0,219 a
Jurema branca	0,031 bc	0,047 b	0,038 b	0,115 bc

*Médias seguidas pelas mesmas letras na coluna não se diferenciam estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Em termos da evolução do acúmulo de biomassa, ao longo do tempo, percebe-se pela Figura 1, que a preponderância da espécie Tamboril, em termos de folhas e raízes ocorreu, sobretudo depois dos 100 dias após a semeadura (Figura 1). A Algaroba nas três estruturas tendeu apresentar uma redução no incremento depois dos 60 DAS.

Semelhante a Algaroba para as folhas e raízes, Mulungu e Tamboril apresentaram maiores aumentos para o caule, depois de 100 DAS.

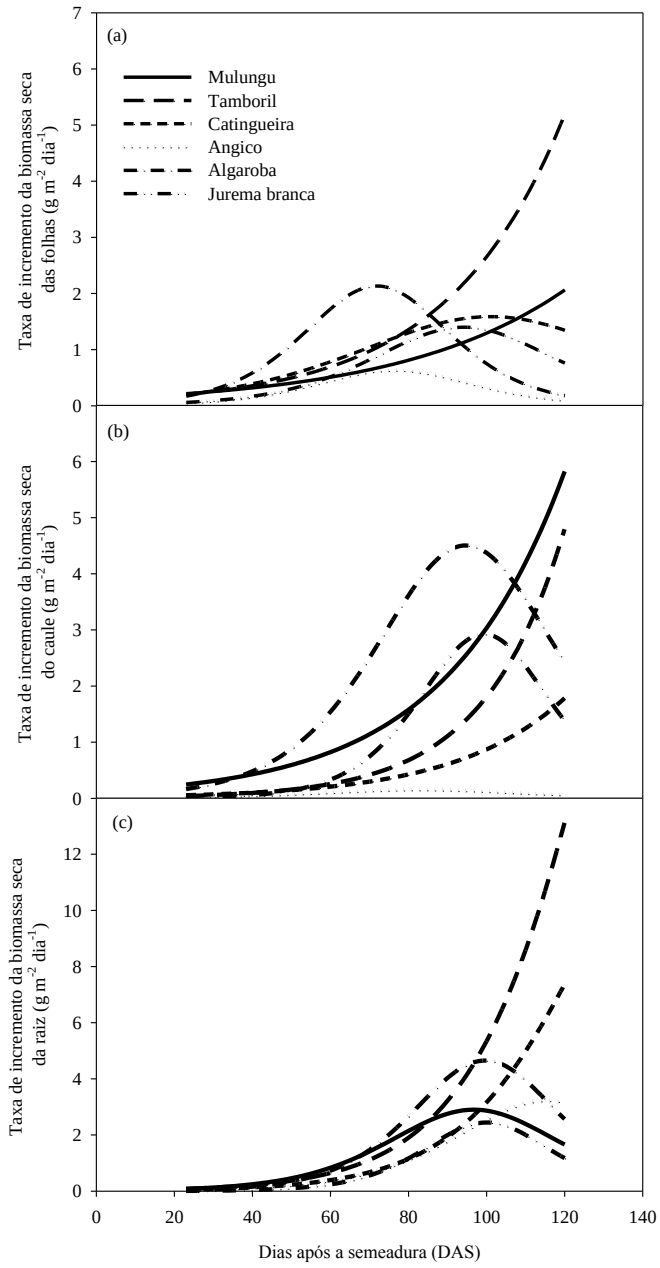

Figura 1. Taxa de incremento ao longo do tempo da biomassa seca acumulada (g m^{-2}) das folhas (BSF), caule (BSC) e raízes (BSR) de espécies ocorrentes na caatinga nas condições climáticas do município de Serra Talhada, PE, Semiárido brasileiro.

Analisando as taxas médias de incremento das variáveis biométricas (Tabela 4), Tamboril destacou-se com a maior taxa de incremento na largura média do dossel, bem como maior incremento no comprimento das folhas e da área foliar, mas na última variável citada, não diferiu estatisticamente de Mulungu. Algaroba teve uma maior taxa média de incremento de altura da planta, bem como maior taxa de incremento do número de folhas. Tamboril e Catingueira apresentaram maior incremento da largura das folhas. Angico Vermelho e Jurema Branca destacaram-se com o maior incremento de

folíolos por folhas. Mulungu apresentou a maior taxa de incremento do diâmetro do caule.

Tabela 4. Taxas médias de incremento da área foliar (AF, cm^2 dia^{-1}), altura da planta (AP, cm dia^{-1}), número de folhas (NF, unidades dia^{-1}), largura média do dossel (LMD, cm dia^{-1}), comprimento foliar (CF, cm dia^{-1}), largura foliar (LF, unidades dia^{-1}), número de folíolos por folha (NFF, unidades dia^{-1}) e diâmetro do caule (DC, mm dia^{-1}) de espécies ocorrentes na caatinga nas condições climáticas do município de Serra Talhada, PE, Semiárido brasileiro.

Espécie	AF*	AP	NF	LMD	CF	LF	NFF	DC
Mulungu	8,754 ab	0,223 c	0,080 b	0,179 b	0,085 b	0,056 b	0,012 cd	0,204 a
Tamboril	12,389 a	0,237 c	0,093 b	0,306 a	0,191 a	0,090 a	0,075 abc	0,105 b
Catingueira	6,192 b	0,146 c	0,106 b	0,147 b	0,081 bc	0,087 a	0,000 d	0,057 c
Angico	1,820 c	0,108 c	0,072 b	0,123 b	0,067 bc	0,023 c	0,127 a	0,027 d
Algaroba	7,152 b	0,943 a	0,588 a	0,126 b	0,050 c	0,043 bc	0,035 bcd	0,067 c
Jurema branca	5,645 b	0,486 b	0,152 b	0,180 b	0,093 b	0,055 b	0,096 ab	0,062 c

*Médias seguidas pelas mesmas letras na coluna não se diferenciam estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A taxa de crescimento absoluto (TCA) (Figura 2a) indica a capacidade de crescimento das plantas durante o período observado (Benincasa, 2003). Observa-se que a TCA apresentou valores iniciais baixos para todas as espécies. A partir dos 50 dias após a semeadura (DAS) passou a haver diferenciação.

Tamboril e Catingueira apresentaram um crescimento ilimitado no período observado com um incremento máximo de 23,45 g^{-1} dia^{-1} e 11, 60 g^{-1} dia^{-1}, respectivamente, aos 120 DAS, sendo tamboril a que apresentou uma maior TCA. Isso confirma o rápido crescimento inicial desta espécie citados na literatura (Lorenzi, 2008; Holanda *et al*., 2010; Araújo & Sobrinho, 2011), tornando-a uma alternativa para o reflorestamento em áreas degradadas, visto a sua ampla frequência em áreas de estádios mais adiantados de sucessão secundária (Lorenzi, 2008). Em contrapartida, Mulungu, Algaroba e Jurema Branca tiveram um pico na taxa de crescimento absoluto após 80 DAS, tendo uma redução nesta taxa depois dos 100 DAS. O maior valor de TCA observado para estas espécies foi de 10,13 g^{-1} dia^{-1} aos 94 DAS para Algaroba e 6,44 g^{-1} dia^{-1} aos 100 DAS para jurema branca. Angico teve um leve aumento na TCA a partir dos 80 DAS, mas que começou a decair depois dos 110 DAS, com o pico máximo observado aos 109 DAS de 3,31 g^{-1} dia^{-1}. Mesmo sendo indicada para reflorestamento e sendo apontada como

espécie de rápido crescimento (Lorenzi, 2008), foi a que apresentou a menor taxa de crescimento absoluto, quando comparada às demais espécies.

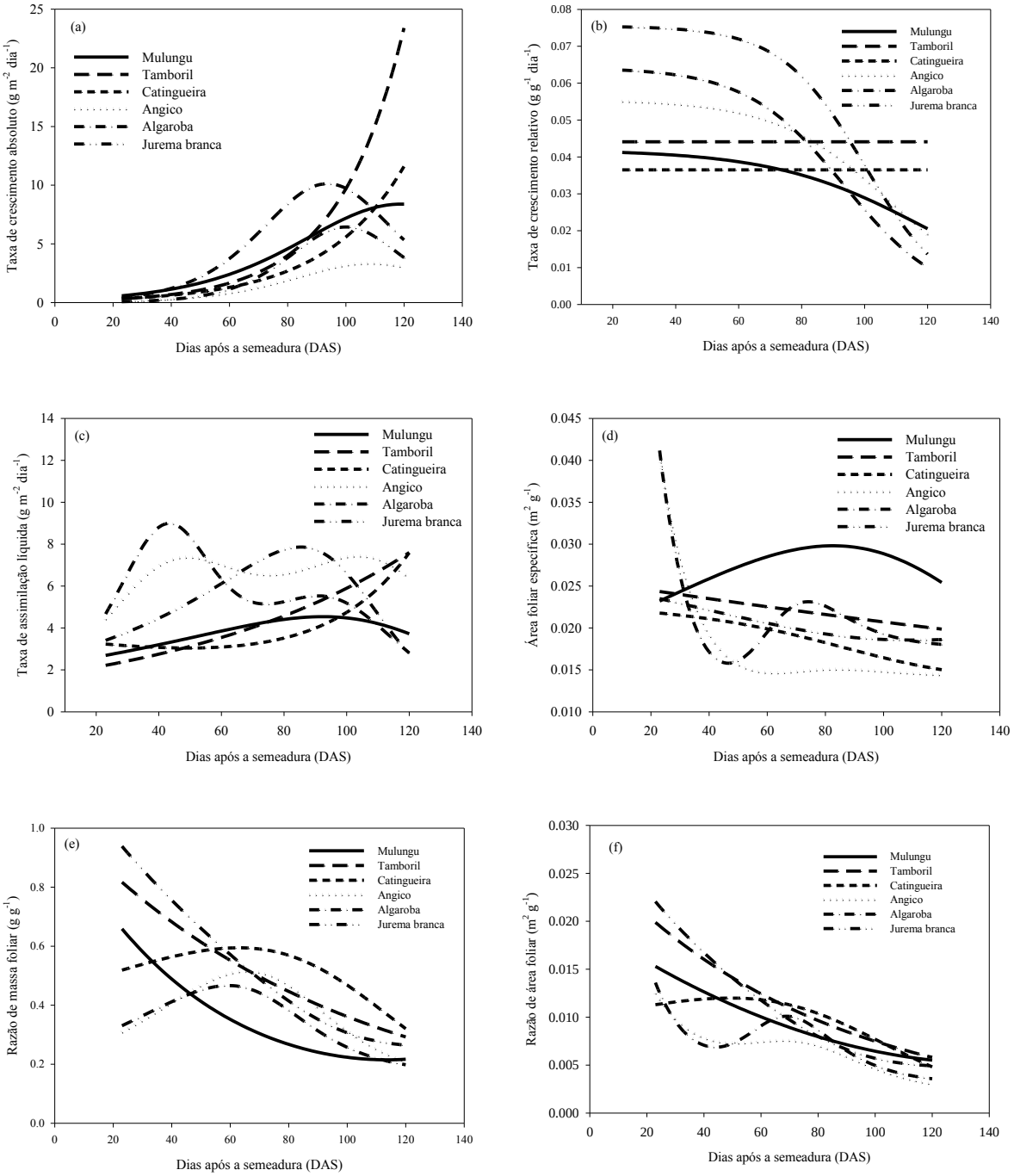

Figura 2. Índices morfofisiológicos (taxa de crescimento absoluto, taxa de crescimento relativo, taxa de assimilação líquida, área foliar específica, razão de massa foliar e razão de área foliar) de espécies ocorrentes na caatinga nas condições climáticas do município de Serra Talhada, PE, Semiárido brasileiro.

Para a taxa de crescimento relativo (Figura 2b) Jurema Branca, Algaroba, Angico Vermelho e Mulungu apresentaram a mesma tendência. Nessas espécies, a TCR foi máxima na fase inicial, mantendo-se constante até aproximadamente os 50 dias após a semeadura. Aos 60 DAS começou a declinar, e a partir dos 80 DAS teve uma queda acentuada. Jurema Branca foi a que apresentou o maior valor de TCR, com 0,75 g g^{-1} dia^{-1}, seguida de Algaroba com 0,064 g g^{-1} dia^{-1}. Silva et al. (2009) também observaram esta mesma tendência para a taxa de crescimento relativo trabalhando com uma espécie C3 (*Helianthus annuus* L.). Tamboril e Catingueira não apresentaram variações na TCR. Isso pode está relacionado ao fato de que estas espécies tiveram um crescimento linear durante o período observado, não promovendo a variação na TCR.

Maiores valores de TCR indicam alta eficiência na conversão da radiação solar em biomassa seca a partir da biomassa inicial. Valores elevados de TCR devem-se ao fato de a maior parte da planta ser constituída de folhas jovens com alta capacidade de realizar fotossíntese e alta taxa de crescimento.

Por sua vez, o decréscimo na TCR com a idade da planta, deve-se em parte, ao aumento gradual de tecidos não fotossintetizantes, que resultam do aumento da atividade respiratória, nas variações das condições ambientais e autossombreamento das folhas (Benincasa, 2003; Aumonde *et al*., 2013). Em relação à taxa de assimilação líquida (Figura 2c), Algaroba apresentou o maior valor, aproximadamente aos 40 dias após a semeadura, seguida de Angico Vermelho. Ambas tiveram um aumento nos valores da TAL, diminuindo no final do período observado.

Comportamento similar foi verificado em Jurema Branca e Mulungu, cada uma na sua respectiva magnitude. Tamboril e Catingueira apresentaram TAL pequena no início, havendo o aumento progressivo na fotossíntese líquida com o desenvolvimento das mesmas. Para ambas, não foi verificado oscilações na TAL, o que foi presente nas demais espécies.

A taxa de assimilação líquida representa o balanço entre o que é produzido pela fotossíntese e o que é perdido por meio da respiração (Silva *et al*., 2009), ou seja, é taxa de fotossíntese líquida em termos de massa seca produzida, por unidade de área foliar, por unidade de tempo, indicando a relação entre a área foliar e a massa seca da planta (Benincasa, 2003). Um aumento da TAL indica o acúmulo de biomassa, resultante do aumento da fotossíntese líquida, devido ao aproveitamento da maior interceptação da radiação solar por unidade de área. O aumento da área foliar, bem como no número de folhas, induz o aumento da fotossíntese líquida, porém, ocorrendo o autossombreamento das folhas pode ocasionar a diminuição da TAL (Barbieri Junior *et al*., 2007).

Em relação à área foliar específica (Figura 2d), observou-se que aos 23 dias após a semeadura, Algaroba e Angico Vermelho apresentaram os maiores valores, seguido de queda acentuada, atingindo valores mínimos por volta dos 40 DAS. Na mesma data, estas espécies tiveram uma maior taxa de assimilação líquida, com um maior aproveitamento da fotossíntese líquida, ocasionando o acúmulo de biomassa, que resultou na redução da AFE. Por sua vez, a tendência das curvas traçadas para Catingueira, Tamboril e Jurema Branca foi semelhante, apresentando um valor máximo no começo e um declínio a partir dos 40 DAS. Para mulungu houve um leve aumento na AFE com redução a partir dos 100 DAS.

Maiores valores de AFE indicam folhas pouco espessas. Essa seria uma alternativa para aumentar a captação da energia luminosa e conversão em carboidratos, maximizando o crescimento das plantas. Por sua vez, a diminuição da AFE representa o maior acúmulo de biomassa seca nas folhas, bem como menor área foliar. No início do desenvolvimento vegetal, a AFE é caracterizada por valores maiores, revelando folhas com menor espessura, reduzida massa seca e área foliar. (Benincasa, 2003).

No que se refere à Razão de massa foliar (RMF) (Figura 2e) que é a razão entre a massa seca que permanece nas folhas e a massa seca que é acumulada na planta (Benincasa, 2003), constatou-se que Jurema Branca, Tamboril e Mulungu destacaram-se com maiores valores iniciais de RMF significando maior acúmulo de biomassa nas folhas. No mesmo período, as mesmas tiveram menores valores de AFE, refletindo o acúmulo de biomassa nas folhas. Catingueira teve uma RMF inicial menor, tendo um leve aumento por volta dos 60 DAS, seguido por uma redução até 120 DAS. Algaroba e Angico Vermelho tiveram os menores valores de RMF aos 23 DAS, o que reflete menor acúmulo de biomassa nas folhas em relação das demais partes estruturais. Fato confirmado por essas espécies terem se destacado com maiores valores de AFE no período em questão.

Tendo em vista que são as folhas o centro de produção da biomassa através da fotossíntese, e que a planta depende da exportação de material da folha, a razão de massa foliar expressa a fração de biomassa seca não exportada pelas folhas para as demais partes da planta. Uma menor ou maior exportação de material da folha pode ser uma característica genética da planta ou resposta às condições ambientais. A RMF decresce ao longo da vida da planta, pois a medida que esta cresce, menor partição é destinada as folhas , ou seja, maior será a exportação de fotoassimilados para as demais partes da planta (Benincasa, 2003; Silva *et al*., 2006).

Similarmente à RMF, Jurema Branca, Tamboril e Mulungu tiveram elevada razão de área foliar (RAF) (Figura 2f) no período inicial, aos 23 DAS, seguida de abrupta redução. Observou-se um leve aumento na

RAF para Catingueira com acentuada queda a partir dos 70 DAS. Algaroba e Angico Vermelho tiveram uma redução no RAF aos 40 dias após a semeadura, seguido de aumento e nova queda a partir dos 70 DAS.

A RAF expressa a área foliar utilizada para a fotossíntese, sendo a razão entre área foliar (que faz a interceptação da energia luminosa e CO_2) e a massa seca total (que resulta da fotossíntese) (Silva *et al.*, 2006). Valores elevados da RAF significa que a maior parte dos fotoassimilados é destinada para a formação de folhas (Silva *et al.*, 2009), obtendo assim uma maior captação da radiação solar.

Conclusão

Nas condições climáticas do semiárido brasileiro, quando se analisou o crescimento inicial de seis espécies ocorrentes na caatinga, Tamboril e Algaroba foram aquelas que apresentaram melhores respostas biométricas e de acúmulo de biomassa, em decorrência dos seus desempenhos morfofisiológicos. Por sua vez, Angico Vermelho é aquela que apresentou um menor crescimento inicial quando comparado com as demais espécies.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Programa de Educação Tutorial – MEC, SESu/SECAD, pelo apoio financeiro, ao Grupo de Agrometeorologia no Semiárido (GAS) e à Universidade Federal Rural de Pernambuco/Unidade Acadêmica de Serra Talhada pelo espaço físico concedido.

Referências

Alvarez, R. de C.F.; Rodrigues, J.D.; Marubayashi, O.M.; Alvarez, A.C.C.; Cruscio, C.A.C. 2005. Análise de crescimento de duas cultivares de amendoim (Arachis hypogaea L.). Acta Scientia Agronomica, v. 27, n. 4, p. 611-616.

Araújo, A.P. de & Sobrinho, S. de P. 2011. Germinação e produção de mudas de tamboril (Enterolobium contortisiliquum (Vell.) Morong) em diferentes substratos. Revista Árvore, Viçosa-MG, v. 35, n. 3, p.581-588.

Aumonde, T.Z.; Pedó, T.; Martinazzo, E.G.; Moraes, D.M.; Villela, F.A.; Lopes, N.F. 2013. Análise de crescimento e partição de assimilados em plantas de maria-pretinha submetidas a níveis de sombreamento. Planta Daninha, Viçosa-MG, v. 31, n. 1, p. 99-108.

Barbieri Junior, D.; Braga, L.F.; Roque, C.G.; Sousa, M.P. 2007. Análise de crescimento de Hymenaea courbaril L. sob efeito da inoculação micorrizica e adubação fosfatada. Revista de Ciências Agro-Ambientais, Alta Floresta, v.5, n.1, p.1-15.

Benincasa, M.M.P. 2003. Análise de crescimento de plantas: noções básicas. Jaboticabal: FUNEP, 41 p.

Bernardino, D.C. de S.; Paiva, H. N. de; Neves, J.C. de L.; Gomes, J.M.; e Marques, V.B. 2005. Crescimento e qualidade de mudas de Anadenanthera macrocarpa (Benth.) Brenan em resposta à saturação por bases do substrato. Revista Árvore, Viçosa-MG, v. 29, n. 6, p. 863-870.

Boeger, M.R.T. & Gluzezak, R.M. 2006. Adaptações estruturais de sete espécies de plantas para as condições ambientais da área de dunas de Santa Catarina, Brasil. Iheringia, Série Botânica, Porto Alegre, v. 61, n. 1-2, p. 73-82.

Braga, C.L.; Fernandes, D.M.; Sirtoli, L.F.; Ludwig, F. 2010. Análise de crescimento de girassol ornamental de vaso e aplicação de nitrogênio. Scientia Agraria Paranaensis, v.9, n.2, p.52-59.

Cardoso, G.D.; Alves, P.L. da C.A.; Beltrão, N.E. de M.; Barreto, A.F. 2006. Uso da análise de crescimento não destrutiva como ferramenta para avaliação de cultivares. Revista de Biologia e Ciências da Terra, Campina Grande, v. 6, n. 2.

Caron, B.O.; Meira, W.R.; Schmidt, D.; Santos Filho, B.G. dos; Medeiros, S.L.P.; Manfron, P.A.; Müller, L. 2007. Análise de crescimento de plantas de aroeira vermelha no município de Ji-Paraná, RO. Revista da FZVA. Uruguaiana, v.14, n.1, p. 1-13.

Chaves, A. de S.; Paiva, H.N. de. 2004. Influência de diferentes períodos de sombreamento sobre a qualidade de mudas de fedegoso (Senna macranthera (Collad) Irwin et Barn). Scientia Forestalis, Piracicaba, n. 65, p. 22-29.

Colares, I.G.; Batista, T. de L.; Magalhães, U.A.S.; Santos, L.C. dos; Schlee, M.D.B. 2007. Efeito da temperatura e do fotoperíodo no crescimento e nas respostas fotossintéticas de Potamogeton pectinatus L. (potamogetonaceae), em cultivo experimental. Revista estudos de biologia, Curitiba, v.29, n. 68-69, p. 297-306.

Dantas, B.F.; Lopes, A.P.; Silva, F.F.S.; Lucio, A.A.; Batista, P.F; Pires, M.M.M.L.; Aragão, C.A. 2009. Taxas de crescimento de mudas de catingueira submetidas a diferentes substratos e sombreamentos. Revista Árvore, Viçosa, MG, v. 33, n. 3, p. 413-423.

Fayad, J.A.; Fontes, P.C.R.; Cardoso, A.A.; Finger, F.L.; Ferreira, F.A. Crescimento e produção do tomateiro cultivado sob condições de campo e de ambiente protegido. 2001. Horticultura Brasileira, Brasília, v. 19, n. 3, p. 232-237.

Freire, A.L. de O.; Rodrigues, T. de J.D.; Miranda, J.R.P. de. 2010. Fixação biológica do nitrogênio e crescimento de plantas de leucena (Leucaena leucocephala (Lam.) de Wit.) sob salinidade. Revista Caatinga, Mossoró, v. 23, n. 1, p. 90-96.

Gobbi, K.F.; Garcia, R.; Ventrella, M. C.; Fróes, A.; Neto, G.; Rocha, G. C. 2011. Área foliar específica e anatomia foliar quantitativa do capim-braquiária e do amendoim-forrageiro submetidos a sombreamento. Revista Brasileira de Zootecnia, Brasília, v.40, n.7, p.1436-1444.

Holanda, F.S.R.; Gomes, L.G.N.; Rocha, I.P. da; Santos, T.T.; Araújo Filho, R.N. de; Vieira, T.R. S.; Mesquita, J.B. 2010. Crescimento inicial de espécies florestais na recomposição da mata ciliar em taludes submetidos à técnica da bioengenharia de solos. Ciência Florestal, Santa Maria, v. 20, n. 1, p. 157-166.

Hunt, R. 1990. Basic growth analysis: plant growth analysis for beginners. London: Unwin Hyman. 112p.

Juras, I. da A.G.M. 2008. Aquecimento global e mudanças climáticas: uma introdução. Plenarium, v. 5, n. 5, p. 34-46.

Lacerda, C.F.; Carvalho, C.M. de; Vieira, M.R.; Nobre, J.G.A.; Neves, A.L.R.; Rodrigues, C.F. 2010. Análise de crescimento de milho e feijão sob diferentes condições de sombreamento. Revista Brasileira de Ciências Agrárias, Recife, v.5, n.1, p. 18-24.

Lessin, R.C. & Ghini, R. 2009. Efeito do aumento da concentração de CO2 atmosférico sobre o oídio e o crescimento de plantas de soja. Tropical Plant Pathology, Brasília, vol. 34, n. 6, p. 385-392.

Lima, A.L. da S.; Zanella, F.; Castro, L.D.M. de. 2010. Crescimento de Hymenaea courbaril L. var. stilbocarpa (Hayne) Lee et Lang. e Enterolobium contortisiliquum (Vell.) Morong (Leguminosae) sob diferentes níveis de sombreamento. Acta Amazonica, Manaus, vol. 40, n. 1, p. 43-48.

Lima, C.J.G. de S.; Oliveira, F. de A. de; Medeiros, J.F. de; Oliveira, M.K.T. de; Oliveira Filho, A. F. de. 2008. Modelos matemáticos para estimativa de área foliar de feijão caupi. Revista Caatinga, Mossoró, v. 21, n. 1, p.120-127.

Lima, D.G. de. 2012. Caatinga: Espécies lenhosas e herbáceas. Mossoró, RN: EdUfersa. 316p.

Lorenzi, H. 2008. Árvores brasileiras: Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Nova Odessa: Instituto Plantarum de Estudos da Flora LTDA, 5 ed., 384 p.

Miguel, A.A.; Oliveira, L.E.M. de; Mesquita, A.C.; Cairo, P.A.R.; Bonome, L.T. da S.; Oliveira, D.M. de. 2011. Estimativa da área foliar de seringueira usando o método das dimensões. Revista Agrarian, Dourados, v. 4, n. 13, p. 165-171.

Nóbrega, R.S.A.; Paula, A.M.; Vilas Boas, R.C.; Nóbrega, J.C.A.; Moreira, F.M.S. 2008. Parâmetros morfológicos de mudas de Sesbania virgata (Caz.) Pers e de Anadenanthera peregrina (L.) cultivadas em substrato fertilizado com composto de lixo urbano. Revista Árvore, Viçosa, MG, v.32, n.3, p 597-607.

Oliveira, D.A. de; Bezerra Neto, E.; Nascimento, C.W.A. do; Fernandes, M.B.; Silva, T.C. da; Oliveira, R.A. de. 2008. Alocação de biomassa em plantas de bambu em resposta a adubação mineral. Scientia Agraria, Curitiba, v. 9, n. 2, p. 139-146.

Oliveira, M.A.; Pereira, O.G.; Gomide, J.A. Huaman, C.A.M.; Garcia, R.; Cecon, P.R. 2000. Análise de crescimento do capim-bermuda 'Tifton 85' (Cynodon spp.). Revista Brasileira de Zootecnia, Brasília, v.29, n.6, p.1930-1938.

Sampaio, E.; Rodal, M.J. (2013). Biodiversidade da caatinga. Disponível em: <http// www.biodiversitas.org/caatinga>. Acesso em: 5 jul. 2013.

Scheffer-Basso, S. M.; Jacques, A. V. Á.; Agnol, M. D. 2002. Alocação da biomassa e correlações morfofisiológicas em leguminosas forrageiras com hábitos de crescimento contrastantes. Scientia Agricola, Piracicaba, v. 59, n. 4, p. 629-634.

Silva, H.D. da; Ferreira, C.A.; Corrêa, R.S.; Bellote, A F.J.; Tussolini, E.L. 2004. Alocação de biomassa e ajuste de equações para estimativa de biomassa em compartimentos aéreos de Eucalyptus benthamii. Boletim de pesquisa florestal. Embrapa Florestas, Colombo, v. 01, n. 49, p. 83-95.

Silva, M.L.S.; Viana, A.E.S.; José, A.R.S.; Amaral, C.L.F.; Matsumoto, S.N.; Pelacani, C.R. 2006. Desenvolvimento de mudas de maracujazeiro (Passiflora edulis Sims f. flavicarpa Deg.) sob diferentes níveis de sombreamento. Acta Scientiarum Agronomy. Maringá, v. 28, n. 4, p. 513-521.

Silva, T.G.F da S.; Zonier, S.; Grossi, J.A.S.; Barbosa, J.G.; Moura, C.R.W.; Muniz, M.A. 2009. Crescimento do girassol ornamental cultivado em ambiente protegido sob diferentes níveis de condutividade elétrica de fertirrigação. Revista Ceres, Viçosa, MG, v. 56, n.5, p. 602-610.

Silva, T.G.F. da; Moura, M.S.B. de; Zolnier, S.; Carmo, J.F.A. do; Souza, L.S.B. de. 2012. Biometria da parte aérea da cana soca irrigada no Submédio do Vale do São Francisco. Revista Ciência Agronômica, v. 43, n. 3, p. 500-509.

Taiz, L. & Zeiger, E. Fisiologia Vegetal. 2006. 3 ed. Porto Alegre: Artmed. 722p.