

Crescimento e partição de massa seca em plantas jovens de amburana (*Amburana cearensis* (Fr. All.) AC Smith) e de umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.)¹

Growth and split of the dry mass in young plants of amburana (*Amburana cearensis* (Fr. All.) AC Smith) and umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.)

Mayana Matos de Oliveira^I, Elayne Katia dos Santos Galvão^{II}, Cintia Luiza Mascarenhas de Souza^{III}, Verônica de Jesus Boaventura^{IV}, Lenaldo Muniz de Oliveira^V, Manoel Teixeira de Castro Neto^{VI}, Claudinéia Regina Pelacani^V

Resumo

As espécies amburana (*Amburana cearensis* (Fr. All.) A. C. Smith) e o umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.) possuem adaptações fisiológicas e morfológicas às condições climáticas do bioma caatinga e atualmente estão sob ameaça de extinção. Objetivou-se com a realização deste trabalho caracterizar a partição de fotoassimilados das mudas de *Amburana cearensis* e *Spondias tuberosa* buscando compreender a contribuição do sistema radicular tuberoso para a manutenção do crescimento inicial das mesmas. O estudo foi realizado na Unidade Experimental Horto Florestal da UEFS, o experimento foi disposto em delineamento em blocos casualizados, com quatro intervalos de avaliação após o transplante das mudas (DAT) (60; 120; 180 e 240 dias). Foram avaliados os parâmetros: altura da planta, diâmetro do caule, comprimento e largura de folha e raízes tuberosas, número de folhas, área foliar e massa seca. Com base nos dados de massa seca e área foliar, foram realizados os cálculos de taxa de crescimento absoluto (TCA), taxa de crescimento relativo (TCR), taxa assimilatória líquida (TAL), razão de área foliar (RAF), área foliar específica (AFE), razão de peso foliar (RPF) e peso específico da folha (PEF). Em ambas as espécies, a partição de fotoassimilados indica que inicialmente a raiz tuberosa funciona como um dreno de alta atividade, até a finalização da sua formação, seguindo de ramos, raízes secundárias e folhas. Para grande parte dos parâmetros de crescimento, as plantas de *Spondias tuberosa* obtiveram médias notoriamente mais altas, assim, conseqüentemente, obteve maior crescimento e desenvolvimento que as mudas de *Amburana cearensis*. Conclui-se que a formação das raízes tuberosas ocasiona interferência no crescimento inicial das plantas de ambas as espécies.

Palavras-chave: Caatinga; Arbórea; Raiz tuberosa; Desenvolvimento inicial

Abstract

Amburana cearensis and *Spondias tuberosa* have physiological and morphological adaptations for the climate of caatinga biome and are under threat of extinction. The objective of this paper was to characterize the photoassimilate partition of *Amburana cearensis* and *Spondias tuberosa* plants trying to understand the contribution of the root system to the maintenance of the initial growth of the plants. The experiment was arranged in a randomized block design, with four evaluation intervals after the transplanting of the seedlings (60, 120, 180 and 240 days). The parameters analyzed were: plant height, stem diameter, length and width of leaf, number of leaves, leaf area, tuberous roots and dry mass. From the dry mass data and total leaf area,

¹ Parte da tese de doutorado do primeiro autor no Programa de Pós-Graduação em Recursos Genéticos Vegetais da Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS), Feira de Santana, (BA), Brasil.

^I Engenheira Agrônoma, Dr^a., Professora da Universidade Regional da Bahia, Av. Deputado Luiz Eduardo Magalhães, n° 9899, Subaé, CEP 44079-002, Feira de Santana (BA), Brasil. mayana.agr@hotmail.com (ORCID: 0000-0002-9033-5642)

^{II} Engenheira Florestal, MSc., Bolsista de Apoio Técnico de Nível Superior pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Espírito Santo no Laboratório de Meteorologia e Ecofisiologia Florestal da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), Avenida Governador Lindemberg, 316, Centro, CEP 29550-000, Jerônimo Monteiro (ES), Brasil. eksgalvao@gmail.com (ORCID: 0000-0003-0157-3823)

^{III} Licenciada em Ciências Biológicas, Dr^a., Professora do Instituto Federal do Sertão Pernambucano, BR 232, Km 504, sentido Recife, Zona Rural, CEP 56000-000, Salgueiro (PE), Brasil. timluiza@gmail.com (ORCID: 0000-0002-7186-0951)

^{IV} Engenheira Agrônoma, MSc, Professora do CETEP Recôncavo II Alberto Torres Rua Rui Barbosa, 832, Centro, CEP 44380-000, Cruz das Almas (BA), Brasil. vel_jb@yahoo.com.br (ORCID: 0000-0001-8190-7381)

^V Engenheiro Agrônomo / Bióloga, Dr.^(a), Professor(a) do Departamento de Ciências Biológicas, Universidade Estadual de Feira de Santana, Av. Transnordestina, s/n - Novo Horizonte, CEP 44036-900, Feira de Santana (BA), Brasil. lenaldo.uefs@gmail.com (ORCID: 0000-0002-3411-2225) / claudineiapelacani@gmail.com (ORCID: 0000-0002-5230-8504)

^{VI} Engenheiro Agrônomo, PhD., Professor Adjunto do Centro de Ciências Agrárias e Ambientais, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Campus Universitário de Cruz das Almas s/n, Centro, CEP 44380-000, Cruz das Almas (BA), Brasil. manoeltc@ufrb.edu.br (ORCID: 0000-0001-9220-9757)



it was determined indices for the absolute growth rate (AGR), relative growth rate (RGR), net assimilation rate (NAR), leaf area ratio (LAR), specific leaf area (AFE), leaf weight ratio (RPF) and specific leaf weight (PEF). In both species, the photoassimilates partition indicates that the tuberous root is functioning as a high activity drain, til its formation, being guided by branches, secondary roots and leaves. For a large part of the growth parameters, the plants of *Spondias tuberosa* obtained significantly higher averages, thus resulting in greater growth and development than the seedlings of *Amburana cearensis*. It was concluded that the formation of the tuberous roots is the main drain for photoassimilates in the initial growth of the plants of both species.

Keywords: Caatinga; Tree; Tuberous root; Initial development

Introdução

O semiárido brasileiro localiza-se majoritariamente no nordeste do país (IBGE, 2005), essa região apresenta clima característico com altos índices de temperatura média do ar, deficit de pressão de vapor e radiação. Bem como, ventos fortes e secos, acrescido de baixa pluviosidade com distribuição espacial e temporal heterogênea, conseqüentemente apresenta deficiência hídrica no solo na maioria dos meses do ano (MAIA, 2004; ALVES et al, 2018). Nesta região está inserido o bioma Caatinga, cuja vegetação é composta de espécies lenhosas e herbáceas adaptadas às características do ambiente local (SANTOS; CARLESSO, 1998).

Assim como ocorre com as espécies endêmicas da caatinga, a amburana (*Amburana cearensis* (Fr. All.) AC Smith) e o umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.) apresentam características de aclimação ao bioma, assim, perdem as folhas na época seca, buscando minimizar a perda de água por transpiração e em contrapartida na estação chuvosa exibem rápida brotação e recomposição da parte aérea (MAIA, 2004), (CARLESSO, 1993; SANTOS; CARLESSO, 1998). Apresentam sistema radicular tuberoso, cuja função é a estocagem água e nutrientes para a estação de seca (CUNHA; FERREIRA, 2003; RAMOS et al., 2004; SILVA; GONÇALVES; PINHO, 2005; CAVALCANTI; RESENDE, 2006; CAVALCANTI et al., 2006; GONÇALVES; NEVES; CARVALHO, 2006).

A espécie amburana é uma árvore de copa densa, originária do sertão nordestino brasileiro, comumente encontrada na caatinga (CANUTO; SILVEIRA, 2010). Detém um potencial medicinal reconhecido popularmente, sobretudo a casca da árvore e as sementes (BERG, 1986; CANUTO; SILVEIRA, 2006). Além disso, devido a seus atributos madeireiros, a espécie tem grande aplicação na carpintaria, motivo pelo qual é explorada até a sua quase extinção nos locais de ocorrência natural (CANUTO; SILVEIRA, 2010).

O umbuzeiro é uma espécie endêmica da região semiárida do Brasil, se destaca por sua importância socioeconômica, de modo especial por seus frutos que são consumidos “in natura” ou na produção de geleias e doces em larga escala (CAVALCANTI; RESENDE, 2006). As demais partes da planta são também utilizadas na alimentação humana e animal, como no caso das suas raízes tuberosas, cuja extração irrestrita pode acarretar a morte dos indivíduos, principalmente os mais jovens (EPSTEIN, 1998; CAVALCANTI; RESENDE, 2006). Embora seja notório o potencial econômico e ambiental do umbuzeiro, há carência de estudos pertinentes ao crescimento e a produção de mudas da espécie (CRUZ; ANDRADE; FEITOSA, 2016). Cavalcanti et al. (2006) atentam para pesquisas nas quais é observada a inexistência de plantas em fase juvenil em seu ambiente natural, em consequência da dificuldade de germinação das sementes, ao intenso desmatamento e a aplicação de sua madeira para a produção de carvão, verificando-se uma acentuada pressão extrativista.

Mediante o cenário anteriormente descrito, tem-se ampliado a quantidade de projetos com a finalidade de produzir mudas das espécies nativas da caatinga, como plano de reflorestamento ou para garantir sustentabilidade das atividades exploram sua matéria-prima. Estes projetos possuem foco nas diversas questões ligadas às fases de crescimento e formação das mudas, como a fisiologia da germinação de sementes e o desenvolvimento inicial de várias espécies de interesse florestal (WHITMORE, 1996; SCALON et al., 2001).

Diante do baixo número trabalhos acerca do crescimento inicial das espécies *Amburana cearensis* e *Spondias tuberosa* e ainda, perante a necessidade de avaliar e elucidar o desenvolvimento inicial das espécies, de relevância reconhecida para o semiárido, selecionou-se um conjunto de parâmetros que constituem a técnica de análise de crescimento, esta ferramenta é bastante empregada no estudo do comportamento de cultivares sob influência de práticas agronômicas, efeitos climáticos ou de competição, e por fatores intrínsecos associados à fisiologia da planta (ANDRADE *et al.*, 2005; GUIMARÃES; STONE; NEVES, 2008), tornando possível avaliar o crescimento parcial da planta e a contribuição dos diversos órgãos no crescimento total (FELTRIM *et al.*, 2008). Em face do exposto, a análise de crescimento contribui, com informações relevantes, o para estabelecimento de cultivares promissoras, bem como, auxilia na compressão de como as diferentes espécies se comportam e quais estratégias utilizam frente às condições climáticas a que são submetidas.

Nesta perspectiva, objetivou-se caracterizar a partição de fotoassimilados das plantas e compreender a contribuição do sistema radicular tuberoso para a manutenção do crescimento inicial das mudas de amburana (*Amburana cearensis*) e umbuzeiro (*Spondias tuberosa*).

Material e métodos

O experimento foi desenvolvido na Unidade Experimental do Horto Florestal da Universidade Estadual de Feira de Santana, teve duração total de 240 dias, nos meses compreendidos entre outubro 2012 e maio de 2013. Para a produção das mudas, sementes foram extraídas de plantas-matrizes situadas na Embrapa Semiárido, município de Petrolina-PE (9°23' S e 40°30' W). O substrato foi preparado com composto orgânico e areia (2:1), e alocado em sacos de polietileno preto, com capacidade para 1 Kg de substrato e dimensões de 18 x 25 cm de altura e largura respectivamente.

Após 60 dias da sementeira, as mudas foram selecionadas, visando garantir a uniformidade em tamanho, quando então transplantadas para vasos plásticos, com dimensões de 50 cm de altura e 20 cm de diâmetro preenchidos com a mesma mistura utilizada na sementeira. Durante o período experimental, as plantas foram mantidas em viveiro com telado de sombrite com 50% de luminosidade, sendo irrigadas em dias alternados com a finalidade de preservar a umidade do solo próxima à capacidade campo. O controle de ervas daninhas foi realizado semanalmente de forma manual.

Os parâmetros de crescimento avaliados foram altura da planta, diâmetro do caule, comprimento e largura de folha e raízes tuberosas, número de folíolos, a área foliar e também a massa seca de folhas, ramos, raízes tuberosas e raízes laterais. As avaliações foram realizadas com intervalos de 60 dias, visto que em estudos prévios com períodos inferiores houve pequenas diferenças nos parâmetros analisados.

A altura foi mensurada considerando a distância da base do caule ao ápice das plantas, com o auxílio de régua graduada. O diâmetro do coleto foi mensurado na altura da superfície do solo, utilizando paquímetro digital com precisão de 0,01 mm, o mesmo foi utilizado para determinar a largura e comprimento dos folíolos, esta determinação foi realizada tomando-se a média de três folíolos localizados, no ápice, meio e base da folha, já o número de folíolos foi contabilizado considerando todos em crescimento e os totalmente expandidos. A área foliar total das plantas foi mensurada através do método de projeção de imagem, por escaneamento, e o cálculo da área através do *software* Quant. Visando determinar a massa seca das plantas, realizou-se a separação das frações (raízes laterais, raízes tuberosas, ramos e folhas), em seguida o material vegetal passou por secagem em estufa de ventilação forçada a 60°C, até atingir peso constante, quando então foi mesurado em balança analítica.

Com base nos dados de área foliar e massa seca, foram calculados os índices referentes à taxa de crescimento relativo (TCR), taxa de crescimento absoluto (TCA), taxa assimilatória líquida (TAL), razão de área foliar (RAF), área foliar específica (AFE), razão de peso foliar (RPF)

e peso específico da folha (PEF), seguindo as metodologias propostas por Benincasa (2003) e Cairo, Oliveira e Mesquita (2008). Foi realizado o cálculo da porcentagem de massa seca alocada em cada órgão da planta (raiz laterais, raízes tuberosas, ramos e folhas) e assim foi determinada a partição de fotoassimilados das espécies, em cada DAT.

O delineamento experimental em blocos casualizados foi adotado para ambas as espécies (*Amburana cearensis* e *Spondias tuberosa*), com quatro épocas de avaliação após o transplântio das mudas (DAT) (60; 120; 180 e 240 dias), com quatro repetições por época de avaliação. A parcela experimental foi constituída de uma planta por vaso, adotando espaçamento de 0,5 m entre vasos e 1 m entre blocos. Os dados foram submetidos à análise de variância processados no *software* Sisvar (FERREIRA, 2000), se significativa, as médias foram comparadas entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. Foram aplicadas também análises de regressão linear.

Resultados

A análise da partição de fotoassimilados (Figura 1) das espécies *Amburana cearensis* e *Spondias tuberosa*, revelou que os drenos preferenciais são as raízes tuberosas, seguidos de ramos, folhas e raízes laterais.

Especialmente durante a fase de crescimento inicial, a raiz tuberosa funciona como um dreno de alta atividade, e o ganho de carbono líquido da fotossíntese é majoritariamente incorporado neste órgão, até a conclusão da sua formação. Ademais, na espécie *Amburana cearensis* notou-se um elevado investimento em massa seca na raiz tuberosa no decurso todo do período experimental, existindo baixa variação entre as massas secas da parte aérea e radicular. As mudas de *Spondias tuberosa* priorizaram a produção de massa seca na raiz tuberosa até os 60 DAT, nas avaliações subsequentes (120, 180, e 240 DAT) houve um equilíbrio da partição de fotoassimilados entre a parte aérea e a radicular.

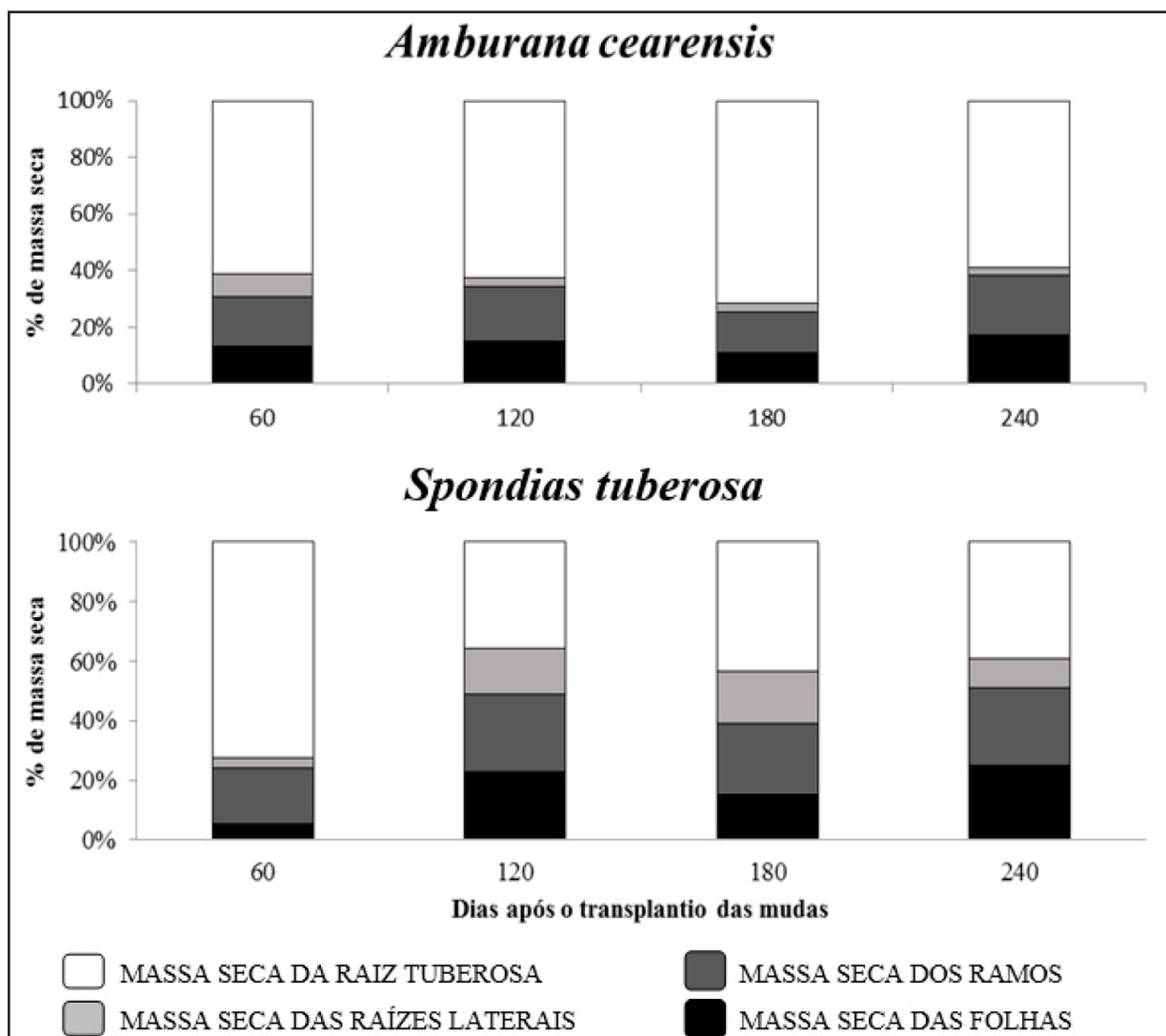
Nas duas espécies avaliadas, frente aos demais órgãos, as raízes laterais obtiveram uma baixa demanda de fotoassimilados em todo o período experimental. Entretanto, nas plantas de *Spondias tuberosa* observou-se o aumento da alocação de massa seca nestes órgãos aos 120 e 180 DAT (Figura 1), em função da alta temperatura existente no clima de verão (meses de dezembro, janeiro e fevereiro), utilizou-se a estratégia de incrementar a superfície de absorção de água e nutrientes, e assim garantir a elevação das reservas nas raízes tuberosas.

Ao passo que ocorreu o aumento da alocação de fotoassimilados nas raízes laterais, houve uma diminuição na massa seca alocada nos ramos e folhas (Figura 1), utilizando a estratégia de diminuir a taxa transpiratória e de modo consequente a perda de água para atmosfera estimulada sob alta temperatura. No período de avaliação final, aos 240 DAT, ocorrem as temperaturas mais baixas e o período chuvoso é iniciado na região (mês de abril), desta forma, ocorre a recomposição da parte aérea das plantas usando as reservas armazenadas nas raízes tuberosas.

No que concerne ao crescimento das espécies, verificou-se que em todas as variáveis analisadas, ocorreu uma tendência linear positiva, ou seja, houve incremento gradativo com o avanço do desenvolvimento inicial das plantas (dias após o transplântio) (Figura 2). Em relação às variáveis de crescimento altura da planta, comprimento e largura dos folíolos e número de folíolos, a espécie *Spondias tuberosa* obteve médias mais elevadas, se confrontadas as médias com as medias obtidas pela espécie *Amburana cearensis* ao final do período experimental, apresentando-se como uma espécie de crescimento e desenvolvimento mais rápido. Entretanto, os maiores incrementos em altura da planta de umbuzeiro, número, comprimento e largura dos folíolos são observados após os 60 DAT, momento em que é encerrada a formação da raiz tuberosa, e reduzida sua atividade como dreno, conforme observado na Figura 1.

Figura 1 – Distribuição de massa seca, em porcentagem do total de plantas jovens de *Amburana cearensis* e *Spondias tuberosa* após o transplante das mudas. Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana-BA, 2015.

Figure 1 – Dry mass distribution as a percentage of total seedlings of *Amburana cearensis* and *Spondias tuberosa* after transplanting the seedlings. Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, BA state, 2015.



Fonte: Autor (2019)

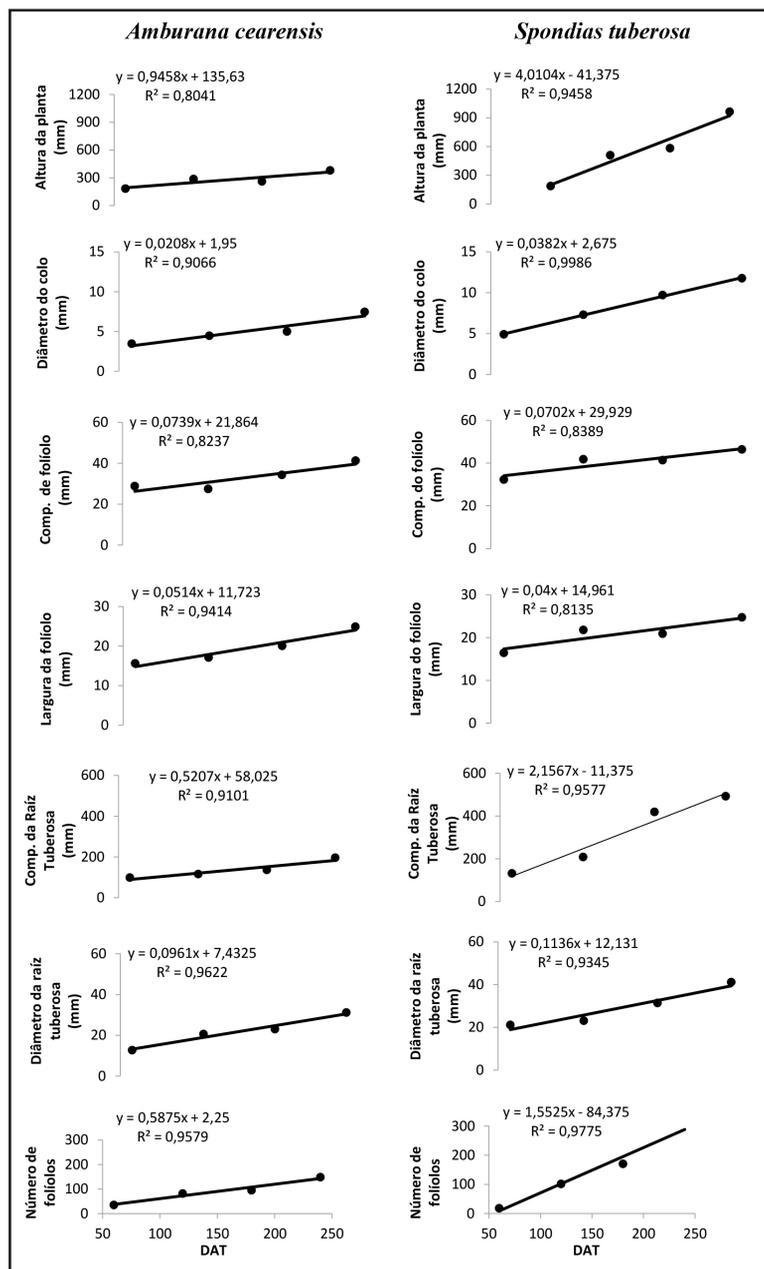
A espécie *Spondias tuberosa*, aos 60 DAT, apresentou baixa razão de área foliar (RAF), já aos 120 DAT houve um aumento da RAF (Figura 4), coincidindo com a diminuição na demanda por fotoassimilados para a raiz tuberosa e por ocasião da sua completa formação (Figura 1), confirmando a influência da atividade deste dreno no crescimento e no desenvolvimento inicial das plantas. Como consequência da redução na translocação de assimilados para as folhas aos 180 DAT (Figura 1) ocorreu redução na RAF (Figura 4), já aos 240 DAT houve acréscimo a RAF, em função da diminuição da temperatura do ar, aumento da pluviosidade e consequente recomposição da parte aérea.

Durante o período de estudo nota-se, conforme era esperado, que as plantas de *Amburana cearensis* obtiveram padrões inversos de área foliar específica (AFE) e peso específico da folha (PEF), (Figura 3), com

diminuição da AFE e aumento da PEF. Tal comportamento exhibe o incremento da espessura da folha, corroborando a elevação da alocação de massa seca para as folhas no mesmo período observado na Figura 1.

Figura 2 – Altura da planta, diâmetro do colo, comprimento e largura do folíolo, comprimento e diâmetro da raiz tuberosa e número de folíolos de plantas jovens de *Amburana cearensis* e *Spondias tuberosa*, em diferentes números de dias após o transplante das mudas. Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana-BA, Brasil 2015.

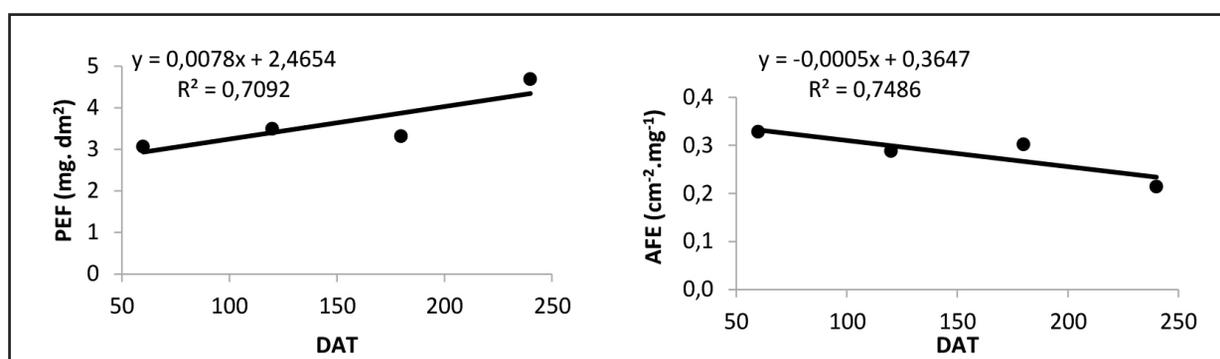
Figure 2 – Plant height, stem diameter, length and width of leaves, length and diameter of the tuberous root and number of leaflets of young plants of *Amburana cearensis* and *Spondias tuberosa*, in different numbers of days after transplanting the seedlings. Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, BA state, Brazil 2015.



Fonte: Autor (2019)

Figura 3 – Peso específico de folha (PEF), área foliar específica (AFE), de plantas jovens de *Amburana cearensis*, após o transplântio das mudas (DAT). Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana-BA, 2015.

Figure 3 – Leaf weight rate (LWR), specific leaf area (SLA), in young plants of *Amburana cearensis* after transplanting the seedlings (DAT), Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, BA state.

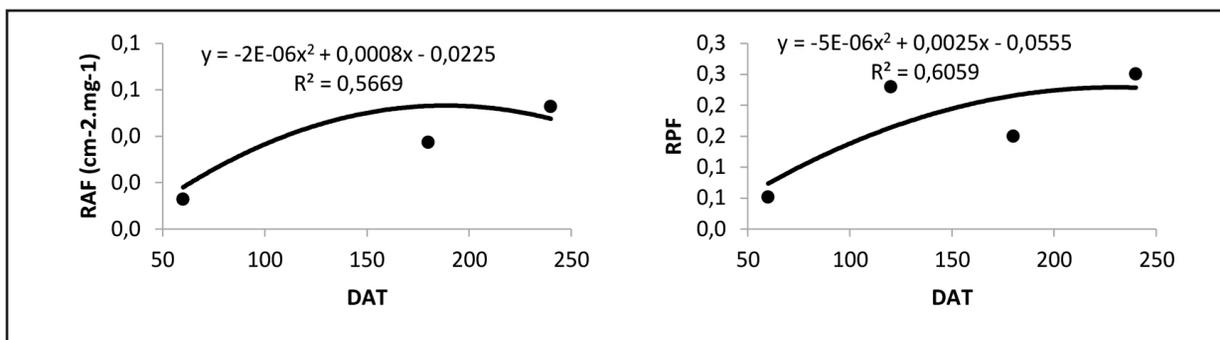


Fonte: Autor (2019)

A espécie *Spondias tuberosa* seguiu o mesmo comportamento da alocação de massa seca nas folhas (Figura 1) para a variável razão de peso da folha (RPF) (Figura 4), com redução aos 180 DAT e acréscimo aos 240 DAT, ocasionados eventos que proporcionaram a redução e recomposição da parte aérea das plantas neste período.

Figura 4 – Razão de área foliar (RAF) e razão de peso foliar (RPF), de plantas jovens de *Spondias tuberosa*, após o transplântio das mudas (DAT). Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana-BA, 2015.

Figure 4 – Leaf area ratio (LAR), leaf weight ratio (LWR), in young plants of *Amburana cearensis* after transplanting the seedlings (DAT), Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, BA state, 2015.



Fonte: Autor (2019)

Assim como ocorreu de maneira geral com os parâmetros de crescimento, as plantas de *Spondias tuberosa* obtiveram maiores médias que as de *Amburana cearensis* para a taxa de crescimento absoluto (TCA) e taxa de crescimento relativo (TCR) (Tabela 1), o que comprova seu crescimento mais acelerado, com uma TCA média de 2,3 vezes maior.

Ambas as espécies avaliadas obtiveram valores crescentes para TCA, TCR e taxa de

assimilação líquida (TAL) (Tabela 1). A elevação nos valores de TCA e TCR com o desenvolvimento das plantas aponta que, para estas espécies, a velocidade de crescimento é diretamente influenciada pelo padrão de alocação de massa seca (Figura 1) de modo especial após a formação da raiz tuberosa. O acréscimo da TAL elucida a alta eficiência do aparelho fotossintético e adaptabilidade das plantas entre a síntese e a degradação de fotoassimilados, de forma a atender à alta demanda das raízes tuberosas em formação, bem como dos demais órgãos em fase de crescimento.

Tabela 1 – Médias das variáveis taxa de Crescimento absoluto (TCA), taxa de crescimento relativo (TCR) e taxa de assimilação líquida (TAL) de plantas jovens de *Amburana cearensis* e *Spondias tuberosa*, após o transplântio das mudas. Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana-BA, 2015.

Table 1 – Means of variables of absolute growth rate (AGR), relative growth rate (RGR) and net assimilation rate (NAR) in young plants of *Amburana cearensis* and *Spondias tuberosa*, after transplanting the seedlings. Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, BA state, 2015.

Espécie	Idade (Intervalo de dias após o transplântio das mudas)			Média
	60-120	120-180	180-240	
Taxa de crescimento absoluto (TCA) (mg dia ⁻¹)				
<i>Amburana cearensis</i>	47.05b	62.22b	155.90a	88.39
<i>Spondias tuberosa</i>	99.11b	199.27ba	310.49a	202.96
Taxa de crescimento relativo (TCR) (mg mg ⁻¹ dias ⁻¹)				
<i>Amburana cearensis</i>	8.31c	8.89a	9.63b	8.94
<i>Spondias tuberosa</i>	8.93c	9.77b	10.40a	9.70
Taxa de assimilação líquida (TAL) (mg cm ⁻² dia ⁻¹)				
<i>Amburana cearensis</i>	0.26b	0.35a	0.36a	0.32
<i>Spondias tuberosa</i>	0.23b	0.32b	0.56a	0.37

Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem entre si pelo Teste Tukey a 5% de probabilidade.

Discussão

As plantas de *Amburana cearensis* apresentaram desenvolvimento da parte aérea lento, quando comparado ao acelerado crescimento das raízes tuberosas, em contrapartida, as mudas da espécie *Spondias tuberosa*, obtiveram um elevado acúmulo de matéria seca na parte aérea das plantas a partir dos 60 DAT, como consequência da diminuição da atividade da raiz tuberosa, razão da sua completa formação.

O elevado investimento de fotoassimilados na formação da raiz tuberosa das espécies estudadas indica que este é um órgão essencial ao armazenamento de nutrientes e água para as plantas durante o período de escassez de água no solo, no qual ocorre perda das folhas. Esta é uma estratégia de suma importância para a seleção natural, principalmente quando as espécies estão inseridas em ambientes de intensa estacionalidade climática, como na caatinga, tal estratégia colabora para a sobrevivência destas em período de seca. Ramos (2004), avaliando plantas de *Amburana cearensis* sob distintos níveis de sombreamento, encontrou resultados semelhantes aos do presente estudo, o autor observou que as plantas alocaram grande parte dos fotoassimilados produzidos na raiz tuberosa, então chamada de xilopódio.

Maia (2004) ressalta que em espécies típicas da caatinga, as raízes laterais são pouco numerosas, superficiais, longas e finas, fato evidenciado no presente estudo, uma vez que tanto as plantas de *Amburana cearensis* como as de *Spondias tuberosa*, apresentaram baixa alocação de matéria seca nas raízes laterais. Segundo Cavalcanti *et al.* (2006), na fase adulta, o umbuzeiro apresenta raízes laterais superficiais e longas, com arranjos que acompanham a disposição da copa, atingindo entre 1 e 1,5 m de profundidade. Por sua vez, as plantas de *Amburana cearensis* possuem sistema radicular mais restrito às camadas superficiais do solo. Ramos (2004) avaliando plantas de amburana com cerca de 19 meses de idade, constatou que o comprimento das raízes laterais foi inferior a 30 cm, independentemente do tratamento avaliado.

Nas plantas de *Amburana cearensis* e de *Spondias tuberosa* houve diminuição da parte aérea em meses de temperatura elevada e baixa pluviosidade, sendo estas recompostas após o período inicial das chuvas e de temperaturas do ar mais baixas na região. Tal comportamento revela que mesmo com a irrigação constante, as espécies continuaram perdendo suas folhas na estação seca e rebrotando no início das chuvas, evidenciando que esta é uma característica intrínseca da espécie, utilizada como estratégia de adaptação ao déficit hídrico existente no seu local de ocorrência natural.

Os padrões de partição de fotoassimilados podem variar em função da espécie, idade e condições climáticas a que são submetidas. Diversos estudos empregam estes parâmetros com o objetivo de analisar o crescimento e partição de biomassa de diferentes espécies ou genótipos de uma mesma espécie (PEIXOTO *et al.*, 2006; ANDRADE *et al.*, 2009; FERNANDES *et al.*, 2010; SIMILI *et al.*, 2013) ou ainda buscando comparar as plantas de uma mesma espécie submetida a condições de crescimento e/ou ambientais diferentes (LOPES *et al.*, 2009; BARBIERI *et al.*, 2011; LANZA; ROSSI; SODEK, 2013).

Esperava-se um acréscimo gradual nos parâmetros de crescimento durante o desenvolvimento inicial das espécies estudadas. No entanto, as plantas de *Spondias tuberosa* obtiveram crescimento e desenvolvimento mais rápido do que o esperado, embora para os parâmetros relacionados à parte aérea da planta (altura da planta, número, comprimento e largura dos folíolos) o acréscimo tenha ocorrido de forma mais expressiva após os 60 DAT, momento em que se findou a formação da raiz tuberosa, e houve a redução da sua atividade como dreno.

Silva, Gonçalves e Pinho (2005), avaliando doses de adubação em *Spondias tuberosa* encontraram dados semelhantes ao deste estudo, no que diz respeito à altura e diâmetro do caule. No referido trabalho, a altura das plantas alcançou de 24,1 a 40,0 cm e o diâmetro do caule oscilou entre 4,0 e 6,0 mm. Em experimentos com mudas de umbuzeiro após 70 dias de semeadura, Araújo *et al.* (2001) encontraram crescimento médio de: 13,4 cm de altura da parte aérea e “xilopódio” com dimensões de 11,3 cm de comprimento e diâmetro 3,3 mm. Estudando a espécie *Amburana cearensis* entre o 4º e o 16º mês de idade, Ramos (2004), constatou um baixo crescimento da parte aérea, um incremento de altura de cerca de 5 cm e somente 1 mm de diferença no diâmetro do colo das plantas.

De acordo com Benincasa (2003), a AFE é expressa pela razão entre a área foliar e a massa seca das folhas. Este parâmetro está relacionado à alocação de biomassa por unidade de área, ao custo de construção das folhas e à longevidade foliar (FRANCO *et al.*, 2005). O oposto da AFE relaciona-se à espessura da folha (Massa seca das folhas/ Área Foliar) que é denominada de PEF (BENINCASA, 2003; CAIRO; OLIVEIRA; MESQUITA, 2008). Desta forma, os aumentos da PEF e diminuição da AFE encontrados para plantas de *Amburana cearensis* expressam o aumento na espessura da folha, como resultado do incremento no tamanho e no número de células.

Sendo a massa seca da folha inversamente proporcional a AFE, acréscimos na massa seca foliar, resultam em decréscimos na AFE, e assim foi observado na *Amburana cearensis*, a espécie apresentou um decréscimo no acúmulo da massa seca das folhas aos 180 DAT, combinado com a ocorrência de um acréscimo da AFE e decréscimo da PEF. Este comportamento ocorre em resposta à alta temperatura do ar existente na região, nos meses de dezembro a fevereiro, assim, as plantas reduzem a área foliar e a espessura das folhas buscando minimizar a perda de água por transpiração, o que favorece ainda o acréscimo nas reservas das raízes tuberosas. Santiago (2013) estudando 22 espécies existentes no semiárido nordestino verificou uma AFE de 1,62 cm² mg⁻¹ em plantas adultas

de *Spondias tuberosa* e de 0,59 cm⁻² mg⁻¹ para *Myracrodruon urundeuva* e para a braúna-do-sertão (*Schinopsis brasiliensis*), apontando a influência dos aspectos ambientais e fisiológicos na variação do parâmetro de crescimento altura da planta.

A RAF expressa a área foliar útil para a fotossíntese, é realizado pela razão entre a área foliar e a massa seca total, sendo a primeira a variável responsável pela interceptação da energia luminosa e CO₂, e a segunda por sua vez, o resultado sumário da fotossíntese (BENINCASA, 2003; CAIRO; OLIVEIRA; MESQUITA, 2008). Nas plantas de *Spondias tuberosa* observou-se um comportamento inverso da RAF à demanda da raiz tuberosa, evidenciando a influência do processo de formação deste órgão no comportamento da RAF. Pedroso e Varela (1995), estudando a espécie *Ceiba pentandra* (L.) Gaertn, não encontraram incrementos nos valores da RAF. A referida espécie não possui sistema radicular tuberoso e desta forma, grande parte dos fotoassimilados é convertido em folhas, na tentativa de aumentar o aproveitamento da radiação solar.

A RPF expressa a capacidade da parte aérea em realizar a translocação de fotoassimilados aos demais órgãos da planta. Quanto maior for esta razão, maior é a quantidade de biomassa alocada nas folhas em comparação ao que é incorporado aos demais órgãos da planta e menor é a eficiência da translocação (BENINCASA, 2003; CAIRO; OLIVEIRA; MESQUITA, 2008). Verificou-se que as mudas de *Spondias tuberosa* obtiveram baixa eficiência na translocação de massa seca nas folhas para recomposição da parte aérea, isto é, na época das chuvas e temperaturas mais baixas da região. Assim, é notório que a razão de peso foliar é influenciada pela partição de fotoassimilados (Figura 1), a qual é diretamente atingida pela formação da raiz tuberosa, por tática de aclimatação à deficiência hídrica, e pela demanda e alocação de fotoassimilados.

A TCA revela a velocidade de crescimento das mudas ao longo de um determinado período experimental, isto é, o crescimento ocorrido entre duas avaliações, distintas da TCR, a qual mensura o aumento ocorrido no período total de avaliação, cujo cálculo se baseia em valores de peso preexistentes no início das avaliações. (BENINCASA, 2003; CAIRO; OLIVEIRA; MESQUITA, 2008). O resultado dos parâmetros lineares de crescimento encontrado para as espécies *Spondias tuberosa*, e o comportamento com relação às taxas de crescimento absoluto e relativo, sugerem também que esta espécie possui crescimento e desenvolvimento mais rápidos que a *Amburana cearensis*.

A TAL reflete o balanço entre a fotossíntese e respiração, podendo ser esta relação positiva ou negativa em detrimento das condições ambientais ou de manejo a que a muda esteja submetida. Este balanço expressa também a eficiência da maquinaria fotossintética, pois reflete o aumento da massa seca por unidade de área foliar por tempo (BENINCASA, 2003). Assim, os acréscimos graduais a TAL, no período de crescimento inicial das mudas das duas as espécies, evidenciam a eficiência da maquinaria fotossintética em suprir a demanda de formação da raiz tuberosa sem comprometer o crescimento da muda. Dantas *et al.* (2009), ao pesquisar a *Caesalpinia pyramidalis* Tul., encontraram resultados similares aos do presente estudo.

Conclusão

As duas espécies estudadas, *Spondias tuberosa* e *Amburana cearensis*, apresentaram como drenos preferenciais as raízes tuberosas, seguidas de ramos, folhas e raízes laterais. Na fase de desenvolvimento inicial, as raízes tuberosas funcionam como um dreno de alta atividade e grande parte do ganho de carbono líquido da fotossíntese é incorporado nessa região, permanecendo assim até que seja concluída sua formação.

Nas plantas de umbuzeiro e amburana, as raízes tuberosas funcionam como um sistema de reserva de água e nutrientes, a formação deste órgão apresenta interferência no crescimento inicial das espécies.

As mudas de *Spondias tuberosa* apresentam um crescimento e desenvolvimento mais rápido quando comparadas às de *Amburana cearensis*.

Refêrencias

- ALVES, A. R. *et al.* A caatinga e a oportunidade de mitigação das emissões de gases de efeito estufa pela atividade pastoril. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, Maringá, v. 11, n. 2, p. 639-661, 2018.
- ANDRADE, A. C. *et al.* Análise de crescimento do capim-elefante 'Napier' adubado e irrigado. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, p. 415-423, 2005.
- ANDRADE, C. A. de B. *et al.* Produtividade, crescimento e partição de matéria seca em duas cultivares de feijão. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 31, n. 4, p. 683-688, 2009.
- ARAÚJO, F. P. de *et al.* Influência do período de armazenamento das sementes de umbuzeiro na germinação e no desenvolvimento da plântula. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, MG, v. 26, n. 2, p. 36-39, 2001.
- BARBIERI, D. J. *et al.* Análise de crescimento de *Bixa orellana* L. sob efeito da inoculação micorrízica e adubação fosfatada. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v. 13, n. 2, p. 129-138, 2011.
- BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas: noções básicas**. Jaboticabal: FUNEP, 2003. 42 p.
- BERG, M. E. V. D. Formas atuais e potenciais de aproveitamento das espécies nativas exóticas do Pantanal Mato-Grossense. In: SIMPÓSIO SOBRE RECURSOS NATURAIS E SÓCIO ECONÔMICOS DO PANTANAL, Corumbá. **Anais [...]**. Corumbá: EMBRAPA; UFMS; Brasília: EMBRAPA; CPAC, 1984. p. 131-136. (Documentos, 5).
- CAIRO, P. A. R.; OLIVEIRA, L. E. M.; MESQUITA, A. C. **Análise de crescimento de plantas**. Vitória da conquista: Edições Uesb, 2008. p. 29-43.
- CANUTO, K. M.; SILVEIRA, E. R. Constituintes químicos da casca do caule de *Amburana cearensis* A.C. Smith. **Química Nova**, São Paulo, v. 29, n. 6, p. 1241-1243, 2006.
- CANUTO, K. M.; SILVEIRA, E. R. Estudo fitoquímico de espécimens cultivados de cumaru (*Amburana cearensis* A. C. Smith). **Química Nova**, São Paulo, v. 33, n. 3, p. 662-666, 2010.
- CARLESSO, R. **Influence of soil water deficits on maize growth and leaf area adjustments**. East Lansing: Michigan State University, 1993.
- CAVALCANTI, N. B. *et al.* Emergência e sobrevivência de plântulas de imbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arruda) na caatinga. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 19, n. 4, p. 391-396, 2006.
- CAVALCANTI, N. B.; RESENDE, G. M. Ocorrência de xilopódio em plantas nativas de imbuzeiro. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 19, n. 3, p. 287-293, 2006.
- CRUZ, F. R. S.; ANDRADE, L. A.; FEITOSA, R. C. Produção de mudas de umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arruda Câmara) em diferentes substratos e tamanho de recipientes. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 26, p. 69-80, 2016.
- CUNHA, M. C. L.; FERREIRA, R. A. Aspectos morfológicos da semente e do desenvolvimento da planta jovem de *Amburana cearensis* (Arr. Cam.) A.C. Smith -Cumaru - LEGUMINOSAE PAPILIONOIDEAE. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 25, n. 2, p. 89-96, 2003.
- DANTAS, B. *et al.* Taxas de crescimento de mudas de catingueira submetidas a diferentes substratos e sombreamentos. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 33, n. 3, p. 413-423, 2009.
- EPSTEIN, L. A riqueza do umbuzeiro. **Bahia Agrícola**, Salvador, v. 2, n. 3, p. 31-34, nov. 1998.
- FELTRIM, A. L. *et al.* Crescimento e acúmulo de macronutrientes em chicória coberta e não coberta com polipropileno. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 26, p. 50-55, 2008.
- FERNANDES, A. M. *et al.* Crescimento, acúmulo e distribuição de matéria seca em cultivares de batata

na safra de inverno. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 45, n. 8, p. 826-835, 2010.

FERREIRA, D. F. Análise estatística por meio do SISVAR (Sistema para Análise de Variância) para Windows versão 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 2000, São Carlos. **Anais [...]**. São Carlos: UFSCar, 2000. p. 255-258.

FRANCO, A. C. *et al.* Leaf functional traits of neotropical savanna trees in relation to seasonal water deficit. **Trees**, Washington, v. 19, p. 326-335, 2005.

GONÇALVES, F. C.; NEVES, O. S. C.; CARVALHO, J. G. Deficiência nutricional em mudas de umbuzeiro decorrente da omissão de macronutrientes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 6, p. 1053-1057, jun. 2006.

GUIMARÃES, C. M.; STONE, L. F.; NEVES, P. de C. F. Eficiência produtiva de cultivares de arroz com divergência fenotípica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 12, p. 465-470, 2008.

IBGE. **Mapas de biomas e vegetação**. [S. l.], 2005. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 17 set. 2014.

LANZA, L. N. M.; ROSSI, S. C.; SODEK, L. Adubação nitrogenada beneficia soja alagada. **Bragantia**, Campinas, v. 72, n. 1, p. 2-9, 2013.

LOPES, J. P. *et al.* Análise de crescimento e trocas gasosas na cultura de milho em plantio direto e convencional. **Bragantia**, Campinas, v. 68, n. 4, p. 839-848, 2009.

MAIA, G. N. **Caatinga: árvores e arbustos e suas utilidades**. 1. ed. São Paulo: Dez Computação Gráfica e Editora, 2004.

PEDROSO, S. G.; VARELA, V. P. Efeito do sombreamento no crescimento de mudas de Sumauma (*Ceiba pentandra* (e.) Gaertn). **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 17, n. 1, p. 47-51, 1995.

PEIXOTO, C. P. *et al.* Análise de crescimento de diferentes genótipos de citros cultivados sob déficit hídrico. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 28, n. 3, p. 439-443, dez. 2006.

RAMOS, K. M. O. Desenvolvimento inicial e repartição de massa seca de *Amburana cearensis* (Allemao) A. C. Smith, em diferentes condições de sombreamento. **Acta Botânica Brasílica**, Belo Horizonte, v. 18, n. 2, p. 351-358, 2004.

SANTIAGO, R. R. **Atributos foliares como ferramenta de identificação de grupos funcionais da caatinga**. 2013. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Ciências Biológicas) – Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Paraíba, 2013.

SANTOS, R. F.; CARLESSO, R. Déficit hídrico e os processos morfológicos e fisiológicos das plantas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 2, n. 3, p. 287-294, 1998.

SCALON, S. P.Q. *et al.* Germinação e crescimento de mudas de pitangueira (*Eugenia uniflora* L.) sob condições de sombreamento. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 23, n. 3, p. 652-655, 2001.

SILVA, E. B.; GONÇALVES, N. P.; PINHO, P. J. Limitações nutricionais para crescimento de mudas de umbuzeiro em Latossolo Vermelho distrófico no Norte de Minas. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá v. 27, n. 1, p. 55-59, 2005.

SIMILI, F. F. *et al.* Hydrocyanic acid content and growth rate of sorghum x sudangrass hybrid during fall. **Ciência Agroecológica**, Lavras, v. 37, n. 4, p. 299-305, 2013.

WHITMORE, T. C. A review of some aspects of tropical rain forest seedling ecology with suggestions for further enquiry. In: SWAINE, M. D. (ed). **The ecology of tropical forest tree seedlings - man and the biosphere series**. New York: [s. n.], 1996. v. 17, p. 3-39.