UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
DEPARTAMENTO DE BOTÂNICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA VEGETAL

BRUNO MELO LUSTOSA

Alocação de recursos e razão raiz: parte aérea em duas espécies arbóreas de uma Floresta Tropical Sazonal Seca

Recife - PE
2015

BRUNO MELO LUSTOSA

Alocação de recursos e razão raiz: parte aérea em duas espécies arbóreas de uma Floresta Tropical Sazonal Seca

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Biologia Vegetal.

Orientador: Profª Drª. Jarcilene Silva de Almeida-Cortez

Coorientador: Prof° Dr. Arne Cierjacks

Recife – PE
2015

Catalogação na fonte

Elaine Barroso

CRB 1728

Lustosa, Bruno Melo

Alocação de recursos e razão raiz: parte aérea em duas espécies arbóreas de uma Floresta Sazonal Seca / Bruno Melo Lustosa- Recife: O Autor, 201

55 folhas : fig., tab.

Orientadora: Jarcilene Silva de Almeida-Cortez

Coorientador: Arne Cierjacks

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. Centro de Biociências. Biologia Vegetal, 2015.

Inclui referências

1. Fisiologia vegetal 2. Plantas da Caatinga 3. Plantas e solo I. Almeida-Cortez, Jarcilene Silva de (orientadora) II. Cierjacks, Arne (coorientador) III. Título

571.2 CDD (22.ed.) UFPE/CCB-2016-335

BRUNO MELO LUSTOSA

Alocação de recursos e razão raiz: parte aérea em duas espécies arbóreas de uma Floresta Tropical Sazonal Seca

APROVADA EM:
27/07/2015

BANCA EXAMINADORA:

_____

Profa. Dra. Jarcilene Silva de Almeida-Cortez (Orientadora) – UFPE

_____

Prof. Dr. Mauro Guida Santos – UFPE

_____

Prof. Dr. Everardo Valadares de Sa Baretto Sampaio – UFPE

Recife – PE
2015

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, gostaria de agradecer a Deus, pois sem ele nada disso seria possível. Ele que me fez vencer os obstáculos quando eu não imaginei que conseguiria, ele que me deu forças para continuar acreditando que no fim tudo ia dar certo, e que me ajudou a concluir essa etapa da minha vida e seguir em frente.

Aos meus pais, Sérgio e Vera, que de uma forma especial me deram força e coragem, me apoiando mesmo nos momentos mais difíceis. Colocar em palavras tudo que eu gostaria de agradecer aos dois é difícil, principalmente eles sendo as pessoas maravilhosas que foram durante toda essa etapa. Todo mundo pode agradecer aos pais pelo apoio moral e tudo mais, mas além disso eu gostaria de agradecer ao apoio intelectual, sim intelectual. Quando eu estava arrancando meus cabelos para conseguir montar todo o sistema do meu experimento, foram eles que me fizeram enxergar a melhor maneira, e não só isso foi meu pai que desenhou a estrutura que eu utilizei no experimento. Mas não só isso nos momentos mais difíceis de montagem e enchimento dos rizotrons eles estavam presentes, lembro como se fosse hoje, minha mãe coberta de poeira porque estava me ajudando a peneirar o solo para eu poder ir com eles para Gravatá na Semana Santa. Enfim gostaria de dizer muito obrigado mesmo, por tudo, sem vocês eu não teria conseguido.

À minha orientadora Jarcilene Silva de Almeida-Cortez, por simplesmente tudo. Primeiro por topar a ideia do experimento, já que era algo novo que nenhum dos dois tinha trabalhado, pela paciência nesses quase 2 ano e meio de orientação, pelo incentivo e apoio que tornaram possível a conclusão deste trabalho.

Gostaria de agradecer a duas pessoas essenciais na conclusão desse trabalho. Primeiro à Fernando Sena, um amigo desde a época de graduação, que enfrentou esse obstáculo comigo desde o primeiro até o último dia. Ele esteve presente em todos os momentos, tantos nos bons como nos ruins, gostaria de deixar claro que sem você eu não teria conseguido. Em segundo, mas não menos importante, a melhor amiga que Deus podia ter me dado Silvia Santos. Por tudo, pela companhia, pelas risadas, pelos momentos compartilhados, e pela ajuda que você me deu quando eu precisei, nos momentos difíceis, nos feriados, você era uma presença que eu sabia que podia contar.

Gostaria de agradecer a André que se disponibilizou a ir comigo à campo e auxiliou na coleta do solo de caatinga e do substrato.

Aos amigos do Laboratório de Interações Multitróficas (LIM). Em especial, à Raphaell Alves e Wellyson Silva, por ter me ajudado durante o experimento, seja regando

as plantas, auxiliando na área foliar ou mesmo nos momentos de descontração no laboratório. À João Gomes e Gysllaine, duas pessoas que se mostraram pessoas nas quais eu pude contar e principalmente as nossas conversas no laboratório. E à Lígia Gomes, é maguinha, estamos juntos sempre, juntos na graduação, no LEV, no experimento de conclusão de curso e agora não foi diferente. Quero agradecer a sua amizade e a todo apoio. Obrigado a todos vocês.

Aos Biólogos e agregados, Biológos Carnavalescos, Obesos x Esbeltos, ou como estiver o nome do grupo, por tornarem meus dias mais felizes, seja com uma risada no início do dia, ou no final de um dia cansativo e estressante. Seja com um áudio ou um vídeo idiota de Thiago, ou um algo baixo com Samara ou Allison. Vocês são partes essenciais na minha vida obrigado a todos vocês (Allison, Aninha, Camila, Ivan, Jeanne, Natália, Nina, Samara e Thiago).

Aos amigos que a universidade me deu, Rodolfo Ferreira, Mariana Lins, Natália Creal, Millena Vieira, Laura Estela... Por todos os momentos de descontração e por todas as porcarias conversadas no casos de família.

À Amanda Stamford, a amiga que me acompanha desde o ensino fundamental, adentrou pelo ensino médio e está comigo até hoje. São mais de dezessete anos de amizade e espero que continue a minha vida inteira.

Aos amigos de uma vida inteira, João Henrique, Djailton Pires e Victor Brandão. Por estarem sempre ao meu lado, presentes nos momentos de descontração.

Aos projeto suporte: Interplay between the multiple use of water reservoirs via innovative coupling of substance cycles in aquatic and terrestrial ecosystems (INNOVATE).

Aos órgão de fomento, a CNPq pela bolsa concebida e a FACEPE pelo suporte financeiro ao projeto.

Por fim, gostaria de agradecer aos meus amigos, familiares e a todos que contribuíram direta ou indiretamente para que esse trabalho fosse realizado meu eterno agradecimento.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ºC ..... Graus Celsius

Ca ..... Cálcio

CnPq ..... Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

CO_2 ..... Gás carbônico

DEN ..... Departamento de Energia Nuclear

H_2O ..... Água

IPA ..... Instituto Agronômico de Pernambuco

Mg ..... Magnésio

MMA ..... Ministério do Meio Ambiente

N ..... Nitrogênio

Na ..... Sódio

K ..... Potássio

P ..... Fósforo

PPGBV ..... Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal

R ..... Biomassa radicular

R:PA ..... Razão Raiz: Parte Aérea

S ..... Biomassa do Tronco

UFPE ..... Universidade Federal de Pernambuco

RESUMO

Os solos da caatinga, geralmente são pouco desenvolvidos, pedregosos, rasos e com baixa capacidade de retenção de água, e baixa fertilidade. O crescimento das plantas é diretamente afetado pela fertilidade dos solos e pode ser aumentado com a incorporação de resíduos orgânicos aos solos. A incorporação do resíduo orgânico de tanque de peixes foi testada em plantas jovens de *Aspidosperma pyrifolium* Mart (A) e *Spondias tuberosa* Arr. Plantas com apenas um par de folhas verdadeiras foram transplantadas para rizotrons, contendo seis proporções do resíduo (0, 10, 20, 30, 40 e 50%) misturado com solo de caatinga. Medidas biométricas foram realizadas semanalmente, e ao final do experimento foram mensurados biomassa das folhas, caules e raízes bem como a concentração de nutrientes nas folhas e raízes. As plantas de *Aspidosperma pyrifolium* tiveram o maior nas taxas de crescimento da parte aérea e da parte subterrânea e a menor razão raiz: parte aérea no tratamento com 10% de resíduo orgânico. Em *Spondias tuberosa* só houve aumento nas taxas de crescimento com resíduo 20 e 30% e houve uma diminuição linear na razão raiz: parte aérea em todos os tratamentos com exceção do 10%. Pode-se inferir que as plantas dos tratamentos de 10% para *A. pyrifolium*, e 20 e 30% para *S. tuberosa* apresentaram um maior investimento na parte aérea e melhor desenvolvimento em relação aos parâmetros biométricos, biomassa, área foliar e nutrientes. A incorporação de resíduos orgânicos pode auxiliar nas taxas de sobrevivência de mudas usadas para recuperação de áreas degradadas de Caatinga.

Palavras-chave: *Aspidosperma pyrifolium*. *Spondias tuberosa*. Nutrientes. Área foliar. Substrato de peixe.

ABSTRACT

Soils of Caatinga are generally underdeveloped, stony, shallow, with poor water holding capacity and low fertility. Plant growth is affected directly by soil fertility and can be increased by incorporation of material to the sail. organic waste. The incorporation of an organic residue from fish tanks was tested in seedlings of *Aspidosperma pyrifolium* Mart (A) and *Spondias tuberosa* Arr. Plants with the first pairs of true leaves were transplanted to rhizotrons, containing six residue concentrations (0, 10, 20, 30, 40 and 50%) mixed with Caatinga soil. Biometric measurements were made weekly, and at the end of the experiment, biomass of root, stem and shoot, as well the nutrient concentrations in shoots and roots were mesured. *Aspidosperma pyrifolium* plants had the highest shoot and root growth rates and lower root: shoot ratio with 10% of residue. *Spondias tuberosa* growth rates increased only in treatments with 20 and 30% residue and there waste a linear decrease in root: shoot ratio was observed. We can infer that the treatments 10% para *A. pyrifolium*, and 20 and 30% for *S. tuberosa* showed greater investment in shoot and better development in relation to biometric parameters and parameters in biomass, leaf area, nutrients. Residue incorporation can increase seedling survivalin works aiming at recuperation of degraded Caatinga areas.

Keywords: *Aspidosperma pyrifolium*. *Spondias tuberosa*. Nutrients. Leaf Area. Fish Waste.

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO **10**

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA **11**

ALOCAÇÃO DE RECURSOS 11
REGIÕES ÁRIDAS E SEMI-ÁRIDAS 12
RESÍDUOS ORGÂNICOS 13
CAATINGA 14
PEREIRO (ASPIDOSPERMA PYRIFOLIUM MART.) 15
UMBUZEIRO (SPONDIAS TUBEROSA ARR.) 17

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS **19**

MANUSCRITO **26**

RESUMO **27**

ABSTRACT **28**

INTRODUÇÃO **29**

MATERIAL E MÉTODOS **31**

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE NUTRICIONAL DO SOLO E DO RESÍDUO ORGÂNICO 31
SUBTRATOS PARA CRESCIMENTO DAS ESPÉCIES 31
COLETA, TRATAMENTO E GERMINAÇÃO DAS SEMENTES 32
EXPERIMENTO DE CRESCIMENTO DE PLÂNTULAS 32
MEDIDAS BIOMÉTRICAS 33
MEDIDAS DE BIOMASSA 33
RAZÃO RAIZ: PARTE AÉREA 33
ÁREA FOLIAR E ÁREA FOLIAR ESPECÍFICA 33
CONTEÚDO FOLIAR DE NITROGÊNIO, FÓSFORO, POTÁSSIO E SÓDIO 34
ANÁLISES ESTATÍSTICAS 34

RESULTADOS **34**

ANÁLISES QUÍMICAS DO RESÍDUO ORGÂNIO DO TANQUE DE PEIXES 34
BIOMETRIA 34
BIOMASSA DE FOLHAS, CAULE E RAÍZES 37
RAZÃO RAIZ: PARTE AÉREA 38
ÁREA FOLIAR E ÁREA FOLIAR ESPECÍFICA 38
NUTRIENTES 39

DISCUSSÃO **40**

AGRADECIMENTOS **44**

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS **44**

LISTA DE FIGURAS **49**

LISTA DE TABELAS **53**

APRESENTAÇÃO

As folhas são responsáveis pela captação de luz e gás carbônico (CO_2), enquanto as raízes retiram do solo recursos indispensáveis para o desenvolvimento da planta, como água (H_2O) e nutrientes (N, P, K, entre outros). A obtenção desses recursos dependente dde outros fatores, como luz e temperatura. Por exemplo, para assimilação de CO_2 é necessário luz. Portanto, a escassez de um recurso pode ocasionar perda na capacidade de captação de outro, e com isso afetar o crescimento da planta. As plantas têm diferentes estratégias de alocação de recursos para controlar o seu crescimento. Uma teoria é que o crescimento é direcionado para onde o recurso é mais limitante se houver limitação de água ou nutrientes há um maior investimento em raízes, já se há limitação de luz haverá um investimento em parte aérea.

Regiões áridas e semi-áridas possuem caraterísticas marcantes, como, escassez de água, elevadas temperaturas e solos pouco profundos. Somadas ao uso inadequado da terra, levara a baixas concentrações de matéria orgânica e de nutrientes nos solos. Uma maneira de melhorar as características do solo é a incorporação de resíduos orgânicos, que promove mudanças nas características físicas, químicas e biológicas, melhorando a estrutura do solo, aumentando a capacidade de retenção de água e o fornecimento de nutrientes.

Na Caatinga, o extrativismo somado ao superpastoreio pecuário e a exploração agrícola tem modificado a composição florística e acelerado o processo de degradação e perda da fertilidade dos solos. A conservação e preservação dos recursos naturais é uma condição indispensável para o uso regular e sustentável, da terra da região. Desta forma, torna-se evidente a importância de se conhecer o crescimento de espécies nativas, e verificar o potencial das mesmas para utilização na recuperação de áreas degradadas.

A compreensão de como espécies de regiões áridas desenvolveram estratégias e sobrevivem em solos pobres, especialmente adaptações do sistema radicular para captar e armazenar água e nutrientes, é necessária para dar suporte a programas de recuperação de áreas degradas. Portanto, o objetivo deste trabalho foi analisar a alocação de recursos entre parte aérea e raiz em duas espécies arbóreas nativas de Caatinga, *Aspidosperma pyrifolium* Mart. e *Spondias tuberosa* Arr., em resposta a diferentes proporções de resíduo orgânico e solo de caatinga.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Alocação de recursos

Como as plantas respondem às variações nas disponibilidades dos recursos nos ambientes é um ponto importante na ecofisiologia vegetal (McConnaughay e Coleman 1999). Em florestas tropicais, o crescimento das plantas é frequentemente limitado por condições não favoráveis do ambiente, como altas temperaturas, elevada intensidade luminosa, déficit hídrico, carência de nutrientes, etc. Com isso, as plantas utilizam-se de estratégias de alocação de recursos para coordenar o seu crescimento, de modo que há um *trade-off* entre a biomassa investida na parte aérea e na parte subterrânea (Hermans et al. 2006). A compreensão destas estratégias é fundamental para entendimento das diferenças adaptativas entre espécies e da estrutura e dinâmica das comunidades vegetais. Essa repartição da biomassa vegetal é um processo muito importante na ecologia, pois influencia na diferenciação e na estrutura dos ecossistemas florestais (Seidl et al. 2010). Em nível de indivíduos, causa implicações no crescimento e na história de vida da planta; já em nível de comunidades, as estratégias de alocação de biomassa estão ligadas à resposta adaptativa da comunidade de plantas para lidar com alterações ambientais (Roa-Fuentes et al. 2012).

Diferentes modelos de alocação da biomassa vegetal têm sido propostos. Um exemplo é o da alocação alométrica, que segue uma estratégia de alometria simples para ajustar as disponibilidades do recurso especial (Muller et al. 2000; Poorter e Nagel 2000). Enquist e Niklas (2002) argumentaram que a razão de "biomassa do tronco (S): biomassa radicular (R)" apresenta valores próximos a 1. De acordo com este modelo, a alocação da biomassa vegetal é raramente afetada pela quantidade de água ou nutrientes (Muller et al. 2000). Outro modelo é o do crescimento balanceado, segundo o qual a biomassa da planta é preferencialmente atribuída ao órgão da planta que capta o recurso limitante de crescimento (Shipley e Meziane 2002). Se houver limitação de água ou de nutrientes no solo, então mais biomassa é alocada para as raízes; já se houver limitação na quantidade de luz então mais biomassa é alocada à parte aérea. A radiação solar e a concentração de CO_2 da atmosfera nos trópicos são fatores que em condições normais não limitam o crescimento das plantas. Nestas condições, a água e os nutrientes são os principais limitantes da produtividade florestal (Barros e Comerford 2002). A produção de biomassa é também determinada pelas características genéticas da espécie em estudo e geralmente quanto maior a capacidade de retirar os nutrientes do solo, maior será a produtividade (Santana et al. 2002).

Regiões áridas e semi-áridas

As regiões áridas e semi-áridas representam cerca de 33% de toda a superfície terrestre, mais de 5 bilhões de hectares, abrangendo mais de 100 países. Na América Latina, os países que possuem aéreas com características de aridez e semi-aridez são Argentina, Brasil, Chile e México (cerca de 313 milhões de hectares). No Brasil, o semi-árido abrange 70% da área do Nordeste (Schenkel e Junior 1999).

As regiões semi-áridas são caracterizadas por terem altas temperaturas, baixa pluviosidade, solos pouco profundos e baixa biomassa vegetal. Além das condições edafoclimáticas não muito

favoráveis, frequentemente tem sistemas agrícolas extrativistas e pecuária, com sobrepastejo (Aguiar et al. 2006). Em ambientes que possuem características como verões quentes e secos, secas prolongadas e chuvas fortes concentradas em curtos períodos, juntamente com gestão inadequada da terra, há redução nos teores de matéria orgânica, degradação estrutural e a perda de fertilidade dos solos. Como consequência da degradação do solo reduz-se cobertura vegetal, o que pode aumentar os riscos de erosão dos solos (Smith et al. 1993).

Resíduos orgânicos

Um método para a recuperação de solos degradados de regiões áridas e semi-áridas, que apresentam baixos teores de matéria orgânica, é a incorporação de matéria orgânica de resíduos orgânicos (Garcia et al. 1997; Pascual et al. 1998). Os resíduos orgânicos de origem animal possuem diversos fins, sendo um deles a aplicação agrícola como fertilizante orgânico. É certamente a mais interessante, em termos agronômicos, econômicos, ambientais e sociais, desde que sejam aplicados corretamente (Corrêa et al. 2011). Na agroecologia, a reciclagem dos resíduos orgânicos, tanto de origem animal (como estercos) como de origem vegetal (como bagaço de cana e palha de arroz) é utilizada na composição de substratos. Assim, materiais que geralmente constituem passivos ambientais, ou não são bem aproveitados, podem ser transformados em adubos e substratos de alta qualidade (Medeiros et al. 2008). Outro ponto importante é que a utilização de fertilizantes orgânicos auxilia na mitigação da utilização de fertilizantes minerais, dos quais o Brasil é refém das importações. O aumento dos preços dos fertilizantes minerais, nos últimos anos, tem favorecido estudos com fontes alternativas de nutrientes, como a adubação orgânica (Vidigal et al. 2010). Costa et al. (2007) afirmaram que o uso de resíduos orgânicos alternativos proporciona o aproveitamento de materiais que normalmente não seriam utilizados, favorecendo a diminuição

da utilização de agroquímicos, contribuindo para manter o equilíbrio ambiental e a biodiversidade, na busca de uma agricultura sustentável.

Os resíduos orgânicos apresentam características químicas, físicas e biológicas distintas variando de acordo com a sua fonte (animal, vegetal, ...) e principalmente, com os tratamentos ou manejos aos quais foram submetidos. Tais características possibilitam a liberação ou não dos nutrientes (ciclagem) para as plantas (Boechat 2011). Os resíduos são, geralmente, ricos em matéria orgânica e desempenham um importante papel na manutenção da qualidade do solo, e atuam como fator positivo nas práticas de manejo sustentável da terra. A conservação e o acréscimo de matéria orgânica ao solo exercem efeitos benéficos no suprimento dos nutrientes às plantas, na estrutura e na compatibilidade do solo, e influenciam positivamente todas as propriedades do solo, aumentando a capacidade de troca catiônica e de micronutrientes (Santos et al. 1999). Também proporcionam melhoria na capacidade de armazenamento de água, aumento da porosidade e da taxa de infiltração de água (Corrêa et al 2011), aspectos fundamentais em solos tropicais altamente intemperizados e ácidos.

Os resíduos liberam um conjunto de substâncias heterogêneas que inclui compostos de carbono, como açúcares, proteínas, ácidos de baixa massa molecular, como os ácidos acético e oxálico, quase todos facilmente mineralizáveis e disponíveis às plantas e microrganismos (Budziak et al. 2004). Mas, deve-se levar em consideração o respeito com o ambiente, principalmente na prática da adubação orgânica, pois o uso inadequado desses fertilizantes pode contribuir para o aumento da degradação dos recursos naturais e da poluição ambiental (Gaya, 2004).

Caatinga

A Caatinga é uma Floresta Tropical Sazonal Seca e, segundo o Ministério do Meio Ambiente (MMA 2002) recobriria 844.453 km², compreendendo aproximadamente 70% da região

Nordeste e parte do norte de Minas Gerais, representando cerca de 11% do território nacional. O clima característico é semiárido, com altas temperaturas e precipitações escassas, concentradas em dois a cinco meses ao ano. O clima caracteriza-se, também, pela grande irregularidade das chuvas de um ano para outro, podendo ainda ocorrer severas secas periódicas (Queiroz 2009). A região apresenta características meteorológicas extremas, tais como os mais altos níveis de radiação solar e temperatura média anual (26-28 ºC) do país, além de baixa taxa de umidade relativa (50%), baixa nebulosidade e elevada evaporação (2000 $mm.ano^{-1}$) (Prado 2003). Embora os dados sejam relativamente escassos, há relatos que os solos das regiões de Caatinga costumam ser pobres, apresentando baixas taxas de fertilidade (Medina 2004).

A vegetação da Caatinga, devido as suas particularidades, apresenta adaptações e estratégias para sobreviver aos longos períodos de estiagem. Geralmente, as espécies apresentam crescimento lento e investimento maior em raiz do que em parte área. Almeida (1988), ao estudar plântulas de *Maytenus rigida* Mart. em campo, observou crescimento dez vezes maior da raiz que da parte aérea. Barbosa et al. (1996), estudando três espécies de caatinga verificaram que em plantas jovens a raiz principal era duas ou três vezes mais comprida que a parte aérea, assemelhando-se com as características da planta adulta, exigindo um investimento inicial maior nessas estruturas. Segundo Holbrook (1995), esse maior investimento em biomassa radicular é uma característica das plantas de regiões áridas e semi-áridas.

Para este estudo selecionamos duas espécies arbóreas nativas da Caatinga com características eco-fisiológicas distintas: o pereiro (presença de uma raiz principal longa) e o umbuzeiro (presença de reservas de água em suas raízes).

Pereiro (*Aspidosperma pyrifolium* Mart.)

A família Apocynaceae possui cerca de 200 gêneros e 4.000 espécies, e apresenta distribuição predominantemente tropical e subtropical, podendo raramente chegar até regiões temperadas. Espécies do gênero *Aspidosperma* são encontradas apenas nas Américas. No Brasil foram catalogadas cerca de 52 espécies, encontradas em ambientes como Caatinga, Cerrado e florestas úmidas (Lorenzi 2002).

Aspidosperma pyrifolium é considerada uma espécie endêmica da Caatinga, popularmente conhecida como: pereiro, pau-pereiro, pereiro-vermelho, pau-de-coaru (Correa 1978). Possui ocorrência desde o Ceará até o norte de Minas Gerais. Tem larga dispersão em toda a zona da Caatinga, sendo encontrados em vários tipos de solos e entre pedras e rochedos (Maia 2004).

É planta com altura variável, dependendo da região onde se encontra, podendo apresentar porte arbustivo ou atingir até 8 m de altura na Caatinga arbórea (Lorenzi 2009). Possui um tronco bem desenvolvido, ereto, mas não ultrapassando 20 cm de diâmetro. Quando jovens, as plantas possuem tronco com casca lisa e acinzentada, com lenticelas brancas, mas quando mais velhas apresentam-se mais rugosas. As folhas são ovais, simples, amargosas, glabras ou pilosas; suas flores são pequenas, de cor clara e possuem um perfume agradável; o fruto é em forma de gota achatada, de cor castanho-claro, com pequenas verrugas de cor cinza e comporta cerca de 5 sementes, aladas e planas. A dispersão dessas sementes é feita através do vento, por meio da alas das sementes. As sementes constituem a via de propagação mais empregada na implantação de plantios (Varela et al. 2005). Sua germinação ocorre quando as condições para o crescimento são favoráveis e não apresentam dormência. Baixas temperaturas durante a germinação das sementes retardam a emergência e induzem a formação de plântulas pequenas. A madeira do pereiro é de cor clara, macia e de fácil trabalho, resistente e muito durável (Maia 2004).

O pereiro apresenta diversas utilizações, desde o uso da madeira, na medicina até para fins ornamentais. Sua madeira é bastante utilizada para serviços de carpintaria na construção de móveis, produção de carvão, cerca e lenha. Como planta ornamental é utilizada em paisagística, por ser uma árvore de pequeno porte e beleza da sua copa (Lorenzi 2009). Também é utilizada na recuperação de áreas degradadas, inclusive em matas ciliares. É uma das poucas espécies indicadas para a recuperação de áreas, por sua importância ecológica e adaptação às mais severas condições de seca e solo (Santos 2010).

Umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr.)

O gênero *Spondias* é um dos mais importantes da família Anacardiaceae, sendo representado por 18 táxons, ocorrendo em regiões tropicais do Velho Mundo, bem como ao longo dos Neotrópicos (Silva-Júnior 2004). Uma espécie que se destaca no gênero é a *S. tuberosa*, uma frutífera nativa do semi-árido brasileiro, popularmente conhecida por umbuzeiro ou imbuzeiro (Lorenzi 2002). Esta espécie ocorre em grande parte do nordeste brasileiro, desde o Ceará até o norte de Minas Gerais (Mendes 1990; Santos 1997), em regiões com baixas precipitações médias anuais (Santos 1997; Costa et al. 2001; Lorenzi 2002).

O umbuzeiro, segundo Santos (1997), apresenta porte arbóreo, podendo atingir até 7 m, seis ramos principais e copa arredondada de até 12m de diâmetro, frutos com peso médio de 18,4g, apresentando de 10 a 14 mm de comprimento. Os seus frutos, do tipo drupa elipsoidal, são glabros ou levemente pilosos, com 4 a 5 pequenas protuberâncias na porção distal, com epicarpo espesso, de cor amarelo-esverdeado e mesocarpo (polpa) variando de fina a grossa e de sabor agridoce (Folegatti et al. 2003). A semente do umbuzeiro é muito resistente com três camadas denso-fibrosa, que dificultam a penetração de água e oxigênio, dificultando a expansão do embrião e consequentemente, sua germinação. A emergência é lenta e irregular e as plântulas apresentam

crescimento desuniforme (Campos 1986; Costa et al. 2001). Todavia, a dormência da semente do imbuzeiro é considerada primária e superável por tratamentos pré-germinativos como escarificação mecânica, armazenamento de sementes e uso de reguladores de crescimento, como o ácido giberélico (Campos, 1986; Araújo et al. 2001; Cavalcanti et al. 2006; Lopes et al. 2009). A espécie apresenta um série de peculiaridades adaptativas em relação as condições climáticas adversas da Caatinga (Cavalcanti et al. 1996), como a formação de estruturas de reserva de água e nutrientes (xilopódios) e floração e frutificação na estação seca (Gondim et al. 1991; Cavalcanti et al. 2000a).

Segundo Cavalcanti et al. (1996), há muito tempo o umbu figura entre as espécies de maior importância do semi-árido nordestino. É largamente usado por suas propriedades alimentícias, mas também existem outros usos, incluindo o medicinal e madeireiro. A principal parte do umbu é o fruto, sendo o extrativismo a principal forma de obtenção dos mesmos, podendo ser consumido *in natura*, ou utilizado no preparo de sucos, sorvetes e na tradicional umbuzada (polpa de umbu cozida com leite e açúcar) (Cavalcanti et al. 1999ab; Costa et al. 2001; Folegatti et al, 2003). Segundo Cavalcanti et al. (2000ab), os frutos de umbu, assim como as suas raízes, apresentam altos valores de ácido ascórbico e sais minerais, registrando-se nos frutos até 14,5g deste ácido por 100 ml de suco, assim como potássio, cálcio, magnésio e fibras solúveis (Lima 1996 apud Cavalcanti et al. 2001). A raiz apresenta estruturas conhecidas como xilopódios, que armazenam água e nutrientes. Os xilopódios do umbuzeiro apresentam proteínas, fibras brutas, taninos, amido, enxofre, fósforo, cálcio e magnésio (Cavalcanti et al. 1999ab).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Almeida, JS (1988) Aspectos ecofisiológicos de *Maytenus rigida* Mart. (bom-nome) ocorrente em área de caatinga de uma região semi-árida (Alagoinha) do Estado de Pernambuco. Monografia Recife, UFPE, 30 p

Almeida-Cortez, JS, Barbosa DCA, Araújo EC (1989) Análise bromatológica de folhas e frutos de *Maytenus rigida* Mart. Biolog Brasil, 1:61-68.

Aguiar MI, Maia SMF, Oliveira TS, Mendonça ES, Araujo Filho JA (2006) Perdas de solo, água e nutrientes em sistemas agroflorestais no município de Sobral, CE. Rev Ciênc Agron 37:270-278.

Araújo FP, Santos CAF, Cavalcanti NB, Resende GM (2001) Influência do período de armazenamento das sementes de umbuzeiro na sua germinação e no desenvolvimento da plântula. Rev Bras de Armaz 26: 36-39.

Barbosa DCB, Barbosa MCA, Lima CM (1996) Fenologia de espécies lenhosas da Caatinga In: Leal IR, Tabarelli M, Silva MC (eds) Ecologia e conservação da Caatinga. Ed Universitária da UFPE, Pernambuco, Recife, pp. 65-98.

Barros NF, Comerford NB (2002) Sustentabilidade da produção de florestas plantadas na região tropical. In: Alvarez VVH, Schaefer CEGR, Barros NF, Mello JWV, Costa LM (eds) Tópicos em ciência do solo. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, Minas Gerais, pp. 98-115.

Boechat CL (2011) Mineralização do carbono e nitrogênio de resíduos orgânicos urbanos e industriais. Dissertação de Mestrado, Departamento de Química Agrícola e Solos, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Bahia, Brasil.

Budziak CR, Maia CMBF, Mangrich AS (2004) Transformações químicas da matéria orgânica durante a compostagem de resíduos da indústria madeireira. Quim Nova 27:399-403.

Campos CO (1986) Estudo da quebra de dormência da semente de umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Câm.). Dissertação de Mestrado, Universidade Federal Ceará, Fortaleza, Brasil.

Correa MP (1978) Dicionário das plantas úteis do Brasil, v.5, Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal, Rio de Janeiro.

Costa E, Santos LCR, Carvalho C, Leal PAM, Gomes VA (2010) Volumes de substratos comerciais, solo e composto orgânico afetando a formação de mudas de maracujazeiro-amarelo em diferentes ambientes de cultivo. Acta Sci 32: 463-470.

Costa NP, Bruno RLA, Souza FX, Lima EDPA (2001) Efeito do estádio de maturação do fruto e do tempo de pré-embebição de endocarpos na germinação de sementes de umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Câm.). *Rev Bras de Frutic* 23:738-741.

Cavalcanti NB, Resende GM, Brito LTL, Lima JB (1996) Extrativismo do imbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arruda.) como fonte alternativa de renda para pequenos produtores no semi-árido nordestino: um estudo de caso. Ciênc e Agrotéc 20:529-533.

Cavalcanti NB, Resende GM, Brito LTL (1999a) Desenvolvimento do imbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arruda.) na região semi-árida do Nordeste brasileiro. Ciênc e Agrotéc 23: 212-213.

Cavalcanti NB, Resende GM, Brito LT (1999b) Extrativismo vegetal como fator de absorção de mão-de-obra e geração de renda: o caso do imbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arruda.). In: Anais do XXXVII Congresso brasileiro de economia e sociologia rural, Foz do Iguaçú, p. 5.

Cavalcanti NB, Resende GM, Brito LTL (2000a) Ciclo reprodutivo do umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arruda) no semiárido do Nordeste brasileiro. Rev Ceres 47:421-439.

Cavalcanti NB, Resende GM, Brito LTL (2000b) Processamento do fruto do imbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arruda.). Ciênc e Agrotéc 24:252-259.

Cavalcanti NB, Resende GM, Brito LTL 2001. Emergência e crescimento de plântulas de umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arruda) em diferentes substratos. Embrapa-CPATSA 58:1-19.

Cavalcanti NB, Resende GM, Drumond MA (2006) Período de dormência de sementes de imbuzeiro. Rev Caatinga 19:135-139.

Enquist BJ, Niklas KJ (2002) Global allocation rules for patterns of biomass partitioning in seed plants. Science 295:1517–20.

Folegatti MIS, Matsuura FCAU, Cardoso RL, Machado SS, Rocha AS, Lima RR (2003) Aproveitamento industrial do umbu: processamento de geléia e compota. Ciênc e Agrotéc 27:1308-1314.

Garcia C, Hernandez T, Roldan A (1997) Changes in microbial activity after abandonment of cultivation in a semiarid Mediterranean environment. J of Environ Qual 26:285–291.

Gaya JP (2004) Indicadores biológicos no solo como uma alternativa para o uso racional de dejetos de suínos como adubo orgânico. Dissertação de Mestrado, Departamento de Engenharia Rural, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil.

Gondim TMS, Silva H, Silva AQ, Cardoso EA (1991) Período de ocorrência e formação de xilopódios em plantas de umbu (*Spondias tuberosa* Arr. Câm.) propagadas sexuada e assexuadamente. Rev Bras de Frutic 13:33-38.

Hermans C, Hammond JP, White PJ, Verbruggen N (2006) How do plants respond to nutrient shortage by biomass allocation? Trends in Plant Science 11:610-617.

Holbrook NM, Whitbeck JL, Mooney HA (1995) Drought responses of neotropical dry forest trees. In: bullock SH, Mooney HA, Media E (eds) Seasonally dry tropical forests, Cambridge University Press, Cambridge.

Lopes PSN, Magalhães HM, Gomes JG, Brandão Júnior DS, Araújo VD (2009) Superação da dormência de sementes de umbuzeiro (*Spondias tuberosa*, Arr. Câm.) utilizando diferentes métodos. Rev Bras de Frutic 31:872-880.

Lorenzi H (2009) Árvores Brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil, vol. 2, 3 ed. Nova Odessa, São Paulo.

Lorenzi H (2002) Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil, 2 ed. Nova Odessa, São Paulo.

Maia GN (2004) Caatinga: árvores e arbustos e suas utilidades, 1 ed. D&Z Computação, São Paulo.

McConnaughay KDM, Coleman JS (1999) Biomass allocation in plants: ontogeny or optimality? A test along three resource gradients. Ecology 80:2581–2593.

Medeiros KAAL, Sofiatti V, Silva H, Lima R, Lucena M A, Vasconcelos GC, Garriel NHC (2010) Mudas de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) produzidas em diferentes fontes e doses de matéria orgânica. In: Anais do IV Congresso Brasileiro de Mamona e I Simpósio Internacional de Oleaginosas Energéticas. João Pessoa, Paraíba, Brasil, pp 1413.

Medina BMO (2004) Potencial Regenerativo dos Solos da Serra do Cipó, MG. Dissertação de Mestrado, Departamento de Biologia Geral, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Brasil.

MMA (2002) Ministério do Meio Ambiente. Disponível em: http://www.mma.gov.b/sitio/index.php?ido=conteudo.montaeidEstrutura=203. Acesso Abril 2013.

Mendes BV (1990) Umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.): importante fruteira do semiárido, 1 ed. ESAM, Mossoró.

Muller I, Schmid B, Weiner, J (2000) The effect of nutrient availability on biomass allocation patterns in 27 species of herbaceous plants. Persp Plant Ecol Evol Syst 3:115–127.

Pascual JA, Hérnandez T, García C, García A (1998) Changes in the organic matter mineralization rates of an arid soil after amendment with organic wastes. Arid Soil Res and Rehabil 12:63–72.

Poorter H, Nagel O (2000) The role of biomass allocation in the growth response of plants to different levels of light, CO2, nutrients and water: a quantitative review. Aust J Plant Physiol 27:595–607.

Prado D (2003) As Caatingas da América do Sul. In: Leal IR, Tabarelli M, Silva JMC (eds.) Ecologia e conservação da Caatinga. Editora Universitária, Recife, Brasil, pp. 3-73.

Queiroz LP (2009) Leguminosas da Caatinga. 1 ed. Associação Plantas do Nordeste, Feira de Santana.

Roa-Funtes LL, Campo J, Parra-Tabla V (2012) Plant Biomass Allocation across a Precipitation Gradient: An Approach to Seasonally Dry Tropical Forest at Yucatán, Mexico. Ecosystems 15: 1234–1244.

Santana RC, Barros NF, Neves JCL (2002) Eficiência nutricional e sustentabilidade da produção em procedências de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna* em sítios florestais do Estado de São Paulo. R. Árvore 26:447-457.

Santos CAF (1997) Dispersão da variabilidade fenotípica do umbuzeiro no semi-árido brasileiro. Pesqu Agropecu Bras 32: 923-930.

Santos GA, Silva LS, Canellas LP, Camargo FAO (1999) Fundamentos da matéria orgânica do solo. Ecossistemas tropicais e subtropicais. 2 ed. Gênesis, Porto Alegre.

Santos PB (2010) Contribuição ao estudo químico, bromatológico e atividade biológica de angico (*Anadenanthera colubina* (Vell.) Brenan Var. *cebil* (Gris. Alts) e pereiro (*Aspidosperma pyrifolium* Mart.) Dissertação de Mestrado, Departamento de Medicina Veterinária, Universidade Federal de Campina Grande, Patos, Brasil.

Schenkel CS, Junior AM (1999) Desertificação, 2 ed. Unesco, Brasília.

Seidl R, Rammer W, Bellos P, Hochbichler E, Lexer MJ (2010) Testing generalized allometries in allocation modelling within an individual-based simulation framework. Trees 24:139–50.

Shipley B, Meziane D (2002) The balance-growth hypothesis and the allometry of leaf and roots biomass allocation. Funct Ecol 16:326–31.

Silva-Júnir JF, Bezerra JEF, Lederman IE, Alves MA, Melo Neto, ML (2004) Collecting, *ex situ* conservation and charactrization of "cajaumbu" (*Spondias mombin* x *Spondias tuberosa*) germlasm in Pernambuco State, Brazil. Genetic Resour and Crop Evol 51:343-349.

Smith JL, Papendick RJ, Bezdiced DF, Lynch JM (1993) Soil organic matter dynamics and crop residue management. In: Blaine, F. (ed.), Soil Microbial Ecology. Marcel Dekker, New York, pp. 65–94.

Varela VP, Costa SS, Ramos MBP (2005) Influência da temperatura e do substrato na germinação de sementes de itaubarana (*Acosmium nitens* (Vog.) Yakovlve) Leguminosae, Caesalpinoidae. Acta Amazônica 35:35-39.

Vidigal SM, Sediyama MAN, Pedrosa MW, Santos MR (2010) Produtividade de cebola em cultivo orgânico utilizando composto à base de dejetos de suínos. Hortic Bras 28:168-173.

Manuscrito a ser submetido à Oecologia
como pré-requisito para obtenção do título
de Mestre em Biologia Vegetal.

Utilização de resíduo orgânico na alocação de recursos em duas espécies lenhosas de Caatinga

Bruno Melo Lustosa[1]; Fernando Henrique de Sena[2]; Silvia Roberta Santos Silva[1]
Mauro Guida dos Santos[1]; Arne Cierjacks[3]; Jarcilene Silva de Almeida-Cortez[1,2,*]

[1]Universidade Federal de Pernambuco-UFPE, Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal, Departamento de Botânica, Recife, PE, Brasil.
[2]Universidade Federal Rural de Pernambuco-UFRPE, Departamento de Biologia, Mestrado em Ecologia, Recife, PE, Brasil; Brasil;
[3]Universidade de Hamburgo, Hamburg, Alemanha.
[*]Autor para correspondência: Tel.: +55 81 2126 8844; Email: jacortez@ufpe.br

RESUMO

Os solos da caatinga, geralmente são pouco desenvolvidos, pedregosos, rasos e com baixa capacidade de retenção de água, e baixa fertilidade. O crescimento das plantas é diretamente afetado pela fertilidade dos solos e pode ser aumentado com a incorporaçõa de resíduos orgânicos aos solos. A incorporação do resíduo orgânico de tanque de peixes foi testada em plantas jovens de *Aspidosperma pyrifolium* Mart (A) e *Spondias tuberosa* Arr. Plantas com apenas um par de folhas verdadeiras foram transplantadas para rizotrons, contendo seis proporções do resíduo (0, 10, 20, 30, 40 e 50%) misturado com solo de caatinga. Medidas biométricas foram realizadas semanalmente, e ao final do experimento foram mensurados biomassa e nutrientes. As plantas de *Aspidosperma pyrifolium* tiveram o maior nas taxas de crescimento da parte aérea e da parte subterrânea e a menor razão raiz: parte aérea no tratamento com 10% de resíduo. Em *Spondias tuberosa* só houve aumento nas taxas de crescimento com resíduo 20 e 30% e houve uma diminuição linear na razão raiz: parte aérea em todos os tratamentos com exceção do 10%. Pode-se inferir que as plantas dos tratamentos de 10% para *A. pyrifolium*, e 20 e 30% para *S. tuberosa* apresentaram um maior investimento na parte aérea e melhor desenvolvimento em relação aos

parâmetros biométricos, biomassa, área foliar e nutrientes. A incorporação de resíduos pode auxiliar nas taxas de sobrevivência de mudas usadas para recuperação de áreas degradadas de Caatinga.

Palavras-chave: *Aspidosperma pyrifolium*, *Spondias tuberosa*, Nutrientes, Área foliar e Substrato de peixe.

ABSTRACT

Soils of Caatinga are generally underdeveloped, stony, shallow, with poor water holding capacity and low fertility. Plant growth is affected directly by soil fertility and can be increased by incorporation of material to the sail. organic waste. The incorporation of an organic residue from fish tanks was tested in seedlings of *Aspidosperma pyrifolium* Mart (A) and *Spondias tuberosa* Arr. Plants with the first pairs of true leaves were transplanted to rhizotrons, containing six residue concentrations (0, 10, 20, 30, 40 and 50%) mixed with Caatinga soil. Biometric measurements were made weekly, and at the end of the experiment, biomass and nutrient concentrations were mesured. *Aspidosperma pyrifolium* plants had the highest shoot and root growth rates and lower root: shoot ratio with 10% of residue. *Spondias tuberosa* growth rates increased only in treatments with 20 and 30% residue and there waste a linear decrease in root: shoot ratio was observed. We can infer that the treatments 10% para *A. pyrifolium*, and 20 and 30% for *S. tuberosa* showed greater investment in shoot and better development in relation to biometric parameters and parameters in biomass, leaf area, nutrients. Residue incorporation can increase seedling survivalin works aiming at recuperation of degraded Caatinga areas.

Keywords: *Aspidosperma pyrifolium*, *Spondias tuberosa*, Nutrients, Leaf Area and Fish Waste.

INTRODUÇÃO

O crescimento das plantas é dirigido por processos assimilatórios e respiratórios, como o investimento do carbono assimilado pela fotossíntese a determinada parte da planta. Independente de para qual órgão esse carbono é investido, se irá contribuir para um ganho de carbono adicional (por exemplo, folhas) ou se causa gastos (partes heterotróficas da planta), os mecanismos de alocação de recursos tem forte influência no crescimento do indivíduo (Weiner 2004). O estudo dos mecanismos de alocação de recursos nas diferentes partes das plantas é importante para compreensão da história de vida da espécie e no entendimento de como determinada espécie consegue ocupar ambientes tão diferentes (Muller et al. 2000). Essa compreensão ocorre porque a alocação influencia na capacidade competitiva dos indivíduos e nas respostas aos estresses impostos pelo ambiente (Larcher 2006).

A distribuição dos recursos nas plantas depende de vários fatores, como idade, nutrição, competição, relações hídricas e hábito de crescimento (Scheffer-Basso et al. 2002). Os padrões de alocação de biomassa estão relacionados com a capacidade de captação dos recursos mais escassos (Lambers et al. 2008). Por exemplo, pode levar mais investimento em folhas para aumentar a captação de luz em ambientes sombreados ou pode haver mais em raízes para aumentar a captação de nutrientes em ambientes com baixa disponibilidade de recursos no solo (Shipley e Meziane 2002).

Existe muitos estudos sobre o crescimento da parte aérea das plantas, mas poucos sobre a parte subterrânea. Mesmo sendo a extensão, a distribuição e a atividade das raízes que determinam a quantidade de água e de nutrientes absorvidos, o conhecimento acerca das raízes ainda é extremamente limitado (Cody 1986; Mcmichael e Taylor, 1987). Esta carência é explicada em parte, pela dificuldade metodológica (Cody 1986). Para contornar o problema, o estudo de raízes

pode tomar três direções: o estudo do desenvolvimento das raízes fora do seu substrato natural (em solução nutritiva, por exemplo) ou em seu substrato natural, por meio de métodos não destrutivos, como o crescimento em vasos especializados (rizotrons), ou por métodos destrutivos, como as escavações totais ou parciais (Zanette e Comin, 1992). Segundo Medina e Neves (1999), dentre os métodos mais utilizados no Brasil, destacam-se: trincheira ou parede do perfil; blocos; placas com pregos; trado e rizotrons.

A região semi-árida do Brasil recebe chuvas poucas e mal distribuídas, resultando em insuficiência hídrica para as plantas. Com verões quentes e secos, e chuvas fortes concentradas em poucos meses, juntamente com a gestão inadequada da terra, ocasiona redução nos teores de matéria orgânica dos solos, a degradação estrutural e a perda de fertilidade dos solos. (Smith et al. 1993). Os solos da Caatinga, com algumas exceções, são pouco desenvolvidos, pedregosos, pouco profundos com fraca capacidade de retenção de água e baixa fertilidade (Medina 2004).

O fornecimento de nutrientes pode ser otimizado associando-se resíduos orgânicos de origem animal ou vegetal resultando numa mineralização dos resíduos orgânicos de forma mais sincronizada com a demanda de nutrientes (Silva e Menezes 2007). No caso do sistema orgânico busca-se não só disponibilizar nutrientes para as plantas, mas sobretudo, a melhoria da fertilidade do solo e do sistema como um todo.

Um resíduo orgânico que tem uso ainda incipiente no Brasil, mas possui potencial para desempenhar importante papel na adubação orgânica, é o substrato de tanque de peixes. A piscicultura é uma atividade que apresenta como características, elevadas densidades de estocagem de peixes e fornecimento de grandes quantidades de alimentos que produzem um ambiente rico em nutrientes e sólidos suspensos, compostos principalmente por fitoplâncton, restos de ração e matéria fecal (Zaniboni Filho 1997). Esses resíduos do fundo de tanques de peixes têm altas concentrações de matéria orgânica e valor nutricional superior ao de estercos usados normalmente

(Silva et al. 2013), além de ser fonte de aminoácidos e micronutrientes que estão presentes em baixas quantidades na maioria das fontes orgânicas.

O presente estudo tem como objetivo analisar a alocação de recursos entre parte aérea e raiz em duas espécies arbóreas nativas de Caatinga com sistemas radiculares distintos, *Aspidosperma pyrifolium* Mart. e *Spondias tuberosa* Arr., em diferentes proporções de substrato orgânico e solo de caatinga.

MATERIAL E MÉTODOS

Avaliação da qualidade nutricional do resíduo orgânico

Para a avaliação da fertilidade do solo de ocorrência das espécies selecionadas para este estudo e do resíduo orgânico, foi obtida uma amostra composta de solo na profundidade de 0 a 15 cm. A amostragem composta foi feita segundo procedimentos descritos em Dick *et al.* (1996). Cada amostra composta foi seca ao ar, homogeneizada e passada em malha de 2 mm. Sub-amostras foram enviadas ao Instituto Agronômico de Pernambuco (IPA) para análise de Ph e concentrações de matéria orgânica e nutrientes (P, N, K, Na, Ca e Mg).

Substratos para o crescimento das espécies

Substrato de área de Caatinga degradada: Foi coletado solo em uma área comprovadamente degradada, onde a vegetação nativa foi removida e transformada em pastagem e em seguida abandonada, localizado no munícipio de Itacuruba-PE. O solo foi peneirado para retirada de fragmentos grandes de cascalho, e posteriormente homogeneizado, e utilizado para o preenchimento dos rizotrons (estruturas que possuem uma face plana de vidro e se encontram

dispostos a uma angulação de 25 º, favorecendo com isso o crescimento das raízes sobre a face interna do vidro, facilitando a visualização e as mensurações (Glinski et al. 1993).

Substrato sedimento dos tanques de criação de peixes*:* Sedimento foi coletado de tanques de criação de peixes no município de Itacuruba-PE a partir da retirada dos peixes. O sedimento foi misturado com o substrato de áreas degradadas em cinco concentrações: 10, 20, 30, 40 e 50%.

Coleta, Tratamento e Germinação das Sementes

Frutos maduros de pereiro e umbuzeiro foram coletados no campo em pelo menos vinte indivíduos adultos de cada espécie. As sementes retiradas, foram selecionadas as que não apresentavam sinais de predação ou patógenos. Foram realizados testes prévios para verificar a necessidade de quebra de dormência nas sementes de *Spondias tuberosa* e nelas foi feita escarificação física (Gomes *et al.* 2001; Orozco-Almanza *et al*. 2003). Após a quebra de dormência, as sementes foram hidratadas por 24 horas e postas para germinar em bandejas plásticas e acondicionadas em casa de vegetação.

Experimento de Crescimento de Plântulas

Após a emissão do primeiro par de folhas verdadeiras, as plantas foram transferidas para os rizotrons com o substrato de cada tratamento. Os rizotrons foram construídos em vidro (10cm x10cm x100cm) e colocados sobre uma estrutura metálica e inclinados formando um ângulo de 25º com a vertical (Glinski et al. 1993), o que favoreceu o crescimento e espalhamento das raízes sobre a face interna do vidro do rizotron, facilitando a visualização e as mensurações dos sistemas radiculares das plantas em casa de vegetação.

As plantas foram cultivadas em casa de vegetação e irrigadas diariamente. Foram avaliadas 10 plântulas em cada tratamento e a duração do experimento foi entre 42 e 65 dias.

Medidas Biométricas

Assim que as plantas foram transplantadas para os rizotrons, foram iniciadas medidas, a cada 7 dias, de altura da planta, do diâmetro do caule, comprimento radicular e contas as folhas, em 10 (dez) plantas por tratamento, com o auxílio de régua de 60 cm e paquímetro digital.

Medidas de Biomassa

Para avaliar o desempenho de crescimento das plantas em cada tratamento, ao final do experimento as plantas foram coletadas para determinação da massa seca. As amostras foram postas em sacos de papel e levadas à estufa de ventilação forçada à 80°C por 72 horas, para obtenção da massa seca das folhas, do caule e da parte subterrânea. As amostras foram retiradas da estufa e pesadas em balança de precisão.

Razão Raiz: Parte Aérea

Para avaliar se o investimento foi maior para raízes ou parte aérea foi calculada a razão raiz: parte aérea, pela fórmula: massa seca da raiz (g)/ massa seca da parte aérea (g).

Área foliar total e área foliar específica

Ao final dos experimentos, todas as folhas foram destacadas e digitalizadas com um scanner de mesa e as imagens utilizadas para determinação da área foliar total. Para determinação da área foliar específica foi utilizada a metodologia descrita em Garnier *et al.* (2001) e utilizadas as expressões propostas por Hunt (1982) e McGraw e Garbutt (1990).

Conteúdo foliar e radicular de nitrogênio, fósforo, potássio e sódio

Para quantificação dos macronutrientes, foram utilizados 250 mg de material vegetal seco em estufa à 80°C por 72 horas e moído em moinho tipo *Willey*, passando posteriormente por uma tela de malha de 1 mm, seguindo a metodologia de Thomas *et al.* (1967). Para fósforo e potássio foram utilizadas as metodologias de Murphy e Ryley (1962) e Silva (1999), respectivamente. Para nitrogênio e sódio, a metodologia utilizada foi de Thomas *et al.* (1967).

Análises Estatísticas

Os dados de altura de planta, área foliar, diâmetro basal, biomassas de raízes, caule e folhas, razão de massa radicular, razão de massa caulinar, razão de massa foliar e taxa de crescimento relativo foram avaliados por Anova e teste de separação de médias (Tukey $p \leq 0,05$).

RESULTADOS

Análises químicas do resíduo orgânico do tanque de peixes

O resíduo do tanque de peixes é um material orgânico rico em nutrientes, apresentando 82,6 $g.kg^{-1}$ de matéria orgânica, 7,4 $g.kg^{-1}$ de teor de nitrogênio, baixos teores de fósforo (2,92 $g.kg^{-1}$), potássio e magnésio (7,4 e 1,4 $g.kg^{-1}$, respectivamente) além de elevados teores de cálcio e sódio (3,7 e 0,92 $g.kg^{-1}$). Ainda apresenta o pH com valores de 5,1 e 5,26% de umidade.

Biometria

As plantas de *Aspidosperma pyrifolium*, de modo geral, desenvolvidas com adição do substrato de tanque apresentaram um aumento nas taxas de crescimento tanto da parte aérea quanto da parte subterrânea em relação ao tratamento controle (Fig. 1A-D). Após 7 dias, desde o início do experimento, observou-se um aumento na altura média das plantas do tratamento 10% (6,39 cm)

em comparação com os tratamentos 20, 40 e 50% (5,54; 5,56 e 5,8 cm, respectivamente) ($p<0,05$). A partir do 14° dia, o tratamento 10% apresentou diferença estatística de todos os outros tratamentos e essa diferença continuou até o 28° dia, quando os valores de 10 e 20% não mais apresentaram diferença significativa entre si, 9,1 e 8,6, respectivamente ($p<0,05$), mas continuaram à apresentar diferença dos demais tratamentos (6,96; 7,59; 8,37; 7,4 cm para 0; 30; 40 e 50%) ($p<0,05$). As plantas do tratamento 10% apresentaram um maior crescimento em altura a partir do 35º dia, diferindo significativamente dos demais tratamentos No término do experimento, as plantas dos tratamentos 10, 20 e 40% apresentaram, respectivamente um incremento de 205%, 172% e 139% a mais em altura que o controle (Fig 1A).

As plantas desenvolvidas na mistura de 50% solo da caatinga mais adição do substrato do tanque de peixe investiram mais no diâmetro do caule (2,32 mm) a partir do 7° dia, e mantiveram uma diferença significativa até a penúltima semana de observação. Não houve diferença significativa entre os tratamentos (10, 20, 30, 40 e 50%), nem entre tratamentos e controle, para o diâmetro do caule das plantas no 65° dia (final do experimento) (Fig 1B).

Por outro lado, as plantas do tratamento 50% apresentaram uma quantidade menor de folhas que o controle e os outros tratamentos (3 folhas) ($p<0,05$), diferindo significativamente até o 42° dia em que apresentaram uma média de 3,85 folhas. A média do número de folhas por planta por tratamento (0, 10, 20, 30 e 40) foi: 5,71; 7,42; 6,14; 5,57 e 7,85 respectivamente ($p<0,05$). No 49° dia o tratamento 10% foi o único que apresentou diferença significativa dos demais (9,14), e ao fim do experimento (65 dias), os tratamentos 10, 20, 40 e 50% apresentaram um aumento significativo (11,71; 11,85; 11,85 e 10,71, respectivamente), em relação ao controle e a 30% (6 e 8, respectivamente) (Fig 1C).

Quanto ao comprimento radicular, todos os tratamentos com adição de substrato do tanque de peixes ao solo de Caatinga, a partir do 7° dia, apresentaram um aumento em relação ao

tratamento controle (6,21 cm), sendo o tratamento 20% o que apresentou a maior diferença em relação ao controle (9,72cm) ($p<0,05$). Com 21 dias de experimento, os tratamentos 10 e 20% apresentaram valores superiores a todos os outros tratamentos, mas não diferindo entre si (16,82 e 15,05 cm, respectivamente) ($p<0,05$). A partir do 28° o tratamento 10% começou a apresentar valores maiores que todos os outros e pode-se observar que a mesma que essa diferença foi aumentando com o decorrer do experimento ($p<0,05$). No 65° dia, o tratamento com 10% apresentou valores de 87,62 cm apresentando diferença significativa de todos os outros; o 20% com valores de 53,91 apresentando significativamente maior que os tratamentos 30, 40, 50% e controle (33,77; 41,51; 35,54 e 27,51, respectivamente) ($p<0,05$). Ao final do experimento (65 dias), o tratamento 10% teve um aumento de 318,5% e o tratamento 20% de 196% em relação ao controle (Fig 1D).

As plantas de *Spondias tuberosa* dos tratamentos 20 e 30%, de modo geral, apresentaram um aumento nas taxas de crescimento de todos os parâmetros (altura, diâmetro, número de folhas e comprimento radicular) (Fig. 1E-H). Para altura, após 7 dias do início do experimento, os tratamentos 30 e 50% já apresentavam diferenças significativas (17,9; 18,85 cm, respectivamente) em relação ao controle (15,04 cm) ($p<0,05$). Com 28 dias, as plantas do tratamento 30% apresentaram um aumento significativo em relação a todos os outros tratamentos, e essa diferença se manteve até o final do experimento onde, apresentavam valores de 41 cm, enquanto o controle 28,37 cm ($p<0,05$). O aumento em relação ao controle foi de 144% (Fig. 1E).

Com relação ao diâmetro do caule no 7° dia, as plantas do tratamento 10, 20, 30, 40 e 50% já apresentaram valores superiores ao controle. Essa diferença entre os tratamentos com a adição do resíduo orgânico foram se acentuando no decorrer do experimento, onde no 28° dia somente o tratamento 10% não apresentava diferenças significativas em relação ao controle. Com 42 dias (final do experimento), todos os tratamentos, com exceção do 10% apresentaram diferenças em

relação ao controle (5,09 mm), com os valores de 20%: 6,24 mm, 30: 5,9 mm, 40%: 6,62 mm e 50%: 6,48 ($p<0,05$), sendo em média 24% maior (Fig 1F).

Quanto ao número de folhas, a partir do 14° após o início do experimento as plantas submetidas ao tratamento de 10%, foram as únicas que não apresentaram um quantidade maior de folhas que os outros tratamentos (8,5 folhas) ($p<0,05$). Com 21 dias, todos os tratamentos (10%: 10,71; 20%: 14,71; 30%:13,28; 40%: 15,42 e 50%: 17,14) tinham maior quantidade de folhas que o controle (9,28). No 35° de experimento, todos os tratamentos (exceto o 10%) apresentaram-se superiores em relação ao controle e essa diferença se manteve até o fim do experimento. No fim, o tratamento 50% apresentou valores significativamente superior que todos os outras tratamentos (32), sendo 162% maior que o controle. Os outros tratamentos que se apresentaram superiores, em relação ao controle, tinham valores de: 20%: 27,28; 30%: 26,71 e 40%: 26,28 ($p<0,05$) (Fig 1G).

Já em relação ao comprimento radicular no 14° dia, as plantas dos tratamentos 50 e 30% apresentaram valores superiores aos outros tratamentos (20,6 e 18,5 cm, respectivamente). No 35° dia de experimento todos os tratamentos com adição do resíduo do tanque apresentaram diferenças significativas, em relação ao controle e essa diferença continuou até o final do experimento (42 dias), onde os tratamentos 10, 20, 30, 40 e 50% apresentou valores de 90, 92, 89,3, 87,4 e 91,5 cm, respectivamente, enquanto o controle 83 cm (± 9% menor que os outros) ($p<0,05$) (Fig 1H).

Biomassa de folhas, caule e raízes

As plantas de *Aspidosperma pyrifolium*, desenvolvidas no tratamento 10% foram as que apresentaram maior incremento de biomassa tanto para folhas, quanto para caule e raízes. Para a biomassa foliar, somente os tratamentos 10 e 20% apresentaram um aumento significativo em relação ao controle, que foi de 370% e 250%, respectivamente; a biomassa do caule seguiu o mesmo padrão, em que os tratamentos 10 e 20% apresentaram aumento de 260% e 196%,

respectivamente. Já em relação a biomassa das raízes, todos os tratamentos tiverem um incremento significativo em relação ao controle, sendo o maior deles o do tratamento 10% que foi de 257% (Tab. 1).

As plantas de *Spondias tuberosa*, de um modo geral, com adição do substrato de tanque apresentaram um aumento nos valores de biomassa de folhas e caule em relação ao controle. Para a biomassa foliar o tratamento 50% foi o que obteve os maiores valores, sendo 391% maior do que o controle, seguido pelos tratamentos 30, 40 e 20%, sendo 300%, 295% e 277%, respectivamente. Com relação a biomassa caulinar, todos os tratamentos tiverem um incremento de biomassa, sendo o 50% o que obteve o maior incremento, isto é 292% maior que o controle. Já quanto a biomassa radicular, apenas os tratamentos 20 e 30% apresentaram valores superiores ao controle, sendo esses 168% e 176% maior, respectivamente (Tab. 2).

Razão Raiz: Parte Aérea

Para *Aspidosperma pyrifolium*, os tratamentos 10 e 20% apresentaram uma redução da razão raiz: parte aérea, em relação ao controle. Já os tratamentos 30, 40 e 50% apresentaram um aumento dessa razão, o que mostra que para esses três tratamentos o investimento em parte aérea foi maior que em raízes, quando comparadas com o controle (Tab. 1).

Para *Spondias tuberosa*, houve uma redução gradativa da razão raiz: parte aérea, quanto maior era a concentração do substrato do tanque de peixe misturada ao solo de caatinga. Esses resultados mostram que houve um maior investimento em parte aérea nos tratamentos com adição do substrato (Tab. 2).

Área foliar e área foliar específica

Aspidosperma pyrifolium, apresentou um aumento significativo no índice de área foliar (AF) nos tratamentos 10 e 20%, sendo esses 391% e 372% maior que o controle, respectivamente.

Em relação a área foliar específica (AFE), somente os tratamentos 30 e 40% apresentaram diferenças significativas em relação ao controle, sendo respectivamente 15% e 21,6% menor (Tab. 3).

Todas as plantas de *Spondias tuberosa*, com exceção do tratamento 10%, que foram tratadas com adição do resíduo orgânico de tanque de peixes apresentaram um aumento significativo em relação ao controle. O tratamento 50% foi o que apresentou a maior diferença (219,2%), seguido pelos tratamentos 20 (208,1%), 30 (175%) e 40% (169,7%). Já quanto a área foliar específica não foram encontradas diferenças significativas entre os tratamentos (Tab. 3).

Nutrientes

Ao analisar o conteúdo foliar de nitrogênio em *Aspidosperma pyrifolium*, foi observado aumento significativo nos tratamentos 10 e 20% em relação ao controle, de 11% e 11,7%, respectivamente (Fig. 2A). Já para o conteúdo de nitrogênio das raízes (Fig. 2E), foi encontrada diferença significativa para os tratamentos 20, 30, 40 e 50%, que apresentou uma redução de 12%, 12,9%, 15,3% e 8,6%, respectivamente. No conteúdo de fósforo da parte aérea (Fig. 2B) houve diferença significativa apenas para o tratamentos 10% que apresentou uma redução de 42,6% em relação ao controle. O conteúdo de fósforo na raiz das plantas dos tratamentos 40 e 50% apresentaram valores maiores que o tratamento 10%, mas não foram significativamente diferente do controle (Fig. 2F). Em relação ao conteúdo foliar de potássio (Fig. 2C), os tratamentos 20, 30 e 50% tiveram um redução de 16%, 27% e 17,6%, respectivamente; já nas raízes, todos os tratamentos reduziram a quantidade em relação ao controle (Fig. 2G). O conteúdo foliar de sódio (Fig. 2D) apresentou um acúmulo de 37,3%, 66%, 46,7% e 89,5%, nos tratamentos 20, 30, 40 e 50%, respectivamente. Na raiz, todos os tratamentos tiveram uma redução significativa em relação

ao controle, sendo essas reduções de 30%, 17%, 21%, 22% e 26,4%, para os tratamentos 10, 20, 30, 40 e 50% respectivamente (Fig. 2H).

Ao avaliar o conteúdo foliar de nitrogênio para as plantas de *Spondias tuberosa*, foi detectado um aumento significativo nos tratamentos 40 e 50% em relação ao controle, de 14% e 8,2%, respectivamente (Fig. 3A). Já para as raízes (Fig. 3E), foi encontrada diferença significativa para os tratamentos 10, 20, 30, 40 e 50%, que apresentou um aumento de 24%, 36,8%, 33,5%, 53,8% e 37,2%, respectivamente. No conteúdo de fósforo da parte aérea (Fig. 3B) houve aumento significativo em todos os tratamentos, sendo o mesmo de 21%, 16%, 34,5%, 27,8 e 19,5%. No entanto o conteúdo de fósforo para raiz, apenas os tratamentos de 10 e 20% não diferiram do controle, já os tratamentos 30 e 40 e 50% apresentaram valores significativamente maiores que o controle, sendo esse aumento de 54%, 24,4% e 34,3%, respectivamente (Fig. 3F). Em relação ao conteúdo foliar de potássio (Fig. 3C), não houve diferenças significativas entre os tratamentos; já nas raízes, o tratamento 10% apresentou um aumento significativa de 25,8% em relação ao controle (Fig. 3G). O conteúdo foliar de sódio (Fig. 3D) apenas o tratamento 40% apresentou valores significativamente maiores que o controle, sendo um acúmulo de 20,5%. Na raiz, somente os tratamentos 20 e 40% obtiveram um aumento significativo em relação ao controle, sendo essas aumentos 34% e 26,3%, respectivamente (Fig. 3H).

DISCUSSÃO

A caracterização química do resíduo de tanque de peixes apresentou valores semelhantes, em relação aos nutrientes, com o trabalho de Silva et al. (2013) que estudaram esse mesmo tipo de resíduo orgânico. Nesse mesmo estudo, os autores compararam com estercos animais comumente utilizados e notaram que o resíduo de tanque de peixes apresentou valores superiores de N, K e Mg e uma tendência superior de fósforo. Dentre os nutrientes, o nitrogênio (N), o fósforo (P) e o

potássio (K) são os mais demandados pelas plantas, podendo sua falta afetar a produtividade (Carvalho et al 2013; Silva et al. 2013). Para regiões tropicais, a utilização de resíduos orgânicos na manutenção da matéria orgânica dos solos, tem se mostrado uma boa alternativa, pois as altas temperaturas e pluviosidade forte concentrada influenciam na degradação da matéria orgânica (Silva et al. 2013). A matéria orgânica e os nutrientes encontrados no resíduo do presente estudo, podem ser disponibilizados para as plantas, proporcionando ganhos de biomassa e produtividade e ainda gerar uma economia, pois reduziria utilização dos fertilizantes minerais (Walter et al. 2000; Martínez et al. 2003; Silva et al. 2013), além de se mostrar uma ótima alternativa do pontos de vista ecológico, pois o descarte indevido de resíduos orgânicos são um risco potencial a meio ambiente (Schendel et al. 2004).

Com relação a utilização do resíduo orgânico no crescimento de plantas, o pereiro apresentou seu crescimento máximo em altura e comprimento radicular na concentração de 10% e reduzindo seus valores em concentrações superiores. Pontes et al. (1991), observaram efeitos benéficos para o crescimento em altura, bem como para o comprimento, diâmetro e peso seco das raízes em plantas submetidas ao tratamento com 25% de resíduo orgânico bovino. O benefício que a matéria orgânica e os nutrientes presentes no substrato trazem ao crescimento, pode ser explicado pela melhoria no que diz respeito às características químicas, físicas e microbiológicas do solo, o que acarreta em um aumento no crescimento e desenvolvimento das plantas (Bento 1997).

Cavalcanti et al. (2001) estudou o crescimento de *Spondias tuberosa* em solo de caatinga e também sua mistura com um resíduo orgânico (esterco bovino). Nesse trabalho as plantas (com 60 dias) com solo + esterco bovino apresentaram uma redução no crescimento da parte aérea, do diâmetro do caule e do comprimento da raiz em relação a somente o solo de caatinga. Quando comparamos esses valores como os do nosso trabalho, vemos que os tratamentos com adição do

substrato do tanque de peixes de 20 e 30% apresentaram maiores valores para altura da planta (± 1,5 vezes), diâmetro do caule (± 2 vezes) e comprimento radicular.

Quanto a razão raiz: parte aérea, para *Aspidosperma pyrifolium*, houve uma redução no tratamento 10%, em relação ao controle, mas os outros tratamentos apresentaram um aumento. Para *Spondias tuberosa*, houve uma redução gradativa da razão raiz: parte aérea, quanto maior era a concentração do substrato do tanque de peixe misturada ao solo de caatinga. Uma redução nessa razão significa um maior investimento em parte aérea em detrimento da parte radicular. Esses resultados foram semelhantes a estudos prévios, que mostram que uma carência de nutrientes causa uma acumulação de carboidratos nas folhas e maiores taxas de carbono sendo investidas para as raízes, resultando em uma mudança na alocação de biomassa das folhas para as raízes (Linkohr et al. 2002; Hermans et al. 2006). Altos valores de razão raiz: parte aérea sob baixas concentrações de nutrientes no solo é uma evidência de uma resposta plástica da planta para capturar mais do recurso limitante (Kobe et al. 2010).

Mao et al. (2012) estudando duas espécies sob diferentes níveis de água e quantidade de N, conseguiu verificar dois padrões diferentes de alocação de biomassa. Para a espécie *Setaria viridis* L., o padrão foi alterado em resposta à os dois tratamentos (água e nutrientes), o que mostra que a espécie possui um padrão da teoria do particionamento (a planta aloca mais biomassa para o órgão que captura o recurso limitante) (Bloom et al. 1985). Já a outra espécie *Pennisetum centrasiaticum* Tzvel apresentou um aumento tanto da biomassa da parte aérea, quanto da parte radicular, o que mostra um padrão de alocação alométrica (a biomassa é dividida proporcionalmente entre raízes, caule e folhas) (Enquist e Niklas 2002; Yang e Luo 2011). Kang e Iersel (2004), estudando a planta *Salvia splendes* L. verificaram que a razão raiz: parte aérea diminuiu de acordo com o aumento na concentração do fertilizante. Ainda viram que as mudanças na alocação e o maior investimento da parte aérea nas plantas com maior concentração de fertilizantes resultou em uma maior área foliar.

Esses resultados foram semelhantes ao encontrados no nosso estudo, onde espécie *Aspidosperma pyrifolium*, apresentou um aumento significativo no índice de área foliar (AF) de quase 4 vezes nos tratamentos 10 e 20%. Já *Spondias tuberosa*, com exceção do tratamento 10%, todas os tratamentos apresentaram uma área foliar quase 2 vezes maior que o controle.

Com relação a concentração de nutrientes foliares, para *A. pyrifolium* houve um aumento de N nos tratamentos 20 e 30% e para *S. tuberosa* houve um aumento de N nos tratamentos 40 e 50% e de P em todos os tratamentos, em relação ao controle. Um aumento na absorção e na assimilação de N é aceita como uma das principais causas da resposta do crescimento de plantas às concentrações crescentes dos resíduos orgânicos (Gonçalves et al. 2000). Scherer (1998), ao estudar diferentes níveis de P no solo no desenvolvimento de soja, concluiu que o teor de potássio no solo tem uma relação positiva com o teor foliar do mesmo, e que essa relação beneficia o crescimento de desenvolvimento da planta. Segundo Pinton et al. (1999), um aumento nas concentrações nutricionais das plantas geralmente é atribuída para um maior crescimento e desenvolvimento da raiz.

De acordo com os resultados desse estudo, é possível inferir que em relação ao modelo de alocação de recursos, ambas as espécies seguem o modelo de alocação do particionamento. O tratamento de adição de 10% de substrato do tanque de peixes ao solo da Caatinga para *A. pyrifolium* (pereiro) foi o que propiciou um melhor biométrico, uma menor razão raiz: parte aérea, o que mostra uma maior investimento de biomassa na parte aérea e consequentemente um aumento na área foliar. Com relação a *S. tuberosa* (umbuzeiro), os tratamentos 20 e 30% houve ganhos tanto nos parâmetros biométricos quanto nos parâmetros de biomassa, área foliar e nutrientes, não apresentando diferenças significativas entre os tratamentos. Esses ganhos podem auxiliar nas taxas de sobrevivência de mudas usadas para recuperação de áreas degradadas de Caatinga.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao projeto INNOVATE, ao Laboratório de Solos do Departamento de Energia Nuclear (DEN) pela estrutura. Ao CNPq e a FACEPE (APQ- 0842-2.05/12) pelo financiamento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bento MM (1997) Fontes de matéria orgânica na composição de substratos para a produção de mudas micorrizadas de maracujazeiro. Dissertação de Mestrado, Departamento de Fitotecnia, Escola Superior de Agricultura Luis de Queiroz, Piracicaba, Brasil.

Bloom AJ, Chapin FS, Mooney HA (1985) Resource limitation in plants – an economic analogy. Annual Rev. Ecol. Syst. 16: 363–392.

Carvalho CM, Viana TVA, Marinho AB, Lima Júnior LAL, Valnir Júnior M (2013). Pinhão-manso: Crescimento sob condições diferenciadas de irrigação e de adubação no semi-árido nordestino. Revis Bras de Eng Agríc e Ambient 17: 487–496.

Cavalcanti NB, Resende GM, Brito LTL 2001. Emergência e crescimento de plântulas de umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arruda) em diferentes substratos. Embrapa-CPATSA 58:1-19.

Cody ML (1986) Roots in Plant Ecology. Trends Ecol Evol 1:76-78.

Dick RP, Thomas DR, Halvorson JJ (1996) Standardized methods, sampling and sample pretreatment. In: Doran JW, Jones J (eds.) Methods for Assessing Soil Quality. SSSA Special Publication 49, Madison 107-121.

415 Enquist BJ, Niklas KJ (2002) Global allocation rules for patterns of biomass partitioning in seed
416 plants. Science. 295:1517–1520.

417 Garnier E, Shipley B, Roumet C, Laurente G (2001) A standardized protocol for the determination
418 of specific leaf area and leaf dry matter content. Funct Ecol. 15:688-695.

419 Glinski DS, Karnok KJ, Carrow RN (1993) Comparison of reporting methods for root growth data
420 from transparentinterface measurements. Crop Science 33:310-314.

421 Gomes V, Madeira JA, Fernandes GW, Lemos Filho JP (2001) Seed dormancy and germination of
422 sympatric species of Chamaecrista (Leguminosae) in a rupestrian field. Internat J of Ecol and
423 Environ Sci. 27: 191–197.

424 Gonçalves JLM, Stape JL, Benedetti V, Fessel VAG, Gava JL (2000) Reflexos do cultivo mínimo
425 e intensivo do solo em sua fertilidade e na nutrição das árvores. In: Gonçalves JLM, Benedetti V
426 (eds) Nutrição e fertilização florestal. Piracicaba, Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais, p.3-
427 57.

428 Hermans C, Hammond JP, White PJ, Verbruggen N. (2006) How do plants respond to nutrient
429 shortage by biomass allocation? Trends Plant Sci. 11: 610–617.

430 Hunt R. Plant Groen Curves (1962) The Functinal Approach to Plant Growth Analysis. Edward
431 Arnold, London.

432 Kobe RK, Iyer M, Walters MB (2010) Optimal partitioning theory revisited: Nonstructural
433 carbohydrates dominate root mass responses to nitrogen. Ecol., 91: 166–179.

434 Lambers H, Chapin FS, Pons TL (2008) Plant physiological ecology, 2 edn. Springer, New York.

435 Larcher W (2006) Ecofisiologia vegetal, 1 edn. Editora Rima, São Carlos.

436 Linkohr B.I., Williamson L.C., Fitter A.H., Leyser H.M.O. 2002 – Nitrate and phosphate
437 availability and distribution have different effects on root system architecture of Arabidopsis. Plant
438 J. 29: 751–760.

439 Mao W, Allington G, Li YL, Zhang TH, Zhao XY, Wang SK (2012) Life history strategy
440 influences biomass allocation in response to limiting nutrients and water in an arid system. Polish
441 J Ecol 60:545–557.

442 Martínez F, Cuevas G, Calvo R, Walter I. 2003. Biowastes effects on soil and native plants in a
443 semiarid ecosystem. J of Environ Qual 32:472–479.

444 Medina BMO (2004) Potencial Regenerativo dos Solos da Serra do Cipó, MG. Dissertação de
445 Mestrado, Departamento de Biologia Geral, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo
446 Horizonte, Brasil.

447 Medina CC, Neves CSVJ (1999) Método da trincheira com contagem manual de raízes. In: Anais
448 do workshop sobre sistema radicular: metodologias e estudos de casos. Embrapa Tabuleiros
449 Costeiros, Aracaju, p.275-282.

450 McGraw JB, Garbutt K (1990) The analysis of plant growth in ecological and evolutionary studies.
451 Trends in Ecol and Evol 5: 251-254.

452 McMichael BL, Taylor HM (1987) Applications and limitations of rhizotrons and minirhizotrons.
453 In: Taylor HM (ed.) Minirhizotron observation tubes: Methods and applications for measuring
454 rhizosphere dynamics. Madison: American Society of Agronomy; Crop Science Society of
455 America; Soil Science Society of America, p 01-13.

456 Muller I, Schmid B, Weiner, J (2000) The effect of nutrient availability on biomass allocation

457 patterns in 27 species of herbaceous plants. Persp Plant Ecol Evol Syst 3:115–127.

458 Murphy J, Riley JPA (1962) A modified simple solution method for the determination of phosphate
459 in natural waters. Analyt Chimica Acta 27:31-36.

460 Orozco-Almanza MS, León-García LP, Grether R, García-Moya E (2003) Germination of four
461 species of the genus *Mimosa* (Leguminosae) in semi-arid zone of central Mexico. J of Arid Environ
462 55: 75–92.

463 Pinton R, Cesco S, Lacolettig G, Astolfi S, Varanini Z (1999) Modulation of NO^{-3} uptake by water-
464 extractable humic substances: Involvement of root plasma mebranes H+ ATPase. Plant Soil
465 215:155–161.

466 Pontes HM, Figueiredo AF, Melo B, Tucci CAF (1991) Substratos para a produção de mudas de
467 mamoeiro (*Carica* papaya L.) na Amazônia Ocidental. Rev da Univer do Amazonas 1:57-64.

468 Schendel EK, Nordstrom SE, Lavkulich LM (2004) Floc and sediment properties and their
469 environmental distribution from a marine fish farm. Aquac Res 35:483–493.

470 Scheffer-Basso SM, Jacques AVA, Dall' Agnol M (2002) Alocação da biomassa e correlações
471 morfofisiológicas em leguminosas forrageiras com hábitos de crescimento contrastantes. Scientia
472 Agric 59 (4): 629-634.

473 Scherer EE (1998) Níveis críticos de potássio para a soja em latossolo húmico de Santa Catarina.
474 Rev Bras de Ciênc do Solo 22:57-62.

475 Shipley B, Meziane D (2002) The balance-growth hypothesis and the allometry of leaf and roots
476 biomass allocation. Funct Ecol 16:326–31.

Silva, RF, Silva JLA, Araújo MSB, Faustino OWC (2013) Qualidade do resíduo de tanques de produção de alevinos como condicionante de solos no semiárido de Pernambuco: subsídios para gestão ambiental. Gaia Scientia 7(1): 58-63

Silva TO, Menezes RSC (2007) Adubação orgânica da batata com esterco e, ou, *Crotalaria juncea* L. II – Disponibilidade de N, P e K no solo ao longo do ciclo de cultivo. Rev Bras de Ciênc do Solo, 31: 51-61.

Silva FC (1999) Manual of chemical analysis of soils, plants and fertilizers. 1 ed. Embrapa Solos, Rio de Janeiro.

Smith JL, Papendick RJ, Bezdiced DF, Lynch JM (1993) Soil organic matter dynamics and crop residue management. In: Blaine, F. (ed.), Soil Microbial Ecology. Marcel Dekker, New York, pp. 65–94.

Thomas RL, Sheard RW, Moyer JR (1967) Comparison of conventional and automated procedures for N, P and K analysis of plant material using a single digestion. Agron J 59: 240-243.

Weiner J (2004) Allocation, plasticity and allometry in plants. Persp Plant Ecol Evol Syst 6:207–215.

Walter I, Cuevas G, García S, Martínez F 2000. Biosolid effects on soil and native plant production in a degraded semiarid ecosystem in Central Spain. Waste Manag and Res 18: 259-263.

Yang YH, Luo YQ (2011) Isometric biomass partitioning pattern in forest ecosystems: evidence from temporal observations during stand development. J. Ecol. 99: 431–437.

Zaniboni Filho E (1997) O desenvolvimento da piscicultura brasileira sem a deterioração da qualidade de água. Rev. Bras. Biol 57:3-9.

Gráficos

Figura 1. A-D *Aspidosperma pyrifolium*; E-H *Spondias tuberosa*. A e E- altura (cm); B e F- diâmetro; C e G- número de folhas; D e H- comprimento radicular em plantas de *A. pyrifolium* e *S. tuberosa* submetidas a seis diferentes concentrações de um resíduo orgânico de tanque de peixes misturadas a solo de Caatinga. Cada valor representa a média de 07 repetições ± E.P. Valores com asteriscos (*) diferiram estatisticamente entre tratamentos pela Anova um fator ($p<0,05$).

Figura 2. A- concentração foliar de nitrogênio ($g.kg^{-1}$); B- concentração foliar de fósforo ($g.kg^{-1}$); C- concentração foliar de potássio ($g.kg^{-1}$); D- concentração foliar de sódio ($g.kg^{-1}$); E- concentração radicular de nitrogênio ($g.kg^{-1}$); F- concentração radicular de fósforo ($g.kg^{-1}$); G- concentração radicular de potássio ($g.kg^{-1}$); D- concentração radicular de sódio ($g.kg^{-1}$) em plantas de *Aspidosperma pyrifolium* submetidas a seis diferentes concentrações de um resíduo orgânico de tanque de peixes misturadas a solo de Caatinga. Cada valor representa a média de 07 repetições ± E.P. Valores letras diferentes diferiram estatisticamente entre tratamentos pela Anova um fator ($p<0,05$).

Figura 3. A- concentração foliar de nitrogênio ($g.kg^{-1}$); B- concentração foliar de fósforo ($g.kg^{-1}$); C- concentração foliar de potássio ($g.kg^{-1}$); D- concentração foliar de sódio ($g.kg^{-1}$); E- concentração radicular de nitrogênio ($g.kg^{-1}$); F- concentração radicular de fósforo ($g.kg^{-1}$); G- concentração radicular de potássio ($g.kg^{-1}$); D- concentração radicular de sódio ($g.kg^{-1}$) em plantas de *Spondias tuberosa* submetidas a seis diferentes concentrações de um resíduo orgânico de tanque de peixes misturadas a solo de Caatinga. Cada valor representa a média de 07 repetições ± E.P. Valores letras diferentes diferiram estatisticamente entre tratamentos pela Anova um fator ($p<0,05$).

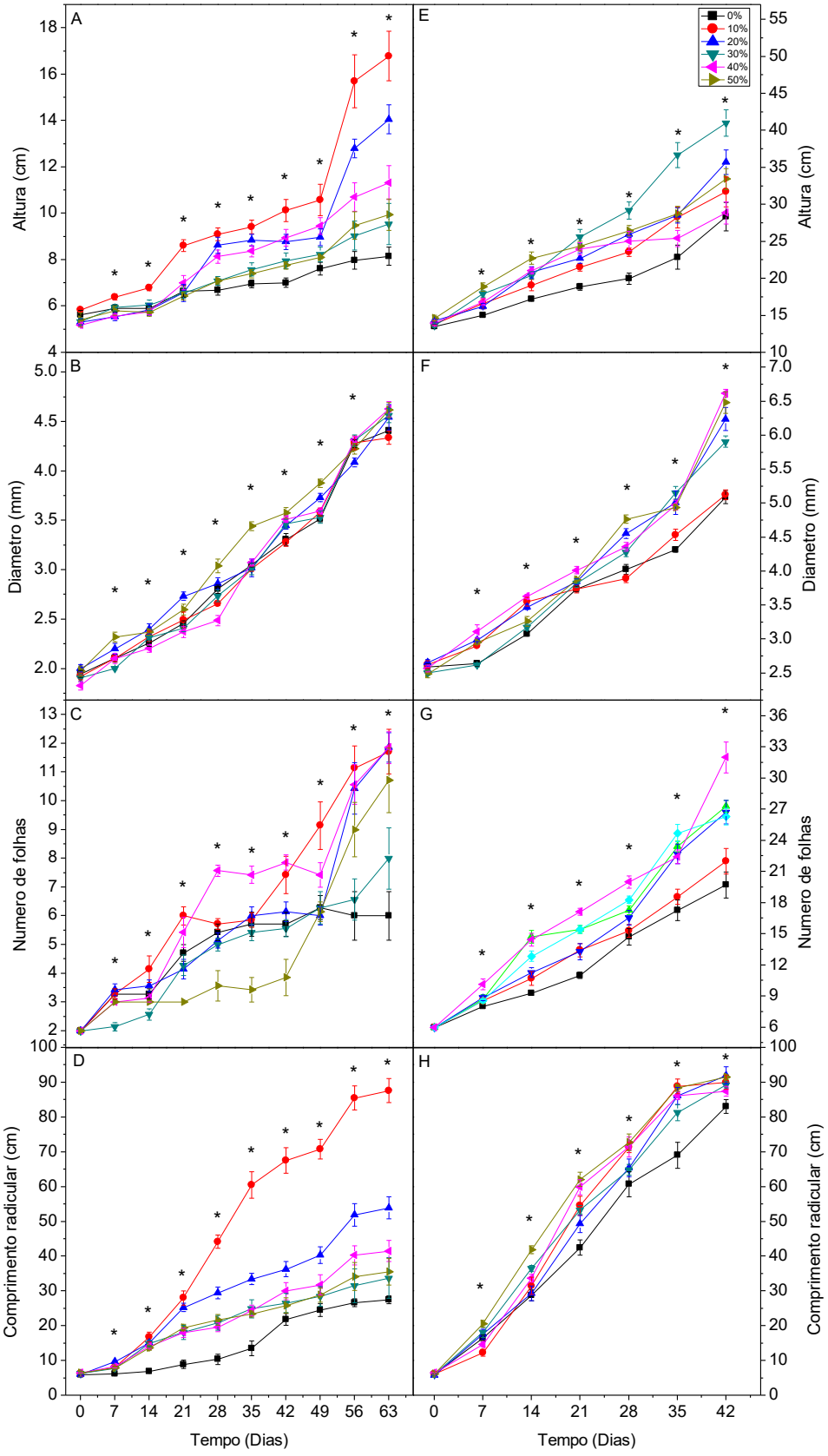
A
B
C
D
E
F
G
H
0%
10%
20%
30%
40%
50%
Altura (cm)
Diametro (mm)
Numero de folhas
Comprimento radicular (cm)
Tempo (Dias)
Tempo (Dias)

Figura 1

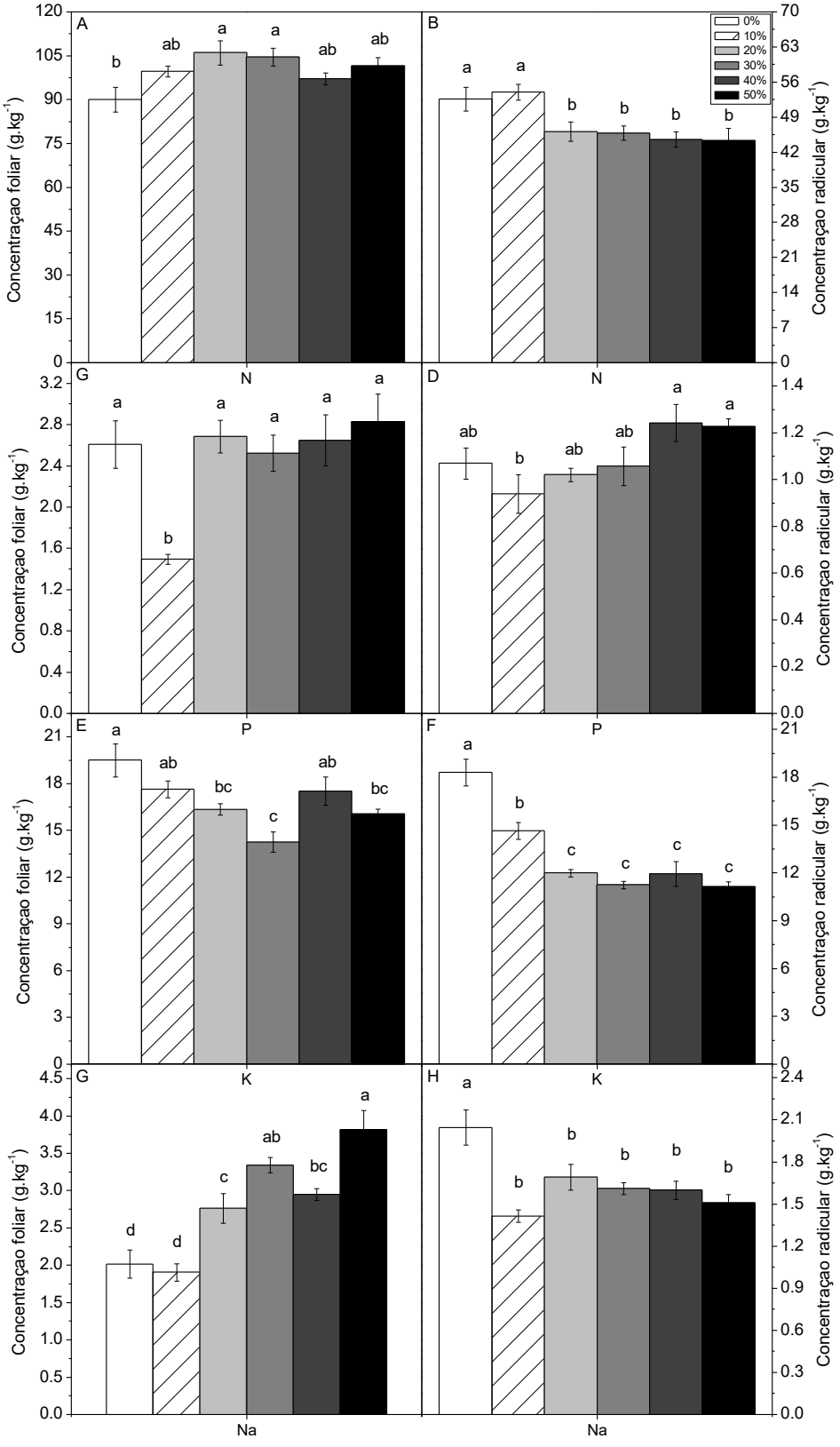
A
B
G
N
D
N
E
P
F
P
G
K
H
K
Na
Na
0%
10%
20%
30%
40%
50%
Concentraçao foliar (g.kg-1)
Concentraçao radicular (g.kg-1)

Figura 2

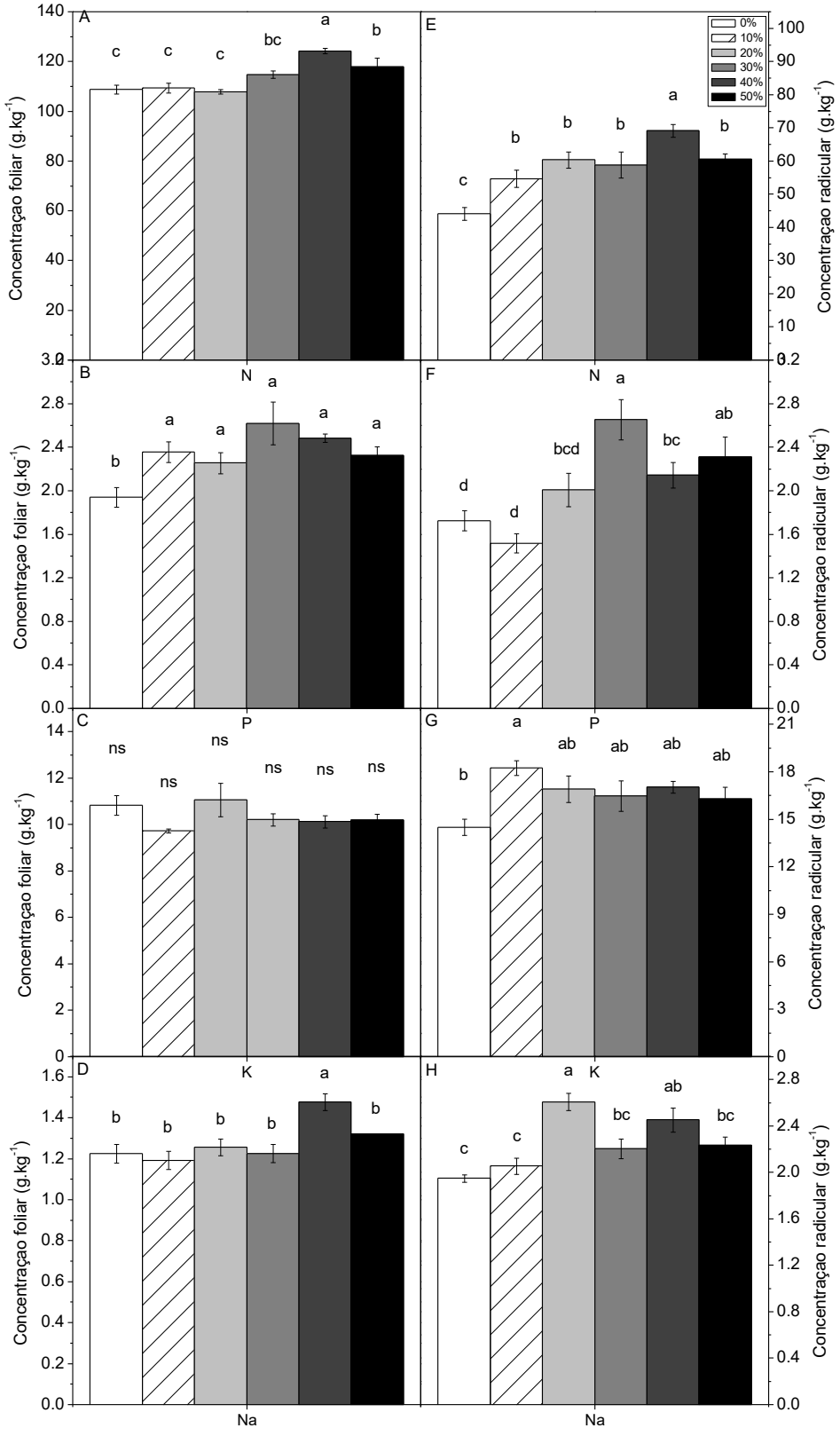
A
B
C
D
E
F
G
H
N
P
K
Na
0%
10%
20%
30%
40%
50%
Concentraçao foliar (g.kg-1)
Concentraçao radicular (g.kg-1)

Figura 3

Tabelas

Tabela 1. Biomassa de folhas, caule, raízes (g) e razão raiz/ parte aérea em plantas de *Aspidosperma pyrifolium* em casa de vegetação, submetidas a seis diferentes concentrações de um resíduo orgânico de tanque de peixes misturadas a solo de Caatinga. Cada valor representa a média de 07 repetições ± E.P. Valores com letras diferentes diferiram estatisticamente pela Anova um fator ($p<0,05$).

Tratamentos	Folhas		Caule		Raiz		Razão R: PA
	g	%	g	%	g	%	
Controle	0,26 ± 0,05 c	29,5	0,26 ± 0,01 c	29,4	0,36 ± 0,03 d	41	0,69
10%	0,96 ± 0,13 a	38	0,66 ± 0,07 a	26,1	0,9 ± 0,04 a	35,8	0,55
20%	0,66 ± 0,07 b	35	0,49 ± 0,05 b	25,9	0,74 ± 0,04 b	39,1	0,64
30%	0,36 ± 0,03 c	24,4	0,36 ± 0,01 c	24,8	0,74 ± 0,02 b	50,8	1,02
40%	0,39 ± 0,03 c	33	0,28 ± 0,03 c	23,1	0,53 ± 0,07 c	43,9	0,79
50%	0,34 ± 0,06 c	29,1	0,27 ± 0,01 c	23,6	0,54 ± 0,04 c	47,3	0,88

Tabela 2. Biomassa de folhas, caule, raízes (g) e razão raiz/ parte aérea em plantas de *Spondias tuberosa* em casa de vegetação, submetidas a seis diferentes concentrações de um resíduo orgânico de tanque de peixes misturadas a solo de Caatinga. Cada valor representa a média de 07 repetições ± E.P. Valores com letras diferentes diferiram estatisticamente pela Anova um fator ($p<0,05$).

Tratamentos	Folhas		Caule		Raiz		Razão R: PA
	g	%	g	%	g	%	
Controle	0,87 ± 0,18 c	34	0,5 ± 0,06 c	19,5	1,19 ± 0,12 b	41	0,87
10%	1,21 ± 0,12 c	34,8	0,95 ± 0,12 b	27,3	1,32 ± 0,16 ab	35,8	0,61
20%	2,41 ± 0,16 b	43,6	1,11 ± 0,08 ab	20,1	2,01 ± 0,16 a	39,1	0,57
30%	2,61 ± 0,31 ab	44,2	1,19 ± 0,15 ab	20,2	2,1 ± 0,19 a	50,8	0,55
40%	2,57 ± 0,34 ab	52,3	0,97 ± 0,11 b	19,7	1,38 ± 0,26 ab	43,9	0,39
50%	3,41 ± 0,33 a	51,1	1,46 ± 0,16 a	21,9	1,81 ± 0,23 ab	47,3	0,37

573 **Tabela 3**. Área foliar (cm^2) e área foliar específica ($cm^2.g^{-1}$) em plantas de *Aspidosperma*
574 *pyrifolium* e *Spondias tuberosa* em casa de vegetação, submetidas a seis diferentes concentrações
575 de um resíduo orgânico de tanque de peixes misturadas a solo de Caatinga. Cada valor representa
576 a média de 07 repetições ± E.P. Valores com letras diferentes diferiram estatisticamente pela Anova
577 um fator ($p<0,05$).

Tratamento	*Aspidosperma pyrifolium*		*Spondias tuberosa*	
	AF (cm^2)	AFE ($cm^2.g^{-1}$)	AF (cm^2)	AFE ($cm^2.g^{-1}$)
Controle	35,2 ± 8,45 b	209,71 ± 9,59 a	309,55 ± 14,03 b	266,49 ± 33,98 ns
10%	137,78 ± 21,62 a	189,72 ± 5,05 ab	325,90 ± 26,47 b	287,88 ± 9,45 ns
20%	131 ± 13,5 a	201,28 ± 7,39 ab	644,27 ± 49,63 a	275,38 ± 8,85 ns
30%	62,43 ± 4,67 b	178,19 ± 4,95 bc	541,98 ± 71,75 a	256,58 ± 3,67 ns
40%	67,78 ± 3,98 b	164,27 ± 6,65 c	525,58 ± 57,92 a	251,28 ± 11,59 ns
50%	70,21 ± 13,13 b	193,53 ± 6,17 ab	678,62 ±94,33 a	241,73 ± 4,54 ns

578