UNIVERSIDADE FEDERAL DOS VALES DO JEQUITINHONHA E MUCURI – UFVJM

CHRISTIANO DA CONCEIÇÃO DE MATOS

CRESCIMENTO E NUTRIÇÃO MINERAL DE *Nicandra physaloides* (L.) Gaertn.

DIAMANTINA – MG
2013

CHRISTIANO DA CONCEIÇÃO DE MATOS

CRESCIMENTO E NUTRIÇÃO MINERAL DE *Nicandra physaloides* (L.) Gaertn.

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Produção Vegetal da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, área de concentração Produção Vegetal, para obtenção do título de "Mestre".

Orientador: Dr. Evander Alves Ferreira

DIAMANTINA - MG
2013

Ficha Catalográfica - Serviço de Bibliotecas/UFVJM
Bibliotecária: Jullyele Hubner Costa CRB-6/2972

M433c
2013

Matos, Christiano da Conceição de
Crescimento e nutrição mineral de *Nicandra physaloides (L.) Gaertn.* / Christiano da Conceição de Matos. – Diamantina: UFVJM, 2013.
62 p.

Orientador: Prof. Dr. Evander Alves Ferreira
Coorientador: Prof. Dr. José Barbosa dos Santos
Coorientador: Prof. M.e Daniel Valadão Silva

Dissertação (mestrado) –Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri. Faculdade de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, 2013.

1. Relação C/N. 2. Joá-de-capote. 3.Composição bromatológica. 4. Manejo integrado. I. Santos, Evander Alves. II.Santos, José Barbosa dos. III. Silva, Daniel Valadão. IV. Título.

CDD 633.88

Elaborada com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

CHRISTIANO DA CONCEIÇÃO DE MATOS

CRESCIMENTO E NUTRIÇÃO MINERAL DE *Nicandra physaloides* (L.) Gaertn.

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação *Stricto sensu* em Produção Vegetal da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, área de concentração Produção Vegetal, para obtenção do título de "Mestre".

APROVADA em..... de ..... de 2013

José Barbosa dos Santos - UFVJM

Leandro Galon –UFFS

Ignácio Aspiazú – Unimontes

Prof. Dr. Evander Alves Ferreira – UFVJM
Presidente

DIAMANTINA - MG
2013

OFEREÇO

Aos meus pais Vinício e Laci, ao meu irmão Clayton Vinícius, pelos ensinamentos, amor e compreensão. Aos amigos e a todos que sempre me apoiaram.

DEDICO

A Deus e todos que tornaram possível a conclusão deste trabalho.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri pela contribuição à minha formação acadêmica e pessoal.

À Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais (Fapemig) e Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo patrocínio do projeto de pesquisa e à Coordenadoria de Aperfeiçoamento do Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão de bolsa de estudo.

Ao grande incentivador, Dr. Evander Alves Ferreira, pela amizade, orientação, confiança e dedicação.

Ao professor Dr. José Barbosa dos Santos, pela amizade, orientação, dedicação, incentivos e sugestões na confecção desta dissertação.

Aos professores Dr. Leandro Galon e Dr. Ignacio Aspiazú por participarem desta banca estando dispostos a darem suas contribuições a este trabalho.

Agradeço a todos integrantes do grupo de Manejo Sustentável de Plantas Daninhas pela recepção, amizade e confiança. Não tenho palavras para expressar a gratidão pela ajuda e dedicação que recebi de cada membro do grupo.

Também a gradeço aos membros do NECAF, do SEMENTEC e aos técnicos Ellizandra, Rafael e Abraão, pela enorme colaboração com essa pesquisa.

Aos amigos do curso de pós-graduação em Produção Vegetal da UFVJM pela amizade e troca de conhecimento durante o período.

Ao Daniel Valadão, Edimilson, Gustavo “Gabiru”, Maxwel, Renan Braga, Samuel, Raoni, Francisco, Miguel, Adriana, Priscila e Tatiane, pelo apoio e amizade.

Às secretárias da Pró-reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação, pela ajuda nos momentos de dúvidas.

À Diamantina, cidade que me acolheu.

Aos colegas de universidade pelo constante apoio e consideração.

Obrigado a todos.

RESUMO

MATOS, C. C. **CRESCIMENTO E NUTRIÇÃO MINERAL DE *Nicandra physaloides* (L.) Gaertn.** 2013. 62p. (Dissertação - Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 2013.

A *Nicandra physaloides* (L) Gaertn. é uma planta daninha que infesta áreas agrícolas brasileiras. O conhecimento do comportamento das plantas, frente aos recursos do meio, como a luz, água e principalmente a disponibilidade de nutrientes no solo, torna-se fundamental para adotar táticas de manejo das mesmas nos agroecossistemas. Observações de campo sugerem a espécie como planta daninha de ciclo rápido, que adapta-se bem a solos de alta fertilidade e com grande capacidade em acumular matéria seca, cujo material vegetal é rapidamente decomposto no solo. O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito do aumento de doses de nitrogênio, fósforo e potássio no crescimento de *Nicandra physaloides*, bem como, os teores de nutrientes, as características bromatológicas e a relação C/N presentes na matéria seca dessa planta daninha. No primeiro experimento foi avaliada a influência das doses de nutrientes no acúmulo e partição de matéria seca, na altura e nas taxas de crescimento de *N. physaloides*. No segundo experimento foram avaliados os efeitos das doses de N, P e K nos teores e acúmulo de nutrientes, nas características bromatológicas e na relação C/N, presentes na matéria seca das plantas. Observou-se que a espécie é altamente responsiva à adubação. No entanto, o padrão de distribuição de biomassa não foi alterado pela adubação. Ao ser cultivada em solo de baixa fertilidade, *N. physaloides* apresentou baixas taxas de crescimento. Maiores teores de N, P e K foram encontrados em plantas submetidas aos maiores níveis de nutrientes. O aumento nos níveis de N, P e K no solo proporcionou maior acúmulo total desses macronutrientes. Os tratamentos não influenciaram a composição bromatológica (FDN e FDA) e a relação C/N da planta. *N. physaloides* apresentou baixa relação C/N durante todo o período de avaliação, o que aliado aos baixos teores de FDN e FDA e ao bom acúmulo de nutrientes, sugere que o material vegetal proveniente dessa planta seja rapidamente decomposto, proporcionando uma ciclagem rápida de nutrientes no solo.

Palavras-chave: Relação C/N; joá-de-capote; composição bromatológica; manejo integrado.

ABSTRACT

MATOS, C. C**. GROWTH AND MINERAL NUTRITION OF *Nicandra physaloides* (L.) Gaertn. 2013. 62p**. Dissertation (Masters in Plant Production) – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 2013.

Nicandra physaloides (L) Gaertn. is a weed that infests Brazilian agricultural areas. Knowledge the behavior of plants against environmental resources, such as light, water and mainly the availability of nutrients in the soil, being essential to management in agroecosystems. Field reports suggest the weed species of fast cycle has the characteristics following: well adapted to soils of high fertility and high capacity to accumulate dry matter; which plant matter is quickly decomposed in soil. The objective of this study was to evaluate the effect of increasing of N, P and K doses on growth of *Nicandra physaloides* as well as the nutrients content, chemical characteristics and C/N ratio of the weed. In the first experiment was evaluated the influence of nutrient levels in accumulation and partitioning of dry matter, height and growth rates of *N. physaloides*. In the second experiment evaluated the effects of N, P and K doses on content and accumulation of nutrients, chemical characteristics and the C/N ratio of the weed. The specie was highly responsive to fertilization. However, biomass partitioning was not altered by fertilization. When grown on low soils fertility levels, *N. physaloides* showed low growth rates on low nutrients level. Higher N, P and K contents were observed in plants grown on higher levels of fertilizer. The increasing of N, P and K levels of soil resulted in greater total accumulation of these macronutrients. The treatments did not affect the chemical composition (NDF and ADF) and the C/N ratio of plant. *N. physaloides* showed lower C/N ratio during experimental period, which combined to low levels of NDF and ADF and great nutrient accumulation, suggests that this plant matter is quickly decomposed, providing a rapid cycling of nutrients.

Key words: C/N ration; apple of Peru; chemical composition; integrated management.

LISTA DE FIGURAS

ARTIGO CIENTÍFICO I

Figura 1. Média e desvio padrão das temperaturas, máxima, mínima e média da casa de vegetação durante o período de condução do experimento. 9

Figura 2. Matéria seca da folha - MSF (A), matéria seca do caule – MSC (B), matéria seca da raíz - MSC (C) e matéria seca das partes reprodutivas – MSPR (D) de plantas de *Nicandra physaloides*, ao longo do seu ciclo de desenvolvimento, de acordo com os níveis de N, P e K: 0, 0,3 e 17,2 (D1); 30, 450,3 e 75,4 (D2); 60, 900,3 e 133,4 (D3) e 120, 1800,3 e 249,68 mg dm^{-3} (D4), utilizado no cultivo dessa espécie..... 12

Figura 3. Acúmulo de matéria seca de *Nicandra physaloides*, ao longo do seu ciclo de desenvolvimento, de acordo com os níveis de N, P e K: 0, 0,3 e 17,2 (D1); 30, 450,3 e 75,4 (D2); 60, 900,3 e 133,4 (D3) e 120, 1800,3 e 249,68 mg dm^{-3} (D4), utilizado no cultivo dessa espécie. 14

Figura 4. Partição de matéria seca (%) nas diferentes estruturas constituintes das plantas de *Nicandra physaloides*, ao longo do seu ciclo de desenvolvimento, de acordo com os níveis de N, P e K: 0, 0,3 e 17,2 (D1); 30, 450,3 e 75,4 (D2); 60, 900,3 e 133,4 (D3) e 120, 1800,3 e 249,68 mg dm^{-3} (D4), utilizado no cultivo dessa espécie.... 17

Figura 5. Rendimento quântico (Fv Fm^{-1}) de *Nicandra physaloides* submetida a doses crescentes de N, P e K, aos 46 e 86 DAE (Dias após emergência). 18

Figura 6. Área foliar (A), razão de matéria foliar – RMF (B), taxa de crescimento relativo - TCR (C) e taxa de crescimento absoluto – TCA (D) de plantas de *Nicandra physaloides*, ao longo do seu ciclo de desenvolvimento, de acordo com os níveis de N, P e K: 0, 0,3 e 17,2 (D1); 30, 450,3 e 75,4 (D2); 60, 900,3 e 133,4 (D3) e 120, 1800,3 e 249,68 mg dm^{-3} (D4), utilizado no cultivo dessa espécie. 22

Figura 7. Altura de plantas de *Nicandra physaloides*, ao longo do seu ciclo de desenvolvimento, de acordo com os níveis de N, P e K: 0, 0,3 e 17,2 (D1); 30, 450,3 e 75,4 (D2); 60, 900,3 e 133,4 (D3) e 120, 1800,3 e 249,68 mg dm^{-3} (D4), utilizado no cultivo dessa espécie. 23

ARTIGO CIENTÍFICO II

Figura 1. Média e desvio padrão das temperaturas, máxima, mínima e média da casa de vegetação durante o período de condução do experimento. 32

Figura 2. Acúmulo de matéria seca de *Nicandra physaloides*, ao longo do seu ciclo de desenvolvimento, de acordo com os níveis de N, P e K: 0, 0,3 e 17,2 (D1); 30, 450,3 e 75,4 (D2); 60, 900,3 e 133,4 (D3) e 120, 1800,3 e 249,68 mg dm^{-3} (D4), utilizado no cultivo dessa espécie. 35

Figura 3. Teores de nitrogênio nas folhas (A), caule (B) e raiz (C) de *Nicandra physaloides*, ao longo do seu ciclo de desenvolvimento, de acordo com os níveis de N, P e K: 30, 450,3 e 75,4 (D2); 60, 900,3 e 133,4 (D3) e 120, 1800,3 e 249,68 mg dm^{-3} (D4), utilizado no cultivo dessa espécie. 36

Figura 4. Teores de fósforo nas folhas (A), caule (B), raiz (C) e partes reprodutivas (D) de *Nicandra physaloides*, ao longo do seu ciclo de desenvolvimento, de acordo com os níveis de N, P e K: 30, 450,3 e 75,4 (D2); 60, 900,3 e 133,4 (D3) e 120, 1800,3 e 249,6 mg dm^{-3} (D4), utilizado no cultivo dessa espécie. 38

Figura 5. Teores de potássio nas folhas (A), caule (B), raiz (C) e partes reprodutivas (D) de *Nicandra physaloides*, ao longo do seu ciclo de desenvolvimento, de acordo com os níveis de N, P e K: 30, 450,3 e 75,4 (D2); 60, 900,3 e 133,4 (D3) e 120, 1800,3 e 249, mg dm^{-3} (D4), utilizado no cultivo dessa espécie. 40

Figura 6. Acúmulo de nitrogênio nas folhas (A), caule (B) e raiz (C) de *Nicandra physaloides*, ao longo do seu ciclo de desenvolvimento, de acordo com os níveis de N, P e K: 30, 450,3 e 75,4 (D2); 60, 900,3 e 133,4 (D3) e 120, 1800,3 e 249,68 mg dm^{-3} (D4), utilizado no cultivo dessa espécie. 41

Figura 7. Acúmulo de nitrogênio nas folhas (A), caule (B), raiz (C) e partes reprodutivas (D) de *Nicandra physaloides*, ao longo do seu ciclo de desenvolvimento, de acordo com os níveis de N, P e K: 30, 450,3 e 75,4 (D2); 60, 900,3 e 133,4 (D3) e 120, 1800,3 e 249,68 mg dm^{-3} (D4), utilizado no cultivo dessa espécie. 43

Figura 8. Acúmulo de potássio nas folhas (A), caule (B), raiz (C) e partes reprodutivas (D) de *Nicandra physaloides*, ao longo do seu ciclo de desenvolvimento, de acordo com os níveis de N, P e K: 30, 450,3 e 75,4 (D2); 60, 900,3 e 133,4 (D3) e 120, 1800,3 e 249, mg dm^{-3} (D4), utilizado no cultivo dessa espécie. 44

Figura 9. Acúmulo total de nitrogênio (A), fósforo (B) e potássio (C) de *Nicandra physaloides*, ao longo do seu ciclo de desenvolvimento, de acordo com os níveis de N, P e K: 30, 450,3 e 75,4 (D2); 60, 900,3 e 133,4 (D3) e 120, 1800,3 e 249,68 mg dm^{-3} (D4), utilizado no cultivo dessa espécie. 45

Figura 10. Fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) de folhas, caule, raiz e parte reprodutiva de plantas de *Nicandra physaloides*, ao longo do seu ciclo de desenvolvimento, de acordo com os níveis de N, P e K: 30, 450,3 e 75,4 (D2); 60, 900,3 e 133,4 (D3) e 120, 1800,3 e 249,68 mg dm^{-3} (D4), utilizado no cultivo dessa espécie. 50

Figura 11. Relação Carbono/ Nitrogênio (C/N) de folhas, caule e raiz de *Nicandra physaloides*, ao longo do seu ciclo de desenvolvimento, de acordo com os níveis de N, P e K: 30, 450,3 e 75,4 (D2); 60, 900,3 e 133,4 (D3) e 120, 1800,3 e 249,68 mg dm^{-3} (D4), utilizado no cultivo dessa espécie. 53

Figura 12. Teor de água na parte aérea de plantas de *Nicandra physaloides*, ao longo do seu ciclo de desenvolvimento, de acordo com os níveis de N, P e K: 0, 0,3 e 17,2 (D1); 30, 450,3 e 75,4 (D2); 60, 900,3 e 133,4 (D3) e 120, 1800,3 e 249,68 mg dm^{-3} (D4), utilizado no cultivo dessa espécie. 54

LISTA DE TABELAS

ARTIGO CIENTÍFICO I Pág.

Tabela 1 Características físicas e químicas da amostra de Neossolo Quartzarênico utilizado no experimento. Diamantina – MG, 2012. 9

Tabela 2 Doses de N, P e K contidos no solo, utilizados como tratamentos. Diamantina – MG, 2012. 10

ARTIGO CIENTÍFICO II Pág.

Tabela 1 Características físicas e químicas da amostra de Neossolo Quartzarênico utilizado no experimento. Diamantina – MG, 2012. 33

Tabela 2 Doses de N, P e K contidos no solo, utilizados como tratamentos. Diamantina – MG, 2012. 33

SUMÁRIO

RESUMO i

ABSTRACT ii

LISTA DE FIGURAS iii

LISTA DE TABELAS v

INTRODUÇÃO GERAL 1

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 3

ARTIGO CIENTÍFICO I. Análise de crescimento de *Nicandra physaloides* (L.) Gaertn. em resposta a adubação com N, P e K..... 5

Resumo 5
Abstract..... 6
Introdução 7
Material e métodos 8
Resultados e discussão 11
Referências bibliográficas 24

ARTIGO CIENTÍFICO II. Características nutricionais, bromatológicas e relação C/N de *Nicandra physaloides* (L.) Gaertn. 28

Resumo 28
Abstract..... 29
Introdução 30
Material e métodos 32
Resultados e discussão 34
Referências bibliográficas 57

CONSIDERAÇÕES FINAIS 62

INTRODUÇÃO GERAL

A *Nicandra physaloides* (L) Gaertn. é uma planta daninha que infesta com grande frequência áreas agrícolas brasileiras. Conhecida popularmente como quintilho, joá-de-capote, bexiga, balãozinho ou lanterna-da-china, trata-se de um subarbusto, anual, com cerca de 1,0 a 2,0 m de altura (KISSMANN & GROTH, 2000). Por ser uma espécie altamente prolífica, é frequentemente encontrada em todo o território brasileiro, infestando geralmente áreas de lavouras anuais e perenes (AGRA et al., 1994; LORENZI, 2006). Originária da América do Sul, *N. physaloides* é uma planta comum na maioria das áreas agrícolas desse continente (SILVA & AGRA, 2005).

Nos agroecossistemas qualquer planta que afetar a produtividade e, ou, a qualidade do produto ou interferir negativamente no processo da colheita é considerada daninha (SILVA et al., 2007).

Dentre os fatores que influenciam o processo de colonização e estabelecimento das plantas daninhas em determinado ambiente, as características do solo desempenham um papel predominante (BIANCO et al., 2004). Estas possuem diversificados e complexos mecanismos de adaptação, que lhes permitem, em curto prazo, sobreviver às variações do ambiente e reproduzir-se em condições adversas, graças à sua alta capacidade de alteração de fenótipo, como resposta às variações do meio (PITELLI, 1983).

Pesquisas que estudam o crescimento e o desenvolvimento das plantas daninhas tornam possível a análise do comportamento dessas frente os fatores ecológicos, bem como sua ação sobre o ambiente (LUCCHESI, 1984; BIANCO et al., 1995). Esses estudos são fundamentais para entender a adaptabilidade das plantas daninhas sob diferentes condições ambientais e, também, para fornecer subsídios para predições de seu sucesso como infestante em função de novas práticas agrícolas e da introdução em novos meios (BIANCO et al., 2004).

As plantas daninhas podem promover os mesmos efeitos de cobertura do solo, produção de biomassa e ciclagem de nutrientes que as espécies introduzidas ou cultivadas para adubação verde (FÁVERO et al., 2000). Assim, informações sobre os teores de nutrientes e da relação C/N das plantas daninhas podem ser utilizadas como subsídios para futuras interpretações sobre o comportamento destas plantas nos diferentes ecossistemas existentes (SOUZA et al., 1999).

Diante desta perspectiva, Cury et al. (2012) observaram que *Brachiaria brizantha* e *Cenchrus echinatus*, livre de competição, apresentam elevado acúmulo de macronutrientes e de Cobre, tendo, portanto, um excelente potencial em ciclar nutrientes. A competição entre

diversas espécies de plantas daninhas (*Bidens pilosa, Richardia brasiliensis*, *Leonurus sibiricus* e *Sida rhombifolia*) e plantas de café, mostram a capacidade muito superior de extração e acúmulo de nutrientes por essas espécies em relação às plantas de café (RONCHI et al., 2003). Esses estudos confirmam a importância do manejo dessas plantas em culturas, visando prevenir efeitos negativos (competição) e explorar efeitos positivos (reciclagem de nutrientes).

A velocidade de decomposição dos resíduos culturais determina o tempo de permanência da cobertura morta na superfície do solo (KLIEMANN et al., 2006). Quanto mais rápida for esta decomposição, maior será a velocidade de liberação dos nutrientes, diminuindo, entretanto, a proteção do solo. Portanto, quanto mais alto for o teor de lignina e a relação C/N nos resíduos, tanto mais lenta será a sua decomposição.

Nesse contexto, é importante o desenvolvimento de estratégias para que as características de agressividade e a capacidade de ciclagem de nutrientes das plantas daninhas sejam exploradas, para que proveito seja tirado da convivência entre elas e as culturas, nos campos de produção agrícola (CURY et al., 2012).

Devido às alterações que vem sofrendo o conceito de plantas daninhas, às novas técnicas empregadas visando o seu controle e, principalmente, à introdução do manejo integrado, são de fundamental importância os estudos básicos de biologia das espécies de ocorrência comum nos agroecossistemas brasileiros (OBARA et al., 1994). Apesar da importância agrícola, poucos estudos foram publicados abordando o comportamento de *Nicandra physaloides* frente a fatores de manejo comuns nos agroecossistemas, como adubação, calagem, irrigação e outros. Assim, torna-se importante a execução de pesquisas como essa, que possam apresentar informações relevantes no manejo desta espécie nas áreas agrícolas.

A busca por técnicas sustentáveis que possam minimizar os impactos ambientais e econômicos do controle de plantas daninhas, bem como a dependência de adubos industrializados, utilizando-se de recursos naturais como suporte ao fornecimento de nutrientes é importante no estabelecimento do manejo integrado de plantas daninhas.

Observações de campo sugerem que *N. physaloides* seja uma planta daninha de ciclo rápido, que adapta-se bem a solos de alta fertilidade e com grande capacidade em acumular matéria seca, cujo material vegetal é rapidamente decomposto no solo. Diante do exposto, objetivou-se com este estudo avaliar o efeito do aumento de doses de N, P e K no crescimento, bem como nos teores de nutrientes, nas características bromatológicas e a relação C/N presentes na matéria seca de *N. physaloides*.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRA, M. F. et al. Plantas medicinais dos Cariris Velhos, Paraíba. Parte I: subclasse Asterideae (in Portuguese). **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v.75, p.61–64, 1994.

BIANCO, S. et al. Estimativa da área foliar de plantas daninhas. XIII – *Amaranthus retroflexus* L. **Ecossistema**, v.20, n.1, p.5-9, 1995.

BIANCO, S. et al. Crescimento e nutrição mineral de capim-camalote. **Planta Daninha**, v. 22, n.3, p.375-380, 2004.

CURY, J. P. et al. Acúmulo e partição de nutrientes de cultivares de milho em competição com plantas daninhas. **Planta Daninha**, v.30, n.2, p.287-296, 2012.

FÁVERO, C. et al. Crescimento e acúmulo de nutrientes por plantas espontâneas e por leguminosas utilizadas para adubação verde. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, n. 1, p. 171-177, 2000.

KISSMANN, K. G.; GROTH, D. **Plantas infestantes e nocivas**. 2 ed. São Paulo: BASF, Tomo III, 2000, 722p.

KLIEMANN, H. J. et al. Taxa de composição de resíduos de espécies de cobertura em Latossolo Vermelho Distroférrico. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.36. n.1. p.21-28, 2006.

LORENZI, H. **Manual de identificação e controle de plantas daninhas:** plantio direto e convencional. 6. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2006. 339 p.

LUCCHESI, A. A. Utilização prática de análise de crescimento vegetal. **Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"**, v.41, n.1, p.181-202, 1984.

OBARA, S. Y. et al. Desenvolvimento e composição mineral do picão-preto sob diferentes níveis de pH. **Planta Daninha**, v.12, n.1, p.52-56, 1994.

PITELLI, R. A. Biologia de plantas daninhas. In: DOWER NETO, J.B. – SEMANA DO HERBICIDA, 5., 1983, Bandeirantes: **Semana...** Fundação Faculdade de Agronomia "Luiz Meneghel", 1983. p. 1-9. (Apostila).

RONCHI, C. P. et al. Acúmulo de nutrientes pelo cafeeiro sob interferência de plantas daninhas. **Planta Daninha**, v.21, n.2, p.219-227, 2003.

SILVA, A. A. et al. Biologia de plantas daninhas. In: SILVA, A.A.; SILVA, J.F. **Tópicos em manejo de plantas daninhas**. Viçosa: UFV, 2007. p.17-61.

SILVA, K. N.; AGRA, M. F. Estudo farmacobotânico comparativo entre *Nicandra physalodes* e *Physalis angulata* (Solanaceae). **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v.15, n.4, p. 344-351, 2005.

SOUZA, L. S. et al. Teores de macro e micronutrientes e a relação C/N de várias espécies de plantas daninhas. **Planta Daninha**, v.17, n.1, p.163-167, 1999.

ARTIGO CIENTÍFICO I

ANÁLISE DE CRESCIMENTO DE *Nicandra physaloides* (L.) Gaertn. EM RESPOSTA A ADUBAÇÃO COM N, P e K

RESUMO

A *Nicandra physaloides* (L.) Gaertn. é uma planta daninha que infesta com frequência áreas agrícolas brasileiras. O conhecimento do comportamento das plantas frente aos fatores de competição, como a disponibilidade de nutrientes no solo, é fundamental para direcionar o manejo dos agroecossistemas. Nesse contexto, objetivou-se avaliar o efeito de doses de N, P e K no crescimento de *N. physaloides*. O experimento foi conduzido em casa de vegetação, em delineamento de blocos casualizados arranjado em parcelas subdivididas, com três repetições. Nas parcelas alocou-se as doses de N, P e K: 0, 0,3 e 17,2 (D1); 30, 450,3 e 75,4 (D2); 60, 900,3 e 133,4 (D3); 120, 1800,3 e 249,68 mg dm^{-3} (D4) e nas subparcelas as épocas de colheita (26, 33, 40, 47, 54, 61, 76, 91, 106 e 121 dias após emergência (DAE)). Os valores máximos de área foliar e massa seca total foram atingidos próximos aos 61 DAE, para os tratamentos D2, D3 e D4. De maneira geral, as folhas apresentaram maior participação no acúmulo de matéria seca total até os 61 DAE, posteriormente órgãos reprodutivos apresentaram maior participação. O aumento das doses de N, P e K proporcionou maior altura e produção de massa de matéria seca da planta daninha, sendo que quando se dobrou as doses dos nutrientes aplicados observou-se aumento proporcional em acúmulo da matéria seca. Porém, ao ser cultivada nas condições de fertilidade natural do solo (tratamento D1), *N. physaloides* apresentou baixas taxas de crescimento. Dessa forma, conclui-se que o aumento das doses de N, P e K promove aumento do crescimento da *N. physaloides*, no entanto, o padrão de distribuição de biomassa não é alterado pela adubação. Os resultados comprovam que essa espécie adapta-se bem a solos férteis, assim, pode-se considerar que a mesma tem maior potencial competitivo em solos de alta fertilidade, o que pode tornar esta planta daninha um problema em cultivos com grande quantidade de adubo.

Palavras-Chave: Joá-de-capote, planta daninha, nutrição de plantas.

ABSTRACT

GROWTH ANALYSIS OF *Nicandra physaloides* (L.) Gaertn. IN different N, P, K levels

Nicandra physaloides (L.) Gaertn. is a weed that infests frequently Brazilian agricultural areas. The knowledge of plant behavior against the factors of competition, as nutrient availability on soil, is fundamental to management of agroecosystems. The study aimed to evaluate the effect of N, P and K nutrients in the growth of *N. physaloides*. The experiment was conducted in a greenhouse, using a randomized block design arranged in split-plot with three replications. The main plots were four doses of N-P-K (0, 0,3 e 17,2 (D1); 30, 450,3 e 75,4 (D2); 60, 900,3 e 133,4 (D3); 120, 1800,3 e 249,68 mg dm^{-3} (D4)) and subplots were ten harvest time (26, 33, 40, 47, 54, 61, 76, 91, 106 and 121 days after emergence (DAE)). The maximum leaf area and total dry matter were observed in treatments D2, D3 and D4 at 61 DAE. Overall, the leaves showed higher participation in total dry matter accumulation until 61 DAE. Then reproductive organs showed higher participation. The increasing of N, P and K doses provided greater height plant and dry matter production of weed. Thus, when doubled nutrients doses resulted in proportional increase on dry matter accumulation. However, *N. physaloides* showed low growth rates when grown under conditions of natural soil fertility (treatment D1). Thus, increasing of N, P and K doses promotes higher growth of *N. physaloides*. The biomass distribution is not altered by fertilization. The results showed that this species can to adapt in fertile soils, so it can be considered that *N. physaloides* has greater competitive potential in soils of high fertility, which may make this specie a problem in crops well fertilized.

Key words: Apple of Peru, weed, plant nutrition.

INTRODUÇÃO

A *Nicandra physaloides* (L) Gaertn. é uma planta daninha que frequentemente infesta áreas agrícolas brasileiras. Conhecida popularmente como quintilho, joá-de-capote, bexiga, balãozinho ou lanterna-da-china (KISSMANN & GROTH, 2000). Trata-se de um subarbusto, anual, com cerca de 1,0 a 2,0 m de altura, originário da América do Sul (SILVA & AGRA, 2005). Tem a capacidade de produzir grande quantidade de sementes, o que aumenta sua disseminação, dificultando seu controle (LORENZI, 2006).

As plantas daninhas são conhecidas por serem eficientes na extração, uso e acúmulo dos nutrientes do solo, havendo, porém, variações de acordo com a espécie considerada e com as condições locais onde as mesmas se encontram (CURY et al., 2012). Condições edafoclimáticas, aliadas a características intrínsecas de cada espécie, são fundamentais para o sucesso da colonização, sobrevivência e predominância de uma espécie ou determinado grupo de plantas em uma área. Em ambientes sujeitos a frequentes perturbações, como é o caso dos agroecossistemas, é comum a presença de inúmeras espécies de plantas daninhas, que se destacam pela agressividade, diversidade genética e por, normalmente, apresentarem elevada taxa de crescimento, grande habilidade de produzir e disseminar propágulos e elevada capacidade de exploração de nutrientes do solo (SOUZA FILHO et al., 2000; BIANCO et al., 2004).

A capacidade de sobrevivência e reprodução de um biótipo em uma população determina a sua adaptabilidade ecológica, a qual depende de características biológicas, como taxas de germinação, crescimento e produção de sementes (CHRISTOFFOLETI, 2001). O potencial de crescimento de cada indivíduo é determinado, principalmente, pela disponibilidade de recursos e pela capacidade de adaptação da planta ao ambiente (OBARA et al., 1994). Nesse contexto, acredita-se que a análise do crescimento das plantas ainda seja a forma mais simples e precisa para quantificar a contribuição dos diferentes processos fisiológicos para o crescimento vegetal, sendo aplicável no estudo de variações entre plantas geneticamente diferentes ou quando submetidas a diferentes condições ambientais (CAMPOS et al., 2012).

Considerando a importância de *Nicandra physaloides* como planta daninha, há necessidade de estudos a respeito da biologia dessa espécie, envolvendo aspectos relacionados a reprodução, crescimento, desenvolvimento, exigências nutricionais, respostas aos métodos de controle e às alterações do ambiente, ente outros. De acordo com Bianco et al. (2004) esses estudos são fundamentais para entender o comportamento das plantas daninhas sob diferentes

condições ambientais e, também, para fornecer subsídios para predições de seu sucesso como infestante em função de novas práticas agrícolas e da introdução em novos ambientes.

A competição por nutrientes é um dos principais fatores ecológicos que afetam negativamente a produtividade das culturas agrícolas. Portanto, estudos a respeito de requerimentos nutricionais por plantas são de suma importância para a ciência das plantas daninhas (MARTINS et al., 2010). Pesquisas de crescimento e desenvolvimento de plantas também tornam possível a análise do comportamento dessas perante os fatores ecológicos, bem como sua ação sobre o ambiente (LUCCHESI, 1984; BIANCO et al., 1995). Nesse contexto, Radosevich et al. (2007) afirmam que a produção de matéria seca e o acúmulo da área foliar são reconhecidos como processos básicos no crescimento vegetal.

O desenvolvimento vegetal está condicionado à disponibilidade de recursos no ambiente e a habilidade das plantas em extrair e utilizar os mesmos. Dessa forma, o conhecimento do comportamento das plantas, frente aos fatores de crescimento, como a disponibilidade de nutrientes no solo, é fundamental para direcionar o manejo das mesmas nos agroecossistemas. Neste contexto, objetivou-se avaliar o efeito de doses de N, P e K no crescimento de *Nicandra physaloides*.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em casa de vegetação no Departamento de Agronomia da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM), Diamantina-MG, entre os meses de maio a setembro de 2012. As temperaturas mínimas, médias e máximas da casa de vegetação no período experimental encontram-se dispostos na Figura 1.

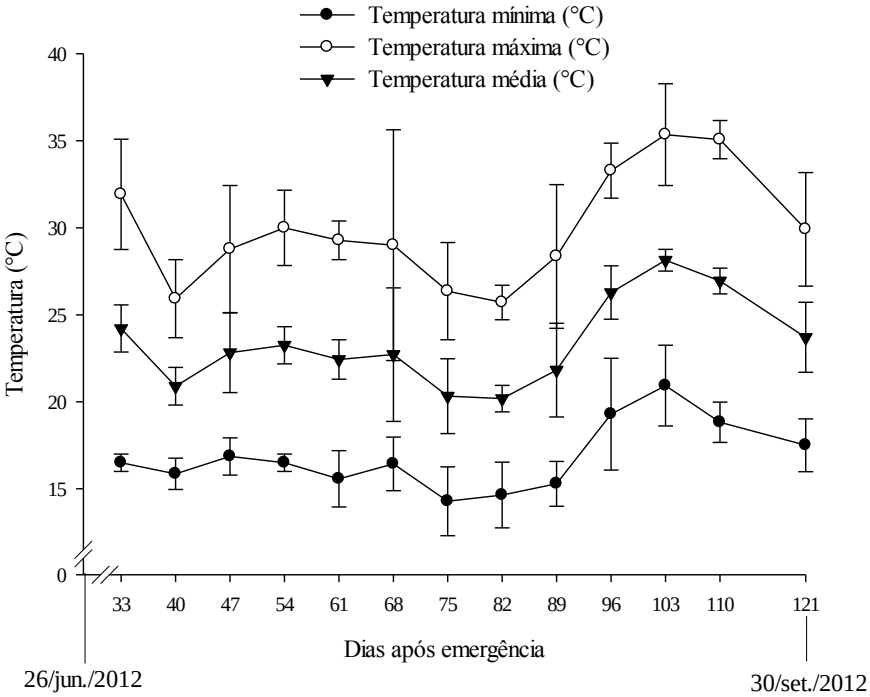

Figura 1. Média e desvio padrão das temperaturas máxima, mínima e média da casa de vegetação durante o período de condução do experimento.

As sementes de *Nicandra physaloides* foram coletadas no campo experimental da UFVJM em Diamantina/MG. Procedeu-se a quebra de dormência das mesmas, sendo, para isso, os frutos brevemente batidos em liquidificador visando a separação das sementes do resto do fruto e posteriormente imersas em água a temperatura ambiente, sendo realizada a troca da água em intervalos de duas horas. Esse processo foi repetido seis vezes, a fim de retirar a mucilagem que reveste as sementes dessa espécie. Em seguida as sementes foram dispostas para secar em ambiente seco, ventilado e sombreado.

Após a quebra de dormência as sementes foram colocadas para germinar em bandejas plásticas contendo solo (Latossolo Vermelho-Amarelo). Aos 25 dias após a semeadura, foram transplantadas uma planta para cada vaso plástico com capacidade de 8 dm^3, contendo solo, cujas características físicas e químicas estão expressas na Tabela 1. As irrigações foram realizadas sempre que necessário.

TABELA 1 - Características físicas e químicas da amostra de Neossolo Quartzarênico utilizado no experimento. Diamantina – MG, 2012.

pH em água	P Mehlich-1	K	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	T	m	V	Mat. Orgânica	Argila
	----mg dm^{-3}----		----------$cmol_c$ dm^{-3}----------						-----%-----		-----dag kg^{-1}-----	
6,1	0,3	17,2	1,3	0,3	0,02	1,9	1,64	3,54	1	46	0,1	11

Os tratamentos foram dispostos em delineamento experimental em blocos casualizados, com três repetições em arranjo de parcelas subdivididas (4 x 10). Nas parcelas (Tabela 2) alocou-se as doses de N, P e K equivalentes ao solo sem adubação (fertilidade natural) e 0,5; 1 e 2 vezes a dose recomendada por Cantarutti et al. (2007) para adubação em cova. Nas subparcelas foram dispostas dez épocas de colheita das plantas (26, 33, 40, 47, 54, 61, 76, 91, 106 e 121 dias após emergência (DAE)). Foram utilizados como fonte de N, P e K o sulfato de amônio, o superfosfato simples e o cloreto de potássio, respectivamente, aplicados um dia antes do transplantio das plantas daninhas.

TABELA 2 - Doses de N, P e K contidos no solo, utilizados como tratamentos. Diamantina – MG, 2012.

Tratamento	Doses de nutrientes mg dm^{-3}		
	N	P	K
D1	0	0,3	17,2
D2	30	450,3	75,4
D3	60	900,3	122,4
D4	120	1800,3	249,68

Em cada época de colheita foram mensuradas a altura e área foliar das plantas, procedendo a retirada das mesmas dos vasos sendo separadas em raiz, caule, folhas e partes reprodutivas. Em seguida foram postas em estufa com circulação forçada de ar a temperatura de 65 ^{o}C para a determinação da massa da matéria seca.

Com base nos resultados de área foliar e matéria seca acumulada, foram determinadas para cada época de avaliação a taxa de crescimento relativo (TCR), a taxa de crescimento absoluto (TCA) e a razão de massa foliar (RMF), de acordo com o proposto por Benincasa (2003).

A distribuição da matéria seca por componente vegetativo foi calculada em porcentagem dos dados de matéria seca de cada órgão em relação à total durante os períodos de avaliação, o que permitiu inferir a translocação orgânica (BENINCASA, 2003).

Aos 46 e 86 DAE das plantas de *N. physaloides* efetuou-se a análise da eficiência fotoquímica do fotossistema II das folhas com o uso de um fluorômetro (modelo Junior-Pam: Teaching Chlorophyll Fluorometer). A aferição da fluorescência da clorofila *a* foi efetuada no terço médio da primeira folha completamente expandida das plantas de *N. physaloides*, aos 60 minutos de adaptação ao escuro. Neste trabalho as avaliações foram realizadas no período noturno, com emissão de um pulso de luz saturante de 0,3 s, com frequência de 0,6 KHz, em

que se avaliou a fluorescência inicial (F_o), fluorescência máxima (F_m) e a razão entre a fluorescência variável e a fluorescência máxima ($Fv\ Fm^{-1}$).

Os dados referentes à relação $Fv\ Fm^{-1}$ foram submetidos à análise de variância e apresentados na forma de média e desvio padrão para cada tratamento nas diferentes épocas de avaliação. Os demais dados foram submetidos à análise de regressão e o modelo foi escolhido levando-se em consideração a significância estatística (Teste F), o ajuste do coeficiente de determinação (R^2) e o significado biológico do modelo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observou-se que a emissão de inflorescência em *N. physaloides* iniciou antes da primeira colheita (entre os 21 e 25 DAE), apresentando 20, 47 e 57% de plantas floridas para os tratamentos D2, D3 e D4, respectivamente. No entanto, para o tratamento sem adubação (D1) o mesmo ocorreu aos 33 e 45 DAE. O florescimento precoce dessa planta daninha também foi relatado por Kissmann e Groth (2000) que acreditam na influência do fotoperíodo, uma vez que foram observadas plantas com apenas quatro folhas floridas no campo.

A interação entre doses de nutrientes e épocas de coleta foi significativa ($P<0,05$) para a matéria seca da folha, caule, raiz e partes reprodutivas, matéria seca total, área foliar, razão de massa foliar, taxa de crescimento relativo, taxa de crescimento absoluto e altura de plantas. A partir do desdobramento dessas interações foram ajustadas equações de regressão para época de colheita, dentro de cada dose de N, P e K.

Constatou-se baixo acúmulo de matéria seca em função do tempo de cultivo para plantas de *N. physaloides* no tratamento D1, em folhas, caule, raiz e partes reprodutivas (Figura 2).

As plantas de *N. physaloides*, quando cultivadas nas condições de solo D2, D3 e D4, apresentaram crescimento inicial rápido até próximo a 61 DAE (Figura 2). A partir desse ponto, observou-se decréscimo acentuado da matéria seca de folhas, em decorrência da senescência foliar (Figura 2 A). Nesse mesmo período, a planta apresentou tendência na estabilização do acúmulo de matéria seca no caule e na raiz (Figuras 2 B e 2 C).

O crescimento inicial em partes reprodutivas de *N. physaloides* submetida a níveis de N, P e K, independente da dose, foi lento, até os 61 DAE (Figura 2 D). Depois desse período, houve rápido incremento de matéria seca nessas estruturas até os 91 DAE, para plantas submetidas aos tratamentos D2 e D3, e até os 106 DAE para plantas cultivadas nas condições de mais elevada fertilidade (tratamento D4). Em seguida, observou-se redução acentuada na

velocidade de acúmulo de matéria seca nessa estrutura. Dessa forma, praticamente não houve acréscimo no acúmulo e alocação de fotoassimilados entre os 91 e 106 DAE, uma vez, que nesse período, essa planta encontra-se com tendência a estabilização no acúmulo de matéria seca, no caule e nas raízes. Portanto, a partir desse momento, a planta reduz drasticamente o crescimento e intensifica o processo de maturação dos frutos.

Severino et al. (2006) ao avaliarem o efeito da adubação mineral do solo sobre o crescimento de *Ricinus communis*, observaram que o aumento da disponibilidade de N promoveu aumento de produtividade dessa cultura. Resultados semelhantes foram observados no cultivo de *N. physaloides*, em que maiores doses de N, P e K no solo estão associados a maior produção de frutos dessa planta daninha (Figura 2 D). De acordo com Marschner (1995) o suprimento de N é fundamental para otimizar os processos bioquímicos na planta, principalmente a fotossíntese, e suprir o forte dreno de proteína das sementes.

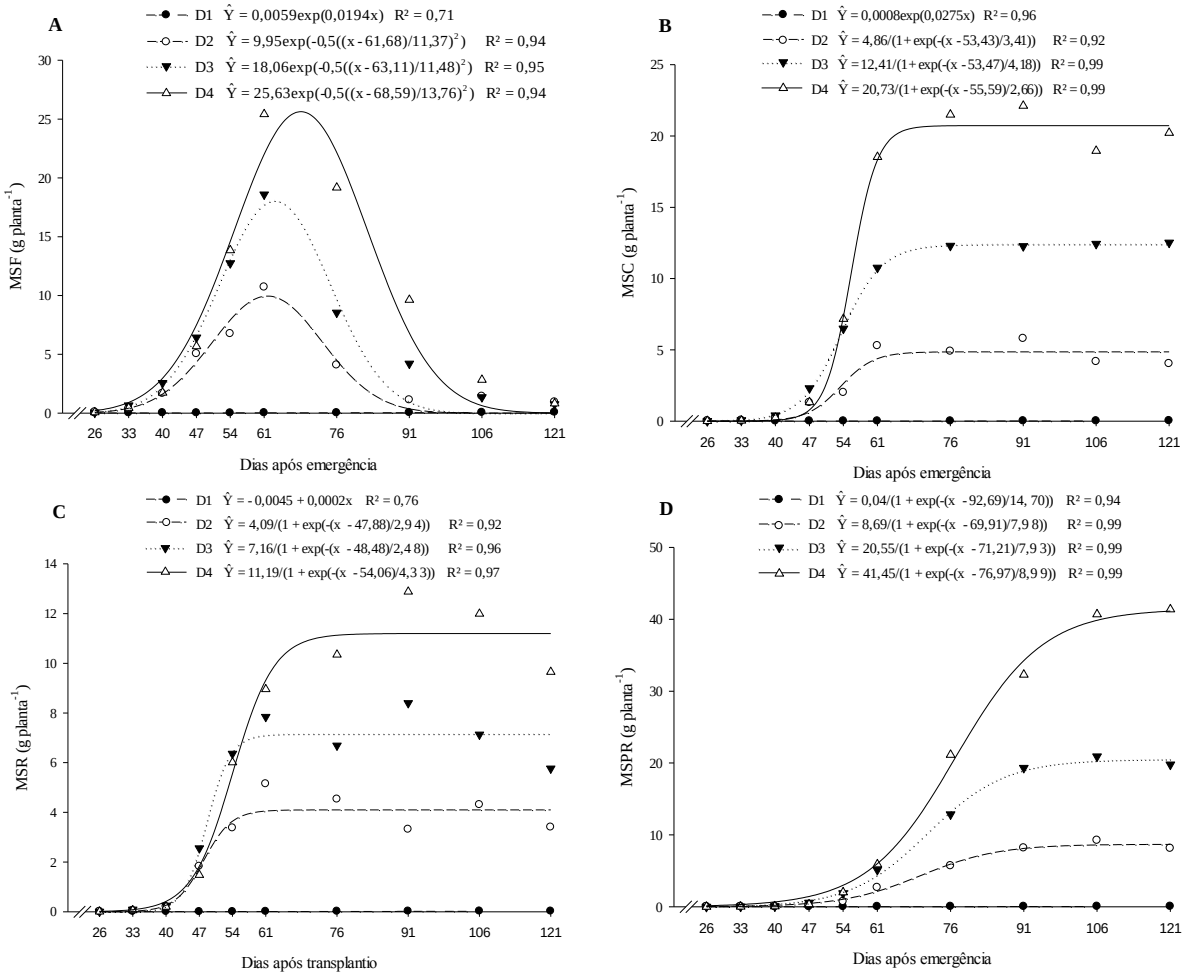

Figura 2. Matéria seca da folha - MSF (A), matéria seca do caule – MSC (B), matéria seca da raiz - MSC (C) e matéria seca das partes reprodutivas – MSPR (D) de plantas de *Nicandra physaloides*, ao longo do seu ciclo de desenvolvimento, de acordo com os níveis de N, P e K: 0 , 0,3 e 17,2 (D1); 30, 450,3 e 75,4 (D2); 60, 900,3 e 133,4 (D3) e 120, 1800,3 e 249,68 mg dm^{-3} (D4), utilizado no cultivo dessa espécie.

Plantas de *N. physaloides* cultivadas nos solos correspondentes aos tratamentos D2 e D3 apresentaram comportamento semelhante em relação ao acúmulo de matéria seca total, sendo os maiores valores para essa variável observados próximo aos 61 DAE, enquanto que para D4, o mesmo foi constatado aos 76 DAE (Figura 3). Dessa forma, quando se dobrou as doses dos nutrientes aplicados observou-se aumento proporcional em acúmulo da matéria seca dessa espécie. Nas demais avaliações os valores tenderam a permanecer constantes para esses tratamentos. A baixa fertilidade do solo utilizado contribuiu para o menor acúmulo do D1, contudo observou-se aumento de 0,0013 g de matéria seca total a cada dia de avaliação. Esse tratamento apresentou valores cerca de 168 vezes menores comparado às plantas cultivadas em solo adubado.

Campos et al. (2012) observaram que plantas de *Stizolobium aterrimum* acumularam 25 g de matéria seca aos 100 dias após semeadura (DAS). Já Bianco et al. (2005) verificaram que *Brachiaria decumbens* aos 160 DAE produziu cerca de 38 g planta^{-1} de matéria seca. Guzzo et al. (2010) constataram valor máximo teórico de 29,69 g planta^{-1}, próximo aos 139 DAE para *Ipomoea hederifolia*. Esses valores são inferiores aos observados para *N. physaloides*, quando cultivada nas condições de solo D3 e D4. Acúmulos de matéria seca superiores ao encontrado no presente estudo foram relatados por Martins et al. (2010), em que plantas de *Merremia aegyptia*, próximo aos 155 DAE, acumularam 166,85 g planta^{-1}, e por Bianco et al. (2012) em que plantas de *Solanum americanum*, aos 142 DAE, acumularam cerca de 179,62 g planta^{-1}.

A mucuna-preta (*Stizolobium aterrimum*), planta muito utilizada como adubo verde, apresenta rápido crescimento e elevada produção de matéria seca na parte aérea, sendo estas, importante característica biológica de espécies que apresentam boa competitividade com as culturas agrícolas e capacidade de cobertura do solo em áreas de rotação de cultura (CAMPOS et al., 2012). Portanto, em consequência das elevadas taxas de crescimento e produção de matéria seca pela parte aérea de *N. physaloides*, principalmente quanto cultivada em solos férteis, pode-se inferir que esta planta daninha apresenta bom potencial competitivo e boa capacidade de cobertura do solo.

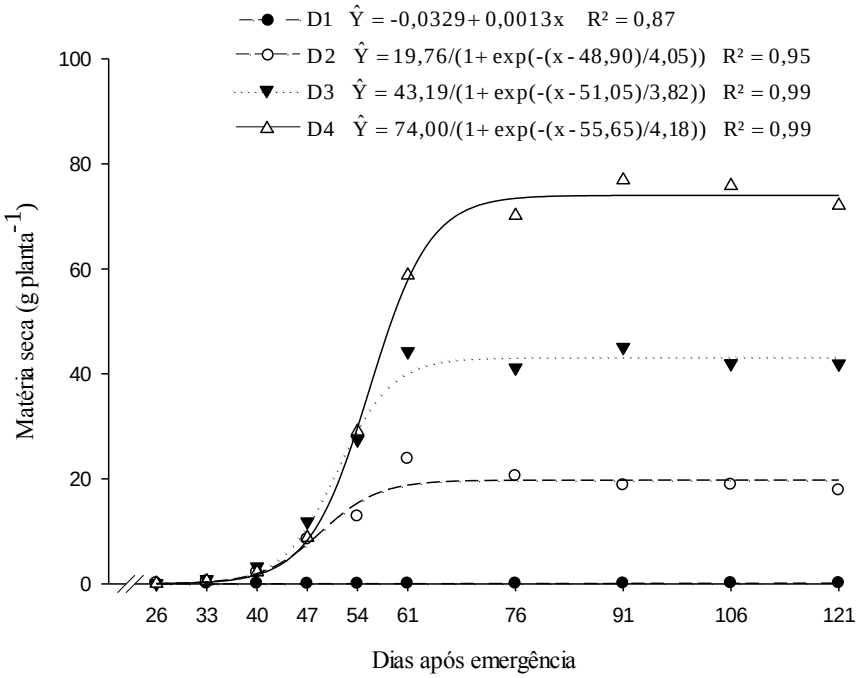

Figura 3. Acúmulo de matéria seca de *Nicandra physaloides*, ao longo do seu ciclo de desenvolvimento, de acordo com os níveis de N, P e K: 0 , 0,3 e 17,2 (D1); 30, 450,3 e 75,4 (D2); 60, 900,3 e 133,4 (D3) e 120, 1800,3 e 249,68 mg dm^{-3} (D4), utilizado no cultivo dessa espécie.

A distribuição da matéria seca em porcentagem permite visualizar a utilização dos recursos pela planta em resposta à mudança de quantidade dos fatores de crescimento (DOMINGOS et al., 2011). A *N. physaloides* cultivada em solo sem adubação (D1) apresentaram proporção maior de matéria seca nas folhas, em relação aos demais órgãos da planta, durante todo o período de avaliação do experimento. No entanto, houve crescimento na participação de matéria seca para as partes reprodutivas, a partir dos 47 DAE, indicando uma tentativa da planta em garantir a perpetuação da espécie, mesmo em condições adversas como no tratamento D1 (Figura 4). O percentual de matéria seca do caule e da raiz pouco variou durante todo o período de avaliação apresentando valores entre 6 e 17% e de 16 a 27%, respectivamente.

Nas plantas cultivadas em solo que recebeu adubação (D2, D3 e D4) notou-se um comportamento semelhante na partição de matéria seca, independente do tratamento (Figura 4). De maneira geral, as folhas apresentaram maiores acúmulos de matéria seca em relação às demais partes da planta durante os primeiros 61 DAE, com valores variando entre 44 e 85% do total. Nesse mesmo período, o caule apresentou acúmulo entre 6 e 26% e as partes reprodutivas entre 0 e 11%. Após o período inicial de 61 dias ocorreu inversão na representatividade das folhas, caules e partes reprodutivas. O valor percentual das folhas passou a ser menor, representando entre 23 e 3% do total acumulado. Os caules passaram a

representar entre 27 e 31% e as partes reprodutivas entre 30 e 51%. O percentual das raízes foi menos variável durante todo o ciclo da planta, representando entre 8 e 11% até os 40 DAE e de 15 a 25% no restante no ciclo da planta, provavelmente devido ao efeito limitante da capacidade do vaso.

A intensa diminuição no percentual de matéria seca de *N. physaloides* acumulada em folhas a partir do início da frutificação deve-se a mudanças do dreno principal das folhas para as estruturas reprodutivas (BIANCO et al., 2012). Essa resposta é comum em outras plantas daninhas, como observado por Bianco et al. (2007), em *Euphorbia heterophyla*; Carvalho et al. (2007), em *Brachiaria plantaginea*; Duarte et al. (2008), em *Ipomoea nil* e Bianco et al. (2012), em *Solanum americanum*.

No início do ciclo, independente do tratamento, pôde-se observar maior participação da MSF com relação à MST para a espécie *N. physaloides*, evidenciando a característica desta planta em desenvolver rapidamente seu sistema fotossintético (Figura 4). O rápido desenvolvimento da estrutura foliar com posterior formação do sistema radicular favorece a dominação do espaço em que a planta está se desenvolvendo, principalmente em função da maior interceptação da radiação incidente. Esses resultados diferem dos encontrados por Campos et al (2012) para *Neonotonia wightii*, em que essa espécie apresentou maior crescimento do sistema radicular no início do ciclo de desenvolvimento da mesma. A maior alocação de fotoassimilados para as raízes permite uma melhor fixação da planta no substrato, aumentando assim o contato dos nutrientes por interceptação radicular (BIANCO et al., 2004). Martins et al. (2010) verificaram maior porcentagem de acúmulo de matéria seca em folhas de *Merremia aegyptia* nas primeiras avaliações de crescimento dessa espécie, o que corrobora com os resultados encontrados no presente estudo.

Estudos realizados por Bianco et al. (2012) mostram que a soja apresenta acúmulo crescente de matéria seca nas partes reprodutivas a partir dos 49 DAE. Já para *Solanum americanum* esse fenômeno ocorre aos 63 DAE, sendo que a cultura acumulou cerca de 50%, e a planta daninha, aproximadamente 5,6%, de matéria seca nas estruturas reprodutivas, em relação à matéria total durante todo o ciclo de avaliação de ambas as espécies. Ainda de acordo com os mesmos autores, esse acúmulo substancial de matéria seca nas estruturas reprodutivas da soja é consequência do melhoramento genético, em que a produção de grãos é o principal objetivo do melhorista. Dentro desse contexto, é importante destacar que *N. physaloides*, quando cultivada em solo que recebeu adubação, apresenta comportamento semelhante ao da soja, sendo o acúmulo de matéria seca nas partes reprodutivas intensificado

a partir dos 61 DAE, representando cerca de 50% da matéria seca total da planta daninha no final do ciclo de avaliação do crescimento da mesma.

Uma das principais características para o sucesso de uma planta daninha em áreas agrícolas está relacionada com a habilidade da mesma em produzir e dispersar sementes ao longo do seu ciclo de desenvolvimento (BAKER, 1974). Já as plantas domesticadas, como a soja, milho, feijão, entre outras, durante o processo de seleção e melhoramento, perderam a capacidade de dispersar suas sementes, produzindo acúmulo contínuo até o final do seu ciclo (BIANCO et al., 2012). Nesse contexto, apesar de *N. physaloides* apresentar acúmulo de matéria seca em frutos semelhante ao comumente observado para algumas culturas, deve-se ressaltar que a maturação dos frutos dessa espécie é desuniforme, o que contribui para a dispersão das sementes ao longo do seu ciclo de desenvolvimento, embora, provavelmente essa disseminação de sementes deve ocorrer num intervalo de tempo mais curto que para a maioria das espécies não domesticadas.

Vários trabalhos evidenciam o comportamento diferencial entre espécies ou cultivares da mesma espécie na absorção e utilização de N, P e K (FAGERIA, 1998). Conforme Weiss (1983) as espécies vegetais podem responder de forma diferente em crescimento e produção, quando submetidas a determinado nível de nutrição, de forma que plantas selecionadas para crescer em determinado nível de nutriente foram adaptadas para produzir o máximo naquele nível. Apesar da utilização de elevadas doses de N, P e K no solo, observou-se que *N. physaloides* apresentou comportamento semelhante em relação à partição de matéria seca. Não há, em termos proporcionais maior investimento em crescimento vegetativo em relação ao produtivo quando comparado os tratamentos D2, D3 e D4, ao contrário do que é comumente observado para algumas culturas, principalmente, quando cultivadas em solos com maior nível de nitrogênio. Exemplos são a mamoneira (SEVERINO et al., 2006) e o algodoeiro (BELTRÃO, 1998), que nessa condição, aumentam o crescimento vegetativo e diminuem a produtividade.

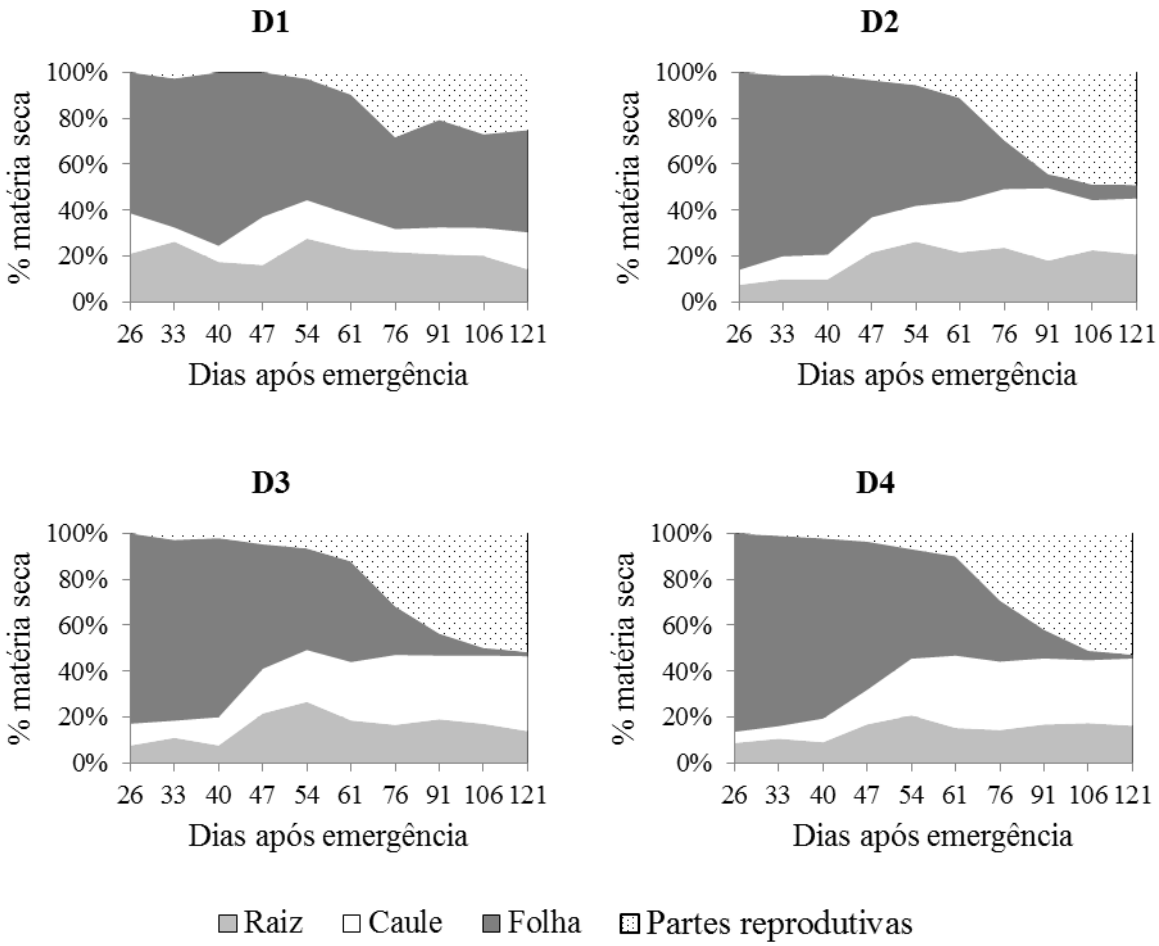

Figura 4. Partição de matéria seca (%) nas diferentes estruturas constituintes das plantas de *Nicandra physaloides*, ao longo do seu ciclo de desenvolvimento, de acordo com os níveis de N, P e K: 0, 0,3 e 17,2 (D1); 30, 450,3 e 75,4 (D2); 60, 900,3 e 133,4 (D3) e 120, 1800,3 e 249,68 mg dm^{-3} (D4), utilizado no cultivo dessa espécie.

De acordo com Zanandrea et al. (2006) estudos de fluorescência em estado adaptado ao escuro permitem a identificação da eficiência máxima de aproveitamento da energia luminosa. Portanto, obtidos os parâmetros de Fo e Fm, pode-se discutir apenas a relação Fv Fm^{-1}, visto que a mesma é mais representativa do estado fotoquímico das folhas ou mesmo indicadora de estresses.

A Figura 5 mostra o rendimento quântico do fotossistema II das plantas de *N. physaloides*, estimado pela razão Fv Fm^{-1}, sendo que as linhas pontilhadas no gráfico representam a faixa ideal da relação Fv Fm^{-1}, que varia de 0,75 a 0,85. Valores dentro dessa faixa indicam que a planta está com seu aparelho fotossintético intacto (BOLHÀR-NORDENKAMPF et al., 1989), ao passo que queda nessa razão reflete a presença de algum estresse no aparato fotossintética da planta (BJÖRKMAN & DEMMING, 1987). Dessa forma, observa-se que plantas de *N. physaloides*, quando cultivadas em solo que não recebeu adubação (D1), apresentaram relação Fv Fm^{-1} média de 0,66 aos 46 DAE, indicando que essas

plantas encontram-se com o fotossistema comprometido. Já aos 86 DAE, percebe-se uma adaptação das plantas ao ambiente, com consequente recuperação da mesma, ilustrado pelo aumento médio da relação Fv Fm^{-1} para 0,77.

Aos 46 DAE, plantas de *N. physaloides* cultivadas em solo que recebeu adubação, independente dos níveis de N, P e K, apresentaram relação Fv Fm^{-1} semelhante, com média de 0,83 (Figura 5). Resultados similares foram encontrados nos estudos de Zanandrea et al. (2006) nos quais plantas de feijoeiro cultivados em condições de diferentes salinidades apresentaram relação Fv Fm^{-1} variando entre 0,806 e 0,826. Já aos 86 DAE, para os mesmos tratamentos, observou-se decréscimo na fotossíntese quântica das plantas de *N. physaloides*, justificada pelo processo de senescência foliar dessa planta daninha. A atividade fotossintética da planta por área foliar aumenta com a idade da folha, até a sua máxima expansão, a partir desse ponto, inicia-se o período de senescência foliar, com declínio gradual da capacidade fotossintética (CATSKÝ & SESTÁK, 1997).

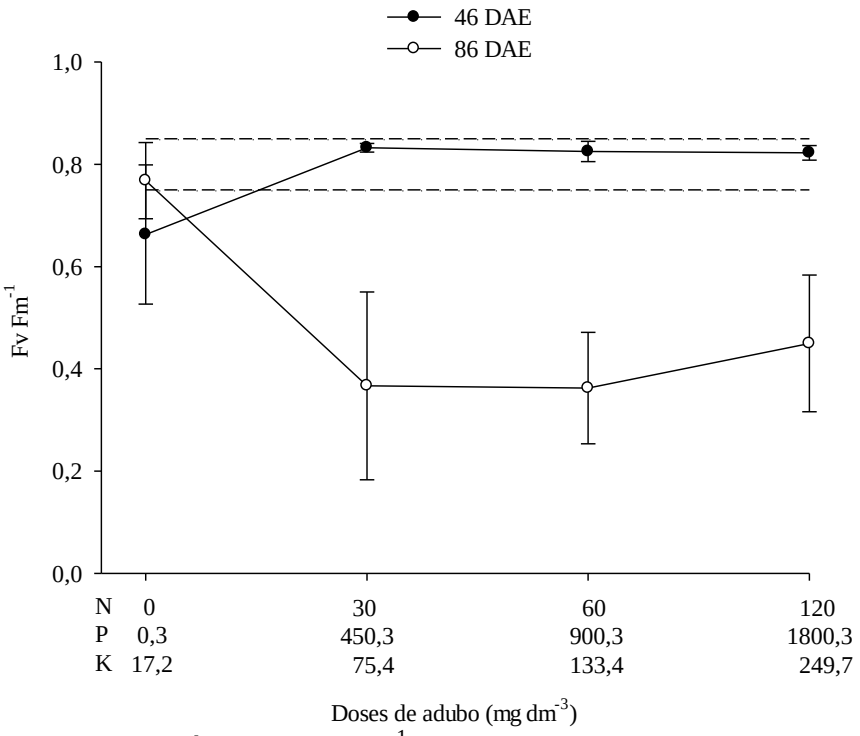

Figura 5. Rendimento quântico (Fv Fm^{-1}) de *Nicandra physaloides* submetida a doses crescentes de N, P e K, aos 46 e 86 dias após emergência.

N. physaloides cultivada nas condições de solo D2, D3 e D4 apresentou elevado incremento inicial de área foliar, atingindo crescimento máximo, proporcional aos níveis de N, P e K no solo, próximo aos 61 DAE, quando, iniciou-se a redução (Figura 6 A). O aumento na área foliar foi semelhante ao incremento na matéria seca acumulada nas folhas de *N. physaloides*, com o ponto de inflexão da curva ocorrendo próximo aos 61 DAE. O declínio da

área foliar em função do tempo de cultivo é decorrente da senescência foliar e da mudança no perfil de alocação de fotoassimilados pela planta, que ocorre em razão do processo de frutificação (TAIZ & ZEIGER, 2009). Já, quando essa planta daninha foi cultivada na ausência de adubação (D1) houve aumento exponencial na área foliar em função do tempo, porém assim como a massa seca das folhas, o incremento em área foliar foi muito baixo ao longo das épocas de colheita (Figura 6 A).

A área foliar é um dos mais importantes índices de crescimento das plantas, pois retrata o tamanho do seu aparelho assimilatório, o qual está diretamente relacionado com os processos fisiológicos das plantas (TAIZ & ZEIGER, 2009). De acordo com Horak e Loughin (2000) espécies de crescimento rápido, por produzirem mais área foliar possivelmente são mais competitivas que aquelas de crescimento lento. Assim, os resultados do presente estudo mostram que um aumento na fertilidade do solo eleva a taxa de crescimento de *N. physaloides*, tornando essa espécie mais competitiva quando cultivada em solos férteis.

A razão de massa foliar (RMF) foi decrescente durante o crescimento de *N. physaloides*, independente dos níveis de N, P e K do solo, sendo, no entanto, esse decréscimo menos acentuado para as plantas cultivadas em condição de fertilidade natural do solo (Figura 6 B). Resultados semelhantes foram encontrados para *Hyptis suaveolens* (GRAVENA et al., 2002), *Digiraria insularis* (MACHADO et al., 2006) e *Cynodon dactylon* (PEREIRA et al., 2011), sendo que a RMF diminui com o tempo de cultivo dessas espécies. A RPF corresponde à fração da matéria seca não exportada das folhas para as outras partes da planta (BENINCASA, 2003). Dessa forma, com o crescimento da planta, ocorre diminuição da área fotossintética útil e menor participação das folhas na matéria seca acumulada. Os valores médios obtidos para a RPF ao longo do ciclo de desenvolvimento das plantas de *N. physaloides* foram de 0,69, 0,52, 0,49 e 0,51 g g^{-1}, para os tratamentos D1, D2, D3 e D4, respectivamente.

Plantas de *N. physaloides* quando cultivadas em solo que recebeu adubação, independente da dose, apresentaram valores de TCR decrescentes com o tempo, com média de 0,184, 0,153 e 0,123 g g^{-1} dia^{-1}, para os tratamentos D2, D3 e D4, respectivamente, quando considerada apenas a taxa positiva de crescimento (Figura 6 C). Comportamento semelhante foi observado por Machado et al. (2006) em que a TCR de plantas de *Digitaria insularis* decresceu com a idade da planta. Já Campos et al. (2012) verificaram que plantas de *Merremia cissoides*, *Neonotonia wightii* e *Stizolobium aterrimum* apresentaram TCR crescente no início do desenvolvimento dessas espécies, atingindo valores máximos entre os 40 e 50 dias após semeadura, com consequente queda ao longo do ciclo das plantas.

Com o crescimento da planta, há necessidade da produção de fotoassimilados suficiente para atender às exigências metabólicas do material já existente e, ainda, para armazenar ou construir novo material estrutural. Dessa forma, com o aumento do acúmulo de matéria seca, a quantidade de fotoassimilados disponível para o crescimento tende a ser menor, e, consequentemente, a TCR diminui com o tempo (BENINCASA, 2003).

A TCR é considerada um índice de eficiência da planta, pois ela reflete a capacidade produtiva diária de matéria seca produzida por grama de matéria seca da planta (CHRISTOFFOLETI, 2001). Assim, quando comparados os cultivos de *N. physaloides* nas condições D2, D3 e D4, observa-se que o aumento nos níveis de N, P e K no solo não influenciaram na eficiência de crescimento dessa espécie, uma vez que o comportamento de crescimento da planta para esses tratamentos foi semelhante, com redução da TCR, durante o ciclo da mesma, embora o acúmulo total de matéria seca tenha sido limitado pelos níveis desses macronutrientes no solo (Figura 6 C).

Espécies com elevada TCR podem levar vantagem ecológica em virtude da ocupação rápida de espaço e do encerramento rápido do ciclo da planta, essencial no caso de espécies ruderais (VIDAL & TREZZI, 2000). Estudos realizados por Erasmo et al. (1997), Rodrigues et al. (1995), Gravena et al. (2002) e Machado et al. (2006), apontam para valores de TCR inferiores aos encontrados no presente estudo, a dizer para *Senna obtusifolia* (0,091 g g^{-1} dia^{-1}), *Commelina benghalensis* (0,061 g g^{-1} dia^{-1}), *Hyptis suaveolens* (0,063 g g^{-1} dia^{-1}) e *Digitaria insularis* (0,072 g g^{-1} dia^{-1}), respectivamente. Esses resultados diferem dos valores de TCR obtidos para *N. physaloides*, quando cultivada em solo que recebeu adubação, ratificam o potencial competitivo dessa planta daninha nos agroecossistemas.

Cultivada em solo de baixa fertilidade (D1), *N. physaloides* apresentou queda na TCR e na TCA até 47 DAE, quando foram observados valores negativos de taxa de crescimento. Após esse período, houve tendência ao incremento nas taxas de crescimento relativo e absoluto, que voltaram a decrescer próximo aos 76 DAE (Figura 6 C e 6 D). A queda inicial nas TCR e TCA no início do desenvolvimento da planta daninha, provavelmente, se deve ao estresse causado pelo transplantio das plântulas, uma vez que as mudas foram produzidas em substrato mais fértil que o utilizado na condução do experimento. Esse provável estresse é ratificado na Figura 5 em que plantas *N. physaloides* submetidas ao tratamento D1, aos 46 DAE, apresentaram indícios de que o aparato fotossintético da mesma encontrava-se comprometido, devido à menor relação Fv Fm^{-1}. No entanto, aos 86 DAE, houve uma adaptação das plantas ao ambiente, favorecendo a recuperação fisiológica da mesma e,

consequentemente, proporcionado um aumento nas TCR e TCA, corroborado pela elevação da relação Fv Fm^{-1}.

A taxa de crescimento absoluto (TCA) indica a velocidade média de crescimento das plantas ao longo do ciclo de desenvolvimento (BENINCASA, 2003). Plantas de *N. physaloides* submetidas à adubação com N, P e K, apresentaram TCA crescente durante estádios iniciais de desenvolvimento (Figura 6 D). No início do ciclo observaram-se valores de taxa de crescimento absoluto próximo, para as plantas cultivadas em solo que recebeu adubação, mas após os 54 dias de ciclo, as maiores taxas de crescimento foram observadas nas plantas cultivas sob os maiores níveis de nutrientes (Tratamento D4). O máximo crescimento absoluto de *N. physaloides* foi observado aos 54 DAE, para plantas submetidas ao tratamento D3, e aos 61 DAE, para plantas cultivadas nas condições de solo D2 e D4. Em seguida, houve decréscimos na TCA dessa espécie, com o tempo de cultivo (Figura 6 D).

Christoffoleti (2001) trabalhando com biótipos de *Bidens pilosa* suscetíveis e resistentes aos herbicidas inibidores da ALS, constatou taxa máxima de crescimento de 7,8 e 5,7 g dia^{-1} para os biótipos resistentes e suscetíveis, respectivamente, aos 35 DAS. Esses valores são superiores aos encontrados no presente estudo, em que a taxa máxima de crescimento absoluto de *N. physaloides* foi em torno de 1,57, 2,41 e 4,25 g dia^{-1}, para os tratamentos D2, D3 e D4 (Figura 6 D).

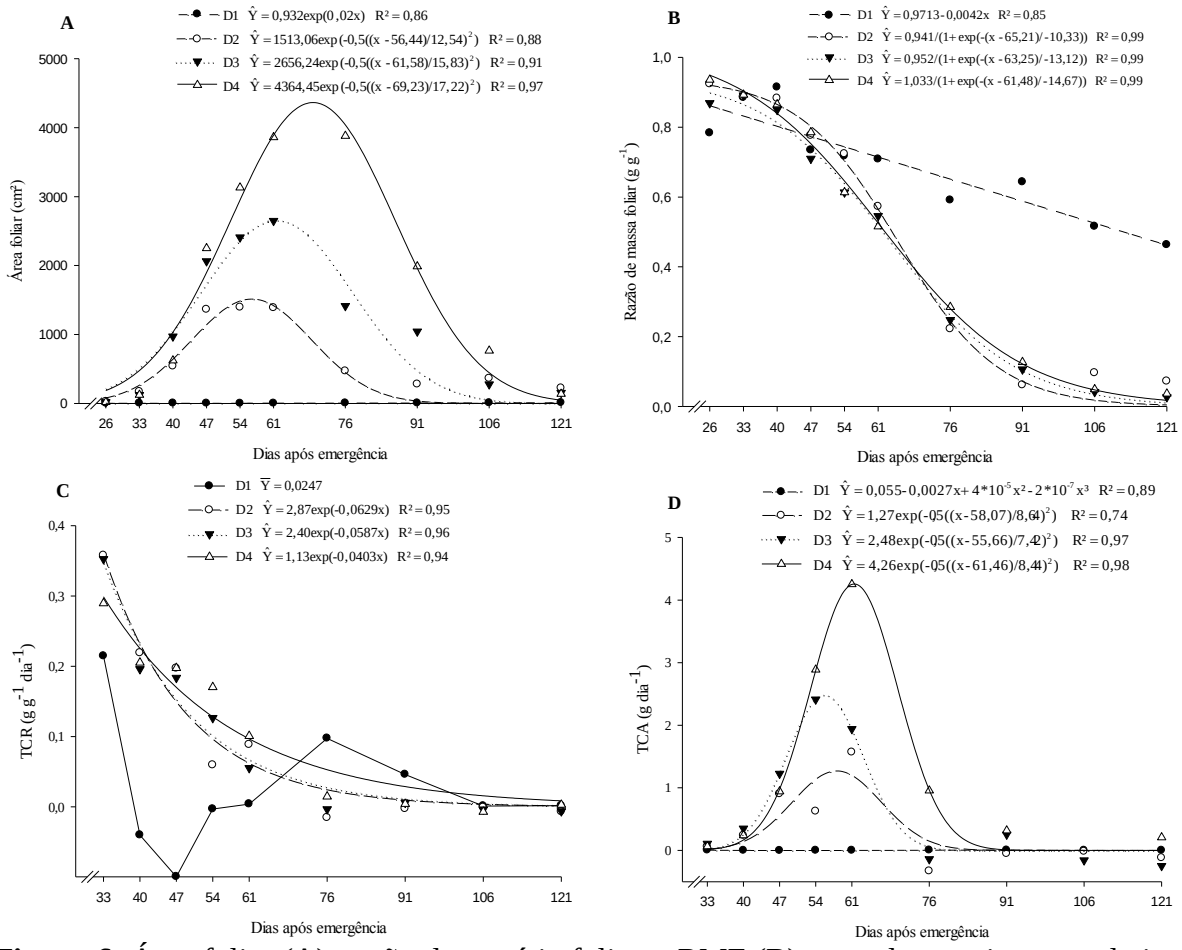

Figura 6. Área foliar (A), razão de matéria foliar – RMF (B), taxa de crescimento relativo - TCR (C) e taxa de crescimento absoluto – TCA (D) de plantas de *Nicandra physaloides*, ao longo do seu ciclo de desenvolvimento, de acordo com os níveis de N, P e K: 0, 0,3 e 17,2 (D1); 30, 450,3 e 75,4 (D2); 60, 900,3 e 133,4 (D3) e 120, 1800,3 e 249,68 mg dm^{-3} (D4), utilizado no cultivo dessa espécie.

Conforme observado para o acúmulo de matéria seca, o aumento nos níveis de N, P e K no solo, favoreceu o crescimento em altura de *N. physaloides* (Figura 7). Observou-se que quando a planta daninha foi cultivada nas condições de solo D1, a mesma apresentou reduzido incremento em altura ao longo do seu ciclo de desenvolvimento. Ainda que o acréscimo desses macronutrientes no solo proporcionou rápido incremento em altura. Para as condições de solo D2, D3 e D4, as plantas atingiram porte máximo de 42,39, 62,38 e 76,27 cm, respectivamente, próximo aos 76 DAE, com posterior tendência de estabilização no crescimento.

Ribeiro et al. (2009) observaram que com o início do florescimento, há redução da taxa de crescimento em altura de *Ricinus communis*. Resultados semelhantes foram encontrados neste estudo, em que plantas de *N. physaloides* apresentaram redução na taxa de crescimento em altura, próximo aos 61 DAE, período no qual intensificou-se o acúmulo de

matéria seca para as partes reprodutivas da planta (Figura 2 D). Com o início do processo reprodutivo, há um direcionamento dos fotoassimilados para os órgãos produtivos, passando os frutos em formação a atuarem como drenos de fotoassimilados, dessa forma, há uma redução na taxa de crescimento vegetativo (TAIZ & ZEIGER, 2009).

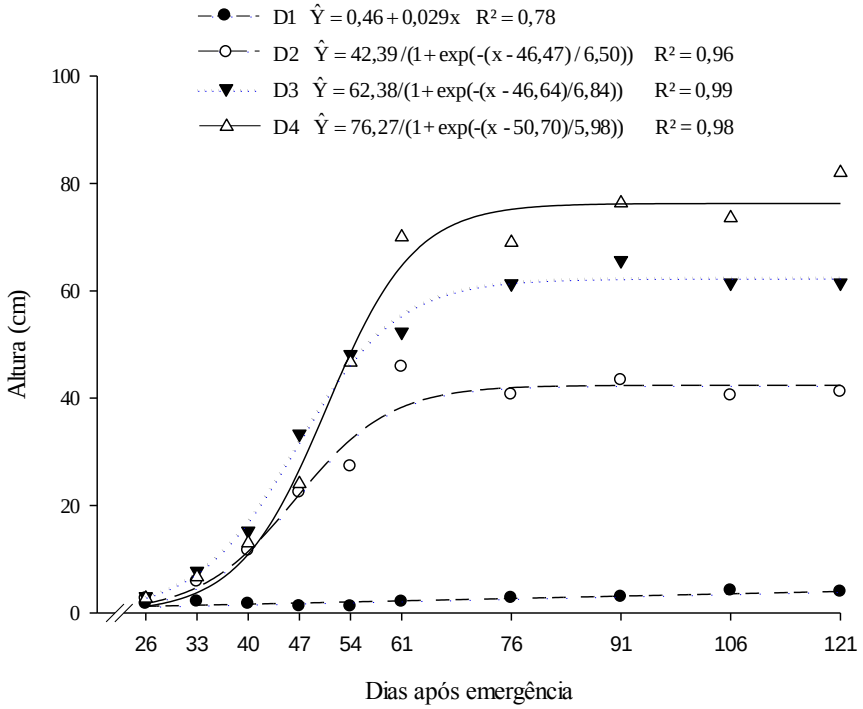

Figura 7. Altura de plantas de *Nicandra physaloides*, ao longo do seu ciclo de desenvolvimento, de acordo com os níveis de N, P e K: 0, 0,3 e 17,2 (D1); 30, 450,3 e 75,4 (D2); 60, 900,3 e 133,4 (D3) e 120, 1800,3 e 249,68 mg dm^{-3} (D4), utilizado no cultivo dessa espécie.

A análise de crescimento é utilizada para detectar diferenças funcionais e estruturais entre indivíduos estimando sua adaptação ecológica (HOLT & RADOSEVICH, 1983). Diante do exposto, nota-se adequação do crescimento de *N. physaloides*, frente a mudanças na fertilidade do solo, sendo que essa espécie responde com maior produção a um aumento nos níveis de N, P e K, no entanto, o comportamento reprodutivo e a distribuição de fotoassimilados praticamente não são alterados pela disponibilidade desses macronutrientes.

Plantas daninhas com crescimento inicial rápido exigem que medidas de manejo sejam adotadas sobre plantas jovens para que os melhores resultados sejam obtidos, uma vez que o desenvolvimento da planta dificulta o controle. E, também, para que a competição entre a planta daninha e as culturas não ocorra ou não seja significativa sobre a produção (CAMPOS et al., 2012). Dessa forma, é interessante que medidas de controle sejam adotadas no início do desenvolvimento de *N. physaloides*.

De maneira geral, foram observados maiores efeitos do acréscimo de níveis de N, P e K no solo no crescimento de *N. physaloides*, a partir dos 54 DAE, uma vez que até esse período as taxas de crescimento e de acúmulo de matéria seca apresentaram valores próximos, quando comparado os tratamentos D2, D3 e D4. Após os 54 DAE, observou-se que o crescimento da planta daninha foi limitado pela quantidade de nutriente disponível no solo, dado que, maiores acréscimos desse proporcionaram maiores produções de matéria seca, área foliar, altura e TCA pela planta. Já a distribuição de matéria seca, a RMF e a TCR de *N. physaloides*, cultivada em solo que recebeu adubação, independente da dose, apresentaram comportamento semelhante, durante todo o período de condução do experimento.

N. physaloides adapta-se bem a solos férteis, sendo que essa planta possui crescimento inicial rápido. Dessa forma, pode-se considerar que esta espécie tem maior potencial competitivo em solos de alta fertilidade, o que pode a tornar problemática em cultivos com altos índices de adubação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BELTRÃO, N. E. M. **Análise de crescimento não destrutiva**. Campina Grande: EMBRAPA/CNPA, 1998. 20p. (Boletim Técnico, 52)

BAKER, H. The evolution of weeds. **Economic Botany**, v. 37, n. 2, p. 255-282, 1974.

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

BIANCO, S. et al. Estimativa da área foliar de plantas daninhas. XIII – *Amaranthus retroflexus* L. **Ecossistema**, v. 20, n. 1, p.5-9, 1995.

BIANCO, S. et al. Crescimento e nutrição mineral de capim-camalote. **Planta Daninha**, v.22, n.3, p.375-380, 2004.

BIANCO, S. et al. Crescimento e nutrição mineral de capim-braquiária. **Planta Daninha**, v.23, n.3, p.423-428, 2005.

BIANCO, S. et al. Estudo comparativo do acúmulo de massa seca e macronutrientes por plantas de *Glycine max* (L.) MERR. e *Euphorbia heterophylla* L. **Ensaios e ciência.**, v.11, n.2, p.61-72, 2007.

BIANCO, S. et al. Acúmulo de massa seca e de macronutrientes por plantas de *Glycine max* e *Solanum americanum*. **Planta Daninha**, v.30, n.1, p.87-95, 2012.

BJÖRKMAN, O.; DEMMING, B. Photon yield of O_2 evolution and chlorophyll fluorescence characteristics at 77 k among vascular plants of diverse origins. **Planta**, v.170, p.61-66, 1987.

BOLHÀR-NORDENKAMPF, H. R. et al. Chlorophyll fluorescence as probe of the photosynthetic competence of leaves in the field: a review of current instrument. **Functional Ecology**, v.3, n.4, p.497-514, 1989.

CAMPOS, L. H. F.et al. Crescimento inicial de *Merremia cissoides*, *Neonotonia wightii* e *Stizolobium aterrimum*. **Planta Daninha**, v.30, n.3, p.497-504, 2012.

CANTARUTTI, R. B. et al. Avaliação da fertilidade do solo e recomendação de fertilizantes. In: NOVAIS, R. F. et al. **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira da Ciência do Solo, 2007. p.769-850.

CARVALHO, L. B. et al. Estudo comparativo do acúmulo de massa seca e macronutrientes por plantas de milho var. BR 106 e *Brachiaria plantaginea*. **Planta Daninha**, v.25, n.2, p.293-301, 2007.

CATSKÝ, J.; SESTÁK, Z. Photosynthesis during leaf development. In: PESSARAKLI, M. (ed.) **Handbook of photosynthesis**. New York: Marcel Dekker, 1997. p.633-660.

DOMINGOS, V. D. et al. Alocação de biomassa de *Brachiaria subquadripara* sob diferentes concentrações de N, P e K. **Planta Daninha**, v.29, n.1, p.25-36, 2011.

CHRISTOFFOLETI, P. J. Análise comparativa do crescimento de biótipos de picão-preto (*Bidens pilosa*) resistente e suscetível aos herbicidas inibidores da ALS. **Planta Daninha**, v.19, n.1, p.75-83, 2001.

CURY, J. P. et al. Acúmulo e partição de nutrientes de cultivares de milho em competição com plantas daninhas. **Planta Daninha**, v.30, n.2, p.287-296, 2012.

DUARTE, D. J. et al. Crescimento e nutrição mineral de *Ipomoea nil*. **Planta Daninha**, v. 26, n.3, p.577-583, 2008.

ERASMO, E. A. L. et al. Estudo sobre o crescimento de fedegoso. **Planta Daninha**, v.15, n.2, p.170-179, 1997.

FAGERIA, N. K. Otimização da eficiência nutricional na produção das culturas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.2, p.6-16, 1998.

GRAVENA, R. et al. Análise do crescimento de *Hyptis suaveolens*. **Planta Daninha**, v.20, n.2, p.89-196, 2002.

GUZZO, C. D. et al. Crescimento e nutrição mineral de *Ipomoea hederifolia*. **Planta Daninha**, v.28, Número Especial, p.1015-1021, 2010.

HORAK, M. J.; LOUGHIN, T. M. Growth analysis of four *Amaranthus species*. **Weed Science**, v.48, n.3, p.347-355, 2000.

HOLT, J. S.; RADOSEVICH, S. R. Differential growth of two common groundsel (*Senecio vulgaris*) biotypes. **Weed Science**, v.31, n.1, p.112-120, 1983.

KISSMANN, K. G.; GROTH, D. **Plantas infestantes e nocivas**. 2 ed. São Paulo: BASF, Tomo III, 2000. 722p.

LORENZI, H. **Manual de identificação e controle de plantas daninhas:** plantio direto e convencional. 6. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2006. 339 p.

LUCCHESI, A. A. Utilização prática de análise de crescimento vegetal. **Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"**, v.41, n.1, p.181-202, 1984.

MACHADO, A. F. L. et al. Análise de crescimento de *Digitaria insularis*. **Planta Daninha**, v.24, n.4, p.641-647, 2006.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2 ed. London: Academic, 1995. 889p.

MARTINS, T. A. et al. Acúmulo de matéria seca e macronutrientes por plantas de *Merremia aegyptia*. **Planta Daninha**, v.28, Número Especial, p.1023-1029, 2010.

OBARA, S. Y. et al. Desenvolvimento e composição mineral do picão-preto sob diferentes níveis de pH. **Planta Daninha**, v.12, n.1, p.52-56, 1994.

PEREIRA, O. G. et al. Análise de crescimento do capim Coastcross-1 sob adubação nitrogenada em duas idades de rebrotação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.10, p.2121-2128, 2011.

RADOSEVICH, S. R. et al. **Ecology of weeds and invasive plants**: relationship to agriculture and natural resource management. 3 ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2007.

RIBEIRO, S. et al. Resposta da mamoneira cultivar BRS-188 Paraguaçu à aplicação de nitrogênio, fósforo e potássio. **Revista Ciência Agronômica**, v.40, n.4, p.465-473, 2009.

RODRIGUES, B.N. et al. Efeito da calagem do solo sobre o crescimento inicial e absorção de macronutrientes em trapoeraba (*Commelina benghalensis*). **Planta Daninha**, v.13, n.2, p.59-68, 1995.

SEVERINO, L. S. et al. Crescimento e produtividade da mamoneira adubada com macronutrientes e micronutrientes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, n.4, p.563-568, 2006.

SILVA, K. N.; AGRA, M. F. Estudo farmacobotânico comparativo entre *Nicandra physaloides* e *Physalis angulata* (Solanaceae). **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v.15, n.4, p.344-351, 2005.

SOUZA FILHO, A. P. S. et al. Capacidade de absorção de nutrientes do capim-marandu (*Brachiaria brizantha*) e da planta daninha malva (*Urena lobata*) em função do pH. **Planta Daninha**, v.18, n.3, p.443-450, 2000.

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

VIDAL, R. A.; TREZZI, M. M. Análise de crescimento de biótipos de leiteira (*Euphorbia heterophylla*) resistentes e suscetível aos herbicidas inibidores da ALS. **Planta Daninha**, v.18, n.3, p.427-433, 2000.

ZANANDREA, I. et al. Efeito da salinidade sob parâmetros de fluorescência em *Phaseolus vulgaris*. **Revista Brasileira de Agrociência**, v.12, n.2, p.157-161, 2006.

WEISS, E. A. **Oilseed crops**. London: Longman, 1983. 659p.

ARTIGO CIENTÍFICO II

CARACTERÍSTICAS NUTRICIONAIS, BROMATOLÓGICAS E RELAÇÃO C/N DE *Nicandra physaloides* (L.) Gaertn.

RESUMO

Observações de campo permitem afirmar que *Nicandra physaloides* é uma planta daninha de ciclo rápido, que adapta-se bem a solos de alta fertilidade e com elevada capacidade de acumular matéria seca, cujo material vegetal é rapidamente decomposto no solo. Diante do exposto, o objetivo deste estudo foi avaliar o efeito do aumento de doses de N, P e K no crescimento de *N. physaloides*, bem como, os teores de nutrientes, as características bromatológicas e a relação C/N, presentes na matéria seca dessa espécie. O experimento foi conduzido em casa de vegetação, em delineamento de blocos casualizados, arranjado em parcelas subdivididas, com três repetições. As parcelas constituíram-se das doses de N, P e K: 0, 0,3 e 17,2 (D1); 30, 450,3 e 75,4 (D2); 60, 900,3 e 133,4 (D3); 120, 1800,3 e 249,68 mg dm^{-3} (D4) e as subparcelas das épocas de colheita (26, 33, 40, 47, 54, 61, 76, 91, 106 e 121 dias após emergência (DAE)). Para cada intervalo de colheita as plantas foram fragmentadas em folha, caule, partes reprodutivas e raiz. Foram mensurados os teores de N, P, K, C, FDN e FDA das plantas submetidas aos tratamentos D2, D3 e D4, colhidas a partir dos 47 DAE. Os valores máximos de matéria seca total foram atingidos próximos aos 61 DAE, para os tratamentos D2, D3 e D4. Maior produção de matéria seca e maiores teores de N, P e K foram encontrados em plantas submetidas aos maiores níveis de nutrientes. O aumento nos níveis de N, P e K no solo proporcionou maior acúmulo total desses macronutrientes em plantas de *N. physaloides*, tendo-se os maiores acúmulos em ordem decrescente de K e N > P. Os tratamentos não influenciaram a composição bromatológica (FDN e FDA) e a relação C/N da planta. As folhas são as estruturas que exibem os menores valores de FDN e FDA ao longo do ciclo da planta, já as raízes apresentam os maiores valores dessa variável. O caule e as partes reprodutivas apresentam teores crescentes de FDN e FDA ao longo do período experimental. *N. physaloides* apresentou baixa relação C/N durante todo o período de avaliação, o que aliado aos baixos teores de FDN e FDA e ao bom acúmulo de nutrientes, sugere que o material vegetal proveniente dessa planta seja rapidamente decomposto, proporcionando uma ciclagem rápida de nutrientes no solo.

Palavras-chave: FDN, FDA, ciclagem de nutriente, balãozinho.

ABSTRACT

NUTRITIONAL AND CHEMICAL TRAITS AND C/N RATIO OF *Nicandra physaloides* (L) Gaertn.

Field reports allow assert that *Nicandra physaloides* is a weed that has fast cycle and the characteristics following: well adapted to soils of high fertility and high capacity to accumulate dry matter; which plant matter is quickly decomposed in soil. Thus, the objective of this study was to evaluate the effect of increasing of N, P and K doses on growth of *Nicandra physaloides* as well as the nutrients content, chemical characteristics and C/N ratio of the weed. The experiment was conducted in a greenhouse, using a randomized block design arranged in split-plot with three replications. The main plots were four doses of N-P-K (0, 0.3 e 17.2 (D1); 30, 450.3 e 75.4 (D2); 60, 900.3 e 133.4 (D3); 120, 1800.3 e 249.68 mg dm^{-3} (D4)) and subplots were ten harvest time (26, 33, 40, 47, 54, 61, 76, 91, 106 and 121 days after emergence (DAE)). At each harvest times the plants were fragmented in leaf, stem, root and reproductive organs. The N, P, K and C content, NDF and ADF were measured in plants of treatments D2, D3 and D4, harvested at 47 DAE. The maximum values of leaf area and total dry matter were observed approximately at 61 DAE in treatments D2, D3 and D4. Higher dry matter production and N, P and K content were observed in plants grown on higher levels of fertilizer. The increasing of N, P and K levels of soil resulted in greater total accumulation of these macronutrients. The highest macronutrients contents were K and N. The treatments did not affect NDF, ADF and C/N ratio of plant. Leaves were structures that showed lower values of NDF and ADF during the life cycle of plants, already the roots had higher values. The stem and reproductive organs had increasing of NDF and ADF levels during the experimental period. *N. physaloides* had low C/N ratio, lower NDF and ADF levels, and great nutrient accumulation, suggesting that this plant is quickly decomposed, providing a rapid cycling of nutrients.

Key words: Neutral detergent fiber, acid detergent fiber, nutrient cycling, apple of Peru.

INTRODUÇÃO

A *N. physaloides* é uma espécie que pertence a família Solanaceae, capaz de infestar pastagens e culturas anuais ou perenes. Quando não controlada, mesmo em baixas populações ocasiona severas perdas de produtividade das culturas (KISSMANN & GROTH, 2000). Trata-se de um subarbusto, anual, com cerca de 1,0 a 2,0 m de altura, originário da América do Sul, popularmente conhecido como quintilho, joá-de-capote, bexiga, balãozinho, lanterna-da-china e "Apple of Peru" (KISSMANN & GROTH, 2000; LORENZI, 2006).

Considerando a importância de *Nicandra physaloides* como planta daninha, há necessidade de estudos a respeito da biologia dessa espécie, envolvendo aspectos relacionados a reprodução, crescimento, desenvolvimento, exigências nutricionais, respostas aos métodos de controle e às alterações do ambiente, entre outros, visando obter informações que possam auxiliar no seu manejo. De acordo com Bianco et al. (2004), esses estudos são fundamentais para entender o comportamento das plantas daninhas sob diferentes condições ambientais e, também, para fornecer subsídios para predições de seu sucesso como infestante em função de novas práticas agrícolas e da introdução em novos ambientes.

Informações acerca do desenvolvimento, da alocação e concentração de nutrientes e dos fatores que afetam essas concentrações nas plantas, são requeridos para melhor entendimento dos problemas que influenciam a habilidade competitiva de plantas cultivadas e daninhas (SOUZA FILHO et al., 2000) e da capacidade da espécie infestante em contribuir com ciclagem de nutrientes nos agroecossistemas (FÁVERO et al., 2000). O potencial de plantas daninhas no acúmulo de nutrientes é destacado nos estudos de Fávero et al. (2000) e de Cavalcante et al. (2012) em que a vegetação local apresentou maior teor de K, Mg e P quando comparada a espécies leguminosas comumente utilizadas como plantas de cobertura.

A competição por nutrientes é um dos principais fatores ecológicos que afetam negativamente a produtividade das culturas agrícolas, portanto, estudos a respeito de requerimentos nutricionais por plantas são de suma importância para a ciência das plantas daninhas (MARTINS et al., 2010). Assim, pesquisas de crescimento e desenvolvimento das plantas daninhas tornam possível a análise do comportamento dessas plantas perante os fatores ecológicos, bem como sua ação sobre o ambiente (LUCCHESI, 1984; BIANCO et al., 1995).

As plantas daninhas são conhecidas por serem eficientes na extração, uso e acúmulo dos nutrientes do solo, havendo, porém, variações de acordo com a espécie considerada e com as condições locais onde as mesmas se encontram (CURY et al., 2012). Segundo Fávero et al. (2000) a presença de espécies daninhas pode promover os mesmos efeitos de cobertura do

solo, produção de biomassa e ciclagem de nutrientes que as espécies introduzidas ou cultivadas para adubação verde. Desse modo, Souza et al. (1999) relatam que informações sobre os teores de nutrientes e da relação C/N das plantas daninhas podem ser utilizadas como subsídios para futuras interpretações sobre o comportamento destas plantas nos diferentes ecossistemas existentes.

Diante da crescente busca por técnicas de manejo mais sustentáveis, e por medidas capazes de recuperar ou mitigar os constantes impactos ambientais causados pela agricultura moderna, estudos da biologia de plantas não cultivadas são importantes, por fornecer subsídios para o manejo adequado dessas espécies, e por inferir sobre o potencial produtivo das mesmas em ambientes degradados. Nesse contexto, destaca-se a capacidade de plantas em fitorremediar áreas contaminadas (COUTINHO & BARBOSA, 2007), em recuperar áreas degradadas (SOUZA & PIÑA-RODRIGUES, 2013), entre outras.

Na conjuntura atual, um dos impactos ambientais causados pela agricultura, se deve a falta de assistência técnica, que leva muitos produtores de hortaliças no Brasil a fazerem uso excessivo de adubações nitrogenadas e potássicas (FILGUEIRA, 2007). A alta disponibilidade desses nutrientes no solo pode ser tóxica para a cultura, levando a perdas na produtividade, além dos riscos de lixiviação e contaminação de cursos de água. No cultivo da alface, Mantovani et al. (2005) destacam que a aplicação de elevadas quantidades de adubo nitrogenado no solo pode ocasionar acúmulo de nitrato e diminuição da qualidade dessa hortaliça.

Nessa perspectiva, o cultivo de plantas capazes de se desenvolverem satisfatoriamente em ambientes com excesso de disponibilidade de nutrientes pode ser uma alternativa de manejo para essas áreas. Além disso, pode-se explorar o resíduo vegetal dessas espécies na formação de matéria orgânica e na ciclagem de nutrientes. O potencial em ciclar nutrientes depende da composição do tecido vegetal de cada espécie, que varia de acordo com os teores de celulose, lignina e outros (ROSOLEM et al., 2003). Assim, a composição bioquímica do material orgânico determina o grau e a velocidade de decomposição do mesmo (LANG, 2000).

Observações de campo sugerem que *N. physaloides* é uma planta daninha de ciclo rápido, que adapta-se bem a solos de alta fertilidade e com grande capacidade de acumular matéria seca, cujo material vegetal é rapidamente decomposto no solo. Diante do exposto, objetivou-se com esse estudo avaliar o efeito do aumento de doses de N, P e K no crescimento de *Nicandra physaloides*, bem como os teores de nutrientes, as características bromatológicas e a relação C/N, presentes na matéria seca dessa planta daninha.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado em casa de vegetação do Departamento de Agronomia da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM), Diamantina-MG, entre os meses de maio a setembro de 2012. As temperaturas mínimas, médias e máximas da casa de vegetação no período experimental encontram-se dispostos na Figura 1.

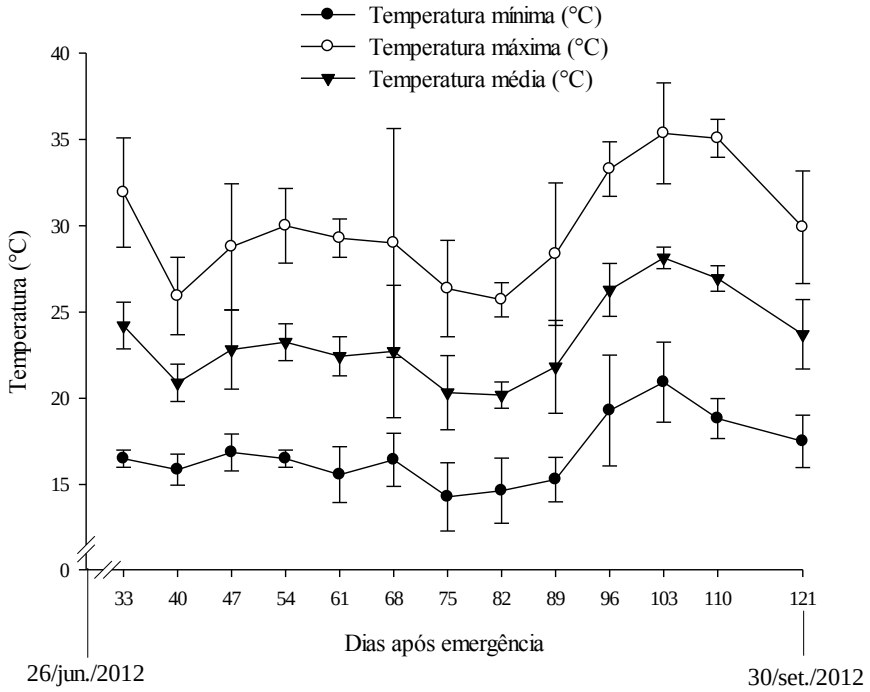

Figura 1. Média e desvio padrão das temperaturas, máxima, mínima e média da casa de vegetação durante o período de condução do experimento.

As sementes de *Nicandra physaloides* foram coletadas na área experimental da UFVJM em Diamantina/MG. A quebra de dormência das sementes foi efetuada batendo-se brevemente os frutos em liquidificador para separar as mesmas do resto do fruto e posteriormente imersas em água a temperatura ambiente, sendo realizada a troca da água em intervalos de duas horas. Esse processo foi repetido seis vezes, a fim de retirar a mucilagem que reveste as sementes dessa espécie. As sementes foram colocadas para secar em ambiente seco, ventilado e sombreado.

Após a quebra de dormência as sementes foram colocadas para germinar em bandejas plásticas contendo solo (Latossolo Vermelho-Amarelo). Aos 25 dias após a semeadura, foram transplantadas uma planta para cada vaso plástico com capacidade de 8 dm^3, contendo solo, cujas características físicas e químicas estão expressas na Tabela 1. As irrigações foram realizadas sempre que necessário.

TABELA 1 - Características físicas e químicas da amostra do Neossolo Quartzarênico utilizado no experimento. Diamantina – MG, 2012.

pH em água	P Mehlich-1	K	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	T	M	V	Mat. Orgânica	Argila
	----mg dm^{-3}----		----------$cmol_c$ dm^{-3}----------						-----%-----		-----dag kg^{-1}-----	
6,1	0,3	17,2	1,3	0,3	0,02	1,9	1,64	3,54	1	46	0,1	11

Os tratamentos foram dispostos em delineamento experimental em blocos casualizados, com três repetições em arranjo de parcelas subdivididas (4 x 10). Nas parcelas alocou-se as doses de N, P e K equivalentes ao solo sem adubação (fertilidade natural) e 0,5; 1 e 2 vezes a dose recomendada por Cantarutti et al. (2007) para adubação em cova (Tabela 2). Nas subparcelas foram dispostas dez épocas de colheita das plantas (26, 33, 40, 47, 54, 61, 76, 91, 106 e 121 dias após emergência (DAE)). Foram utilizados como fonte de N, P e K o sulfato de amônio, o superfosfato simples e o cloreto de potássio, respectivamente, aplicados um dia antes do transplantio das plantas daninhas.

TABELA 2 - Doses de N, P e K contidos no solo, utilizados como tratamentos. Diamantina – MG, 2012.

Tratamento	Doses de nutrientes mg dm^{-3}		
	N	P	K
D1	0	0,3	17,2
D2	30	450,3	75,4
D3	60	900,3	122,4
D4	120	1800,3	249,68

Para cada colheita, as plantas de *N. physaloides* foram fragmentadas em raiz, caule, folhas e partes reprodutivas. Imediatamente após a colheita, foi mensurada a massa da matéria fresca das diferentes partes da planta, determinada com auxílio de balança de precisão. Em seguida, todo o material vegetal foi lavado em água destilada e seco em estufa com circulação forçada de ar, a temperatura de 65 ^{o}C, até atingir massa constante, quando foram novamente pesados, para determinação da massa da matéria seca. Todo o material seco foi moído, em moinho analítico, homogeneizado e amostrado para se fazer a determinação dos teores de C, N, P e K dos diferentes órgãos das plantas de *N. physaloides*. Os teores de P e K foram determinados a partir da digestão com mistura de ácido nítrico e perclórico, sendo que a determinação do P foi feita por colorimetria por meio da formação da cor azul do complexo fosfato-molibdato em presença de ácido ascórbico, e a do K, por fotometria de chama (MALAVOLTA, 1997). A quantificação dos teores de C e N foi realizada em um Analisador

de Elementos LECO TruSpec Micro, utilizando os seguintes materiais de referência: Orchard Leaves lote n. 1032 e Cystine lote n 1054. O analisador utiliza como gás de arraste e ignição o hélio e o oxigênio, respectivamente. As amostras de 2 mg foram colocadas em cápsulas de estanho e completamente incineradas a 1075 °C.

As análises bromatológicas para determinação dos teores de FDN e de FDA foram executadas conforme as metodologias de Silva e Queiroz (2002).

A partir da matéria seca dos órgãos vegetais e de seus respectivos teores ou concentrações desses nutrientes, foram calculados os acúmulos ou conteúdo desses macronutrientes nessa planta. Os acúmulos de nutrientes para as partes da planta foram obtidos multiplicando-se o teor do nutriente pela matéria seca correspondente. O acúmulo total foi obtido por meio do somatório dos acúmulos das diferentes partes da planta, enquanto o teor total da planta foi obtido pela relação entre o acúmulo total e a matéria seca total correspondente.

O peso de água da parte aérea da planta foi determinado por subtração entre a MFPA (massa da matéria fresca da parte aérea) e a MSPA (massa da matéria seca da parte aérea). A percentagem de água presente na parte aérea da planta foi determinada com base na massa da matéria fresca da parte aérea da planta (% =100 x peso de água da parte aérea/MFPA). Os dados foram apresentados como percentagem de água na planta expresso em %.

Não foram mensurados a FDN e FDA e os teores de N, P, K e C para plantas de *N. physaloides* submetidas ao tratamento D1, pois o mesmo não produziu matéria seca suficiente para tais análises durante todo o ciclo de desenvolvimento da planta. Pelo mesmo motivo, essas avaliações não foram realizadas para as plantas de *N. physaloides* submetidas aos tratamentos D2, D3 e D4, quando colhida aos 26, 33 e 40 DAE.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F, quando significativos efetuou-se a regressão, sendo o modelo escolhido levando-se em consideração a significância estatística (Teste F), o ajuste do coeficiente de determinação (R^2) e o significado biológico do modelo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observou-se que a emissão da inflorescência em *N. physaloides* iniciou antes da primeira colheita (entre os 21 e 25 DAE), sendo constatadas 20, 47 e 57% de plantas floridas para os tratamentos D2, D3 e D4, respectivamente. No entanto, para o tratamento sem adubação (D1) o mesmo ocorreu aos 33 e 45 DAE. O florescimento precoce dessa planta daninha também foi

relatado por Kissmann; Groth (2000) que acreditam na influência do fotoperíodo para indução do florescimento.

A interação entre doses de N, P e K e épocas de coleta foi significativa (P<0,05) para o acúmulo de matéria seca total, teores e acúmulo de K e P na folha, caule, raiz, partes reprodutivas e acúmulo total, teores e acúmulos de N na folha, caule, raiz e acúmulo total e na porcentagem de água na planta. A partir do desdobramento dessas interações foram ajustadas equações de regressão para época de colheita, dentro de cada dose de N, P e K.

Plantas de *N. physaloides* cultivadas nos solos que receberam os níveis de N, P e K correspondentes aos tratamentos D2 e D3 apresentaram comportamento semelhante em relação ao acúmulo de matéria seca total, sendo os maiores valores para essa variável observados próximo aos 61 DAE (Figura 2), enquanto que para D4, o mesmo foi constatado aos 76 DAE. Dessa forma, quando se dobrou as doses dos nutrientes aplicados observou-se aumento proporcional em acúmulo da matéria seca dessa espécie. Nas demais avaliações os valores tenderam a permanecer constantes para esses tratamentos. A baixa fertilidade do solo utilizado contribuiu para o menor acúmulo da variável, contudo observou-se aumento de 0,0012 gramas de matéria seca total a cada dia de avaliação. Esse tratamento apresentou valores cerca de 168 vezes menores comparados as plantas cultivadas em solo adubado.

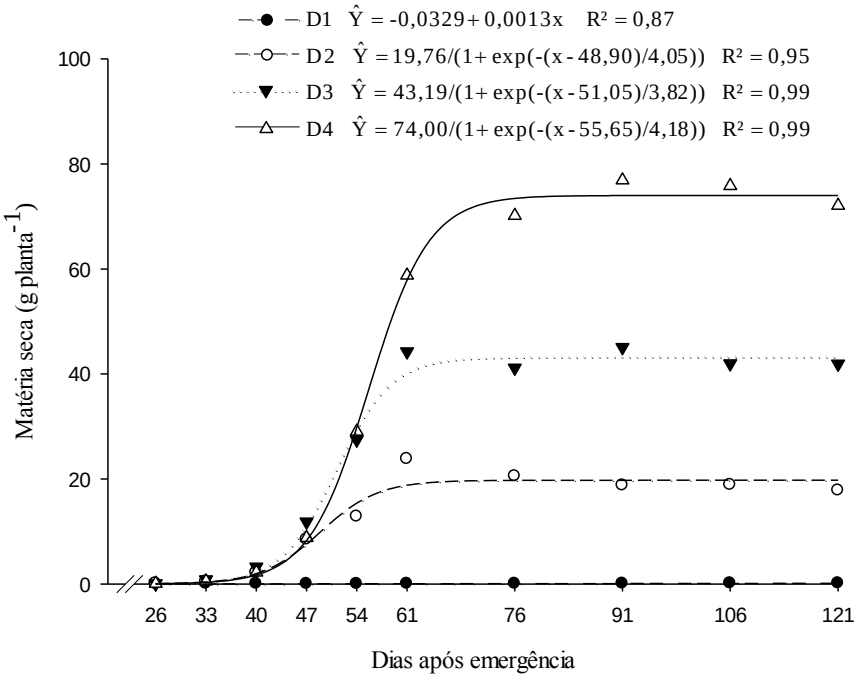

Figura 2. Acúmulo de matéria seca de *Nicandra physaloides*, ao longo do seu ciclo de desenvolvimento, de acordo com os níveis de N, P e K: 0, 0,3 e 17,2 (D1); 30, 450,3 e 75,4 (D2); 60, 900,3 e 133,4 (D3) e 120, 1800,3 e 249,68 mg dm^{-3} (D4), utilizado no cultivo dessa espécie.

Os teores de N nas folhas de *N. physaloides* decresceram com tempo de cultivo, atingindo aos 89, 92 e 93 DAE, os menores teores desse nutriente, correspondentes a 12,48, 13,14 e 12,72 g kg^{-1}, respectivamente para plantas submetidas aos tratamentos D2, D3 e D4 (Figura 3 A). Após esse período, a concentração de N nas folhas dessa espécie apresentou tendência a aumentar com a idade da planta. Provavelmente, esse aumento nos teores de N no final do ciclo da planta, se deve a queda no metabolismo da mesma, considerando que esse nutriente apresenta grande mobilidade e redistribuição nos vegetais.

A concentração de N no caule e na raiz de *N. physaloides* apresentou rápido decréscimo até os 61 DAE, independente do tratamento. Após esse período, observou-se tendência de estabilização do teor de N para essas estruturas ao longo das demais épocas de colheita (Figuras 3 B e 3 C).

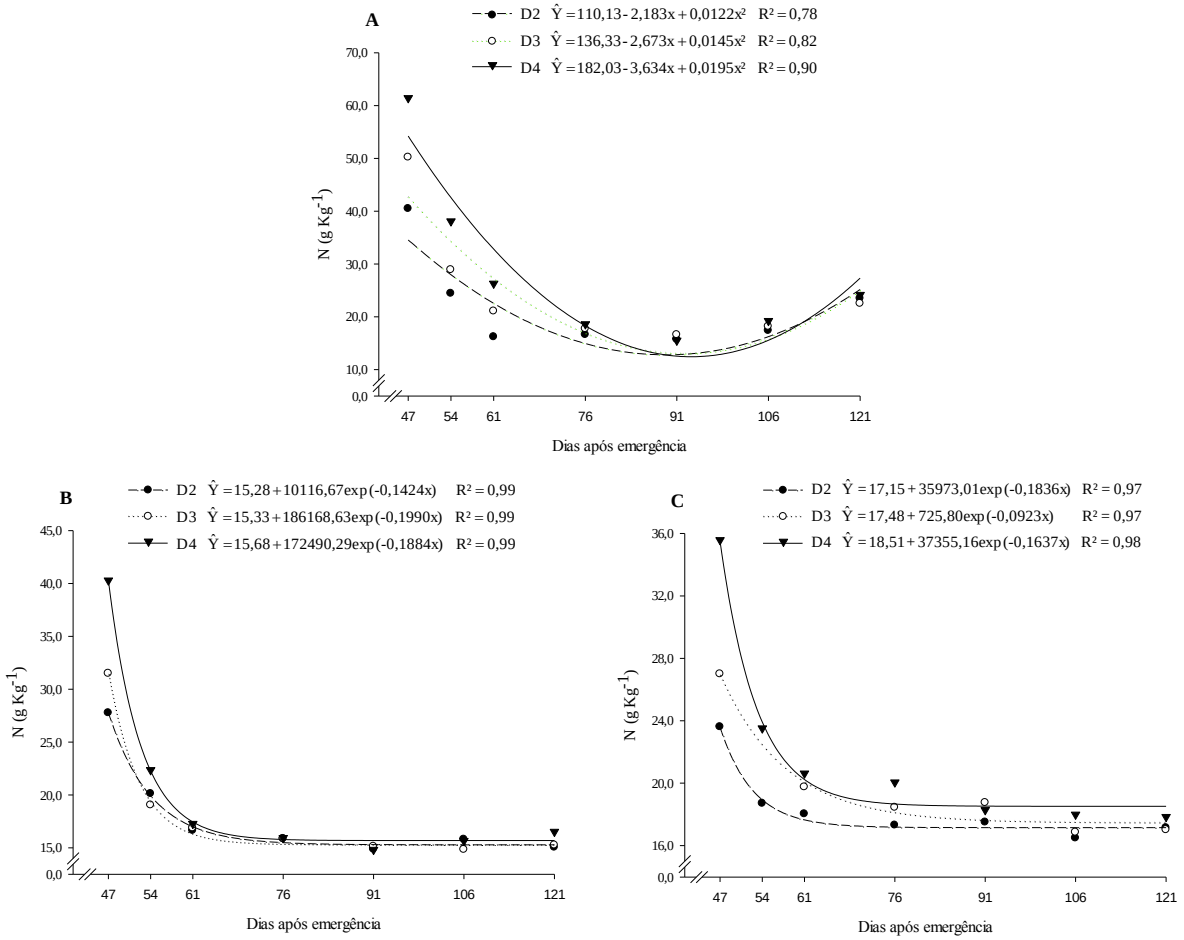

Figura 3. Teores de nitrogênio nas folhas (A), caule (B) e raiz (C) de *Nicandra physaloides*, ao longo do seu ciclo de desenvolvimento, de acordo com os níveis de N, P e K: 30, 450,3 e 75,4 (D2); 60, 900,3 e 133,4 (D3) e 120, 1800,3 e 249,68 mg dm^{-3} (D4), utilizado no cultivo dessa espécie.

Na Figura 4 A, observou-se que o teor de fósforo nas folhas de *N. physaloides*, independente do tratamento, apresentou redução inicial até os 79, 71 e 82 DAE, para plantas

cultivadas nas condições de solo D2, D3 e D4, respectivamente. Após esse período, constatou-se tendência de aumento no teor de P dessa estrutura. Comportamento semelhante foi verificado para o teor de P no caule de *N. physaloides*, onde essa variável decresceu com a idade da planta, até os 93, 88 e 93 DAE, para plantas submetidas aos tratamentos D2, D3 e D4, respectivamente. Em seguida, observou-se tendência de aumento da concentração desse nutriente no final do ciclo da planta (Figura 4 B).

Os teores de P nas raízes de plantas de *N. physaloides* cultivadas nas condições de solo D2 e D3 foram crescentes com a idade da mesma. Porém, quando essa espécie foi submetida a maiores níveis de N, P e K no solo, a relação foi inversa, ou seja, houve tendência de redução na concentração de P na raiz, em função do ciclo da planta (Figura 4 C).

N. physaloides submetida aos tratamentos D2 e D4 apresentou redução no teor de P nas partes reprodutivas até os 97 DAE, a exemplo do observado para a concentração desse nutriente nas folhas e no caule, constatando-se tendência de aumento o teor de P nessas estruturas, no final do ciclo de avaliação (Figura 4 D). Quando essa espécie foi cultivada nas condições de solo D3, observou-se redução na concentração de P nas partes reprodutivas com a idade da planta (Figura 4 D).

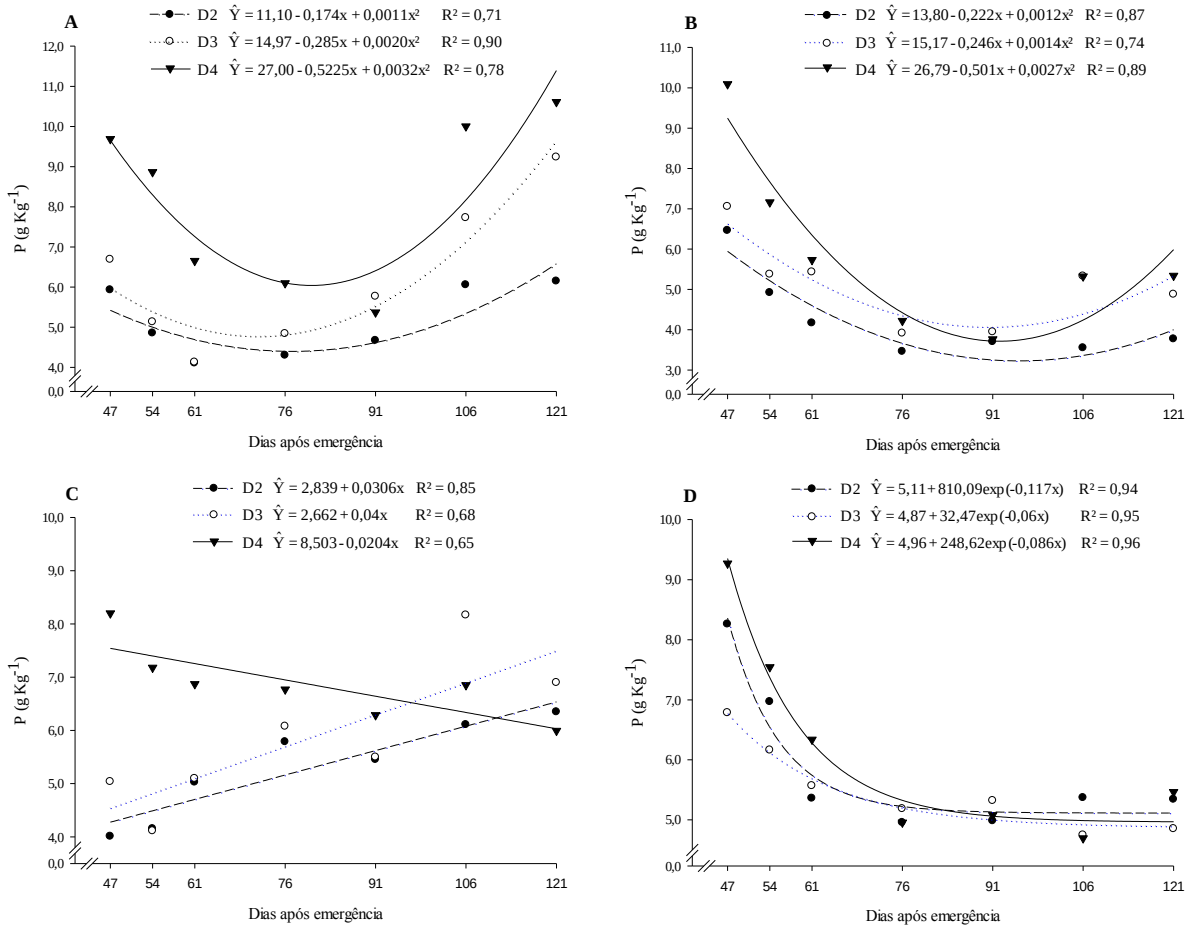

Figura 4. Teores de fósforo nas folhas (A), caule (B), raiz (C) e partes reprodutivas (D) de *Nicandra physaloides*, ao longo do seu ciclo de desenvolvimento, de acordo com os níveis de N, P e K: 30, 450,3 e 75,4 (D2); 60, 900,3 e 133,4 (D3) e 120, 1800,3 e 249,6 mg dm^{-3} (D4), utilizado no cultivo dessa espécie.

Independente da dose de N, P e K utilizada no cultivo de *N. physaloides*, observou-se que o teor de K nas folhas dessa planta foi maior no início do ciclo de desenvolvimento da mesma, com tendência de redução da concentração desse nutriente aproximadamente aos 91 DAE (Figura 5 A). Após esse período, foi observado tendência de acréscimo do teor de K nessa estrutura.

Nos três níveis de nutrientes estudados (tratamentos D2, D3 e D4), *N. physaloides* apresentou aos 47 DAE elevadas concentrações de K no caule (Figura 5 B). Nas épocas posteriores, observou-se que o teor desse nutriente nessa estrutura praticamente manteve-se constante. Assim, a partir dos 47 DAE, os teores médios de K no caule foram de 5,0; 4,42 e 4,73 g kg^{-1}, para plantas submetidas aos tratamentos D2, D3 e D4, respectivamente.

O teor de K na raiz de plantas de *N. physaloides* oscilou durante toda a fase experimental, sendo observadas concentrações relativamente superiores desse nutriente aos 47

DAE, independente do tratamento. De maneira geral, nos períodos posteriores, o teor médio desse nutriente, manteve-se na faixa de 14 a 20 g kg^{-1} (Figura 5 C).

Para as partes reprodutivas de *N. physaloides* foi observado que as concentrações de K decresceram até próximo aos 95 DAE, para os tratamentos D2, D3 e D4 (Figura 5 D), seguida pela tendência de aumento no teor desse nutriente.

A sequência de macronutrientes com mais altos teores em plantas de *N. physaloides*, independente da condição de cultivo, foi N e K > P, sendo que, para a maioria dos tratamentos, a absorção desses macronutrientes foi superior no início do ciclo de desenvolvimento da planta, em que foram encontradas as maiores concentrações desses nutrientes (Figuras 3, 4 e 5). Resultados semelhantes foram encontrados por Guzzo et al. (2010) ao estudarem a composição nutricional de plantas de *Ipomoea hederifolia* verificaram a presença em ordem decrescente dos teores de K>N>P. No entanto, a concentração desses nutrientes nessa planta variou, para mais ou para menos, ao longo do período experimental, não ocorrendo, necessariamente, a mesma tendência de maior extração de nutrientes no início do ciclo da planta, como observado para *N. physaloides*.

Exigido em grande quantidade pelas espécies vegetais, o K mesmo em baixa concentração, tem alta mobilidade na planta, seja dentro da célula, no tecido vegetal, no xilema ou no floema. Esse nutriente não é metabolizado na planta e forma ligações com moléculas orgânicas de fácil reversibilidade. Além disso, é o íon mais abundante nas células vegetais (MARSCHNER, 1995). Dessa forma, a absorção e a translocação desse nutriente pelo xilema diminui, à medida que a atividade fisiológica da planta é reduzida (CASTRO et al., 1985).

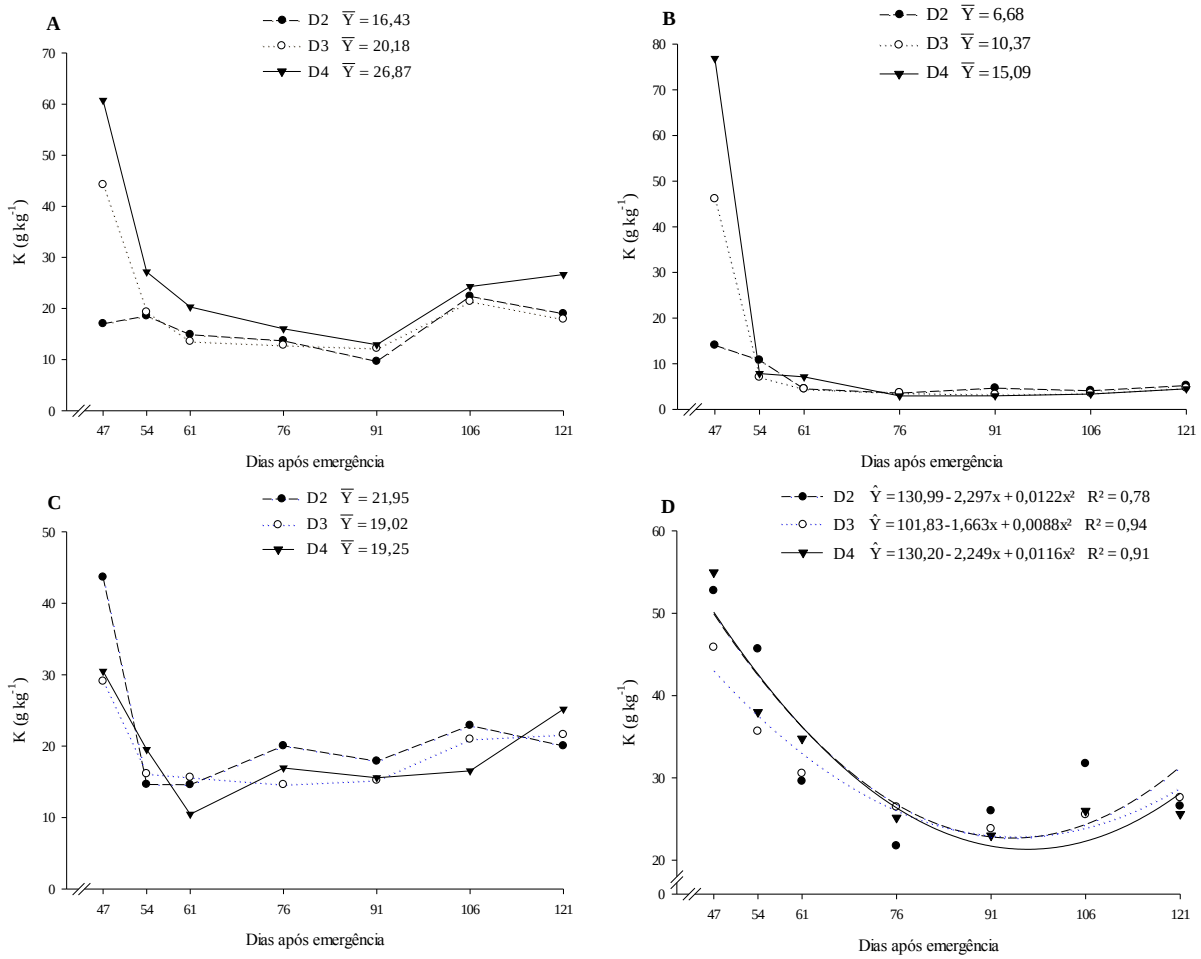

Figura 5. Teores de potássio nas folhas (A), caule (B), raiz (C) e partes reprodutivas (D) de *Nicandra physaloides*, ao longo do seu ciclo de desenvolvimento, de acordo com os níveis de N, P e K: 30, 450,3 e 75,4 (D2); 60, 900,3 e 133,4 (D3) e 120, 1800,3 e 249, mg dm^{-3} (D4), utilizado no cultivo dessa espécie.

O acréscimo dos níveis de macronutrientes no solo proporcionou maiores acúmulos de N, P e K nas folhas, caule, raízes e órgãos reprodutivas de *N. physaloides* (Figuras 6, 7 e 8).

Verificou-se acúmulo crescente de N nas folhas de *N. physaloides* até os 57 e 60 DAE, quando foram observados conteúdos máximos de 385,69 e 633,02 mg $planta^{-1}$ desse nutriente, respectivamente, para plantas cultivadas nas condições de solo D3 e D4 (Figura 6 A). No entanto, quando essa espécie foi submetida ao tratamento D2 (menor dose de nutriente acrescida ao solo), o conteúdo de N nas folhas decresceu com o tempo de cultivo.

Quando submetida aos tratamentos D2, D3 e D4, *N. physaloides* apresentou rápido acúmulo de N no caule, até os 61 DAE, sendo constatado conteúdo máximo de 188,88 e 326,30 mg $planta^{-1}$ desse nutriente, respectivamente (Figura 6 B). Em seguida, observou-se que o conteúdo de N manteve-se constante ao longo das demais épocas de colheita. Quando cultivada com os menores acréscimos de nutriente no solo (tratamento D2), também foi observado rápido acúmulo de N no caule até os 61 DAE, sendo observado acúmulo médio

desse nutriente de 87,8 mg planta^{-1}. A partir desse período, ocorreu leve tendência na redução da quantidade de N acumulado nessa estrutura.

Observa-se na Figura 6 C que *N. physaloides*, independente da condição de cultivo, apresenta incremento na quantidade de N na raiz até os 84, 85 e 91 DAE, período no qual constatou-se máximo acúmulo desse nutriente (83,99, 159,69 e 239,53 mg planta^{-1}, respectivamente) para os tratamentos D2, D3 e D4. Com o avanço do tempo de cultivo da planta, constatou-se tendência de redução do acúmulo de N na raiz da mesma.

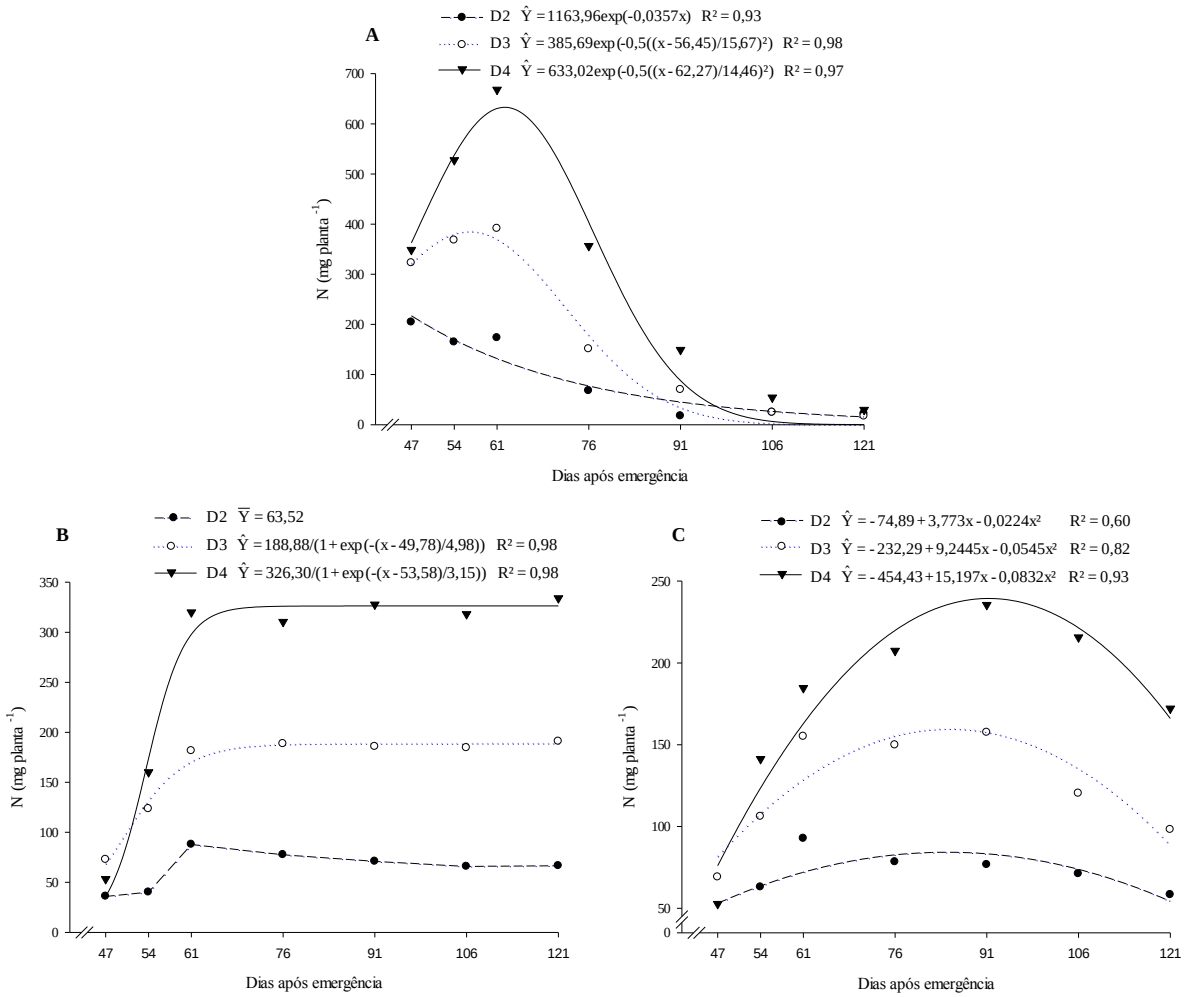

Figura 6. Acúmulo de nitrogênio nas folhas (A), caule (B) e raiz (C) de *Nicandra physaloides*, ao longo do seu ciclo de desenvolvimento, de acordo com os níveis de N, P e K: 30, 450,3 e 75,4 (D2); 60, 900,3 e 133,4 (D3) e 120, 1800,3 e 249,68 mg dm^{-3} (D4), utilizado no cultivo dessa espécie.

O acúmulo de P nas folhas de *N. physaloides* foi crescente até os 61, 62 e 66 DAE, quando foram observados 39,99, 69,73 e 164,16 mg planta^{-1} desse nutriente, para plantas submetidas aos tratamentos D2, D3 e D4, respectivamente (Figura 7 A). O mesmo comportamento foi observado para o acúmulo de K nas folhas dessa planta daninha cultivada nas condições de solo D2 e D4, havendo incremento do conteúdo desse nutriente até os 58 e

63 DAE, com produção de 157,09 e 398,71 mg planta^{-1} de K, respectivamente (Figuras 8 A). Após esse período, houve drástica redução dos conteúdos de P e K nas folhas dessa planta. Para as plantas cultivadas nas condições de fertilidade de solo D3, o acúmulo de K nas folhas foi decrescente com o ciclo da planta (Figura 8 A).

A redução do acúmulo de N, P e K nas folhas de *N. physaloides* em função do tempo de cultivo da mesma é decorrente, principalmente, do processo de senescência foliar e da mudança no perfil de alocação de fotoassimilados pela planta, que ocorre em razão do processo de frutificação (TAIZ & ZEIGER, 2009).

No caule, o acúmulo inicial de P por plantas de *N. physaloides* submetida a níveis crescentes de nutrientes, independente da dose, foi rápido, até os 61 DAE. Após esse período, houve redução na intensidade de acúmulo desse nutriente, sendo observada tendência de estabilização do acúmulo de P nessa estrutura, por plantas submetidas ao tratamento D4 (Figura 7 B). Já quando essa espécie foi cultivada nas condições de solo D3, os maiores acúmulos de P no caule foram observados aos 106 e 121 DAE, ao passo que plantas submetidas ao tratamento D2 apresentaram maior acúmulo aos 61 DAE, com posterior tendência a redução do conteúdo desse nutriente nessa estrutura.

O comportamento do acúmulo de P na raiz de *N. physaloides* foi semelhante para os tratamentos D2, D3 e D4, atingindo ponto de máxima absorção para esse nutriente próximo aos 92 DAE, sendo observados cerca de 29, 49 e 85 mg planta^{-1} de P, respectivamente (Figura 7 C). Após esse período, verificou-se tendência na redução do acúmulo de P na raiz dessa planta, independente da condição de fertilidade do solo no qual a mesma foi cultivada.

Para todos os níveis de N, P e K aplicados no solo, o acúmulo de P e K nas partes reprodutivas de *N. physaloides* foi crescente com a idade da planta (Figuras 7 D e 8 D), indicando uma redistribuição desses nutrientes para a formação dos frutos.

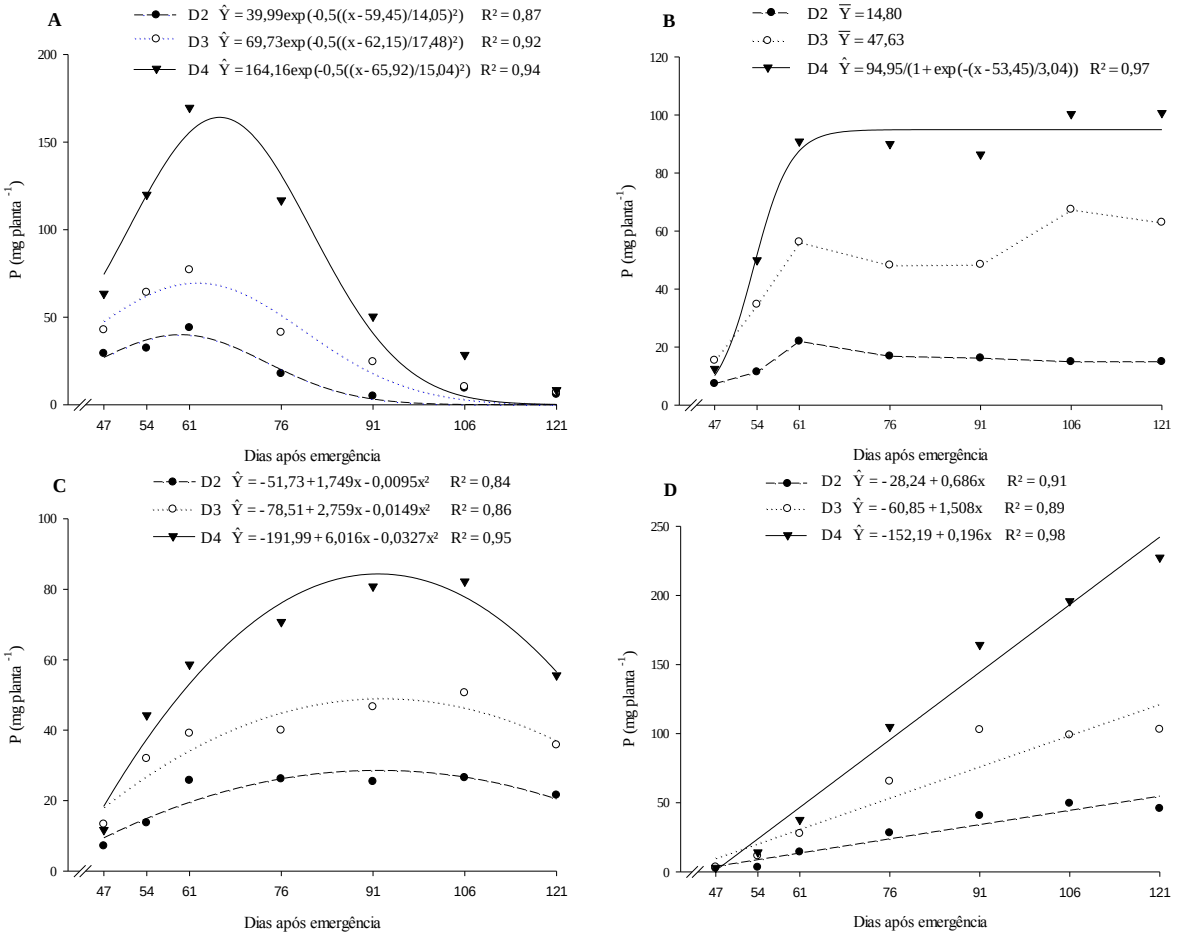

Figura 7. Acúmulo de nitrogênio nas folhas (A), caule (B), raiz (C) e partes reprodutivas (D) de *Nicandra physaloides*, ao longo do seu ciclo de desenvolvimento, de acordo com os níveis de N, P e K: 30, 450,3 e 75,4 (D2); 60, 900,3 e 133,4 (D3) e 120, 1800,3 e 249,68 mg dm^{-3} (D4), utilizado no cultivo dessa espécie.

O conteúdo de K no caule de *N. physaloides* submetida aos tratamentos D2 e D3 praticamente não se alterou com a idade da planta destacando-se apenas um maior acúmulo aos 47 DAE, para plantas cultivadas nas condições de solo D3 (Figura 8 B). *N. physaloides* cultivada em solo que recebeu os maiores acréscimos de nutriente (tratamento 4), apresentou maior acúmulo de K no caule aos 61 DAE, sendo que para as demais épocas de colheita a quantidade de K nessa estrutura oscilou pouco.

Quando cultivada em solo que recebeu as menores doses de nutrientes (tratamento D2), o acúmulo de K na raiz de *N. physaloides* oscilou ao longo de todo o ciclo de avaliação da planta, apresentando as maiores quantidades desse nutriente aos 47 e aos 106 DAE (Figura 8 C). As plantas submetidas ao tratamento D3 apresentaram acúmulo crescente de K na raiz em função das épocas de coleta, ao passo que plantas cultivadas nas condições de solo D4 apresentaram rápido acúmulo desse nutriente até os 100 DAE, quando essa planta acumulou

204,59 mg planta^{-1} de K nessa estrutura. Após esse período, houve tendência na redução do conteúdo de K na raiz.

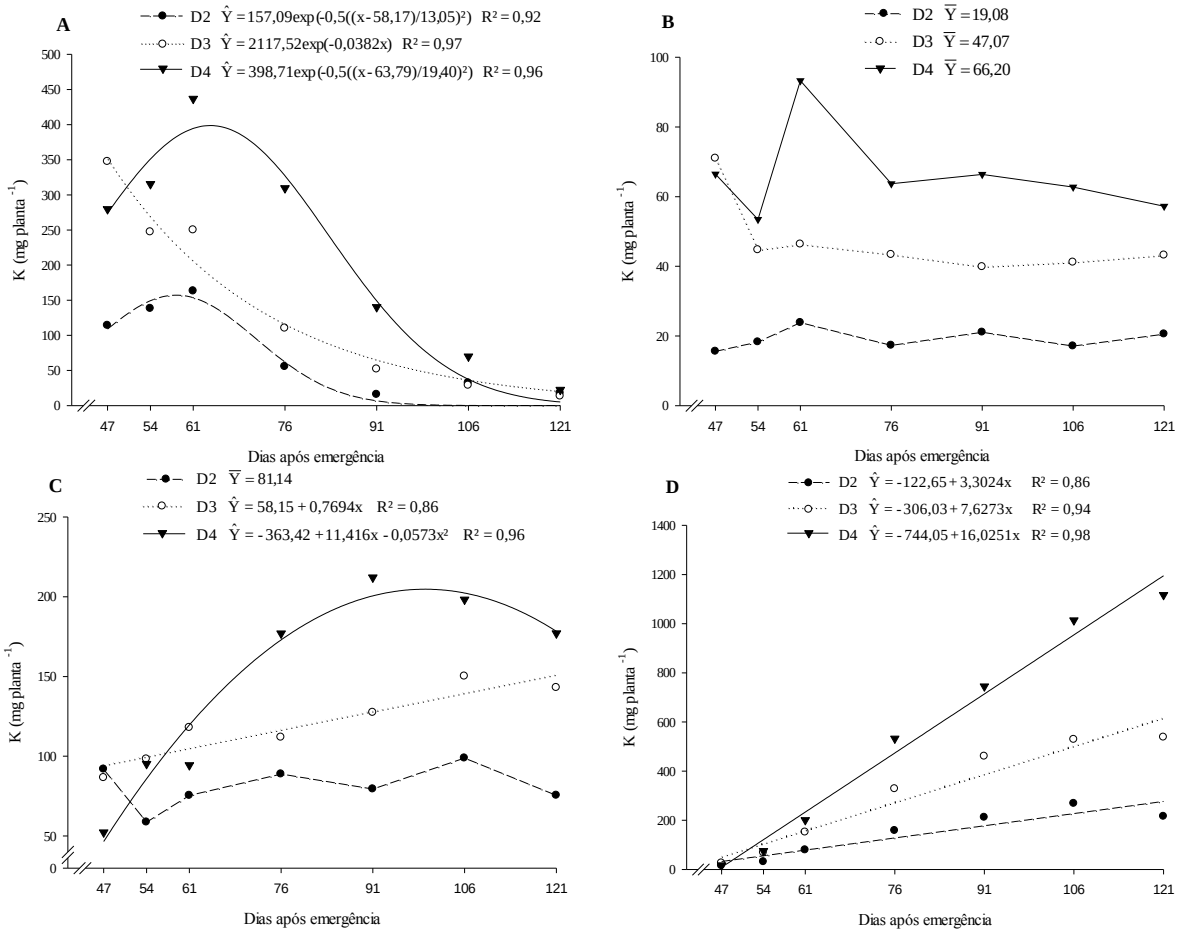

Figura 8. Acúmulo de potássio nas folhas (A), caule (B), raiz (C) e partes reprodutivas (D) de *Nicandra physaloides*, ao longo do seu ciclo de desenvolvimento, de acordo com os níveis de N, P e K: 30, 450,3 e 75,4 (D2); 60, 900,3 e 133,4 (D3) e 120, 1800,3 e 249, mg dm^{-3} (D4), utilizado no cultivo dessa espécie.

O aumento nos níveis de N, P e K no solo proporcionou maior acúmulo total desses macronutrientes em plantas de *N. physaloides*, sendo que, quando comparado os mesmos tratamentos, os maiores acúmulos em ordem decrescente foram de K e N > P (Figura 9).

Plantas de *N. physaloides* submetidas aos tratamentos D3 e D4 apresentaram rápido acúmulo total inicial de P, atingindo conteúdo total máximo, próximo aos 76 DAE, quando essa planta acumulou cerca de 215,12 e 392,40 mg planta^{-1} desse macronutriente, respectivamente (Figura 9 B). Após os 76 DAE, houve tendência na estabilização do acúmulo total de P por essa planta daninha.

O acúmulo total de K em plantas de *N. physaloides* submetidas aos tratamentos D3 e D4 foi crescente ao longo do período de avaliação do crescimento da mesma, sendo observada

maior velocidade de acúmulo desse nutriente em plantas cultivadas em solo com maiores níveis de N, P e K (Figura 9 C).

Quando cultivada nas condições de solo D2, não foi constatado ajuste do modelo estatístico para o acúmulo total de P e K por plantas de *N. physaloides*. Para esse tratamento, observou-se maiores valores de acúmulo total de P e K a partir dos 61 DAE, quando essa planta acumulou em média, aproximadamente 94 mg de P e 346 mg planta^{-1} de K, respectivamente (Figura 9 B e 9 C).

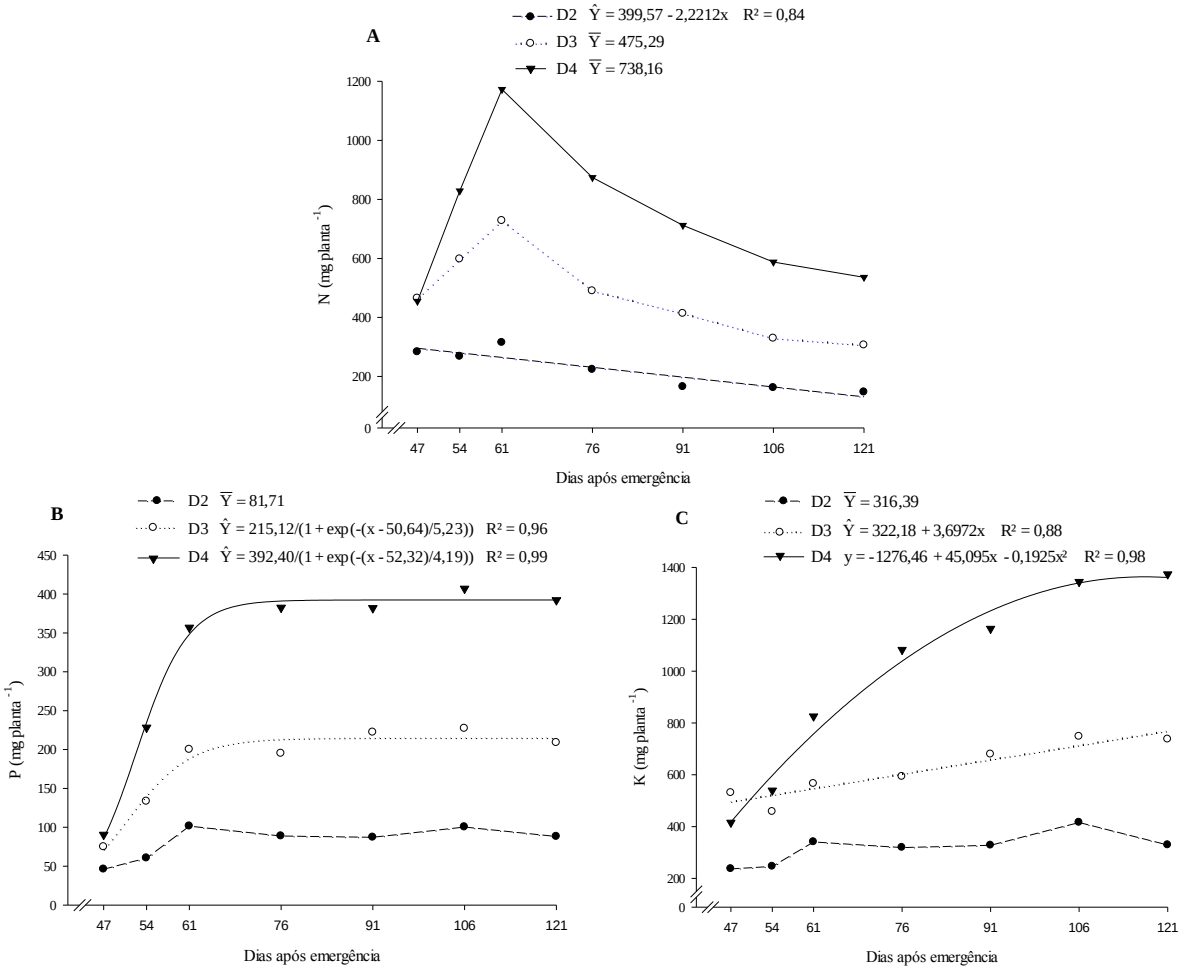

Figura 9. Acúmulo total de nitrogênio (A), fósforo (B) e potássio (C) de *Nicandra physaloides*, ao longo do seu ciclo de desenvolvimento, de acordo com os níveis de N, P e K: 30, 450,3 e 75,4 (D2); 60, 900,3 e 133,4 (D3) e 120, 1800,3 e 249,68 mg dm^{-3} (D4), utilizado no cultivo dessa espécie.

Ao comparar os resultados obtidos nesta pesquisa com aqueles envolvendo outras espécies de plantas daninhas, constatou-se que *N. physaloides*, quando cultivada em solo que recebeu os maiores acréscimos de nutrientes (tratamentos D3 e D4) apresentaram máximo acúmulo total para N e K maiores que os observados para *Euphorbia heterophylla* (BIANCO et al., 2007), *Ipomoea nil* (DUARTE et al., 2008) e *Solanum americanum* (BIANCO et al., 2012). Já *N. physaloides* submetida ao tratamento D2 apresentou maior acúmulo total de K,

quando comparada a *Richardia brasiliensis* (PEDRINHO JÚNIOR et al., 2004) e *Rottboelia exaltata* (BIANCO et al., 2004). Porém, independente do tratamento, *N. physaloides* obteve acúmulo total de N e K menor que os observados para *Merremia aegyptia* (MARTINS et al., 2010). Quanto aos acúmulos de P, os valores foram maiores que os observados para todas as espécies supracitadas, com exceção de *M. aegyptia*, cujo acúmulo total de P foi inferior apenas ao encontrado para *N. physaloides* cultivada em solo com maior aporte desse nutriente (tratamento D4). Destaca-se, no entanto, que todas essas plantas daninhas foram cultivadas em condições de fertilidade diferente da detalhada no presente estudo.

Os macronutrientes acumulados em maiores quantidades, independente do tratamento, também foram aqueles encontrados em maiores concentrações nas plantas de *N. physaloides*. Esses resultados corroboram com os encontrados para *Richardia brasiliensis* (PEDRINHO JÚNIOR et al., 2004), *Ipomoea nil* (DUARTE *et al*., 2008), *Merremia aegyptia* (MARTINS et al., 2010) e *Solanum americanum* (BIANCO et al., 2012) em que essas espécies daninhas apresentaram maiores concentrações e acúmulos de K e N. Deve-se destacar que esses dois elementos são os macronutrientes exigidos em maior quantidade pela maioria das culturas de interesse agronômico (MALAVOLTA et al., 1997). Portanto, pode-se inferir que *N. physaloides* apresenta grande potencial competitivo por nutrientes em solos férteis, podendo afetar negativamente o desenvolvimento e a produtividade das plantas cultivadas.

A habilidade em extrair e utilizar os nutrientes do meio é fundamental para o sucesso de uma planta em ambiente competitivo. Nesse contexto, Ronchi et al. (2003) destacam a capacidade de *N. physaloides* em acumular até 15 vezes mais a quantidade relativa de K que plantas de café.

Duarte et al. (2008) consideram o período de maior competição das plantas daninhas com a maioria das culturas anuais como sendo por volta de 77 DAE. Esse período coincide com o máximo acúmulo de matéria seca e máximo acúmulo total de P e N por plantas de *N. physaloides*, além de nessa época, ainda ocorrer uma crescente acúmulo de K por essa planta, que se intensifica quando há maior disponibilidade desse nutriente no solo. Esses dados permitem inferir que a competição mais intensa por macronutrientes pode ocorrer no início do estádio de desenvolvimento da cultura, sendo, portanto, um fator limitante ao desenvolvimento das culturas agrícolas anuais, principalmente.

Guzzo et al. (2010) verificaram que a taxa de acúmulo diário de matéria seca e de macronutrientes em *I. hederifolia* foi crescente até 104 DAE, sendo o maior acúmulo de matéria seca e de macronutrientes observados aos 139 DAE. Dessa forma, *N. physaloides*,

quando comparada a essa espécie, apresenta provavelmente ciclo de desenvolvimento mais precoce e maior potencial competitivo por nutrientes, no início do ciclo das culturas.

A absorção de um nutriente ao longo do ciclo de desenvolvimento da planta pode ser regulada por um controle no tipo ou na atividade do transportador. Como exemplo, o íon K^+, quando em baixa concentração no solo, é transportado preferencialmente de forma ativa, ao passo que grandes concentrações desse nutriente no solo favorecem o transporte passivo. O tipo de transporte e a disponibilidade dos nutrientes no meio influenciam diretamente a taxa de absorção do elemento, que por sua vez afetará o acúmulo deste (PEDRINHO JÚNIOR et al., 2004).

Geralmente, a difusão é o mecanismo dominante do transporte de P e K até as raízes das plantas (MARSCHNER, 1995). Assim, maiores disponibilidade desses nutrientes no solo facilitam a absorção dos mesmos pela planta. Dessa forma, a elevação nas doses de P e K no solo, por aumentar a disponibilidade desses elementos, proporcionou maior absorção e acúmulo desses nutrientes em plantas de *N. physaloides*.

Quando cultivada em substrato com alta disponibilidade de K, algumas plantas apresentam consumo de luxo desse nutriente, que é caracterizado pelo aumento do teor foliar desse elemento sem alteração na produção da planta (MALAVOLTA, 1997). *N. physaloides*, mesmo quando cultivada em solo com elevada concentração de nutrientes (tratamento D4), apresentou resposta a essa adubação, aumentando a produção de matéria seca, até os 76 DAE.

Em experimento realizado em campo, Fayad et al. (2002) verificaram que o K foi o nutriente mais absorvido por plantas de tomateiro cv. Santa Clara, seguido pelo N, sendo que o acúmulo máximo destes nutrientes ocorreu aos 120 dias após o transplantio (DAT). Já o P, foi absorvido em menor quantidade por essa cultura, atingindo o acúmulo máximo aos 93 DAT. Do total desses nutrientes absorvidos pelo tomateiro, os frutos acumularam 55% do N, 54% do P e 56% do K. Esses resultados são semelhantes aos encontrados no presente estudo, no qual o acúmulo de P nas partes reprodutivas de *N. physaloides*, em relação ao acúmulo total de P da planta, foi de 52, 49 e 58%. No entanto, o acúmulo de K nos frutos do tomateiro foi inferior aos observados nas partes reprodutivas de *N. physaloides*, que apresentaram acúmulo de 65, 73 e 81%, aos 121 DAE, para os tratamentos D2, D3 e D4, respectivamente.

Em estudos com algumas leguminosas utilizadas como plantas de cobertura colhidas ao atingirem o máximo desenvolvimento vegetativo, Cavalcante et al. (2012) observaram teores de nutriente na parte área, dependendo da espécie, variando entre 22,2 a 30,2 g kg^{-1} de N, 2,2 a 3,5 g kg^{-1} de P e 13,7 a 27,5 g kg^{-1} de K, ao passo que para a vegetação infestante, foram observados teores de N, P e K, iguais a 13,0; 4,0 e 19,5 g kg^{-1}, respectivamente. Os

resultados encontrados no presente estudo aproximam-se dos observados por esses autores para a vegetação daninha, dado que aos 76 DAE, quando *N. physaloides* atingiu o máximo acúmulo de matéria seca, essa apresenta teores totais na parte aérea iguais a: 15,72; 14,28 e 14,65 g kg^{-1} de K e de 4,28; 4,60 e 5,04 g kg^{-1} de P, para os tratamentos D2, D3 e D4, respectivamente.

Não houve interação significativa ($P<0,05$) entre doses de N, P e K e épocas de coleta para as variáveis teores de FDN e FDA e relação C/N das folhas, caule, raiz e partes reprodutivas de *N. physaloides*.

O aumento nos níveis de N, P e K no solo não influenciou nas porcentagens de FDN e FDA da folha, caule, raiz e parte reprodutiva de *N. physaloides* (Figura 10). Independente do tratamento à qual foi submetida, essa espécie apresentou maiores conteúdos de FDN e FDA na raiz e menores nas folhas. De maneira geral, as porcentagens de FDN e FDA nessas estruturas são praticamente constantes ao longo do ciclo da planta. Em contrapartida, para o caule e as partes reprodutivas, houve um aumento nos teores de FDN e FDA em função da idade da planta.

De acordo com Oliveira (2007) com o avanço da maturidade da planta há um aumento nos teores dos constituintes fibrosos da parede celular (hemicelulose, celulose e lignina), dessa forma, a maturação das plantas vem acompanhada do espessamento e da lignificação da parede celular, o que justifica o aumento dos teores de FDN e FDA no caule e partes reprodutivas de *N. physaloides* em função do tempo de cultivo.

Os teores médios de FDN e FDA do caule, raiz e partes reprodutivas de *N. physaloides* ao longo do ciclo da planta foram semelhantes aos encontrados por Almeida et al. (2006) em folhas e ramos de plantas de *Mimosa caesalpiniaefolia* e *Leucaena leucocephala*, que apresentaram valores de 50,6; 42,1% e 36,5; 29,9%, de fibra em detergente neutro e fibra em detergente ácido, respectivamente. Esses valores bromatológicos são considerados bons, sendo essas espécies apontadas pelos autores com potencial para o uso como forrageira em sistemas silvipastoris.

A intensidade da atividade microbiana depende do tipo de material que compõe o resíduo orgânico, assim como, a composição bioquímica desse resíduo determina o grau e a velocidade de decomposição do mesmo. A parede celular pode ser separada em fibra em detergente neutro (FDN), que determina a sua concentração na planta e expressa a porção fibra (celulose e hemicelulose) e fibra em detergente ácido (FDA) que determina a qualidade da parede celular e expressa a fração menos degradável (lignina, sílica e cutina) (LANG, 2000).

A susceptibilidade ou resistência dos resíduos vegetais à decomposição estão associadas às suas características químicas, como teores de N, aos teores de celulose, hemicelulose, lignina e polifenóis e às relações entre constituintes como C/N, C/P, lignina/N, polifenóis/N e lignina + polifenóis/N (ESPINDOLA et al., 2006; CARVALHO et al., 2008; PERIN et al., 2010). Nesse contexto, Lang (2000) destaca que os teores de FDN e FDA determinam a velocidade da decomposição da palhada e, por sua vez, a qualidade da palhada quando associados com o teor de minerais e concentração energética.

Estudos mostram que a liberação de N do material orgânico está relacionada com os teores de C e hemicelulose (FRANKENBERGER & ABDELMAGID, 1985; LUPWAYI & HAQUE, 1998; ESPINDOLA et al., 2006), de tal forma que um aumento nas concentrações de hemicelulose e carbono, em relação ao N, diminui as taxas de mineralização desse nutriente nos resíduos orgânicos.

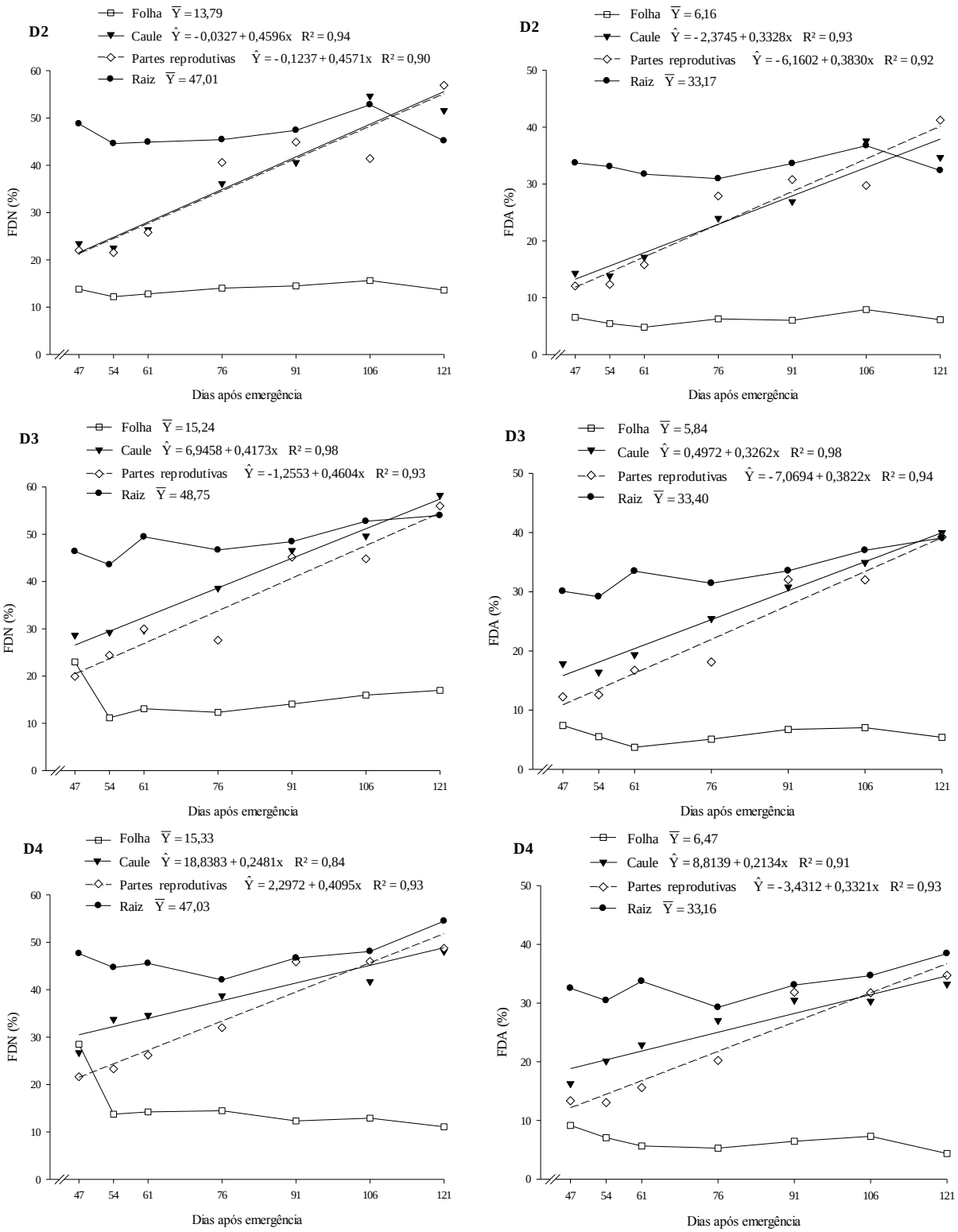

Figura 10. Fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) de folhas, caule, raiz e parte reprodutiva de plantas de *Nicandra physaloides*, ao longo do seu ciclo de desenvolvimento, de acordo com os níveis de N, P e K: 30, 450,3 e 75,4 (D2); 60, 900,3 e 133,4 (D3) e 120, 1800,3 e 249,68 mg dm^{-3} (D4), utilizado no cultivo dessa espécie.

A relação C/N de folha, caule, raiz e parte reprodutiva de *N. physaloides* ao longo do ciclo de crescimento da planta, apresentou comportamento semelhante, independente do nível

de N, P e K, acrescidos ao solo (tratamentos D2, D3 e D4) (Figura 11). Constatou-se que as folhas dessa planta apresentaram relação C/N crescente com o tempo de cultivo, atingindo ponto de máxima relação C/N aos 85, 89 e 88 DAE, quando foram observados valores médios de relação C/N de 24, 22 e 21, para plantas submetidas aos tratamentos D2, D3 e D4, respectivamente. Após esse período, houve queda na relação C/N dessa estrutura, devido ao maior acúmulo de N e a redução do C nas folhas de *N. physaloides* observada no final do período de avaliação do experimento.

Para o caule de *N. physaloides*, a relação C/N foi crescente até os 76 DAE, quando foram observados os maiores valores dessa relação (Figura 11). A partir desse período, houve tendência de estabilização nos conteúdos de C e N nessa estrutura. De maneira geral, após os 76 DAE, a relação C/N média no caule dessa planta foi de 23, independente do tratamento. A exemplo do caule, na raiz dessa planta a relação C/N foi crescente até 76 DAE, com tendência a estabilização nas colheitas posteriores. Porém, quando comparada ao caule, a raiz apresentou relação C/N menor, sendo observados valores médios, a partir dos 76 DAE, de 18,32, 17,35 e 15,68 para plantas submetidas aos tratamentos D2, D3 e D4, respectivamente.

A relação C/N é uma aproximação da relação energia (E)/N, que regula a direção das reações de mineralização-imobilização de nutrientes na matéria orgânica (JANSSON & PERSSON, 1982). Destaca-se que para atender às necessidades dos microrganismos decompositores sem precisar utilizar outras fontes de N, o resíduo orgânico deve ter pelo menos 15 a 17 g kg^{-1} de N, o que corresponde a uma relação C/N de 25 a 30 (SILGRAM & SHEPHERD, 1999). A atividade dos microrganismos e a velocidade de degradação do substrato decrescem à medida que a relação C/N se aproxima de 10 a 12, típica de matéria orgânica estável no solo (CANTARELLA, 2007).

A decomposição de resíduos vegetais por microrganismos no solo depende mais do teor de N nos resíduos do que de seu teor de lignina (KENNEDY et al., 2004), dado que a lignina é uma fonte pobre de energia para os microrganismos (JANSSON & PERSSON, 1982). Nesse contexto, destaca-se que as folhas de *N. physaloides*, independente do tratamento, são a estrutura que apresentou durante todo o período experimental o maior teor total de N e o menor de FDA (lignina, sílica e cutina), o que contribui para que a mesma seja, facilmente decomposta e principal fonte de liberação rápida de nutrientes, quando comparada com o caule e a raiz. No entanto, deve-se considerar que o N das partes reprodutivas não foi mensurado e que provavelmente o conteúdo total desse nutriente na planta seja maior nessa estrutura, quando comparado com os demais órgãos, com o avanço do tempo de cultivo de *N. physaloides*.

Espindola et al. (2006) verificaram que os teores de celulose mostraram-se intimamente relacionados com a velocidade de decomposição de resíduos provenientes da parte aérea de plantas de *Arachis pintoi*, *Pueraria phaseoloides* e *Macroptilium atropurpureum*, cultivadas durante as estações seca e chuvosa em consórcio com a cultura da bananeira, ao passo que os teores de hemicelulose afetaram a decomposição dos resíduos apenas na estação seca. Esses autores ainda observaram que essas plantas apresentaram durante a estação chuvosa relação C/N média da parte aérea, de 20,5, 21,6 e 20,6, respectivamente, sendo que entre essas espécies, *Arachis pintoi* foi a que apresentou os menores teores de celulose, cerca de 14,7 dag kg^{-1}, o que contribuiu para que o mesmo apresentasse maior velocidade de decomposição e ciclagem de nitrogênio, quando comparado às demais leguminosas.

A condição de equilíbrio, na qual a mineralização é aproximadamente igual à imobilização, ocorre quando a relação C/N do material orgânico está na faixa de 20 a 30. Nesse caso, a disponibilidade de N inorgânico do solo não é afetada (CANTARELLA, 2007). Sendo assim, é comum, em solos com predominância de material vegetal de alta relação C/N, haver competição dos microrganismos do solo com as plantas pelo N inorgânico do ambiente, o que pode levar a deficiência desse nutriente na cultura de interesse. A relação C/N de *N. physaloides* manteve-se numa faixa, durante todo o ciclo experimental, que evita esse tipo de competição caso o material vegetal dessa espécie seja adicionado ou mantido como palhada em determinada área.

Diante dessa perspectiva, pode-se inferir que, independente do tratamento, o material vegetal oriundo de *N. physaloides* apresenta tendência em diminuir a velocidade de decomposição e ciclagem de nutrientes à medida que se aumenta a idade de corte da planta. Apesar da relação C/N média da planta manter-se baixa (< 30) durante todo o ciclo de avaliação, *N. physaloides* apresenta drástica redução de matéria seca foliar a partir dos 61 DAE, que é a estrutura que apresenta os menores conteúdos de celulose, hemicelulose (FDN), lignina, sílica e cutina (FDA) durante todas as épocas de colheita. Dessa forma, com o tempo, há uma acentuada redução da contribuição das folhas na matéria seca total da planta, e um aumento da participação das partes reprodutivas, que juntamente com o caule, são estruturas que apresentam aumento significativo de FDN e FDA com a idade da planta, e, portanto, são tecidos que provavelmente oferecem maior resistência aos processos de decomposição e ciclagem de nutrientes.

Trabalhando com diferentes materiais formadores de palhada no solo, Torres et al. (2007) verificaram que foram gastos 65 e 52 dias, para decomposição de metade dos resíduos

vegetais provenientes de área de pousio e de área de *Brachiaria brizantha*, respectivamente. Este baixo tempo de meia-vida deve-se à baixa relação C/N destes materiais, que foram de 9,5 para a vegetação local e 16,1 para a braquiária.

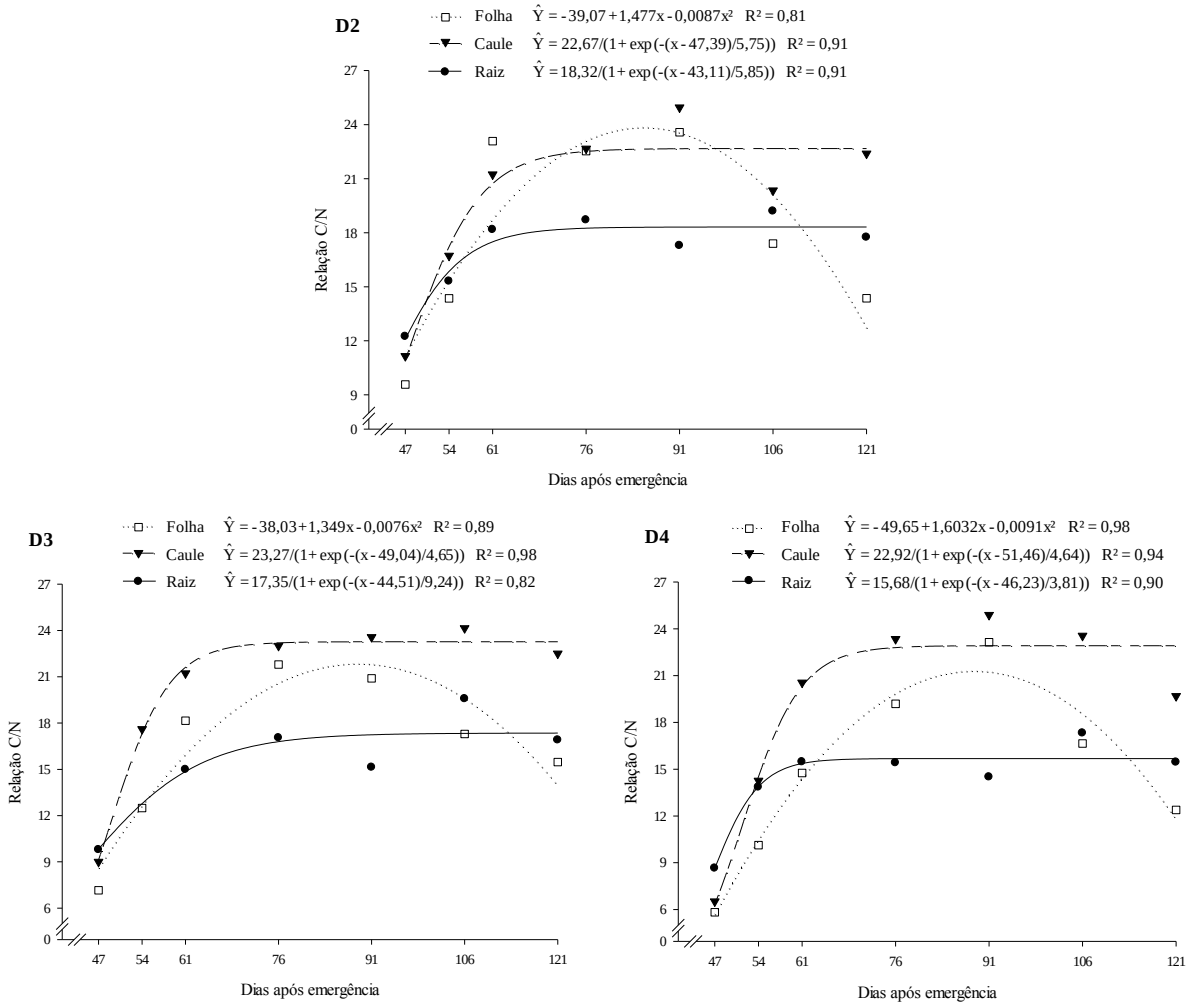

Figura 11. Relação Carbono/Nitrogênio (C/N) de folhas, caule e raiz de *Nicandra physaloides*, ao longo do seu ciclo de desenvolvimento, de acordo com os níveis de N, P e K: 30, 450,3 e 75,4 (D2); 60, 900,3 e 133,4 (D3) e 120, 1800,3 e 249,68 mg dm^{-3} (D4), utilizado no cultivo dessa espécie.

N. physaloides submetida aos tratamentos D2, D3 e D4 apresentou decréscimos no teor de água da parte aérea da planta em função do tempo (Figura 12). Porém, quando essa planta foi cultivada nas condições de fertilidade natural do solo (D1), a porcentagem de água da mesma praticamente manteve-se constante ao longo de todo o período experimental. Observou-se que *N. physaloides* é uma planta com grande acúmulo de água, destacando-se que mesmo no terço final do período de condução do experimento, quando as plantas cultivadas em solo que recebeu adubação, independente da dose, apresentaram os menores teores de água, que essa espécie apresentou apenas 30% de matéria seca na parte aérea, em relação a massa fresca total da parte aérea.

A gradativa redução do teor de água na parte aérea das plantas de *N. physaloides* está relacionada à maior participação das partes reprodutivas na massa total da planta ao longo do ciclo de desenvolvimento da mesma, uma vez que a partir dos 91 DAE intensifica-se o processo de maturação dos frutos e, consequentemente, diminui-se a diferença entre as massas fresca e seca dessa estrutura.

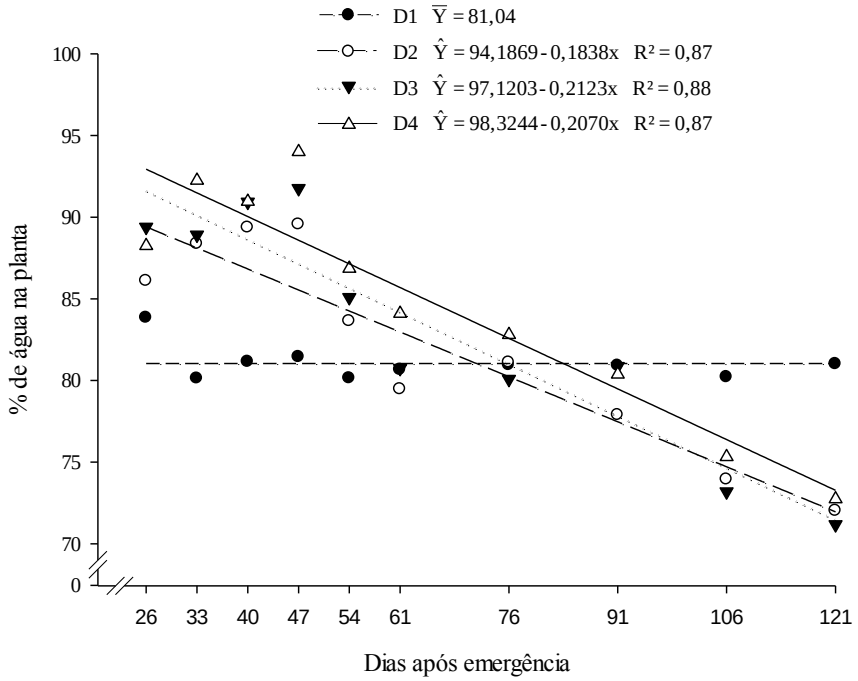

Figura 12. Teor de água na parte aérea de plantas de *Nicandra physaloides*, ao longo do seu ciclo de desenvolvimento, de acordo com os níveis de N, P e K: 0, 0,3 e 17,2 (D1); 30, 450,3 e 75,4 (D2); 60, 900,3 e 133,4 (D3) e 120, 1800,3 e 249,68 mg dm-3 (D4), utilizado no cultivo dessa espécie.

N. physaloides apresentou baixa plasticidade fenotípica em relação as doses de N, P e K estudadas, sendo que de modo geral, não houve alterações no padrão de distribuição de matéria seca e de acúmulo desses macronutrientes por essa planta, em função das condições nutricionais de cultivo da mesma.

A habilidade de *N. physaloides* em adaptar-se a condições de solo com elevada quantidade de N e K, e a capacidade da mesma em absorver e acumular esses nutrientes em seus tecidos sugere o uso potencial dessa planta para amenizar os efeitos de solos excessivamente adubados, como é comum em áreas olerícolas. A planta pode ser colhida e levada para áreas adjacentes, podendo-se neste caso, explorar as características do material orgânico, que devido a sua baixa relação C/N, baixo conteúdo de fibras (FDN e FDA) e o bom acúmulo de nutrientes, possibilitam uma rápida ciclagem de nutrientes, quando em condições edafoclimáticas adequadas para o desenvolvimento de microrganismos, permitindo a exploração de culturas de ciclo curto nas áreas de depósito desse material.

O N de compostos orgânicos pode ser encontrado em formas relativamente lábeis, de ciclagem rápida, ou de moléculas bastante humificadas e recalcitrantes. Sabe-se que os processos de mineralização e imobilização dependem da biomassa microbiana. Sendo assim, esta serve como um indicador da velocidade de ciclagem de N e de outros nutrientes (CANTARELLA, 2007). Estima-se que a meia-vida do N da biomassa microbiana varia de dois a seis meses, ou pouco mais em solos inundados (BIRD et al., 2001). Dessa forma, a simples presença de palhada contribui para menores perdas e favorece a manutenção desse elemento em formas menos solúveis no solo. Assim, o cultivo de *N. physaloides* em áreas com excesso de disponibilidade de N inorgânico possibilita grande extração e acúmulo desse nutriente nessa planta. Após o corte, mesmo quando mantida na área, a sua palhada contribui para que o N volte para o solo de forma mais lenta, amenizando os efeitos da alta disponibilidade de N no cultivo posterior.

A eficiência da utilização de uma planta na adubação verde está relacionada à capacidade da mesma em produzir biomassa e reciclar nutrientes. Maior produção de material vegetal promove aumento na cobertura do solo e maior acúmulo de matéria orgânica, que por sua vez, promove um melhor condicionamento do solo, melhorando a infiltração e armazenamento de água, facilitando a drenagem, aeração e diminuindo a resistência mecânica do solo, entre outros benefícios (SUZUKI & ALVES, 2006).

Destacando-se o potencial de *N. physaloides* como planta de cobertura, e considerando o cultivo dessa espécie em solos com níveis de fertilidade entre os apresentados nos tratamentos D2 e D4 do presente estudo, a colheita dessa planta próxima aos 61 DAE, é conveniente quando se deseja uma ciclagem de nutrientes mais rápida, uma vez que nesse período, além da planta encontrar-se próximo ao seu máximo acúmulo de matéria seca e com bons teores totais de N, P e K, a mesma apresenta maior partição de matéria seca nas folhas, assim como maior acúmulo total de nutrientes nessa estrutura. Dessa forma, como a folha de *N. physaloides*, é o órgão que apresenta os menores teores de celulose e hemicelulose (FDN) e de lignina, sílica e cutina (FDA), além de, no período proposto essa planta apresentar uma relação C/N média igual a 16, o que favorece a ação de microrganismos decompositores e consequentemente, promove maior taxa de mineralização dos resíduos.

O sucesso do sistema de plantio direto está condicionado ao manejo de espécies de elevada produtividade de fitomassa para cobertura do solo, sendo que a produção de palhada para plantio direto no cerrado brasileiro está sujeita às condições de umidade e temperatura elevadas em boa parte do ano, que causam a rápida decomposição da fitomassa depositada sobre o solo (OLIVEIRA et al., 2002). Dessa forma, resíduos com maior relação C/N

(carbono/nitrogênio), por apresentarem processo de decomposição mais lenta, são preteridos no sistema de plantio direto (CALEGARI et al., 1993). No entanto, espécies utilizadas como adubo verde, apesar de possuírem baixa relação C/N, podem ser incluídas no plano de rotação de culturas em sistema de plantio direto, pois apresentam vantagens a curto prazo, como a liberação de nutrientes durante a decomposição (DAROLT, 1998).

Nesse contexto, destaca-se o potencial da inclusão de *N. physaloides* no plano de rotação de cultura, uma vez que essa planta possui ciclo rápido, sendo observado máximo acúmulo de matéria seca próximo aos 61 DAE. Deve-se destacar que nesse período essa planta não apresentou frutos maduros. É aconselhável que o corte da mesma seja efetuado antes dos 91 DAE, período no qual se intensifica o processo de maturação dos frutos. Esse manejo evita a disseminação de propágulos dessa espécie na área. No entanto, quando submetida a condições de campo, esse intervalo de frutificação e maturação pode ser alterado.

Destacado o potencial de *N. physaloides* como planta de cobertura, além da capacidade dessa espécie em se desenvolver em solos excessivamente adubados, deve-se ressaltar que se trata de uma planta daninha agressiva e que produz grande quantidade de sementes dormentes. Portanto, uma vez presente em uma determinada área, *N. physaloides* é capaz de persistir na mesma, sendo uma planta de difícil erradicação. Dessa forma, a introdução dessa espécie numa área é dependente de estudos de técnicas de quebra de dormência de sementes que permitam elevadas taxas de germinação das mesmas. Assim, seria possível manejar essa planta daninha a fim de evitar a formação de um banco de sementes no solo, o que levaria a uma consequente persistência dessa planta no local. Ressalta-se também, que *N. physaloides* não deve ser cultivada em solos com presença de nematoides, por ser hospedeira intermediária dessa praga (MIRANDA et al., 2004).

De maneira geral, é possível separar o ciclo de *N. physaloides* em dois períodos, sendo que o primeiro compreende o período de intenso crescimento e extração de nutrientes, e vai até os 61 DAE, quando se inicia o segundo período, marcado pela redução das taxas de crescimento e absorção de nutrientes. Ainda considerando essa divisão no ciclo da planta, para todas as doses de N, P e K utilizadas, folhas e partes reprodutivas são os principais órgãos responsáveis pelo acúmulo de matéria seca e macronutrientes (N, P e K) por essa planta daninha, na primeira e na segunda metade do ciclo de desenvolvimento da mesma, respectivamente. K e N são os macronutrientes extraídos e acumulados em maior quantidade pelas plantas de *N. physaloides*.

De acordo com os resultados, conclui-se que a adubação mineral com N, P e K promove mudança na expressão do crescimento e do acúmulo de nutrientes em *N.*

physaloides, favorecendo o aumento da produção de matéria seca e do conteúdo de N, P e K das folhas, caule, raiz e partes reprodutivas. No entanto, a adubação não influência a relação C/N, a FDN e a FDA dessa espécie.

N. physaloides apresenta baixa relação C/N durante todo o período de avaliação do crescimento. A baixa relação C/N, os baixos teores de FDN e FDA e o bom acúmulo de nutrientes, sugerem que o material vegetal proveniente de *N. physaloides* apresente rápida decomposição e ciclagem de nutrientes no solo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, A. C. S. et al. Avaliação bromatológica de espécies arbóreas e arbustivas de pastagens em três municípios do Estado de Pernambuco. **Acta Scientiarum Animal**, v.28, n.1, p.1-9, 2006.

BIANCO, S. et al. Estimativa da área foliar de plantas daninhas. XIII – *Amaranthus retroflexus* L. **Ecossistema**, v.20, n.1, p.5-9, 1995.

BIANCO, S. et al. Crescimento e nutrição mineral de capim-camalote. **Planta Daninha**, v.22, n.3, p.375-380, 2004.

BIANCO, S. et al. Estudo comparativo do acúmulo de massa seca e macronutrientes por plantas de *Glycine max* (L.) MERR. e *Euphorbia heterophylla* L. **Ensaios e ciência**, v.11, n.2, p.61-72, 2007.

BIANCO, S. et al. Acúmulo de massa seca e de macronutrientes por plantas de *Glycine max* e *Solanum americanum*. **Planta Daninha**, v.30, n.1, p.87-95, 2012.

BIRD, J. A.; HORWATH, W. R.; EAGLE, A. J.; KASSEL, C. V. Immobilization of fertilizer nitrogen in rice: Effects of straw management practices. **Soil Science Society of America Journal**, v.65, p.1143-1152, 2001.

CALEGARI, A. et al. Aspectos gerais da adubação verde. In: COSTA, M. B. B. (Coord.). **Adubação verde no sul do Brasil**. 2. ed. Rio de Janeiro: Assessoria e Serviços a Projetos em Agricultura Alternativa, 1993, p.1-56.

CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS, R. F. et al. **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira da Ciência do Solo, 2007, p.769-850.

CANTARUTTI, R. B. et al. Avaliação da fertilidade do solo e recomendação de fertilizantes. In: NOVAIS, R. F. et al. **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira da Ciência do Solo, 2007, p.769-850.

CARVALHO, A. M. et al. Decomposição de resíduos vegetais em latossolo sob cultivo de milho e plantas de cobertura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, Número Especial, p.2831-2838, 2008.

CASTRO, P. R. C. Translocação de solutos orgânicos. In: FERRI, M.G., ed. **Fisiologia vegetal**. 2.ed. São Paulo: Pedagógica e Universitária, 1985. p.213-247.

CAVALCANTE, V. S. et al. Biomassa e extração de nutrientes por plantas de cobertura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, n.5, p.521–528, 2012.

COUTINHO, H. D.; BARBOSA, A. R. Fitorremediação: considerações gerais e características de utilização. **Silva Lusitana**, v.15, n.1, p.103-117, 2007.

CURY, J. P. et al. Acúmulo e partição de nutrientes de cultivares de milho em competição com plantas daninhas. **Planta Daninha**, v.30, n.2, p.287-296, 2012.

DAROLT, M. R. Princípios para implantação e manutenção do sistema. In: DAROLT, M. R. **Plantio direto**: pequena propriedade sustentável. Londrina: Iapar, 1998. p.16-45 (Circular, 101).

DUARTE, D. J. et al. Crescimento e nutrição mineral de *Ipomoea nil*. **Planta Daninha**, v.26, n.3, p.577-583, 2008.

ESPINDOLA, J. A. A. et al. Decomposição e liberação de nutrientes acumulados em leguminosas herbáceas perenes consorciadas com bananeira. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.30, p.321-328, 2006.

FÁVERO, C. et al. Crescimento e acúmulo de nutrientes por plantas espontâneas e por leguminosas utilizadas para adubação verde. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.24, n.1, p.171-177, 2000.

FAYAD, J. A. et al. Absorção de nutrientes pelo tomateiro cultivado sob condições de campo e de ambiente protegido. **Horticultura brasileira**, Brasília, v.20, n.1, p.90-94, 2002.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo Manual de Olericultura**. 3. ed. Viçosa: UFV, 2008. 421p.

FRANKENBERGER, W. T.; ABDELMAGID, H. M. Kinetic parameters of nitrogen mineralization rates of leguminous crops incorporated into soil. **Plant Soil**, v.87, p.257-271, 1985.

GUZZO, C.D. et al. Crescimento e nutrição mineral de *Ipomoea hederifolia*. **Planta Daninha**, v.28, Número Especial, p.1015-1021, 2010.

JANSSON, S. L.; PERSSON, J. Mineralization and immobilization of soil nitrogen. In: STEVENSON, F, J. et al. eds. **Nitrogen in agricultural soils**. Madison: American Society of Agronomy, 1982. p.229-252.

KENNEDY, A. C. et al. Soil and crops management effects on soil microbiology. In: MAGDOF, F.; WEIL, R. R., eds. **Soil organic matter in sustainble agriculture**. Boca Raton: CRC Press, 2004. p.295-326.

KISSMANN, K. G.; GROTH, D. **Plantas infestantes e nocivas**. 2 ed. São Paulo: BASF, Tomo III, 2000, 722p.

LANG, C. R. **Dinâmica da decomposição e liberação de nutrientes da palhada de aveia preta e nabo forrageiro cortadas em diferentes estágios de desenvolvimento.** 2000. 66 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2000.

LORENZI, H. **Manual de identificação e controle de plantas daninhas:** plantio direto e convencional. 6. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2006. 339p.

LUCCHESI, A. A. Utilização prática de análise de crescimento vegetal. **Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"**, v.41, n.1, p.181-202, 1984.

LUPWAYI, N. Z.; HAQUE, I. Mineralization of N, P, K, Ca and Mg from Sesbania and *Leucaena leaves* varying in chemical composition. **Soil Biology & Biochemistry**, v.30, n.3, p.337-343, 1998.

MALAVOLTA, E. et al. **Avaliação do estado nutricional das plantas:** Princípios, métodos e técnicas de avaliação do estado nutricional. 2 ed. Piracicaba: Potafos, 1997. 319p.

MANTOVANI, J. R. et al. Produção de alface e acúmulo de nitrato em função da adubação nitrogenada. **Horticultura Brasileira**, v.23, n.3, p.758-762, 2005.

MARTINS, T. A. et al. Acúmulo de matéria seca e macronutrientes por plantas de *Merremia aegyptia*. **Planta Daninha**, v.28, Número Especial, p.1023-1029, 2010.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2 ed. London: Academic, 1995. 889p.

MIRANDA, E. F. O. et al. Colonização de raízes de plantas daninhas cultivadas *in vitro* e em vasos por *Ralstonia solanacearum*, Biovares 1, 2 e 3. **Fitopatologia brasileira**, v.29, n.2, 2004.

OLIVEIRA, T. K. et al. Plantas de cobertura e seus efeitos sobre o feijoeiro em plantio direto. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v.37, n.8, p.1079-1087, 2002.

OLIVEIRA, A. L. M. Composição química do rami (*Boehmeria nivea*, Gaud.) submetido à adubação orgânica e a diferentes intervalos de cortes. **Revista da FZVA**, v.14, n.1, p.53-68, 2007.

PEDRINHO JÚNIOR, A. F. F. et al. Acúmulo de massa seca e macronutrientes por plantas de *Glycine max* e *Richardia brasiliensis*. **Planta Daninha**, v.22, n.1, p.53-61, 2004.

PERIN, A. et al. Acúmulo e liberação de P, K, Ca e Mg em crotalária e milheto solteiros e consorciados. **Revista Ceres**, v.57, n.2, p.274-281, 2010

RONCHI, C. P. et al. Acúmulo de nutrientes pelo cafeeiro sob interferência de plantas daninhas. **Planta Daninha**, v.21, n.2, p.219-227, 2003.

ROSOLEM, C. A. et al. Lixiviação de potássio da palha de espécies de cobertura de solo de acordo com a quantidade de chuva aplicada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, p.355-362, 2003.

SILGRAM, M.; SHEPHERD, M. A.; The effects of cultivation on soil nitrogen mineralization. **Advances in Agronomy**, v.65, n.1, p.267-311, 1999

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análise de alimentos:** métodos químicos e biológicos. 3 ed. Viçosa: UFV, 2002. 235p.

SOUZA, M. C. S.; PIÑA-RODRIGUES, F. C. M. Desenvolvimento de espécies arbóreas em sistemas agroflorestais para recuperação de áreas degradadas na floresta ombrófila densa, Paraty, RJ. **Revista Árvore**, v.37, n.1, p.89-98, 2013.

SOUZA, L. S. et al. Teores de macro e micronutrientes e a relação C/N de várias espécies de plantas daninhas. **Planta Daninha**, v.17, n.1, 1999.

SOUZA FILHO, A. P. S. et al. Capacidade de absorção de nutrientes do capim-marandu (*Brachiaria brizantha*) e da planta daninha malva (*Urena lobata*) em função do pH. **Planta Daninha**, v.18, n.3, p.443-450, 2000.

SUZUKI, L. E. A. S.; ALVES, M. C. Fitomassa de plantas de cobertura em diferentes sucessões de culturas e sistemas de cultivo. **Bragantia**, v.65, n.1, p.121-127, 2006.

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

TORRES, J. L. R. et al. Decomposição e liberação de nitrogênio de resíduos culturais de plantas de cobertura em um solo de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.29, p.609-618, 2005.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O aumento das doses de N, P e K promove aumento do crescimento de *Nicandra physaloides*.

O padrão de distribuição de biomassa não é alterado pela adubação.

N. physaloides adapta-se bem a solos férteis. Sendo que, essa planta possui crescimento inicial rápido, com grande capacidade de produzir sementes e permanecer nas áreas agrícolas. Pode-se considerar que essa espécie tem maior potencial competitivo em solos de alta fertilidade, o que pode tornar esta planta daninha um problema em cultivos com altos índices de adubação.

A adubação mineral com N, P e K promove mudança na expressão do crescimento e do acúmulo de nutrientes em *N. physaloides*, favorecendo o aumento da produção de matéria seca e do conteúdo de N, P e K das folhas, caule, raiz e partes reprodutivas.

Plantas de *N. physaloides*, acumulam em ordem decrescente K e N > P.

O aumento nos níveis de N, P e K no solo, não altera a distribuição do acúmulo de N, P e K nas plantas de *N. physaloides*, bem como não interfere na composição bromatológica (FDN e FDA) e na relação C/N da planta.

N. physaloides apresenta baixa relação C/N durante todo o período de avaliação do crescimento da planta. A baixa relação C/N, os baixos teores de FDN e FDA e bom acúmulo de nutrientes, sugerem que o material vegetal proveniente de *N. physaloides* apresente rápida decomposição e ciclagem de nutrientes no solo.