

DENSIDADES DE CAPIM-VETIVER
(*CHRYSOPOGON ZIZANOIDES* (L.) ROBERTY)
EM MONOCULTIVO E EM INTERCULTIVO COM O CAUPI
(*VIGNA UNGUICULATA* (L.) WALP) VISANDO À ADUBAÇÃO
VERDE

JAÍDSON GONÇALVES DA ROCHA

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE
DARCY RIBEIRO

CAMPOS DOS GOYTACAZES - RJ
Março - 2019

DENSIDADES DE CAPIM-VETIVER
(*CHRYSOPOGON ZIZANOIDES* (L.) ROBERTY)
EM MONOCULTIVO E EM INTERCULTIVO COM O CAUPI
(*VIGNA UNGUICULATA* (L.) WALP) VISANDO À ADUBAÇÃO
VERDE

JAÍDSON GONÇALVES DA ROCHA

Tese apresentada ao Centro de Ciências e
Tecnologias Agropecuárias da Universidade
Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro,
como parte das exigências para obtenção do
título de Doutor em Produção Vegetal

Orientador: Prof. Fábio Cunha Coelho

CAMPOS DOS GOYTACAZES - RJ
Março – 2019

FICHA CATALOGRÁFICA
UENF - Bibliotecas
Elaborada com os dados fornecidos pelo autor.

R672 Rocha, Jaidson Goncalves da.

Densidades de Capim-vetiver (*Chrysopogon zizanoides* (L.) Roberty) em monocultivo e em intercultivo com o Caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) visando à adubação verde / Jaidson Goncalves da Rocha. - Campos dos Goytacazes, RJ, 2019.

167 f. : il.

Bibliografia: 138 - 155.

Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias, 2019.

Orientador: Fabio Cunha Coelho.

1. Vetiver. 2. Adubo verde. 3. Caupi. 4. Plantas de Cobertura. 5. Agroecologia. I. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. II. Título.

CDD - 630

DENSIDADES DE CAPIM-VETIVER
(*CHRYSOPOGON ZIZANOIDES* (L.) ROBERTY)
EM MONOCULTIVO E EM INTERCULTIVO COM O CAUPI
(*VIGNA UNGUICULATA* (L.) WALP) VISANDO À ADUBAÇÃO
VERDE

JAÍDSON GONÇALVES DA ROCHA

Tese apresentada ao Centro de Ciências e
Tecnologias Agropecuárias da Universidade
Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro,
como parte das exigências para obtenção do
título de Doutor em Produção Vegetal

Aprovada em 25 de março de 2019

Comissão Examinadora:

Prof. Silvio de Jesus Freitas (D.Sc., Produção Vegetal) - UENF

Prof. Gerson Adriano Silva (D.Sc., Fitotecnia) - UENF

Willian Pereira (D.Sc. Ciência do Solo) - UFRRJ

Prof. Fábio Cunha Coelho (D.Sc., Fitotecnia) - UENF
Orientador

Aos meus pais José Benedito Gonçalves e
Maria de Fátima Gonçalves da Rocha.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiro ao invisível que sempre traz as vibrações positivas, algo superior que edita nossa força. E, tudo aquilo que vai além de uma simples religião, um eco unilateral que se chama conhecimento;

Aos meus pais José Benedito Gonçalves e Maria de Fátima Gonçalves da Rocha, que me deram a vida e com suas palavras sempre me incentivam e oferecem suporte afetivo incondicional;

Aos meus irmãos Janilson, Josan e Janiélío, e respectivas esposas, pela força, carinho e inspiração;

À minha noiva Andressa, que nos momentos de dificuldade foi sempre uma companheira e especial na minha vida;

Ao meu orientador e amigo Fábio Cunha Coelho, pela paciência e amizade, que sem sua sabedoria e compreensão seria impossível chegar ao fim dessa etapa;

Ao amigo, Leonardo Luiz (Leozão), por ser essa pessoa admirável e paciente nas conversas e nos desabafos. Também Thaís e Aline Teixeira pelas conversas e convivência. Aos Amigos do LEF (Professores Gilberto e Magali);

Aos amigos do LFIT (Gabriela, Nayla, Rosana, Waldinei, João, Prof. Sílvio) pelas amizades, conselhos ou empréstimo de materiais;

Às pessoas do laboratório de nutrição mineral de plantas, Prof^a. Marta pela disponibilização dos equipamentos. Ao Sr. Acácio pelo auxílio e paciência para fazer as análises nutricionais;

Ao técnico Junior do Solar, pela força, amizade e auxílio, que possibilitou o manejo e o término do experimento no campo;

Aos demais funcionários pela assistência prestada no desenrolar do trabalho, no solar ou no campus da UENF;

A UENF e CAPES, pela bolsa e oportunidade de realização desse estudo na Pós-Graduação em Produção Vegetal (PGPV). Ao IFES - Santa Tereza e ao Prof. Luzinério pela disponibilização das mudas do capim. E, a Dione da EMBRAPA Agrobiologia - RJ por disponibilizar as sementes do Feijão-Caupi;

Aos demais amigos da Produção Vegetal (Rodolpho, Alexandre, Maxwell, Mário, Kleberson, Seldon, Aline, Ingrid, Mariana, Renan) pelo apoio nessa jornada que sempre foi cultivada por palavras de incentivo e amizade. Aos demais amigos sempre envolvidos de forma pessoal ou profissional (Leopoldo, Pedro, Thiago, Clóvis, Janaína). A Willian e ao Prof. Gerson pela amizade e a disponibilidade para participação da banca;

Aos demais mestres, amigos e professores UENF e UFRRJ que me auxiliaram ao longo dessa jornada de conhecimento;

Agradeço também, em especial, a todos os servidores e contribuintes do estado do Rio de Janeiro, pois suas contribuições são a força para a manutenção da pesquisa nas instituições públicas.

SUMÁRIO

RESUMO.....	vii
ABSTRACT.....	ix
1.INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1. Adubação verde.....	3
2.2. Plantas de cobertura do solo.....	5
2.3. Gramíneas e leguminosas para adubação verde ou cobertura do solo.....	6
2.3.1. Gramíneas.....	6
2.3.1.2. Cultura do capim-vetiver.....	6
2.3.1.2.1. Principais usos do vetiver no mundo.....	9
2.3.2. Leguminosas.....	21
2.3.2.1. Caupi.....	22
3. TRABALHOS.....	23
3.1. Morfologia, composição de nutrientes minerais e produção de biomassa de capim-vetiver (<i>Chrysopogon zizanooides</i> (L.) Robert) com diferentes densidades de plantio.....	23

3.2. Taxa de decomposição da palhada de capim-vetiver (<i>Chrysopogon zizanioides</i> (L.) Robert) e estimativa de nutrientes liberados ao solo.....	41
3.3. Levantamento fitossociológico da vegetação em cultivo de capim-vetiver (<i>Chrysopogon zizanioides</i> (L.)) plantado com diferentes densidades..	61
3.4. Densidades de plantio de capim-vetiver (<i>Chrysopogon zizanioides</i> (L.) Roberty) em intercultivo com o caupi (<i>Vigna unguiculata</i> (L.) Walp) visando à adubação verde.....	82
3.5. Levantamento da macrofauna e entomofauna edáfica em sistema de cultivo de capim-vetiver em intercultivo com o caupi.....	114
4. RESUMO E CONCLUSÕES.....	135
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	138

RESUMO

ROCHA, Jaídson Gonçalves da. D.Sc. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Março de 2019. Densidades de capim-vetiver (*Chrysopogon zizanioides* (L.) Roberty) em monocultivo e em intercultivo com o caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) visando à adubação verde. Orientador: Prof. Fábio Cunha Coelho.

O vetiver possui várias possibilidades de uso, tendo alto potencial como adubo verde. O objetivo foi avaliar o potencial do capim-vetiver (*Chrysopogon zizanioides* (L.) Roberty), em monocultivo e em intercultivo com o caupi, como adubo verde. A tese está subdividida em cinco artigos. O primeiro trabalho consistiu de um experimento de campo com o capim-vetiver com diferentes densidades de plantio nas linhas de cultivo (1, 2, 3 e 4 plantas por metro) com avaliações da morfologia do vetiver e da produção de biomassa. No segundo trabalho verificou-se a taxa de decomposição da palhada do vetiver, cortado aos 11 meses após o plantio, em períodos de 0, 15, 25, 70 e 125 dias após o corte. No terceiro trabalho avaliou-se a fitossociologia de comunidades de plantas infestantes na área com vetiver com 0, 1, 2, 3 e 4 plantas m^{-1} . No quarto e quinto trabalhos avaliaram-se o monocultivo de vetiver e seu intercultivo com o caupi. O experimento foi arranjado em fatorial 5 x 2 (densidade de vetiver: 0, 1, 2, 3 e 4

mudas m^{-1} e adubação com ureia: 0 e 45 $kg\ ha^{-1}$). No quarto trabalho verificou-se o potencial do vetiver e do caupi como adubos verdes ou plantas de cobertura. Enquanto, no quinto trabalho realizou-se levantamento da fauna edáfica do solo. Conclui-se que o aumento da densidade de plantio do vetiver diminui o número de perfilhos e o comprimento da circunferência da touceira das plantas. Nos primeiros cinco dias após o corte, as velocidades de liberação de N, P e K da palhada do vetiver foram maiores, atingindo 5,0; 1,0 e 12 $kg\ ha^{-1}$, neste período, respectivamente. A partir do quinto dia, as liberações diárias de N, P e K foram menores chegando a 10,0; 9,4 e 51,4 $kg\ ha^{-1}$, respectivamente, no total de 125 dias. Na avaliação da fitossociologia foram constatadas três espécies principais, com altos índices de valor de importância: *Cyperus rotundus* L; *Parthenium hysterophorus* L. e *Sorghum halepense* (L.) Pers. A densidade de 2 vetiveres m^{-1} apresentou menor quantidade de plantas daninhas, entretanto, o vetiver não apresentou capacidade supressora sobre as três espécies mais frequentes e dominantes. No intercultivo vetiver + caupi, o vetiver produziu em média 13 $Mg\ ha^{-1}$ de massa seca com, aproximadamente, 30 e 280 $kg\ ha^{-1}$ de P e K, respectivamente. Enquanto, 4 plantas m^{-1} foram as que contiveram a maior quantidade de N na palhada, 82,4 $kg\ ha^{-1}$ de N. No monocultivo de caupi produziu-se em média 8,9 $Mg\ ha^{-1}$ de matéria seca de palhada. Neste monocultivo, com aplicação de N, a palhada continha 212 e 231 $kg\ ha^{-1}$ de N e K, enquanto, sem aplicação de N, 152 e 174 $kg\ ha^{-1}$, respectivamente. O intercultivo com vetiver reduziu a produtividade de matéria seca e os conteúdos de N e K na palhada. Os saprófagos, micrófagos e insetos sociais são os responsáveis pela maior parte da fauna presente no agroecosistema edáfico do solo no intercultivo, enquanto os fitófagos estão em maior número ao monocultivo de caupi sem aplicação de nitrogênio.

ABSTRACT

ROCHA, Jaídson Gonçalves da. M.Sc. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. March, 2019. Densities of vetiver grass (*Chrysopogon zizanioides* (L.) Roberty) in monoculture and intercropping with cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) for green manuring. Advisor: Prof. Fábio Cunha Coelho.

Vetiver has several possibilities of use, having high potential as a green manure. The objective was to evaluate the potential of vetiver grass (*Chrysopogon zizanioides* (L.) Roberty), in monoculture and intercropping with cowpea, as green manure. The thesis is subdivided into five articles. The first work consisted of a field experiment with vetiver grass with different planting densities (1, 2, 3 and 4 plants per meter) with evaluations of vetiver morphology and biomass production. In the second work the decomposition rate of the vetiver straw, cut at 11 months after planting, was verified in periods of 0, 15, 25, 70 and 125 days after cutting. The third work evaluated the phytosociology of weed plant communities in the vetiver area with 0, 1, 2, 3 and 4 m⁻¹ plants. In the fourth and fifth works the monoculture of vetiver and its interculture with the cowpea were evaluated. The experiment was arranged in factorial 5 x 2 (vetiver density: 0, 1, 2, 3 and 4 m⁻¹ seedlings and urea fertilization: 0 and 45 kg ha⁻¹). In the fourth work the potential of vetiver and cowpea was verified as green manures or cover crops. Meanwhile, in the fifth work, the soil fauna was surveyed. It was concluded that the increase of the planting density of the vetiver reduces the number of tillers and the length of

the circumference of the clumps of plants. In the first five days after cutting, the release rates of N, P and K of vetiver straw were higher, reaching 5.0; 1.0 and 12 kg ha⁻¹, in this period, respectively. From the fifth day, the daily releases of N, P and K were lower reaching 10.0; 9.4 and 51.4 kg ha⁻¹, respectively, for a total of 125 days. In the evaluation of phytosociology, three main species were found, with high values of importance: *Cyperus rotundus* L.; *Parthenium hysterophorus* L. and *Sorghum halepense* (L.) Pers. The density of 2 vetiver m⁻¹ showed less weed, however, vetiver did not present suppressive capacity on the three most frequent and dominant species. In the intercropping vetiver + cowpea, vetiver produced on average 13 Mg ha⁻¹ of dry mass with approximately 30 and 280 kg ha⁻¹ of P and K, respectively. Meanwhile, 4 plants m⁻¹ were the ones that contained the largest amount of N in the straw, 82.4 kg ha⁻¹ of N. In the monoculture of cowpea, an average of 8.9 Mg ha⁻¹ of straw dry matter. In this monoculture, with application of N, the straw contained 212 and 231 kg ha⁻¹ of N and K, while, without application of N, 152 and 174 kg ha⁻¹, respectively. The intercropping with vetiver reduced dry matter yield and N and K contents in straw. The saphagus, microphages and social insects are responsible for most of the fauna present in the edaphic soil agroecosystem in the interculture, while the phytophages are restricted to the monoculture of cowpea without nitrogen application.

1. INTRODUÇÃO

O Vetiver [*Vetiveria zizanioides* (L.) Nash, syn. *Chrysopogon zizanioides* (L.) Roberty)], também conhecido popularmente como capim-vetiver, capim-cheiroso, grama-cheirosa ou falso-pachuli, é uma importante gramínea de raízes aromáticas, sendo mais conhecida por suas propriedades medicinais (Arrigoni-Blank et al., 2013). Possui hábito perene, formando touceiras, as plantas florescem, e até chegam a produzir sementes, porém são estéreis; podem crescer até 2 m de altura, suas folhas são finas e rígidas, e as suas raízes são volumosas e muito ramificadas podendo chegar até 5 metros de profundidade (Mickovski et al., 2005).

É uma planta que tem alto potencial de crescimento e adaptabilidade nos mais diferentes ambientes, possui alta produção de biomassa, e possibilidade de cultivo nos mais variados tipos de solo (Antiochia et al., 2007), inclusive em solos salinos, sódicos, arenosos e alagados (Lal, 2013). Além disto, o vetiver é extremamente tolerante a variações de temperatura (-10 a 48 °C); a solos ácidos e alcalinos (pH de 3,3-10,5), tolera bem solos com altos níveis de alumínio e manganês, é uma planta com potencial para controle de erosão e melhoria da qualidade do solo (Dalton et al., 1996).

Um dos principais focos econômicos do cultivo do capim-vetiver é para extração de óleos, que são utilizados pelas grandes indústrias de cosméticos, perfumarias e de alimentos. No Brasil, a extração e produção de óleos de vetiver é baixa, pois é muito influenciada pelas variações de preço e pela baixa

qualidade do produto final, devido às técnicas utilizadas na extração (Martinez et al., 2004).

O capim-vetiver possui as mais variadas utilidades, além da produção de óleos. O mesmo tem ações inseticida, acaricida, bactericida, nematocida, alelopátia, herbicida e antifúngica. Esta planta também pode ser utilizada na fitorremediação; no tratamento de águas; na contenção de encostas, como medicinal, na produção de fibras, biogás, etanol, artesanatos e em construções e na alimentação animal (Truong et al., 2008; Shabbir et al., 2019).

Estudos para avaliar o potencial de utilização do vetiver na agricultura são de suma importância. Como a planta tolera solos pouco férteis, tem grande crescimento radicular, alta produção de biomassa, além de não produzir sementes viáveis, tem grande potencial para ser utilizada como adubo verde ou planta de cobertura.

A avaliação de densidades de plantio de capim-vetiver para produção de biomassa, a ser utilizada como cobertura do solo ou adubação verde, em monocultivo e em intercultivo com o caupi, possibilitará obter informações que auxiliarão o agricultor na tomada de decisão sobre este fator de produção. Além disto, a verificação da necessidade de adubação nitrogenada do cultivo de caupi em intercultivo com o vetiver e a verificação da possibilidade de produção de biomassa e ou grãos neste intercultivo são importantes para o estabelecimento de bases ecológicas para o cultivo.

O objetivo do estudo é avaliar o potencial do capim-vetiver (*Chrysopogon zizanioides* (L.) Roberty) na adubação verde ou como planta de cobertura, tendo como objetivos específicos determinar a biomassa produzida pelo mesmo; a produção de fitomassa após cortes e a taxa de decomposição do mulche; levantamento de plantas daninhas, visando determinar efeitos de competição; e a diversidade da entomofauna do solo no sistema de consorciado vetiver + caupi. Além disto, verificar o desempenho do feijão-caupi em intercultivo com o capim-vetiver pré-cultivado na área.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Adubação verde

A adubação verde está associada a uma prática antiga e conhecida de melhoria da qualidade da fertilidade do solo. Assim, a adubação verde é a utilização de plantas em pré-cultivo ou em intercultivo que fornecem nutrientes para a cultura principal. É uma prática que vem crescendo com o passar dos anos, devido aos altos custos dos adubos minerais, aos riscos de contaminação do ambiente e às tendências de utilização de sistemas agrícolas menos degradantes do ambiente (Fageria, 2007).

A prática de adubação verde promove aumento de matéria orgânica, a reciclagem de nutrientes das camadas profundas do solo, além de melhorar características químicas, físicas e biológicas do solo (Barradas, et al., 2001). Assim, a adubação verde influencia diretamente na melhoria das propriedades do solo (Tabela 1) (Calegari et al., 1993; Ferreira et al., 2012).

Segundo Malavolta et al. (2002), o adubo verde pode também funcionar como um controlador natural de pragas, e incorporar nutrientes das camadas profundas que são trazidas à superfície, e ainda poupa custo com transportes por ter a produção do adubo no próprio local a ser cultivado.

Tabela 1. Principais atributos da adubação verde nas propriedades do solo (Calegari et al., 1993; Ferreira et al., 2012)

Químicas	Físicas	Biológicas
<ul style="list-style-type: none"> • Aumento da capacidade de troca catiônica (CTC); • Aumento do teor de matéria orgânica do solo; • Aumento de macro e micronutrientes; • Auxílio de formação dos ácidos orgânicos (utilizados no processo de solubilização de minerais no solo); • Diminuição dos teores de alumínio trocável do solo; • Elevação do pH do solo e diminuição gradual da acidez; • Incremento da capacidade de reciclagem e ciclagem de nutrientes. 	<ul style="list-style-type: none"> • Melhoria na estrutura (agregação) do solo; • Aumento na capacidade de reter água no solo; • Aumento da consistência do solo; • Diminuição da densidade do solo; • Melhoria da capacidade de Infiltração de água no solo; • Aumento da porosidade do solo; • Aumento da aeração no solo; • Melhoria da condutividade elétrica no solo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Aumento da atividade de organismos benéficos do solo (minhocas, fungos micorrízicos, bactérias fixadoras de nitrogênio).

2.2. Plantas de cobertura do solo

As plantas de cobertura promovem melhorias nos atributos do solo, isso ocorre devido ao aumento da matéria orgânica, reciclagem dos nutrientes, e manutenção nos teores de P, K, Fe e Mn (Cunha et al, 2011). Segundo Sievers e Cook (2018), as plantas de coberturas podem distribuir no agroecossistema, nutrientes difíceis de disponibilizar, beneficiando as plantas de interesse comercial com a liberação de nutrientes na quantidade adequada à cultura. Segundo Cutti et al. (2016), a cobertura morta pode suprimir plantas daninhas das culturas com a liberação de nutrientes. Segundo MacLaren et al. (2019), a cobertura morta é a melhor estratégia de manejo de plantas daninhas, suprimindo através de efeitos alelopáticos por redução da competição por nutrientes e da taxa luminosa.

A utilização de diferentes espécies de cobertura favorece a formação de uma quantidade de resíduos ideais, promove melhoria no rendimento de grãos de milho. Contudo, para obtenção de um sistema de intercultivo adequado, é necessário se ter no mínimo uma gramínea associada a uma leguminosa, assim proporciona, uma cobertura eficiente, com alta reciclagem de nutrientes, em especial o nitrogênio. Silva et al. (2007).

Nunes et al. (2006) retrataram que a cobertura morta com gramíneas (*P. maximum* cv. Mombaça, *B. brizantha* cv. Marandu, *B. decumbens* cv. Basilisk e *P. maximum* cv. Tanzânia), produziu mais de 6.000 kg ha⁻¹ de massa seca, quando testado o feijão nos tratamentos, o mesmo obteve sua maior produção nas áreas com a cobertura morta de gramíneas. Já o estudo de Miguel et al. (2018), a crotalária (*Crotalaria spectabilis*) apresenta-se com um rendimento maior que a braquiária (*Urochloa ruziziensis*) quando comparada ao sincronismo e à produção da soja, no entanto a braquiária produz um máximo de 8 kg ha⁻¹ de fitomassa seca, e a crotalária 3,4 kg ha⁻¹, já os nutrientes nitrogênio e potássio foram os que mais foram acumulados e liberados pelas plantas de coberturas testadas.

2.3. Gramíneas e leguminosas para adubação verde ou cobertura do solo

2.3.1. Gramíneas

São plantas pertencentes à família Poaceae. As gramíneas são importantes adubos verdes, pois produzem grande quantidade de biomassa. Entretanto, as plantas desta família possuem alta relação C/N. Isto resulta em que a palhada permaneça mais tempo no solo, e já quando se inicia a decomposição pode ocorrer imobilização de nitrogênio, diminuindo sua disponibilidade para a cultura principal (Teixeira et al., 2009).

Segundo Braz et al. (2004), o milheto (*Pennisetum glaucum*) é uma das gramíneas que apresenta maior acúmulo de nutrientes e maior produtividade de biomassa em menor período de produção (55 dias após emergência). Em experimentação comparando o milheto com outros capins (*Brachiria brizantha* cv. Marandú, *Panicum maximum* cv. Mombaça) o milheto acumula mais macronutrientes (nitrogênio, potássio, fósforo, cálcio e magnésio) e micronutrientes (cobre, zinco, manganês, ferro).

O conhecimento da decomposição do material das plantas a serem usadas é fundamental para tomada de decisão, quanto ao uso como adubo verde. Enquanto a forma de liberação de nutrientes para a cultura, pode ser de forma imediata ou age em longo prazo, como planta de cobertura. Segundo Pittelkow (2010), para uma maior eficácia de uma espécie em potencial para a ciclagem de nutrientes, é necessário que se tenha um sincronismo do adubo verde e a cultura de cultivo comercial, e este efeito está diretamente relacionado à velocidade de acúmulo de nutrientes do tempo de decomposição, ocorrendo uma variação maior para gramíneas do que para leguminosas.

2.3.1.2. Cultura do capim-vetiver

O capim-vetiver [*Chrysopogon zizanioides* (L.) Roberty syn. *Vetiveria zizanioides* (L.) Nash] pertence à Família Poaceae. É originário da Ásia tropical (Índia, Ceilão e Malásia), é uma planta perene cespitosa, caules eretos, resistentes e de forma cilíndrica, suas raízes são aromáticas e podem atingir até

5,0 metros de profundidade (Arrigoni-Blank et al., 2013). É uma planta que está presente em mais de 120 países. O vetiver é conhecido economicamente pelas suas propriedades medicinais e aromáticas, sendo utilizado em indústrias de extração de óleos essenciais. Assim, as raízes podem ser utilizadas na agroindústria na fabricação de perfumes, aromatizantes, chás e incensos. Na Índia é utilizado, desde tempos antigos, para confecção de tapetes, roupas e cortinas, além de alimentação humana e animal, construção de ranchos, confecção de papel e artesanatos (Chaves e Andrade, 2013; Lavania, 2003; Yaseen et al., 2014). Os atributos do vetiver como verificados na literatura (Tabela.2), têm mostrado o porquê do crescimento de seu uso nos mais variados campos (climas diversificados, temperaturas variadas, solos diversos e sistemas de despoluição de águas, entre outros usos).

Outra importante característica do vetiver é que ele não se reproduz por sementes, inviabilizando que se torne uma planta invasora. A pesquisa de Ramanujam e Kumar (1963) demonstrou que de seus 75 clones coletados nas mais diferentes regiões da Índia, mais de 70 % dos grãos de pólen eram estéreis e alguns chegavam até 100% de esterilidade e, assim, se observou que a infertilidade pode estar ligada diretamente à citologia dos clones de *Vetiveria zizanioides*.

Tabela 2. Atributos do capim-vetiver, adaptado de (Truong et al., 2008)

Características importantes do capim-vetiver		
Morfológicas	Fisiológicas	Ecológicas
<ul style="list-style-type: none"> • Não possui rizomas; • Caules eretos e duros; • Alta resistência a pragas, doenças e fogo; • Forma cobertura densa; • Raízes crescem de nós quando são enterradas; • Possuem sementes estéreis; • Alta capacidade de produção de biomassa. 	<ul style="list-style-type: none"> • Tolerâncias a variações extremas (climáticas e de temperatura); • Facilidade de crescimento quando submetida à situação extrema; • Tolerância a ampla faixa de pH (3,3–12,5); • Tolerância a pesticidas; • Eficaz quanto a absorções de nutrientes N e P, metais pesados; • Tolerante a acidez, alcalinidade, sodicidade e magnésio; • Elevada atividade enzimática utilizada na fotossíntese; • Alta eficácia da utilização de radiação solar. 	<ul style="list-style-type: none"> • Reduz a erosão; • Melhora o microambiente para outras plantas; • Não tolera sombreamento; • Potencial fitorremediador.

Segundo Rao e Suseela (2000);Lavania (2008) e Danh et al. (2009), o vetiver é uma planta extremamente rústica, quando se trata de clima, possui uma peculiaridade de ser hidrófila e xenófila ao mesmo tempo, podendo produzir mais de 100 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ de biomassa vegetal. Além disto, pode resistir a estresses hídricos de 300 a 3000 mm ano⁻¹, é também muito tolerante aos extremos térmicos de temperaturas de -14° C a 55° C. Outra característica que proporcionou o seu desenvolvimento nos mais variados ambientes é a fixação biológica de nitrogênio atmosférico e do fósforo, através de associação simbiótica com bactérias diazotróficas e fungos micorrízicos, permitindo manter-se em estágio vegetativo, sobrevivendo em solos com baixa fertilidade, valores de pH extremos, salinos e tóxicos. O vetiver se associa também com micro-organismos solubilizadores de fosfato e micro-organismos celulósicos em suas raízes (Siripin, 2000).

Segundo Truong et al. (2008), existem três formas de propagar o capim-vetiver: raízes ou brotos, coroa (parte entre raízes e os brotos), colmos.

2.3.1.2.1. Principais usos do vetiver no mundo

O vetiver é também conhecido no mundo como capim “milagreiro”, pois tem várias funções, além de propriedades medicinais e aromáticas, pode ser utilizado nos mais variados sistemas, desde controle de erosão e melhoria da qualidade do solo a tratamentos de águas e até construções (Tabela 3).

Tabela 3. Principais usos do capim-vetiver no mundo

Propriedades	Fonte
Extração e produção de óleo	(Adams et al., 2004; Belhassen et al., 2015, 2014; Blatt e Ciola, 1991; Chantachon et al., 2004; Chiurdoglu e Decot, 1958; Danh et al., 2009; Filippi et al., 2013; Hanayama et al., 1968; Homma et al., 1970; Kaiser e Naegeli, 1972; Kalsi, 1969; Kalsi et al., 1979; Kido et al., 1967; Kraft, 2008; Kraft et al., 2005; Lal et al., 2018; Lavania, 1988; Martinez et al., 2004; Massardo et al., 2006; Mizrahi e Nigam, 1969; Monteiro et al., 2011; Nigam et al., 1968; Nigam e Komae, 1967; Paillat et al., 2012; Paknikar et al., 1975; Pfau e Pattner, 1939; Prata et al., 2008; Rao et al., 1963; Rashmi e Singh, 2008; Sellier et al., 1991; Seshadri, 1966; Shabbir et al., 2017; Shibamoto and Nishimura, 1982; Sinha et al., 2014; Sun et al., 2015; Weyerstahl et al., 1996)
Inseticida	(Aarthi e Murugan, 2012; Chauhan e Raina, 2006; Jain et al., 1982; Kadarohman et al., 2013; Khater et al., 2018; Maistrello et al., 2003; Mao et al., 2006; Zhu et al., 2001)
Acaricida	(Campos et al., 2015; Tiraporn et al., 1996)
Nematicida	(Fourie et al., 2007; Jindapunnapat et al., 2018)
Bactericida	(Champagnat et al., 2007; Kannappan et al., 2017; Srivastava et al., 2007)
Antifúngica	(Champagnat et al., 2007; Soidrou et al., 2013)

Tabela 3. (Continuação).

Propriedades	Fonte
Herbicida e Alelopatia	(Costa, 2015; Mao et al., 2006, 2004; Prasertsongskun et al., 2002; Srivastava et al., 2007)
Controle de erosão	(Babalola et al., 2007; Boonyanuphap, 2013; Dalton et al., 1996; Dethier et al., 1997; Donjadee et al., 2010; Donjadee e Chinnarasri, 2013; D'Souza et al., 2019; Maneecharoen et al., 2013; Oshunsanya, 2013)
Fitorremediador	(Abaga et al., 2014; Altenor et al., 2009; Andra et al., 2011, 2010; Angassa et al., 2019; Angin et al., 2008; Anning e Akoto, 2018; Antiochia et al., 2007; Banerjee et al., 2016, 2019; Boonyanuphap, 2013; Brandt et al., 2006; Chantachon et al., 2004; Chen et al., 2004; Danh et al., 2011, 2009; Darajeh et al., 2014; Das et al., 2010; Datta et al., 2013, 2011; Ho et al., 2013; Keshtkar et al., 2016; Lai e Chen, 2004; Liu et al., 2009; Lou et al., 2007; Makris et al., 2007; Manikandan et al., 2016; Marcacci et al., 2006; Marsidi et al., 2016; Melato et al., 2016; Ng et al., 2017; Oshunsanya, 2013; Pidatala et al., 2016; Pidatala et al., 2018; Pillai et al., 2013; Sivaram et al., 2018; Shu et al., 2002; Srivastava et al., 2008; Sun et al., 2015; Taleei et al., 2019; Thakur et al., 2018; Wilde et al., 2005; Wong et al., 2007; Wu et al., 2010; Yang et al., 2003; Zhang et al., 2014)

Tabela 3. (Continuação).

Propriedades	Fonte
Tratamento de águas	(Badejo et al., 2017; Indrayatie et al., 2013; Kantawanichkul et al., 2013; Keshtkar et al., 2016; Kiiskila et al., 2019; Sanicola et al., 2019; Seroja et al., 2018; Truong e Hart, 2001; Wong et al., 2007)
Contenção de encostas	(Bwire et al., 2011; Hussein et al., 2007; Mickovski e Beek, 2009; Mickovski et al., 2005; Oshunsanya, 2013)
Ecológica:	
• Bactérias associadas à produção de óleo	(Adams et al., 2004; Gao et al., 2012; Giudice et al., 2008; Leungvutiviroj et al., 2010; Monteiro et al., 2011; Wu et al., 2010)
• Bactérias associadas à fixação de nitrogênio	(Siripin, 2000)
• Fungos (Micorriza) associados a raízes (vetiver)	(Wong et al., 2007; Chen et al., 2018)
• Ambiental	(Dudai et al., 2006; Leupin et al., 2000)
• Regeneração de vegetação	(Shu et al., 2002)
• Sequestro de C	(Lavana, 2008; Lavana e Lavana, 2009; Singh et al., 2014)
• Cultura armadilha	(Berg, 2006)

Tabela 3. (Continuação).

Propriedades	Fonte
Medicinal	(Gao et al., 2012; Ghedira e Goetz, 2015; Rao e Suseela, 2000; Singh et al., 2014)
Compostos e Fibras de vetiver	(Gaspard et al., 2007; Hirunpraditkoon e García, 2009; Juntuek et al., 2014; Ruksakulpiwat et al., 2007)
Biogás	(Li et al., 2014)
Bioetanol	(Raman e Gnansounou, 2015; Subsamran et al., 2019)
Artesanatos e construções	(Chomchalow e Chapman, 2003; Maffei, 2002; Truong e Van, 2008)
Alimentação animal	(Chomchalow e Chapman, 2003; Maffei, 2002; Truong e Van, 2008)
Melhoria da qualidade do solo	(Babalola et al., 2007; Dudai et al., 2018; Edelstein et al., 2009; Liu et al., 2018; Leungvutiviroj et al., 2010; Oshunsanya, 2013; Panitnok et al., 2013; Zhou e Yu, 2009)

a) Extração e produção de óleo

O óleo é extraído das raízes do capim-vetiver, que é utilizado pelas indústrias de cosméticos, perfumarias e alimentícias. Em média a produção mundial de óleo gira em torno dos 250 t ano⁻¹ (Belhassen et al., 2015; Shabbir et al., 2017). O óleo essencial de vetiver é complexo e possui aproximadamente 120 constituintes (Filippi et al., 2013). É um óleo mundialmente conhecido como 'Óleo de vetiver'. Os principais produtores são: Haiti, Indonésia, Japão, China, Índia e Brasil, e os principais consumidores são: EUA, Europa, Índia e Japão (Lavanaia, 2003).

b) Inseticida

Um estudo demonstrou que o extrato das raízes de vetiver pode ser usado no controle de insetos. Segundo Aarthi e Murugan (2012), a raiz do vetiver possui fenóis, terpenoides e alcaloides, que são eficazes no controle de larvas e ovos de vetor da malária (*Anopheles stephensi*). Em outro estudo Kadarohman et al. (2013) testando o efeito biolarvicida nas espécies de mosquitos (*Aedes aegypti*, *Culex* sp., e *Anopheles sundaicus*) conseguiram efeito significativo no controle das larvas dos mosquitos estudadas. Além disto, o óleo de vetiver pode funcionar como repelente e inseticida das espécies de cupim subterrâneos (*Coptotermes formosanus*) (Chauhan e Raina, 2006). O estudo de Zhu et al. (2001) demonstrou que o óleo de vetiver conseguiu atingir 100 % de mortalidade de cupins subterrâneos da espécie *C. formosanus*, em dois dias de controle com concentração de 50 g cm⁻².

c) Acaricida

Campos et al. (2015) demonstraram resultados satisfatórios quanto à toxidez do óleo de vetiver no controle de carrapatos, carrapato-estrela (*Amblyomma cajennense*) e carrapato-de-boi (*Rhipicephalus (Boophilus) microplus*). Os autores consideraram, a partir dos resultados obtidos, que o óleo de vetiver é opção promissora ao mercado. Outro estudo realizado por Tiraporn et

al. (1996) demonstrou que a utilização do óleo de vetiver matou 99,6 % das larvas e adultos, além da inibição de 46,7 % da ovoposição de ovos de *Boophilus microplus*.

d) Nematicida

Uma pesquisa realizada por Fourie et al. (2007) demonstrou que a utilização de área vegetada por capim-vetiver reduziu a população de *Meloidogyne incognita* e *M. javanica*, os nematoides do gênero *Meloidogyne* spp. É um dos grandes causadores de infecções e estão em gama de culturas e levam a grandes prejuízos agrícolas.

e) Bactericida

Estudo de Kannappan et al. (2017) demonstra que o extrato de raiz vetiver possui ação bactericida, reduzindo uma importante bactéria (*Staphylococcus aureus* resistente à metilicina (MRSA)) causadora de doenças nos humanos, adicionalmente o estudo de Champagnat et al. (2007), demonstrou que o óleo de vetiver possui atividade bactericida e eficiente quando testado em bactérias Gram-positivas *cocci*. Em um estudo de Srivastava et al. (2007), o Capim-vetiver desempenhou um efeito alelopático sobre bactérias da família Enterobacteriaceae e Pseudomonadaceae, reduzindo sua população em área de lagoa, onde o mesmo era usado.

f) Antifúngica

Trabalho de Champagnat et al. (2007) demonstrou que o óleo de vetiver pode ter ação antifúngica, se observou que existiu efeito sobre o fungo *Candida albicans*. Segundo Soidrou et al. (2013), o óleo de vetiver desenvolveu efeitos sobre todas as cepas de fungos testadas, mas foi sobre o fungo *Piper borbonense*, que teve o melhor efeito antifúngico.

g) Herbicida e Alelopatia

Mao et al. (2004) avaliaram concentrações de óleo de vetiver em seis espécies de plantas daninhas. Os autores observaram que em concentrações mais elevadas nenhuma delas germinou. Em seus experimentos Costa (2015) observou que os extratos aquosos do macerado de capim-vetiver (*Chrysopogon zizanioides* (L.) Roberty) ou *Paspalum millegrana* Schrader apresentaram efeito alelopático sobre plântulas de alface (*Lactuca sativa*), inibindo o crescimento das mesmas.

Balasankar et al (2013), o vetiver já vem sendo utilizado como controle de plantas daninhas em plantações de café, cacau e de chá na Índia, sendo utilizadas folhas moídas, inteiras ou dessecadas uniformemente espalhadas sobre o solo.

h) Controle de erosão

Em sistema testado por Donjadee et al. (2010) para controle de erosão com cobertura vegetal em inclinações e relevos íngremes, e simulando intensidades de chuvas, se observou que a cobertura com capim-vetiver reduziu a intensidade de perdas de solo.

Maneecharoen et al. (2013), avaliando a resposta para intensidade do escoamento de água (120 mm h^{-1}), inclinação e tempo de revegetação do capim-vetiver e braquiária Ruzi (*Brachiaria ruziziensis*). Os autores verificaram que ocorreu redução da taxa de escoamento e da erosão ao longo do crescimento das plantas de vetiver e braquiária.

i) Fitorremediador

O capim-vetiver pode absorver grandes quantidades de metais pesados (Arsênio, Cádmio, Cromo, Cobre, Mercúrio, Níquel, Chumbo, Selênio, e Zinco) e absorver e promover a biodegradação de resíduos orgânicos (trinitrolueno, Fenóis, Brometos e hidrocarbonetos e atrazina) (Danh et al., 2009).

Em um estudo realizado por Ng et al. (2017) onde foi feita a comparação entre três espécies de gramíneas Vetiver (*Vetiveria zizanoides*), Imperata (*I. cylindrical*) e Pennisetum (*P. purpureum*), verificou-se que todas acumularam metais pesados testados, enquanto só o vetiver acumulou significativamente a mais de cádmio (3,81 - 93,08 mg kg⁻¹) e zinco (234,83 - 1284,00 mg kg⁻¹) em comparação com a Imperata e Pennisetum, respectivamente. Em todas as gramíneas, a sequência crescente de acúmulo foi Zinco > Chumbo > Cádmio > Cobre.

Pidatala et al. (2016) demonstraram que a aplicação de chumbo em experimento na casa de vegetação em um sistema hidropônico de vetiver absorveu uma grande quantidade de chumbo.

j) Tratamento de águas

Indrayatie et al. (2013), avaliaram o tratamento de águas residuais provindas de fábrica de tapioca, com o uso do vetiver. Foram avaliados o crescimento do vetiver e fatores que podem influenciar na qualidade da água. Ao final se mostrou que o vetiver pode tratar essas águas residuárias em 30 dias, com uma população de aproximadamente de 6,85 t ha⁻¹ de biomassa do vetiver. O crescimento do vetiver foi satisfatório em todas as águas residuais, além de conseguir melhorar a qualidade das águas avaliadas.

Em um estudo realizado por Badejo et al. (2017), a fim de avaliar a melhor alternativa para tratamento de águas residuais municipais com a utilização de um sistema de remoção de nutrientes biológicos e com a construção de uma cama submersa de planta (Capim-vetiver), e a combinação dos dois sistemas, se observou que a combinação dos dois sistemas foi mais eficiente.

k) Contenção de encostas

Um estudo realizado por Mickovski e Beek (2009) avaliou a forma de distribuição radicular (profundidades, lateral a planta) e parâmetros de raiz (diâmetro e resistência a tração no solo) do vetiver. O mesmo foi observado que

crece muitas raízes positivas gravitrópicas e uniformes de diâmetros, e verificou no estudo que ocorre maior estabilidade para o terraço plantado com vetiver.

l) Ecológica

Giudice et al. (2008) encontraram bactérias associadas nas células produtoras de óleo essenciais nas parenquimatosas corticais e também na lacuna, e análise de raízes de vetiver utilizando microscopia eletrônica de luz e de transmissão. Os autores identificaram bactérias dos grupos pertencentes aos Fibrobacteres / Acidobacterias. Estas foram capazes de biossintetizar o óleo essencial do vetiver.

Wong et al. (2007) verificaram que a utilização de fungos micorrízicos associados a raízes (vetiver) ajuda a reduzir a taxa de toxidez no acúmulo de chumbo e zinco, protegendo-a do aumento potencial pela planta.

Em um estudo realizado por Dudai et al. (2006) para avaliar o efeito de condições ambientais do mediterrâneo em temperaturas máximas/mínimas e o desenvolvimento aos mais diferentes tipos de solo, observou-se que o vetiver está adaptado às mais diferentes temperaturas. Foi verificado que a melhor faixa de temperatura para seu desenvolvimento variou de 21 a 29°C. Além disto o vetiver conseguiu crescer nos mais variados tipos de substrato (solo arenoso, areia arenosa, solo argiloso, calcário triturado, argila arenosa e mistura de cinza vulcânica granulada (tuff) e turfa).

Shu et al. (2002) avaliaram a regeneração da vegetação em uma área de extrema toxidez de chumbo e zinco. Utilizou-se as espécies *Vertiveria zizanioides*, *Paspalum notatum*, *Cynodon dactylon* e *Imperata cylindrica*. Os autores observaram que o vetiver após 6 meses de experimentação, tinha uma altura de 220 cm e cobria totalmente a área, e mostrou o maior potencial de regeneração de vegetação em relação às demais espécies avaliadas.

Estudo de Singh et al. (2014) constatou que o capim-vetiver consegue sequestrar da atmosfera aproximadamente 15,24 Mg. ha⁻¹. Ano⁻¹ de C na parte aérea e nas raízes, bem superior às demais plantas: capim-limão (5,38 Mg. ha⁻¹. Ano⁻¹), e palma rosa (6,14 Mg. ha⁻¹. Ano⁻¹). Segundo os autores, o vetiver poderia sequestrar até 150 Mg. Ano⁻¹ de Carbono, o que corresponderia a 46% do Carbono emitido pela Índia na Atmosfera.

Em estudo de Berg (2006) avaliou-se a preferência de ovoposição da mariposa *Chilo partellus* (Swinhoe) (Lepidoptera: Pyralidae) e a *Busseola fusca* (Fuller) (Lepidoptera: Noctuidae), e visto que a *C. partellus* preferiu o vetiver ao invés do milho e mesmo com uma taxa de sobrevivência baixa, enquanto a *B. fusca* não teve preferência. O autor sugere o vetiver como uma importante cultura armadilha para controles de pragas em cultivo em zonas agroecológicas.

m) Medicinal

Segundo Rao e Suseela (2000), na Índia o capim-vetiver é usado como anti-helmíntica para crianças, no tratamento de furúnculos, queimaduras, epilepsia, febre, inflamações, picadas de escorpião, mordidas de cobra e feridas na boca. Já o extrato de raiz é usado para dor de cabeça e dor de dente, o óleo é considerado estimulante, refrescante e diaforético. As folhas são usadas com a aplicação local em pasta, servindo para reumatismo, entorse e dor lombar. Segundo Ghedira e Goetz (2015), o vetiver na Índia é indicado para uso interno em pó ou chá (febre, náuseas e vômitos) e externamente para micoses e dermatites.

n) Compostos e Fibras de vetiver

Segundo Gaspard et al. (2007), quantidades de resíduos (lignocelulósicos) produzidos da industrialização do óleo essencial de raízes de vetiver, podem ser utilizados como composto na produção de carvão ativado. Outro uso relacionado, é o composto de polipropileno juntamente com pó de vetiver, sendo utilizado na Tailândia na confecção de móveis, artigos domésticos e eletrodomésticos (Hirunpraditkoon e García, 2009).

Um trabalho de Ruksakulpiwat et al. (2007) com foco em melhorar a qualidade dos compostos de vetiver-polipropileno (PP), demonstrou que a quantidade de vetiver junto do composto modifica a qualidade das variáveis testadas como temperatura, viscosidade, impacto, distorção de calor, tração.

o) Biogás

Segundo Li et al. (2014), a produtividade do biogás de vetiver é uma forma de manter o equilíbrio ecológico, além de ser rentável, os autores em sua pesquisa conseguiram produzir alto rendimento de biogás ($140.434 \text{ m}^3/\text{m}^3/\text{t}$), rendimento diário de biogás ($3.266 \text{ m}^3/\text{m}^3/\text{t/d}$) e alto rendimento de planta para produção de biomassa (58.46 %).

p) Bioetanol

Raman e Gnansounou (2015) verificaram que a biomassa das folhas do vetiver é rica em celulose, hemicelulose e lignina. Quando se compara o ciclo de vida do vetiver e o sistema convencional de biorrefinaria, ocorre a redução de emissão de CO_2 em (95%) e do petróleo fóssil (23 %), já para o sistema de biorrefinarias independente, a redução da emissão de CO_2 chega a (99%) e redução do petróleo fóssil (17%). Assim, os autores sugerem que a planta do vetiver seja utilizada como fonte de energia, pois o vetiver é muito superior ao combustível produzido de petróleo fóssil.

q) Artesanatos e construções

Famílias de comunidades rurais da Tailândia, Indonésia, Filipinas, América Latina e África, utilizam as folhas do capim-vetiver na produção de artesanatos (bolsas, chapéus, cestos, vasos, travesseiros, colchas, tapetes, entre outras), além da confecção de telhados de sapé (Palha) em construções rurais (boa resistência à chuva e insolação); no Senegal é utilizado na confecção de tijolos (resistência a rachaduras); há ainda o uso como cordas (resistente) para amarrar as mudas e palhas de arroz (Truong et al., 2008).

r) Alimentação animal

A prática de alimentação animal com o capim-vetiver, muito comum na Índia, foi testada e se observou que o vetiver fornece ao animal valores

satisfatórios de proteína total, matéria seca digestível e minerais, e confere níveis insignificantes de nitrato, o que não é tóxico aos animais (bovinos e caprinos) (Maffei, 2002).

s) Melhoria da qualidade do solo

Em um trabalho de Panitnok et al. (2013), observou-se que o vetiver melhorou a qualidade do solo (matéria orgânica e condutividade hidráulica saturada) e quando utilizou-se conjuntamente o vetiver e o esterco, ocorreu aumento na capacidade de retenção de água no solo.

Leaungvutivroj et al. (2010) fizeram uma experimentação utilizando três tipos de solo diferentes, com e sem o uso de vetiver. Os autores perceberam que na vegetação com vetiver, ocorreu aumento de micro-organismos no solo (fungos celulolíticos, Azobacter, bactérias solubilizantes de fosfato), matéria orgânica, macro e micronutrientes e umidade do solo.

2.3.2. Leguminosas

Plantas da família Fabaceae (Leguminosae) são os adubos verdes mais utilizados por apresentarem aumento do aporte de nitrogênio no solo, por possuírem simbiose com bactérias fixadoras de nitrogênio (*Rhizobium/bradyrhizobium*), além de aumentarem matéria orgânica e nutrientes minerais na camada superficial do solo (Carvalho e Pires, 2008; Mateus e Wutke, 2006).

A escolha das espécies de leguminosas como adubos verdes deve ser feita de acordo com as condições locais, como as exigências edafoclimáticas: espécies adaptadas a condições de baixa umidade (centrosema, cudzu-tropical, Sesbânia); outras a condições de frio (chícaro, ervilhaca-comum, tremoço-branco, trevo-branco e trevo-vermelho); condições de déficit hídrico (caupi, cunhã, estilosantes, feijão-bravo-do-ceará, feijão-mungo, galáxia, guandu); tolerantes a sombreamento (Cudzu-tropical e feijão-de-porco); adaptadas a condições de baixa fertilidade (amendoin-forrageiro, cudzu-tropical, crotalária, Feijão-bravo-do-ceará, Guandu, Feijão-de-porco, Mucuna-preta, Indigófera, Siratro) (Espindola et al., 2005).

Segundo Muzilli et al. (1983), a produtividade do milho aumentou em 26% em condições normais de chuva com a adubação verde com a leguminosa tremoço-branco (*Lupinus albus* L.), permitindo assim a recuperação do solo desgastado e diminuindo os gastos com adubos nitrogenados.

2.3.2.1. Caupi

O Caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) é planta de origem africana, extremamente rústica, adaptada aos mais variados solos, sendo pertencente à família Fabaceae. No Brasil, foi introduzida pelos portugueses que eram associados ao tráfico de escravos, em meados do século XVI, no estado da Bahia (Freire Filho, 1988). O feijão-caupi foi disseminado pelo país pelos colonizadores, e segundo Freire Filho et al. (2017) na região norte, em meados do século XVIII, os imigrantes nordestinos foram os que levaram o feijão para a região, época que ocorreu o ciclo da borracha.

O Caupi é conhecido também como, “feijão-caupi”, “feijão-de-corda”, “feijão-fradinho” e “feijão-macassar”, é cultura tradicionalmente cultivada, consumida e comercializada, principalmente nas regiões norte e nordeste do país (Rocha et al., 2009), sendo também bastante cultivada no Norte Fluminense, principalmente no município de São Francisco do Itabapoana.

O caupi é uma leguminosa que pode ser utilizada tanto para consumo, como para adubação verde. O mercado do caupi no Brasil é de grãos secos, feijão-verde e sementes (Freire Filho et al., 2017).

3. TRABALHOS

3.1. Morfologia, composição de nutrientes minerais e produção de biomassa de capim-vetiver (*Chrysopogon zizanioides* (L.) Robert) com diferentes densidades de plantio

RESUMO

A utilização de plantas de cobertura do solo ou de adubação verde é importante em sistemas de produção agrícola de base ecológica. O capim-vetiver, devido a várias características que possui, tem potencial de utilização como planta de cobertura ou de adubação verde. O presente estudo teve como objetivos avaliar as características morfológicas, os teores de nutrientes e a produção de biomassa do capim-vetiver (*Chrysopogon zizanioides* (L.) Roberty) cultivado com diferentes densidades de plantio. A pesquisa foi realizada em Campos dos Goytacazes-RJ, Brasil. Esta consistiu de um experimento de campo com capim-vetiver com diferentes densidades de plantio nas linhas de cultivo (1, 2, 3 e 4 plantas por metro,) com linhas espaçadas de 1,0 m, o que correspondeu

a 10.000, 20.000, 30.000 e 40.000 plantas por hectare, respectivamente. Utilizou-se o delineamento em blocos casualizados com quatro repetições. Avaliou-se a morfologia do capim aos 11 meses após o plantio. Avaliou-se também a produção de biomassa de cortes realizados aos 11 e 12 meses após o plantio. O aumento da densidade de plantio do capim-vetiver diminui o número de perfilhos e o comprimento da circunferência da touceira das plantas. A produtividade de biomassa fresca e seca, os teores de N, P e K nas folhas e seu fornecimento não são afetados pela densidade de plantio entre 1 e 4 plantas m^{-1} . Assim, a densidade de 1 planta m^{-1} foi a mais eficiente, pois demandou menos mudas, menos trabalho no plantio e é de manejo mais fácil. O vetiver pode ser utilizado como adubo verde ou planta de cobertura, pois, produz grande quantidade de biomassa e suas folhas fornecem N, P e K em quantidades consideráveis.

ABSTRACT

The use of soil cover or green manure is important in ecologically based agricultural production systems. The vetiver grass, due to several characteristics that it possesses, has potential of use as cover plant or green manure. The objective of this study was to evaluate the morphological characteristics, nutrient content and biomass production of vetiver grass (*Chrysopogon zizanioides* (L.) Roberty) cultivated with different planting densities. The research was carried out in Campos dos Goytacazes-RJ, Brazil. It consisted of a field experiment with vetiver grass with different planting densities (1, 2, 3 and 4 plants per meter) with spaced rows of 1.0 m, corresponding to 10,000, 20,000, 30,000 and 40,000 plants per hectare, respectively. A randomized complete block design with four replications was used. The morphology of the grass was evaluated at 11 months after planting. It was also evaluated the biomass production of cuts at 11 and 12 months after planting. Increasing the planting density of vetiver grass reduces the number of tillers and the length of the circumference of the plant clumps. The yield

of fresh and dry biomass, the N, P and K contents in the leaves and their supply are not affected by the planting density between 1 and 4 plants m^{-1} . Thus, the density of 1 m^{-1} plant was the most efficient because it required fewer seedlings, less planting work and is easier to handle. Vetiver can be used as a green manure or cover plant because it produces a large amount of biomass and its leaves provide N, P and K in considerable amounts.

INTRODUÇÃO

O vetiver [*Vetiveria zizanioides* (L.) Nash, syn. *Chrysopogon zizanioides* (L.) Roberty)], também conhecido popularmente como capim-vetiver, capim-cheiroso, grama-cheirosa ou falso-pachuli, é uma gramínea de raízes aromáticas, sendo mais conhecida por suas propriedades medicinais (Arrigoni-Blank et al., 2013; Shabbir et al., 2019). Possui hábito perene, formando touceiras. As folhas são finas e rígidas, e as raízes são volumosas e muito ramificadas e podem chegar até 5,0 metros de profundidade. As plantas florescem e produzem sementes, porém, estéreis (Mickovski et al., 2005).

O vetiver é uma gramínea do tipo C4 e tem melhor crescimento quando exposta a condições de maior intensidade de luz solar, alcançando alturas que podem variar de 1,5 a 2 metros. É um capim que já vem sendo utilizado pelos indianos e parte da Ásia há, aproximadamente, 3.000 anos. É utilizado como matéria-prima para produção de perfumes, medicamentos, repelentes de insetos, além de ser utilizado no controle de erosão (Pereira, 2006).

O vetiver também é utilizado na recuperação e estabilização de encostas, sendo a idade das plantas um fator determinante na redução da resistência à penetração em diferentes profundidades do solo (Cobra et al., 2012). Contudo, o capim-vetiver pode ser usado para controle de erosão, cobertura do solo, alimentação animal (boa palatabilidade e teores de proteínas brutas), artesanatos, como fibra para confecção de paredes de barro e cobertura de telhado em

substituição ao Sapê (*Imperata brasiliensis* Trin.) (Viera et al., 2018). Além disto, é considerado como com alto potencial para remoção e degradação de matéria orgânica provinda dos tratamentos de esgoto doméstico nos chamados “Wetlands” (Oliveira et al., 2018).

Outros potenciais do capim-vetiver estão relacionados à sua grande capacidade de resistência a mudanças climáticas, ao fogo, às doenças e pragas. Segundo Jain et al. (1982), o vetiver possui ação de repelência natural de insetos. Segundo Brandt et al. (2006); Danh et al. (2009); Das et al. (2010); Datta et al. (2011, 2013); Roongtanakiat e Akharawutchayanon (2017) e; Anning e Akoto (2018), o capim-vetiver tem grande potencial de fitorremediação de metais pesados do solo, pois, são absorvidos pelas plantas de vetiver que, assim, descontaminam o solo e melhoram a qualidade do ambiente. Desta forma, segundo Banerjee et al. (2019), o vetiver é uma planta que vem atraindo atenção global, pois, além de uma série de aplicações no meio ambiente, é capaz de ser aplicado no processo de desintoxicação de águas e solos contaminados por resíduos a base de ferro, mangânes, zinco e cromo.

Avaliações de densidades de plantio de capim-vetiver para produção de biomassa e de seus teores de nutrientes são importantes para se obter informações sobre o potencial de utilização desta gramínea como cobertura do solo ou na adubação verde. Assim, as informações obtidas auxiliarão nas tomadas de decisão para o estabelecimento de bases ecológicas para cultivos agrícolas. O objetivo do estudo foi avaliar as características morfológicas, a composição de macronutrientes minerais primários e a produção de biomassa do capim-vetiver (*Chrysopogon zizanioides* (L.) Roberty) cultivado com diferentes densidades de plantio.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi implantado em área de 750 m², em Campos dos Goytacazes, RJ, (21°51'S e 41°16'O), no período de 18 de novembro de 2016 a 19 dezembro de 2017. O solo da área experimental era um Cambissolo háplico, cujas características na profundidade de 0 a 20 cm foram: pH= 7,0; P = 560 mg dm⁻³; K = 549 mg dm⁻³; Ca = 12,0 cmol_c dm⁻³; Mg = 2,2 cmol_c dm⁻³; H+Al =1,3 cmol_c dm⁻³; Na = 2,8 cmol_c dm⁻³; C = 2,8 %; MO= 48,4 g dm⁻³; SB= 18,2 cmol_c dm⁻³; T= 18,4 cmol_c dm⁻³; t= 18,4 cmol_c dm⁻³; V= 93,3 %; Fe= 29,7 mg dm⁻³; Cu= 2,6 mg dm⁻³; Zn= 13,5 mg dm⁻³; Mn=61,1 mg dm⁻³). Ao longo da realização do experimento, a precipitação total foi de 1210,5 mm (Figura 1). No histórico da área prevaleceu o pousio por, aproximadamente, 10 anos (anterior ao vetiver).

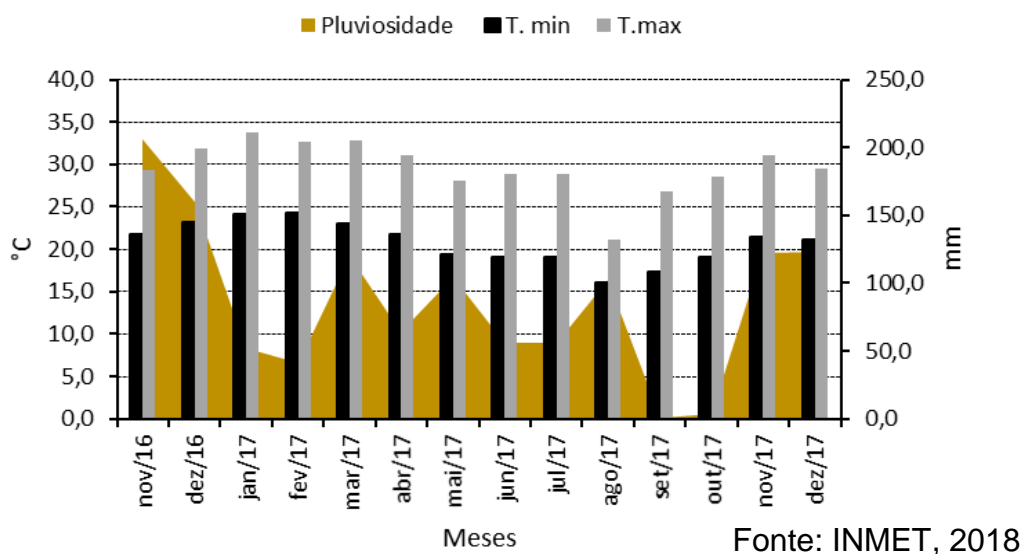


Figura 1. Temperaturas máximas, mínimas (°C), precipitação (mm), durante o desenvolvimento do experimento, Campos dos Goytacazes - RJ (novembro de 2016 a dezembro de 2017).

O arranjo experimental foi em parcelas subdivididas no tempo em que as parcelas constaram de épocas de corte do capim-vetiver (aos 11 e 12 meses após o plantio) e as subparcelas por densidades de plantio nas linhas de cultivo de vetiver (1; 2; 3; e 4 mudas por metro linear), que corresponderam a 10.000,

20.000, 30.000 e 40.000 plantas por hectare, respectivamente. Utilizou-se o delineamento em blocos casualizados com quatro repetições.

Cada unidade experimental (U.E.) foi constituída por três linhas de capim-vetiver com 5,0 m de comprimento, espaçados a 1,0 m. Sendo assim, a área de cada U.E foi de 15 m². A área útil de cada U.E foi correspondente à linha central (5 m²).

As mudas de capim-vetiver foram transplantadas por propagação vegetativa, e foram plantadas dia 18 de novembro de 2016, sendo obtidas no IFES – Santa Teresa/ES. Na área de plantio foram feitas a aração e gradagem, além da adubação orgânica nas plantas utilizando esterco bovino (ph= 6,8; N=15 g/kg; P205=11,62 g/kg; k2O=10,29 g/kg; 9,44 g/kg; Mg=5,62 g/kg; C=206,4 g/kg; U=32,11%; Fe=163,89 mg/kg; Cu=42 mg/kg; Zn= 144 mg/kg; Mn= 598 mg/kg), a uma quantidade de 1,35 Mg ha⁻¹. Aos 11 e 12 meses após o plantio do capim-vetiver foram realizados cortes da parte aérea a altura de aproximadamente 10 cm do solo. Os cortes foram realizados com roçadeira manual motorizada e o material cortado, após pesado, foi depositado sobre o solo de forma uniforme, nas respectivas unidades experimentais.

O experimento foi conduzido utilizando sistema de irrigação por aspersão com lâmina de 19 mm por aplicação, duas vezes por semana.

Análise morfológica:

Aos 11 meses após o plantio das mudas do capim-vetiver, imediatamente antes do corte da parte aérea das plantas, fez-se a análise morfológica do mesmo. Para essa análise foi utilizada uma trena métrica. Foi feita avaliação de todas as plantas de vetiver de cada área útil (linha central de cada unidade experimental). Assim, avaliou-se: a) circunferência das touceiras (aproximadamente 20 cm da superfície do solo); b) altura das plantas (aproximadamente até as últimas seis folhas de maior comprimento); c) número de perfilhos (contagem direta); d) número de inflorescências (pendões individualizados).

Produção de biomassa

A parte aérea do capim-vetiver (folhas e colmos), das linhas centrais das unidades experimentais, foi cortada aos 11 e 12 meses após o plantio. O material cortado foi pesado em balança digital para estimar a massa fresca por hectare. Logo após, foram retiradas amostras e levadas para secagem em estufa com circulação forçada de ar à temperatura de 70°C, por 72 horas. Estas amostras foram pesadas antes e após a secagem.

Macronutrientes minerais primários

Foram determinados os teores de N, P e K da parte aérea do capim-vetiver. As amostras de matéria seca foram moídas em moinho de facas do tipo Wiley, abertura da peneira de 20 “mesh” e armazenadas em frascos herméticos fechados.

Fez-se inicialmente a digestão sulfúrica. Foram retirados 0,1g da amostra vegetal. Para determinação de nitrogênio utilizou-se o “Método de Nessler” (Reagente A - Reagente de Nessler / Reagente B - tartarato de sódio), enquanto, para o fósforo utilizou-se o reagente A (Molibdato de Amônio) / reagente B (Vitamina C a 0,8%). Fazendo-se as leituras em um espectrofotômetro (Specord 210, Analytik Jena). Para determinação do potássio foi utilizado o fotômetro de chamas.

Foi realizada a análise de variância F em nível de 1 e 5% de probabilidade. Em caso de efeito significativo para a densidade de plantas por metro realizou-se a análise de regressão. As análises estatísticas foram feitas utilizando o programa estatístico Sistema para Análises Estatísticas e Genéticas, SAEG (2007).

RESULTADOS

Análise morfológica

A altura e o número de inflorescências por planta do capim-vetiver, não apresentaram efeito significativo ($P > 0,05$) de densidades de plantio nas linhas de cultivo. Assim, as médias foram 103,02 cm e 1,22; respectivamente (Tabela 1).

Tabela 1. Média das características morfológicas do capim-vetiver, aos 11 meses de idade, cultivado com diferentes densidades de plantio

Densidade (pl/m)	Alturas ns (cm)	Circunferência * (cm)	Perfilhos * (ns)	Número de inflorescências ns
1	100,98	26,32	94,84	1,18
2	104,03	23,32	70,06	1,20
3	105,33	20,35	55,38	1,44
4	101,74	17,90	44,00	1,07
	103,02	21,97	66,07	1,22
CV %	9,8	17,2	23,7	62,3

ns, e * = não significativo e significativo em 5% de probabilidade pelo teste F, respectivamente.

Contudo, ocorreu efeito significativo ($P < 0,05$) da densidade de plantio sobre a circunferência das plantas de vetiver. A maior circunferência das plantas ocorreu na densidade de 1 planta m^{-1} , enquanto, a menor ocorreu com 4 plantas m^{-1} (Figura 2). As circunferências das plantas de vetiver nas densidades de 1; 2 e 3 plantas m^{-1} foram, aproximadamente 47%, 30% e 14% a mais que a circunferência das plantas na densidade de 4 plantas m^{-1} , respectivamente.

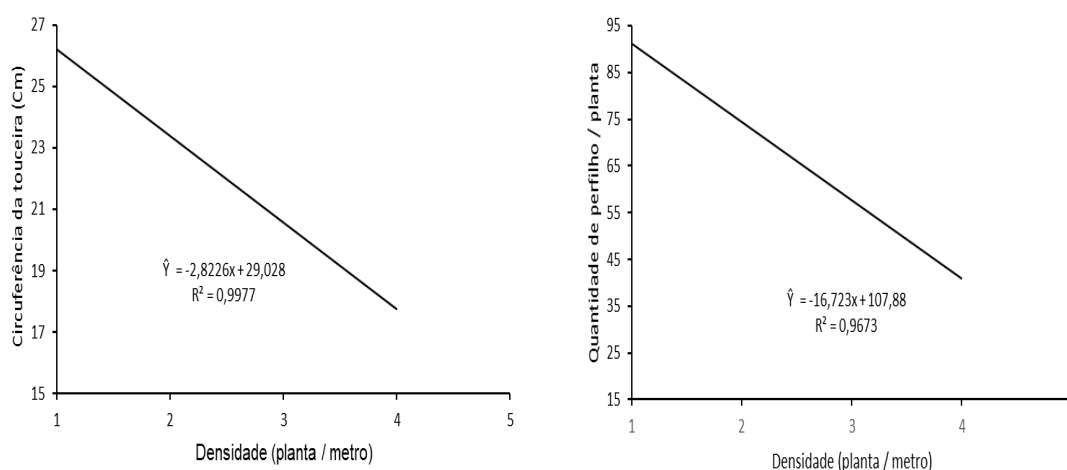


Figura 2. Circunferência da touceira e quantidade de perfilhos considerando a densidade de plantio de mudas do capim-vetiver.

Ocorreu efeito significativo ($P < 0,05$) da densidade de plantio sobre o número de perfilhos por planta de vetiver. O maior foi com 1 planta m^{-1} , enquanto, o menor ocorreu com 4 plantas m^{-1} (Figura 2). O número de perfilhos por planta

de vetiver nas densidades de 1; 2 e 3 plantas m^{-1} foi, aproximadamente, 2,2; 1,6 e 1,3 vezes maior que na densidade de 4 plantas m^{-1} , respectivamente.

Produtividade de biomassa e Macronutrientes minerais primários

A produtividade de massa fresca do capim-vetiver não apresentou efeito significativo das densidades de plantio e da interação com os cortes ($P>0,05$). Entretanto, para os cortes ocorreu efeito significativo ($P<0,05$) em que, em média, o primeiro corte resultou em aproximadamente 11 $Mg\ ha^{-1}$ a mais de massa fresca de vetiver que o segundo corte (Tabela 2).

De forma semelhante à massa fresca, a massa seca da parte aérea do capim-vetiver não apresentou efeito significativo das densidades de plantio e da interação ($P>0,05$). No entanto, para os cortes ocorreu efeito significativo ($P<0,05$) em que, o primeiro corte resultou em aproximadamente 4 $Mg\ ha^{-1}$ a mais de massa seca de vetiver que o segundo corte (Tabela 2).

Tabela 2. Produtividade de massa fresca e seca ($kg\ ha^{-1}$), considerando cortes e densidades de plantio do capim-vetiver

Cortes	Densidade de vetiver (plantas m^{-1})				Média
	1	2	3	4	
Massa fresca ($kg\ ha^{-1}$)					
1 ^o	11861,50	14251,25	16082,00	14265,00	14114,9A
2 ^o	2545,50	3139,00	3870,00	3721,50	3319,0B
Total	14407,0	17390,25	19952	17986,5	
C.V. (%)	45,03				
Massa seca ($kg\ ha^{-1}$),					
1 ^o	3992,99	5544,93	5169,41	5126,83	4958,5A
2 ^o	721,56	908,14	1024,20	1122,38	944,1B
Total	4714,55	6453,07	6193,61	6249,21	
C.V. (%)	52,5				

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste F em 5% de probabilidade.

O teor de nitrogênio na massa seca da parte aérea do capim-vetiver apresentou efeito significativo ($P<0,05$) dos cortes, não ocorrendo efeito ($P>0,05$) de densidades e da interação (Tabela 3). Em média o teor de N foi duas vezes maior no segundo corte. Por outro lado, os teores de fósforo e potássio na massa

seca da parte aérea do capim-vetiver não apresentaram efeitos significativos ($P>0,05$) das densidades de plantio, dos cortes e da interação entre eles. Em média, os teores foram 3,1 e 19,1 g kg⁻¹, respectivamente (Tabela 3).

Tabela 3. Teores de nitrogênio, fósforo e potássio (g kg⁻¹) na parte aérea, considerando cortes e densidades de plantio do capim-vetiver

Cortes	Densidade de vetiver (plantas m ⁻¹)				Média
	1	2	3	4	
	Teor de N (g kg⁻¹)				
1 ^o	6,9	6,4	7,2	6,8	6,8B
2 ^o	14,6	14,0	13,9	13,8	14,1A
Média	10,1	10,2	10,6	10,3	10,5
C.V. (%)	11,3				
	Teor de P (g kg⁻¹)				
1 ^o	2,86	2,99	3,81	2,95	3,2A
2 ^o	3,17	2,98	2,82	2,93	3,0A
Média	3,0	3,0	3,3	2,9	3,1
C.V. (%)	27,6				
	Teor de K (g kg⁻¹)				
1 ^o	19,53	18,09	19,56	18,50	18,9A
2 ^o	19,19	19,84	19,03	18,55	19,2A
Média	19,4	19,0	19,3	18,5	19,1
C.V. (%)	10,4				

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste F em 5% de probabilidade.

As quantidades de nitrogênio, fósforo e potássio contidos na palhada do capim-vetiver não apresentaram efeitos significativos das densidades de plantio e da interação com os cortes ($P>0,05$). Todavia, os cortes apresentaram efeito significativo ($P<0,05$). O primeiro corte resultou em conteúdos de N, P e K na palhada superiores em 19,6; 13,1 e 73 kg ha⁻¹, respectivamente, em comparação com o 2^o corte (Tabela 4).

Tabela 4. Quantidade de nitrogênio, fósforo e potássio contidos na palhada (kg ha⁻¹) considerando cortes e densidades de plantio do capim-vetiver

Cortes	Densidade de vetiver (plantas m ⁻¹)				Média
	1	2	3	4	
Quantidade de N (kg ha⁻¹)					
1 ^o	26,7	34,6	35,1	35,2	32,9A
2 ^o	10,6	12,7	14,3	15,4	13,3B
Total	37,3	47,3	49,4	50,6	
C.V. (%)	44,7				
Quantidade de P (kg ha⁻¹)					
1 ^o	11,8	16,9	19,9	15,1	15,9A
2 ^o	2,3	2,8	2,9	3,2	2,8B
Total	14,1	19,7	22,8	18,3	
C.V. (%)	78,6				
Quantidade de K (kg ha⁻¹)					
1 ^o	80,5	100,8	92,8	88,2	90,6A
2 ^o	13,4	17,4	20,2	19,5	17,6B
Total	93,9	118,2	113	107,7	
C.V. (%)	57,9				

Médias seguidas da mesma letra maiúscula, na coluna, e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste F (5%).

DISCUSSÃO

Quanto às variáveis morfológicas avaliadas do vetiver, ocorreram efeitos das densidades de plantio sobre a circunferência e sobre o número de perfilhos das touceiras. A densidade de 1 planta m⁻¹ resultou em maiores valores para essas variáveis morfológicas (Tabela 1). Isto, possivelmente, está relacionado a fatores como o maior espaço entre plantas, maior luminosidade e menor competição, nas menores densidades de plantio. Assim, as plantas tendem a ocupar o espaço com surgimento de novos perfilhos, com conseqüente aumento da circunferência da touceira. Desta forma, corrobora o estudo de Edvan et al. (2011), em que atribuíram o aumento de perfilhamento e tamanho da touceira a fatores como: luminosidade, clima, e o tipo de manejo. Segundo Matew (2000) a época e o manejo da gramínea, podem resultar em modificações como: aumento

na entrada da luz solar, e posterior aumento no dossel das plantas, além de ocorrer diferenciação das gemas e formação de novos perfilhos.

Em relação à produtividade (Tabela 2), ocorreram efeitos significativos para os cortes, nas avaliações de massa fresca e seca. O primeiro corte produziu 11 e 4 Mg ha⁻¹ a mais que o segundo, respectivamente. A massa fresca do primeiro corte produziu em torno de 14 Mg ha⁻¹ aos 11 meses após o plantio. Enquanto, os totais de produção de biomassa fresca e seca dos dois cortes atingiram em média, 17,4 e 5,9 Mg ha⁻¹, respectivamente, aos 12 meses após o plantio.

O potencial de produção do vetiver está condicionado ao clima e ao estabelecimento da cultura. Segundo Danh et al. (2009) e Lavania e Lavania (2009), o vetiver tem potencial de produção anual em torno de 100 a 120 toneladas por hectare. Além disto, o tipo de solo pode influenciar no crescimento das plantas de vetiver como verificado por Teixeira et al. (2015). Estes autores constataram que o vetiver, quando submetido a doses de fosforo, em três tipos de solo, verificou-se que o Cambissolo Háplico resultou em maior rendimento de matéria seca e número de perfilhos, se comparados ao Argissolo e Latossolo amarelo.

Segundo Manoel et al. (2013), a produção de biomassa de vetiver é afetada pelo espaçamento, segundo os autores o vetiver, com aproximadamente 14 meses, produziu no maior espaçamento utilizado, aproximadamente, 9 Mg ha⁻¹ enquanto, em espaçamentos menores, acima de 20 Mg ha⁻¹.

A produtividade de biomassa de vetiver (Tabela 2) foi abaixo do potencial. Isto ocorreu, possivelmente, devido ao fato das plantas estarem em período de estabelecimento na área. Contudo, por meio de observação visual, verificou-se que o material cortado, depositado sobre o solo, apresentou recobrimento satisfatório da superfície do solo.

O vetiver em um mês (entre o período do primeiro e o segundo corte, 11 e 12 meses) produziu aproximadamente 3,0 Mg ha⁻¹ de folhas (massa fresca) (Tabela 2), que correspondeu a aproximadamente 1,0 Mg ha⁻¹ de massa seca de folhas (Tabela 2). Isto demonstra que este capim tem rápido crescimento e alto potencial para produzir biomassa.

Teixeira et al. (2005) verificaram que em 119 dias o milheto produziu 11,7 e 2,9 Mg ha⁻¹ de massa fresca e seca, respectivamente. Já Castro et al. (2005)

obtiveram 6,4 Mg ha⁻¹ de biomassa seca de milho, em 40 dias. No entanto, em ensaio de campo realizado por Simidu et al. (2010) utilizando três gramíneas para adubação verde, em 11 meses, o milho (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Brown), a braquiária (*Brachiaria brizantha*) e o sorgo forrageiro (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) produziram 55,7; 58,5; 36,3 Mg ha⁻¹ e 19,5; 22,7; 10,2 Mg ha⁻¹; de massa fresca e seca, respectivamente.

O teor de N maior nas folhas no segundo corte, comparativamente ao primeiro (Tabela 3), certamente, está relacionado a que, de maneira geral, tecidos vegetais mais novos tendem a ser mais ricos em nitrogênio. Enquanto, tecidos mais maduros tendem a ter mais carbono, diminuindo o teor de N, portanto, do plantio até o primeiro corte foram 11 meses, enquanto, do primeiro até o segundo corte transcorreram apenas 30 dias.

Na avaliação da viabilidade de se utilizar uma espécie de planta como adubo verde ou como planta de cobertura é de grande importância ter o conhecimento sobre as quantidades de nutrientes que esta poderá liberar para o cultivo posterior. As médias dos teores de NPK, não diferiram em função das densidades de plantio (Tabela 3). Possivelmente, mesmo com o aumento das densidades de plantio de vetiver, não houve competição por esses nutrientes.

Segundo Malavolta et al (1997), para gramíneas a faixa ideal de teor de N na parte aérea é de 11,3 a 18,0 g kg⁻¹; P de 0,6 a 1,2 g kg⁻¹ e K de 10,8 a 15,0 g kg⁻¹. Para as médias de NPK encontrados, apenas o N está abaixo da faixa de suficiência, considerados adequados para as culturas.

Para os nutrientes contidos na palhada (NPK), ocorreu efeito dos cortes, para nitrogênio, fósforo e potássio, sendo 19,6; 13,1 e; 73,0 kg ha⁻¹ a mais que o segundo corte e os totais fornecidos foram 46,2; 18,7 e 108,2 kg ha⁻¹, respectivamente. O maior aporte de N, P e K contidos pela palhada do vetiver no primeiro corte, em comparação ao segundo (Tabela 4), está relacionado à produtividade de biomassa do primeiro corte ter sido maior que no segundo (Tabela 2).

Segundo Malavolta (1976), para gramíneas a faixa adequada de nitrogênio fornecido pela palhada é de 207 a 307 kg ha⁻¹; fósforo de 32 a 64 kg ha⁻¹ e potássio de 208 a 509 kg ha⁻¹. As médias de NPK contidos na palhada, estão

abaixo das faixas recomendadas, porém quando se trata do vetiver, ainda não existe literatura que seja específica para analisar a disponibilização nutricional.

Aita et al. (2001) verificaram que a gramínea (aveia-preta) conseguiu acumular em torno de 4.417 kg ha⁻¹ de matéria seca de parte aérea e um acúmulo de nitrogênio de 41,7 kg ha⁻¹, mesmo o acúmulo sendo menor que a leguminosa (Tremoço azul), os autores demonstraram que, mesmo as leguminosas possuindo tempo menor para fornecimento de nutrientes para cultura, essas levam mais tempo para se decomporem devido à alta relação C/N, no entanto, é um fator, que pode ser importante na manutenção da palhada e liberação de nutrientes para a cultura posterior.

A partir dos resultados obtidos (Tabelas 1, 2, 3, e 4), verifica-se que o capim-vetiver pode ser usado como adubo verde ou como planta de cobertura, pois, produz grande quantidade de biomassa e suas folhas fornecem N, P e K em quantidades consideráveis.

Como o capim-vetiver tem a vantagem de rebrotar, após o corte, há a possibilidade de que seja utilizado em aleias, devido a não necessidade de replantio. Por outro lado, ele também pode ser produzido em capineiras, em locais próximos a áreas em que são feitos cultivos agrícolas, com fins de se produzir cobertura morta para o solo ou adubação verde.

Como não ocorreu efeito significativo de densidade de plantio para as características produção de biomassa (Tabela 2) e conteúdo de N, P e K (Tabela 4) verifica-se que a densidade de 1 planta m⁻¹, até 12 meses de cultivo, é a mais eficiente, pois demanda menos mudas, menos trabalho no plantio e é de manejo mais fácil.

CONCLUSÃO

O aumento da densidade de plantio do capim-vetiver diminui o número de perfilhos e o comprimento da circunferência da touceira das plantas.

A produtividade de biomassa fresca e seca, os teores nas folhas e o conteúdo de N, P e K não são afetados pela densidade de plantio entre 1 e 4 plantas m⁻¹. Assim, a densidade de 1 planta m⁻¹ é a mais eficiente, pois demanda menos mudas, menos trabalho no plantio e é de manejo mais fácil.

O vetiver pode ser utilizado como adubo verde ou planta de cobertura, pois, produz grande quantidade de biomassa e suas folhas fornecem N, P e K em quantidades consideráveis.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aita, C., Basso, C. J., Ceretta, C. A., Gonçalves, C. N., Da Ros, C. O. (2001) Plantas de cobertura de solo como fonte de nitrogênio ao milho. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 25(1): 157-165.
- Anning, A. K., Akoto, R. (2018) Assisted phytoremediation of heavy metal contaminated soil from a mined site with *Typha latifolia* and *Chrysopogon zizanioides*. *Ecotoxicology and environmental safety*, 148: 97-104.
- Arrigoni-Blank, M. de F., Blank, A.F., Santos, T.C. (2013) Produção de mudas de vetiver (*Chrysopogon zizanioides* (L.) Roberty) com uso de diferentes substratos. *Biosci. J.* 29: 597–604.
- Banerjee, R., Goswami, P., Lavania, S., Mukherjee, A., Lavania, U. C. (2019) Vetiver grass is a potential candidate for phytoremediation of iron ore mine spoil dumps. *Ecological Engineering*, 132:120-136.
- Brandt, R., Merkl, N., Schultze-Kraft, R., Infante, C., Broll, G. (2006) Potential of vetiver (*vetiveria zizanioides* (L.) Nash) for phytoremediation of petroleum hydrocarbon-contaminated soils in Venezuela. *International Journal of Phytoremediation*, 8: 273–284.
- Castro, C. M. D., Almeida, D. L. D., Ribeiro, R. D. L. D., Carvalho, J. F. D. (2005). Plantio direto, adubação verde e suplementação com esterco de aves na produção orgânica de berinjela. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 40(5): 495-502.

- Cobra, R. L., de Andrade Pinto, L. V., Souza, R. X., Pereira, M. W. M., Pereira, A. J. (2012) Resistência à penetração do solo de uma encosta: efeitos de espaçamento de plantio e idade da gramínea Vetiver. *Revista Agrogeoambiental*, 4(2): 1-9.
- Crusciol, C. A. C., Cottica, R. L., Lima, E. D. V., Andreotti, M., Moro, E., Marcon, E. (2005) Persistência de palhada e liberação de nutrientes do nabo forrageiro no plantio direto. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 40 (2): 161-168.
- Danh, L. T., Truong, P., Mammucari, R., Tran, T., Foster, N. (2009) Vetiver grass, vetiveria zizanioides : a choice plant for phytoremediation of heavy metals and organic wastes. *International Journal of Phytoremediation*, 11(8): 664–691.
- Das, P., Datta, R., Makris, K.C., Sarkar, D.(2010) Vetiver grass is capable of removing TNT from soil in the presence of urea. *Environmental Pollution*, 158: 1980–1983.
- Datta, R., Das, P., Smith, S., Punamiya, P., Ramanathan, D.M., Reddy, R., Sarkar, D. (2013) Phytoremediation potential of vetiver grass [*Chrysopogon zizanioides* (L.)] for tetracycline. *International Journal of Phytoremediation*, 15: 343–351.
- Datta, R., Quispe, M.A., Sarkar, D. (2011) Greenhouse study on the phytoremediation potential of vetiver grass, *Chrysopogon zizanioides* L., in arsenic-contaminated soils. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 86: 124–128.
- Edvan, R. L., Santos, E., Da Silva, D., De Andrade, A. P., Costa, R. G., Vasconcelos, W. A. (2011) Características de produção do capim-buffel submetido a intensidades e freqüências de corte. *Archivos de zootecnia*, 60(232): 1281-1289.
- INMET. (2018) *Estação Meteorológica de Observação de Superfície automática*. Instituto Nacional de Meteorologia. Acesso em 8 de Setembro de 2018 .Disponível:<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/estacoesAutomaticas>.
- Jain, S.C., Nowicki, S., Eisner, T., Meinwald, J. (1982) Insect repellents from vetiver oil: I. zizanal and epizizanal. *Tetrahedron Letters*, 23: 4639–4642.

- Lavana, U. C., Lavana, S. (2009) Sequestration of atmospheric carbon into subsoil horizons through deep-rooted grasses - Vetiver grass model. *Current Science*, 97(5), 618–619.
- Malavolta, E. (1976). *Manual de química agrícola: nutrição de plantas e fertilidade do solo*. In: Manual de química agrícola: nutrição de plantas e fertilidade do solo. Agronômica Ceres. 528p.
- Malavolta, E., Vitti, G.C., Oliveira, S.A. (1997) *Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações*. Piracicaba: Potafos, 319p.
- Manoel, D. S., Pinto, L. V. A., Souza, R. X., Oliveira Neto, O. F., Pereira, M. W. M. (2013) Produção de biomassa da gramínea vetiver (*Chrysopogon zizanioides* (L.) Roberty) em diferentes espaçamentos após 420 dias do plantio. *Revista Agrogeoambiental*, 1:31-34.
- Matthew, C., Assuero, S.G., Black, C.K., Da Fonseca, D.M., Mosquim, P.R. and Gobbi, K.F. (2000) *Tiller dynamics of grazed swards*. In: Lemaire, G. et al. (eds.). *Grassland ecophysiology and grazing ecology*. CABI Publishing. Wallingford. p. 127-150.
- Mickovski, S.B., Van Beek, L.P.H., Salin, F. (2005) Uprooting of vetiver uprooting resistance of vetiver grass (*Vetiveria zizanioides*). *Plant Soil*, 278: 33–41.
- Oliveira, L. P., Souza, M. B., Soares, A. F. S., Andrade, I. C. M. (2018) Avaliação da eficiência de wetlands na remoção de matéria orgânica presente em esgoto sanitário. *NBC-Periódico Científico do Núcleo de Biociências*, 8 (15): 68.
- Pereira, A.R. (2006) Uso do vetiver na estabilização de taludes e encostas. *Boletim técnico, Deflor Bioengenharia*, 1: 1-20.
- Roongtanakiat, N., Akharawutchayanon, T. (2017) Evaluation of vetiver grass for radiocesium absorption ability. *Agriculture and Natural Resources*, 51: 173–180.
- SAEG, S. (2007) *Sistema para análises estatísticas*, versão 9.1. Viçosa: UFV.
- Simidu, H, M., De Sá, M. E., Domingues de Souza, L. C., de Lima Abrantes, F., Pina da Silva, M., Arf, O. (2010) Efeito do adubo verde e época de semeadura sobre a produtividade do feijão, em plantio direto em região de cerrado. *Acta Scientiarum. Agronomy*, 32(2): 309-315.
- Shabbir, A., Khan, M. M. A., Ahmad, B., Sadiq, Y., Jaleel, H., Uddin, M. (2019)

- Vetiveria zizanioides* (L.) Nash: A Magic Bullet to Attenuate the Prevailing Health Hazards. *Plant and Human Health*, 2: 99-120.
- Teixeira, C. M., Carvalho, G. D., Furtini Neto, A. E., Andrade, M. D., Marques, E. L. S. (2005). Produção de biomassa e teor de macronutrientes do milho, feijão-de-porco e guandu-anão em cultivo solteiro e consorciado. *Ciência e Agrotecnologia*, 29(1): 93-99.
- Teixeira, P. C., de Mesquita, I. L., de Macedo, S. T., Teixeira, W. G. (2015) Resposta de vetiver à aplicação de calcário e fósforo em três classes de solo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 19 (2): 99–105.
- Vieira, C. L., Goulart, A. G., da Silva, T. M., Verdum, R. (2018). Emprego do capim vetiver para o controle da erosão e cobertura do solo nos areais do sudoeste do estado do RS, Brasil. *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*, 1(2): 338-351.

3.2. Taxa de decomposição da palhada de capim-vetiver (*Chrysopogon zizanioides* (L.) Robert) e estimativa de nutrientes liberados ao solo

RESUMO

A fim de atender a demanda de nutrientes ou cobertura do solo da cultura principal, quando se utiliza plantas para adubação verde, é necessário o conhecimento da população de plantas mais adequado; quando deve ser feito o corte; quanto de nutrientes será liberado e; em qual período ocorrerá a liberação. O objetivo do trabalho foi verificar a taxa de decomposição do capim-vetiver em sistema agroecológico de produção. A pesquisa foi realizada em Campos dos Goytacazes-RJ, Brasil. O experimento foi arranjado em parcela subdividida no tempo, em que densidades de plantio de capim-vetiver constituíram as subparcelas (1, 2, 3 e 4 mudas por metro) e as parcelas por períodos de decomposição da palhada do vetiver após o corte aos 11 meses após o plantio (0, 15, 25, 70 e 125 dias). O delineamento experimental foi em blocos casualizados com quatro repetições. Estimou-se que no período de 125 dias foram decompostos 2,05 Mg ha⁻¹ de massa seca de palhada de vetiver e permaneceu sobre o solo 3,25 Mg ha⁻¹ ao final deste período. Nos primeiros cinco dias após o corte do capim-vetiver as velocidades de liberação de N, P e K foram maiores, atingindo 5,0; 1,0 e 12 kg ha⁻¹ ao final deste período. A partir do quinto dia, as liberações diárias de N, P e K foram menores, chegando a totais de 10,0; 9,4 e

51,4 kg ha⁻¹, respectivamente, até 125 dias após o corte. A densidade de 3 plantas m⁻¹ de vetiver foi a que apresentou a maior massa seca de palhada no período de 125 dias, e continha mais N, P e K, comparado às densidades de 1, 2 e 4 plantas m⁻¹. Ao longo de 125 dias após o corte, a palhada do capim-vetiver de todas as densidades de plantio avaliadas, liberou 7,2; 4,11 e; 27,9 kg ha⁻¹, de N, P e K, respectivamente.

ABSTRACT

In order to meet the nutrient demand or soil cover of the main crop, when using plants for green manure, knowledge of the most appropriate plant population is needed; when to cut; how much nutrients will be released; in which period the release will take place. The objective of this study was to verify the rate of decomposition of vetiver grass in agroecological production system. The research was carried out in Campos dos Goytacazes-RJ, Brazil. The experiment was arranged in a plot subdivided in time, in which planting densities of vetiver grass constituted the subplots (1, 2, 3 and 4 seedlings per meter) and the plots by periods of decomposition of the vetiver straw after cutting at 11 months after planting (0, 15, 25, 70 and 125 days). The experimental design was in a randomized block with four replicates. It was estimated that in the period of 125 days 2.05 Mg ha⁻¹ of dry mass of vetiver straw were decomposed and 3.25 Mg ha⁻¹ remained on the soil at the end of this period. In the first five days after cutting the vetiver grass the release rates of N, P and K were higher, reaching 5.0; 1.0 and 12 kg ha⁻¹ at the end of this period. From the fifth day, the daily releases of N, P and K were lower reaching a total of 10.0; 9.4 and 51.4 kg ha⁻¹, respectively, up to 125 days after cutting. The density of 3 plants m⁻¹ of vetiver was the one with the highest dry mass of straw in the period of 125 days, and contained more N, P and K in the straw, compared to densities of 1, 2 and 4 plants m⁻¹. During 125 days after cutting, the straw of the vetiver grass of all evaluated planting densities, released 7.2; 4.11 e; 27.9 kg ha⁻¹, of N, P and K, respectively.

INTRODUÇÃO

O capim-vetiver (*Chrysopogon zizanioides* (L.) Roberty) é uma planta perene, da família Poácea, possui características morfológicas muito similares às ervas aromáticas como capim-limão, citronela e palmarosa (D'Souza et al., 2019). É uma planta conhecida por “grama milagrosa”, devido a seus diversos usos medicinais, fitoterápicos e industriais (Shabbir et al., 2019). É uma planta que pode ser utilizada para várias finalidades, dentre elas para desintoxicação de águas e solos com metais pesados (Banerjee et al., 2019).

É uma planta de características morfológicas e fisiológicas que resultam em alto potencial de crescimento e adaptabilidade aos mais diferentes ambientes, possui alta produção de biomassa, e possibilidade de cultivo nos mais variados tipos de solo (Antiochia et al., 2007) inclusive em solos salinos, sódicos, arenosos e alagados (Lal, 2013).

A adequação de uma planta para adubação verde ou mesmo cobertura do solo, deve levar em consideração características como fonte e manutenção da palhada, disponibilização de nutrientes e adequar-se ao clima local. Segundo Crusciol et al. (2008), as plantas de cobertura que são mantidas sobre o solo são fonte de reserva nutricional a ser liberada para culturas sub-sequentes. A palhada que recobre o solo recicla nutrientes mobilizados de elementos lixiviados ou pouco solúveis no solo. Segundo Linhares et al. (2009), para maior eficácia de um adubo verde é necessário que se tenha a sincronia entre a decomposição e mineralização dos resíduos vegetais e os estádios de maior exigência nutricional da cultura.

O termo decomposição pode ser utilizado para distinguir a separação ou redução de partes de um determinado constituinte ou elemento. Assim, os organismos tanto vegetais como animais podem ser desintegrados na natureza de forma gradual e os processos podem ser divididos em ação biológica, intemperismo e lixiviação (Mason, 1980). Segundo Kliemann et al. (2006), a

compreensão de como ocorre a decomposição de resíduos é importante para o entendimento do processo de ciclagem de nutrientes. Esta tem funcionamento dinâmico na distribuição dos nutrientes, nos mais variados compartimentos do agroecossistema.

A velocidade de decomposição pode ser decisiva na escolha de um adubo verde ou planta de cobertura. Assim, a crescente adição de gramíneas para cobertura do solo, tem se mostrado eficaz quanto à quantidade de biomassa produzida e à manutenção da cobertura do solo (Assis et al., 2016). Concomitantemente, o conhecimento da taxa de decomposição dos resíduos de plantas permite que se tenha a compreensão sobre os ciclos biogeoquímicos dos agroecossistemas (Gołębiewski et al., 2019). Assim, pode-se utilizá-los a favor de aumentar a produtividade de culturas agrícolas.

A capacidade da biomassa da parte aérea do capim-vetiver de ser cobertura do solo e, simultaneamente, fornecer macronutrientes primários, está relacionada à quantidade de biomassa produzida, à velocidade de sua decomposição e à possibilidade de liberação destes nutrientes para o solo ou cultura. Assim, o objetivo do trabalho foi determinar e avaliar a taxa de decomposição e a liberação de macronutrientes primários de palhadas de capim-vetiver cultivado com diferentes densidades de plantio, em sistema agroecológico de produção.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi implantado em área de 750 m², em Campos dos Goytacazes, RJ, (21°51'S e 41°16'O), no período de 18 de novembro de 2016 a 05 de abril de 2018. O solo da área experimental era um Cambissolo háplico, cujas características à profundidade de 0 a 20 cm eram: pH= 7,0; P = 560 mg dm⁻³; K = 549 mg dm⁻³; Ca = 12,0 cmol_c dm⁻³; Mg = 2,2 cmol_c dm⁻³; H+Al = 1,3 cmol_c dm⁻³; Na = 2,8 cmol_c dm⁻³; C = 2,8 %; MO= 48,4 g dm³; SB= 18,2 cmol_c dm⁻³; T=

18,4 cmol_c dm⁻³; t= 18,4 cmol_c dm⁻³; V= 93,3 %; Fe= 29,7 mg dm⁻³; Cu= 2,6 mg dm⁻³; Zn= 13,5 mg dm⁻³ e; Mn=61,1 mg dm⁻³.

O experimento foi arranjado em parcela subdividida no tempo, em que densidades de plantio de capim-vetiver constituíram as subparcelas (1, 2, 3 e 4 mudas por metro) e as parcelas por períodos de decomposição da palhada do vetiver após o corte aos 11 meses após o plantio (0, 15, 25, 70 e 125 dias). O delineamento experimental foi em blocos casualizados com quatro repetições.

Cada unidade experimental (U.E.) foi constituída por três linhas de capim-vetiver com 5 metros de comprimento, espaçados a 1 m. Sendo assim, a área de cada U.E foi de 15 m². A área útil de cada U.E foi correspondente à linha central (5 m²).

O capim-vetiver foi plantado por propagação vegetativa utilizando-se mudas providas do IFES – Santa Teresa/ES. Na área de plantio foram feitas a aração e gradagem, além da adubação orgânica nas plantas utilizando esterco bovino (ph= 6,8; N=15 g/kg; P₂O₅=11,62 g/kg; k₂O=10,29 g/kg; 9,44 g/kg; Mg=5,62 g/kg; C=206,4 g/kg; U=32,11%; Fe=163,89 mg/kg; Cu=42 mg/kg; Zn= 144 mg/kg; Mn= 598 mg/kg) a uma quantidade de 1,35 Mg ha⁻¹. No histórico da área experimental prevaleceu o pousio por, aproximadamente, 10 anos (anterior ao vetiver).

Aos 11 meses após o plantio do capim-vetiver, foi realizado o corte da parte aérea a altura de aproximadamente 10 cm do solo. O corte foi realizado com roçadeira manual motorizada e o material cortado foi depositado sobre o solo de forma uniforme, nas respectivas unidades experimentais. O corte do capim-vetiver forneceu, em média, aproximadamente 14,0 e 5,0 Mg ha⁻¹ de matéria fresca e seca de palhada, e 32,9; 15,9 e 90,6 kg ha⁻¹ de N, P e K, respectivamente, para todos os tratamentos, não havendo efeito das densidades (P>0,05) sobre estas características (Idem item 3.1 desta tese).

Taxa de decomposição de resíduos das plantas de capim-vetiver

Para avaliação da taxa de decomposição da palhada do capim-vetiver, utilizou-se o método das bolsas de decomposição “litter bags”. Estas bolsas foram confeccionadas com telas de nylon com malha de 1,5 mm de abertura, com

dimensões de 0,20 x 0,20 m, conforme descrito por Thomas e Asakawa (1993). As bolsas foram preenchidas com material de parte aérea do capim-vetiver, no qual, foi colocado o material de acordo com a proporção da matéria fresca total da área útil (5 m²) pela área das bolsas (0,04 m²). Estas foram dispostas sobre o solo, na linha central da unidade experimental sendo deixadas junto com a palhada (Figura 1). Posteriormente, foram coletadas em cinco épocas (0,15, 25, 70 e 125 dias após o corte do vetiver) (Figura 1).



Figura 1. “Litter bags” de decomposição no campo.

Para avaliar a decomposição dos resíduos vegetais foi aplicado o modelo exponencial simples: $Y=Y_0e^{-kt}$, em que Y é a quantidade de matéria seca remanescente após um período de tempo t, em dias; Y₀ e k, são respectivamente, a quantidade de matéria seca inicial e a constante de decomposição (Olson, 1963; Resende, 1999). A partir do valor de K, obteve-se o tempo de meia vida (t_{1/2}), ou seja, o tempo transcorrido para que a metade do resíduo se decomponha. Para tal, utilizou-se a seguinte equação: $t_{1/2} = \ln(2)/k$.

Teores de macronutrientes primários na palhada de vetiver em decomposição

As amostras para a análise dos teores de N, P e K tiveram como materiais, a matéria seca da parte aérea do vetiver, contidas nas “litter bags”. Para isto, nas respectivas épocas de amostragem, as amostras de palhada foram retiradas das bolsas de decomposição e colocadas para secar em estufa com ventilação

forçada a 70° C por 72 horas. Posteriormente, foram pesadas e moídas em moinho de facas do tipo Wiley, abertura da peneira de 20 “mesh” e armazenadas em frascos herméticos fechados.

Para as determinações dos teores de N, P e K, das amostras secas e moídas foram retirados 0,1g dessa amostra vegetal, e fez-se inicialmente a digestão sulfúrica. Para a determinação de nitrogênio utilizou-se o “Método de Nessler” (Reagente A - Reagente de Nessler / Reagente B - tartarato de sódio), enquanto, para o fósforo utilizou-se o reagente A (Molibdato de Amônio) / reagente B (Vitamina C a 0,8%). Fez-se as leituras dos teores de N e P em um espectrofotômetro (Specord 210, Analytik Jena). Para determinação do teor de potássio (K) foi utilizado o fotômetro de chamas.

Para avaliação das taxas de decomposição, em cada densidade de plantio, foi utilizado o modelo exponencial. Para avaliar os efeitos das densidades de plantio e épocas de amostragem foi realizada a análise de variância F em nível de 1 e 5% de probabilidade. Em caso de efeito significativo realizou-se a análise de regressão. As análises estatísticas foram feitas utilizando o programa estatístico Sistema para Análises Estatísticas e Genéticas, SAEG (2007).

RESULTADOS

Ao longo do experimento foram registradas as temperaturas mensais e a precipitação total na Estação automática de Campos dos Goytacazes (INMET, 2018). A precipitação total ao longo do estudo foi de 1746,7 mm (Figura 2).

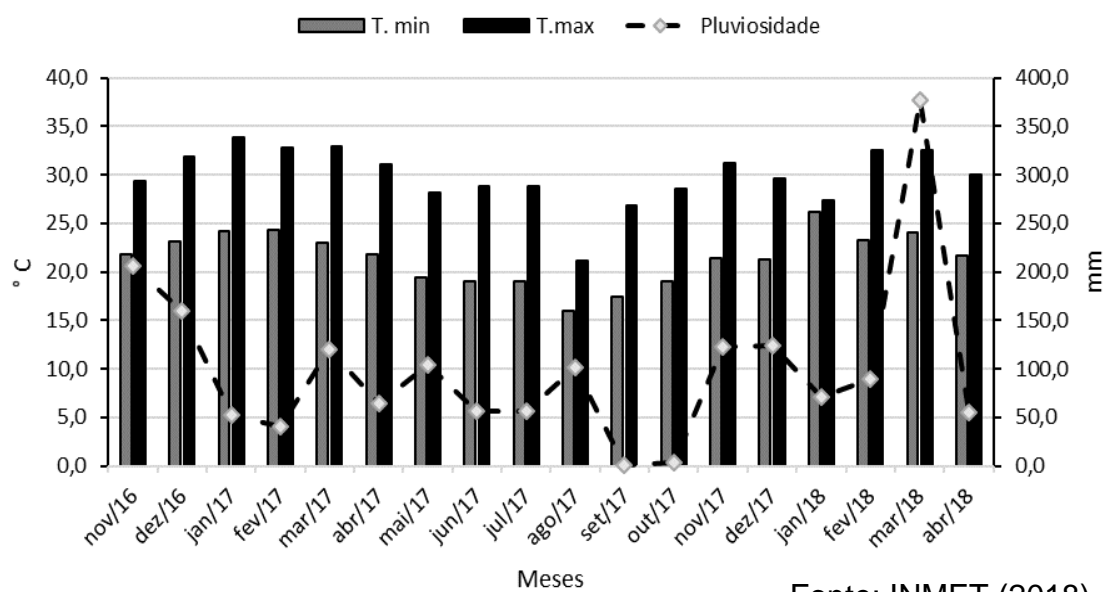


Figura 2. Temperaturas máximas, mínimas (°C), precipitação (mm), durante o desenvolvimento do experimento, Campos dos Goytacazes- RJ (novembro de 2016 a abril de 2018).

Taxa de Decomposição

Para a decomposição da massa seca de capim-vetiver, as equações exponenciais apresentaram-se semelhantes para as densidades de 1 e 3 plantas m^{-1} , enquanto, a densidade de 2 plantas m^{-1} apresentou maior velocidade de decomposição da palhada, com tempo de meia vida menor para esta densidade (Figura 3 e Tabela 1). Entretanto, o ajuste exponencial não foi adequado para avaliar a decomposição da palhada do vetiver, plantado na densidade de 4 plantas por metro, apresentando baixo coeficiente de determinação (Figura 3 e Tabela 1).

Tabela 1. Parâmetros da equação $\hat{Y}=Y_0e^{-kt}$ ajustada aos valores de massa seca e tempo de meia vida

Densidades	K (dia^{-1})	T _{0,5} (dias)	R ²
1	0,003	231	0,9058
2	0,006	115,5	0,9272
3	0,003	231	0,7347
4	0,002	346,5	0,5922

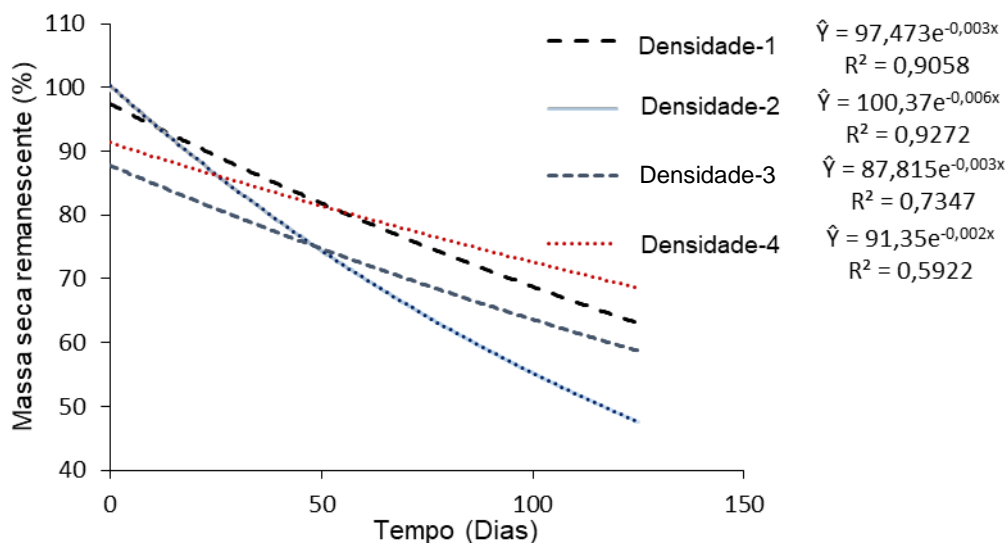


Figura 3. Taxa de decomposição da biomassa seca dos resíduos de capim-vetiver, considerando densidades de plantio.

Efeitos de épocas e densidade de plantio

Em sua maioria, para as variáveis analisadas, ocorreram efeitos significativos ($P < 0,05$) de épocas de amostragem e de densidade de plantio, não ocorrendo efeito da interação entre elas ($P > 0,05$). Enquanto, para os teores dos macronutrientes primários ocorreu efeito significativo ($P < 0,05$) apenas das épocas de amostragem.

Efeitos das épocas

Em média, logo após o corte do vetiver, ocorreu maior massa seca na palhada. Nos primeiros 15 dias a decomposição foi mais intensa, ocorrendo diminuição de 663 kg ha^{-1} de massa seca que foi decrescendo aproximadamente 190 kg ha^{-1} a cada 15 dias até 125 dias (Figura 4). Neste período de 125 dias foram decompostos aproximadamente $2,05 \text{ Mg ha}^{-1}$ de massa seca de palhada de vetiver e permaneceu sobre o solo $3,25 \text{ Mg ha}^{-1}$.

Quanto ao teor de N na palhada de vetiver, em média, logo após o corte as folhas apresentaram $6,5 \text{ g kg}^{-1}$ de N. Este teor diminuiu ao ponto de mínimo

aproximadamente aos 33 dias, e aumentou posteriormente até 125 dias, ficando 33% a mais que o teor inicial (Figura 4).

Logo após o corte, a palhada de vetiver, em média, apresentou maiores teores de P e K na matéria seca. Estes teores decresceram linearmente até 125 dias. Assim, neste último período amostral a palhada estava com aproximadamente 56% e 35% do teor de P e K inicial, respectivamente (Figura 4).

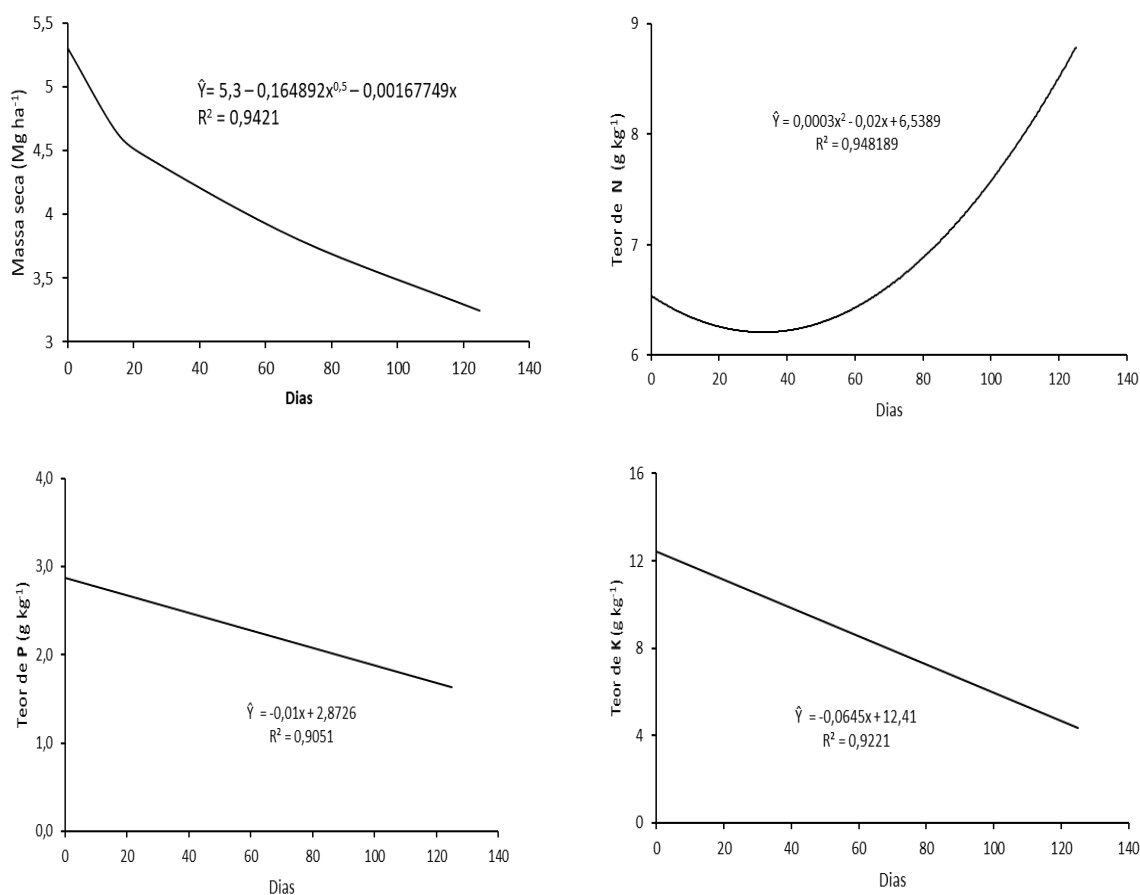


Figura 4. Médias da massa seca e teores de N, P e K na palhada do capim-vetiver com densidades de plantio com 1, 2, 3 e 4 plantas por metro, considerando o período de decomposição.

Logo após o corte, a quantidade de nitrogênio por hectare contido na palhada de vetiver, em média, apresentou-se maior, enquanto, aos 65 dias atingiu o mínimo e aumentou suavemente até 125 dias. Assim, aos 65 e 125 dias após o corte, a palhada ainda continha 73 e 76 % do N que tinha logo após o corte, respectivamente (Figura 5). Por outro lado, a quantidade total de nitrogênio

liberado na palhada de vetiver, em média, logo após o corte foi maior, chegando ao total de 5 kg ha^{-1} até o quinto dia ($1 \text{ kg ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ de N liberado). Posteriormente, esta liberação desacelerou, havendo, em média, $130 \text{ g ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ de N até 40 dias e continuou liberando em menor proporção, cerca de $18 \text{ g ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ de N até os 65 dias, atingindo o total de 10 kg ha^{-1} de N liberado. Entre 65 e 125 dias ocorreu acréscimo de N na palhada de capim-vetiver de aproximadamente $1,42 \text{ kg ha}^{-1}$ de N (Figura 5).

A quantidade de fósforo contido na palhada de vetiver, em média, logo após o corte apresentou-se maior, decrescendo de forma linear até 125 dias. Neste último dia de amostragem, a quantidade de P na palhada correspondeu a 37% do valor inicial (Figura 5). Concomitantemente, a quantidade de fósforo liberado da palhada de vetiver, em média, logo após o corte foi maior, chegando ao total de, aproximadamente, $1,0 \text{ kg ha}^{-1}$ até o quinto dia após o corte ($200 \text{ g ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ de P liberado). Entretanto, a partir do quinto dia, esta liberação desacelerou, havendo, em média, $69 \text{ g ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ de P até os 125 dias, atingindo o total de $9,4 \text{ kg ha}^{-1}$ de P liberado (Figura 5).

Quanto ao K contido na palhada, logo após o corte ocorreu a maior média, que posteriormente, decresceu até 125 dias, atingindo 25% do valor inicial (Figura 5). Por outro lado, logo após o corte, ocorreu grande liberação de K, nos primeiros cinco dias, sendo que, posteriormente, esta liberação diária diminuiu (Figura 5). Assim, a palhada de vetiver, nos primeiros cinco dias após o corte, liberou $2,3 \text{ kg ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ de K ($11,5 \text{ kg}$ de K). Entretanto, a partir do quinto dia, esta liberação foi em média de $332 \text{ g ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ até os 125 dias, atingindo o total de $51,4 \text{ kg ha}^{-1}$ de K liberado (Figura 5).

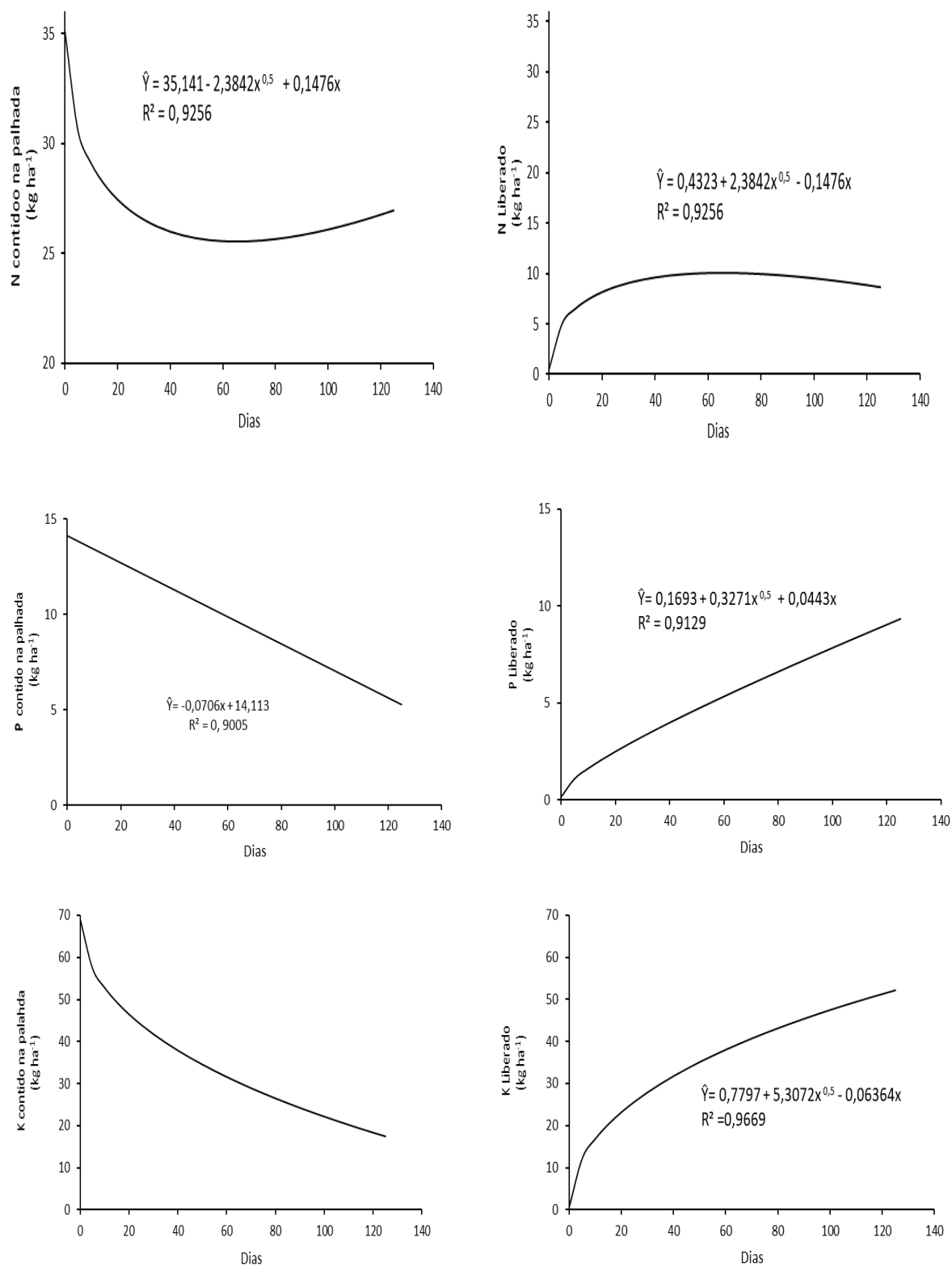


Figura 5. Quantidades de N, P e K contidos e liberados da palhada do capim-vetiver, na média das densidades de plantio com 1, 2, 3 e 4 plantas por metro, considerando o período de decomposição.

Efeito das densidades

Ocorreu efeito significativo das densidades de capim-vetiver sobre a massa seca de palhada que permaneceu sobre o solo, na média do período de 125 dias ($P < 0,05$) (Figura 6). Em média, a menor densidade (uma planta por metro) apresentou menor quantidade de palhada sobre o solo, no período de 125 dias. A densidade de 3 plantas m^{-1} de vetiver foi a que apresentou a maior massa seca de palhada no período de 125 dias, enquanto, 2 e 4 plantas m^{-1} resultaram em quantidades de palhada intermediárias.

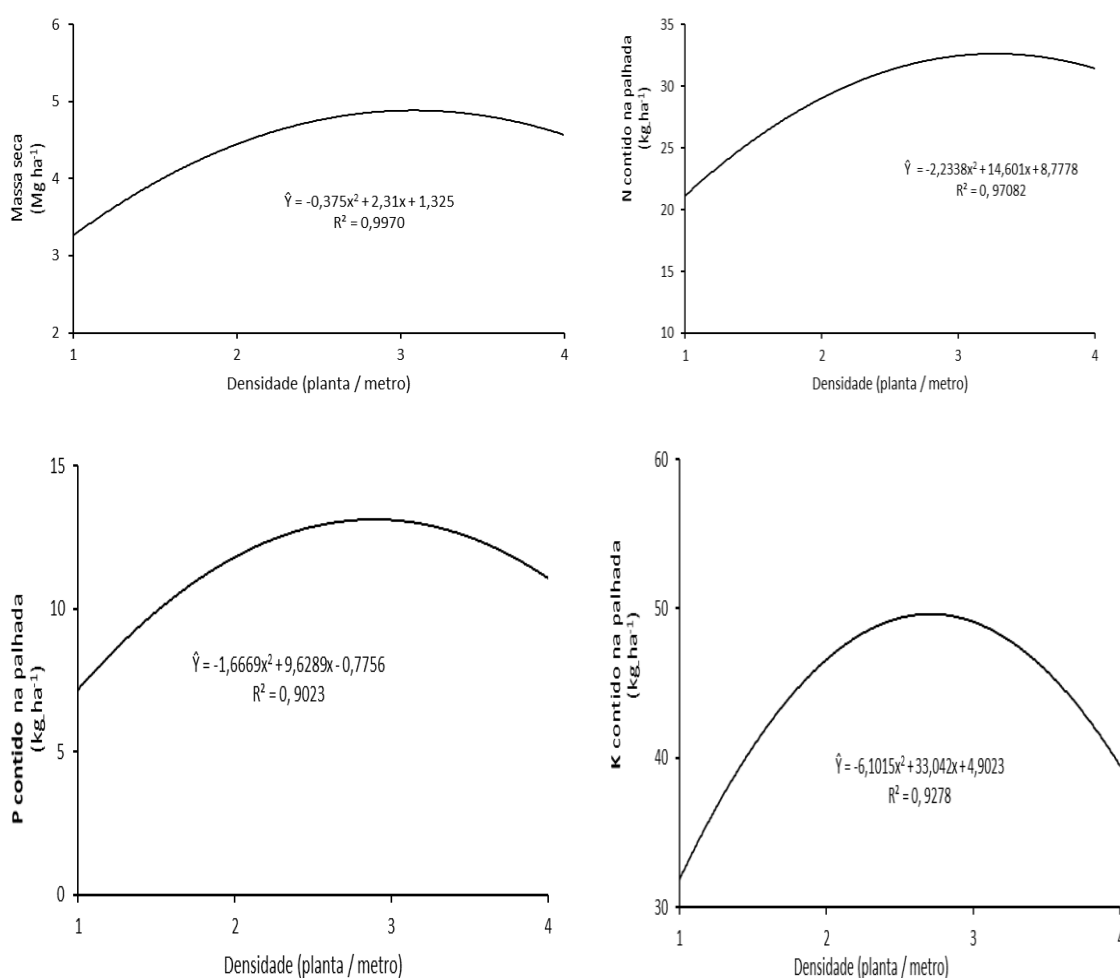


Figura 6. Médias de quantidade de massa seca e de N, P e K contidos na palhada da palhada de capim-vetiver, ao longo do período entre o corte até 125 dias, considerando densidades de plantio.

Não houve efeito significativo das densidades de capim-vetiver sobre os teores de N, P, K ($P < 0,05$) na palhada, ao longo de 125 dias após o corte. Assim, a média foi de 6,9; 2,4; 9,4 g kg⁻¹, respectivamente.

Ocorreu efeito significativo das densidades de capim-vetiver sobre a quantidade de nitrogênio contido na palhada ($P < 0,05$) (Figura 6). Em média, a densidade de 1 planta m⁻¹ apresentou menor quantidade de nitrogênio na palhada, que foi crescendo até o ponto de máximo estimado de 3,3 plantas por metro de vetiver, e decresceu até a densidade de 4 plantas. A densidade de 3 plantas m⁻¹ continha, em média ao longo dos 125 dias, 11,4; 3,5 e 1,1 kg ha⁻¹ de N a mais na palhada, comparado às densidades de 1, 2 e 4 plantas m⁻¹, respectivamente.

Ocorreu efeito significativo das densidades de capim-vetiver sobre a quantidade de fósforo contido na palhada ($P < 0,05$) (Figura 6). Em média, a menor densidade (1 planta por metro) apresentou menor quantidade de fósforo na palhada, que foi crescendo até o ponto de máximo estimado de 2,9 plantas por metro de vetiver, e decresceu até a densidade de 4 plantas. A densidade de 3 plantas m⁻¹ continha, em média, ao longo dos 125 dias, 5,9; 1,3 e 2,0 kg ha⁻¹ de P a mais na palhada, comparado às densidades de 1, 2 e 4 plantas m⁻¹, respectivamente.

Quanto ao K contido na palhada, verificou-se efeito significativo das densidades de capim-vetiver ($P < 0,05$) (Figura 6). Em média, a menor densidade (1 planta por metro) apresentou menor quantidade de potássio contido na palhada, que foi crescendo até o ponto de máximo estimado de 2,7 plantas por metro de vetiver, e decresceu até a densidade de 4 plantas. Assim, a densidade de 3 plantas m⁻¹ continha, em média, ao longo dos 125 dias, 17,3; 2,5 e 9,7 kg ha⁻¹ de K a mais na palhada, comparado às densidades de 1, 2 e 4 plantas m⁻¹, respectivamente.

Não houve efeito significativo para as densidades de capim-vetiver sobre a quantidade de N, P, K liberados na palhada ($P > 0,05$). Assim, em média, ao longo de 125 dias após o corte, a palhada do capim-vetiver de todas as densidades de plantio avaliadas, liberou 7,2; 4,11 e; 27,9 kg ha⁻¹, de N, P e K, respectivamente.

DISCUSSÃO

A avaliação da taxa de decomposição do capim-vetiver, plantado e cortado aos 11 meses com diferentes densidades, indicou que a biomassa produzida por esta gramínea pode ser utilizada como cobertura do solo. Verifica-se que, de uma maneira geral a palhada apresentou elevados tempos de permanência no solo (Tabela 2). Isto é uma característica importante para plantas de coberturas de solo, entretanto, esta menor velocidade de decomposição não é interessante para plantas de adubação verde, quando se tem a intenção de utilizá-las em culturas anuais. Um estudo de Teixeira et al. (2012) demonstrou que o milho teve o maior tempo de meia vida de 105 dias, seguido do sorgo com 75 dias, dentre as plantas de cobertura avaliadas. Já Diniz et al. (2014), avaliaram quantidades de adubo verde (*Crotalaria juncea* L.). Os autores verificaram que para decompor 50% do resíduo de matéria seca remanescente, as doses de adubos verde de 9 Mg ha⁻¹ levaram 53 dias, seguido de 6 Mg ha⁻¹ que levaram 44 dias.

Torres et al. (2008) avaliaram o período de decomposição em duas épocas (anterior e posterior ao cultivo de culturas anuais). Na primeira época para decompor 50% da matéria seca da palhada, o milho levou 131 dias, seguido do sorgo com 117 dias, depois o guandu com 113 dias, já para segunda época a crotalaria levou 137 dias para decompor 50 %, seguido de aveia e sorgo com 130 e 118 dias, respectivamente.

Apenas a palhada da densidade de duas plantas por metro, decompôs a metade ($t_{1/2}$ = 115,5 dias) dentro do período de avaliação. Enquanto as demais exigiriam um tempo maior de decomposição. O material decomposto está diretamente relacionado à palhada deixada sobre o solo. Segundo Zhang et al. (2008), alguns fatores estão diretamente ligados ao tempo de decomposição como a latitude, a temperatura ambiente, a precipitação pluviométrica, a composição química dos resíduos, a concentração de nutrientes na palhada, além de que algumas características combinadas também podem acelerar ou elevar o tempo de decomposição.

Ocorreu efeito significativo para as épocas de coletas dos litter bags para massa seca, teores de N, P e K e quantidades destes macronutrientes contidos na palhada e liberados para o solo.

Os ajustes de regressão foram similares para massa seca que só decresce. (Figura 4), teor de N contido na palhada por hectare, em que ocorreram valores maiores logo após o corte, reduzindo posteriormente, até aproximadamente 33 e 65 dias, respectivamente, e aumentando com o passar dos dias até 125 dias (Figura 4 e 5).

Nos primeiros dias após o corte ocorreu diminuição do teor de N na palhada (Figura 4) e maior liberação de N para o solo (Figura 5). Entretanto, a quantidade de N liberada neste período esteve aquém do que se espera. Segundo Balieiro et al. (2013), um adubo verde consegue liberar para o solo de 100 kg a 400 kg ha⁻¹ ciclo⁻¹ de N por meio da decomposição de sua palhada. Por outro lado, o aumento do teor de N e do N contido na palhada após 33 e 65 dias, respectivamente (Figuras 4 e 5) possivelmente, está relacionado à fixação biológica de nitrogênio por bactérias diazotróficas (Siripin, 2000) ou por descargas elétricas de raios na atmosfera, que em períodos chuvosos (Figura 2) acrescentam nitrogênio ao solo ou palhada que está na sua superfície (Vieira, 2017). Concomitantemente, o aumento no teor de N na palhada próximo aos 125 dias após o corte, também pode estar relacionado a que, com o passar do tempo, as substâncias nitrogenadas mais recalcitrantes (lignina) vão aumentando sua concentração no material orgânico, devido à diminuição da concentração de substâncias orgânicas mais lábeis que decompõem mais rapidamente (Salmi et al., 2006), causando assim, um falso enriquecimento em N, que na verdade é resultado da diminuição da concentração de outras substâncias devido à decomposição.

Por outro lado, para teores de P e K e para P e K contidos na palhada, ocorreram reduções com o passar do tempo (Figuras 4 e 5).

Verificou-se que nos primeiros cinco dias após o corte do capim-vetiver a velocidade de liberações de N, P e K foi maior, sendo, porém, de pequenas quantidades (5,0; 1,0 e 12 kg ha⁻¹, respectivamente). A partir do quinto dia, de uma maneira geral, as liberações diárias de N, P e K foram menores chegando a totais de 10,0; 9,4 e 51,4 kg ha⁻¹, respectivamente, até 125 dias após o corte e

deposição da palhada sobre o solo. Assim, N, P e K liberados pela palhada do capim-vetiver, poderiam contribuir na nutrição de culturas perenes, ao invés de culturas de ciclo curto, pois, além das quantidades liberadas terem sido menores do que as requeridas normalmente por culturas anuais, o período para liberação ultrapassa os estádios de desenvolvimento em que são requeridos.

Estudo de Gama-Rodrigues et al (2007) demonstrou que as gramíneas têm uma liberação de nutrientes lenta, porém o potássio tem liberação mais rápida em relação a N e P.

Entre as densidades de plantio avaliadas verificou-se que 3 plantas m^{-1} resultaram em maior quantidade de biomassa de palhada por área nas maiores quantidades de N, P e K contidos na palhada (Figura 6), assim como também em média, ao longo do período entre o corte até 125 dias.

Teixeira et al. (2009) verificaram que a palhada de gramínea (milheto), tende a acumular quantidade maior de nutrientes e o N é o que é liberado mais rapidamente.

CONCLUSÕES

No período de 125 dias estima-se que foram decompostos $2,05 \text{ Mg ha}^{-1}$ de massa seca de palhada de vetiver e permaneceram sobre o solo $3,25 \text{ Mg ha}^{-1}$ ao final deste período.

Nos primeiros cinco dias após o corte do capim-vetiver as velocidades de liberação de N, P e K foram maiores, atingindo valores de $5,0$; $1,0$ e 12 kg ha^{-1} ao final deste período.

A partir do quinto dia, as liberações diárias de N, P e K foram menores chegando a totais de $10,0$; $9,4$ e $51,4 \text{ kg ha}^{-1}$, respectivamente, até 125 dias após o corte.

A densidade de 3 plantas m^{-1} de vetiver foi a que apresentou a maior massa seca de palhada no período de 125 dias, e continha mais N, P e K, comparado às densidades de 1, 2 e 4 plantas m^{-1} .

Ao longo de 125 dias após o corte, a palhada do capim-vetiver de todas as densidades de plantio avaliadas, liberou 7,2; 4,11 e; 27,9 $kg\ ha^{-1}$, de N, P e K, respectivamente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Antiochia, R., Campanella, L., Ghezzi, P., Movassaghi, K. (2007) The use of vetiver for remediation of heavy metal soil contamination. *Anal. Bioanal. Chem.* 388: 947–956.
- Assis, R. L., Boer, C. A., Pacheco, L. P., Braz, J. A. B. P., Costa, K. A. D. P., Torres, L. J. R. (2016). Produção e decomposição de biomassa de plantas de cobertura cultivadas na primavera. *Energia Na Agricultura*, 31(4): 328–333.
- Balieiro, F. C., Berbara, R., Faria, S.M., De-Polli, H., Franco, A. A (2013) Insumos biológicos. *In: Freire, L.R., Balieiro, F.C., Zonta, E., Anjos, L.H.C., Pereira, M.G., Lima, E., Guerra, J.G.M., Ferreira, M.B.C., Leal, M.A.A., Campos, D.V.B. Polidoro, J.C. (eds.) Manual de calagem e adubação do Estado do Rio de Janeiro*. 1ª ed. Rio de Janeiro: Embrapa, p.167-188.
- Banerjee, R., Goswami, P., Lavania, S., Mukherjee, A., Lavania, U. C. (2019). Vetiver grass is a potential candidate for phytoremediation of iron ore mine spoil dumps. *Ecological Engineering*. 132:120-136.
- Crusciol, C. A. C., Moro, E., Lima, E. D. V., Andreotti, M. (2008) Taxas de decomposição e de liberação de macronutrientes da palhada de aveia preta em plantio direto. *Bragantia*, 67 (2): 481-489.
- Diniz, E. R., de Oliveira Vargas, T., Pereira, W. D., Guedes, A. F., Santos, R. H. S., Peternelli, L. A. (2014) Decomposição e mineralização do nitrogênio

- proveniente do adubo verde *Crotalaria juncea*. *Científica*, 42(1): 51-59.
- D'Souza, D. N., Choudhary, A. K., Basak, P., Shukla, S. K. (2019) Assessment of Vetiver Grass Root Reinforcement in Strengthening the Soil. *Ground Improvement Techniques and Geosynthetics*. 14: 135-142.
- Gama-Rodrigues, A. C. D., Forestieri da Gama-Rodrigues, E., Brito, E. C. D. (2007). Decomposição e liberação de nutrientes de resíduos culturais de plantas de cobertura em Argissolo Vermelho-Amarelo na região Noroeste Fluminense (RJ). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 31(6): 1421-1428.
- Gołębiewski, M., Tarasek, A., Sikora, M., Deja-Sikora, E., Tretyn, A., Niklińska, M. (2019) Rapid Microbial Community Changes During Initial Stages of Pine Litter Decomposition. *Microbial ecology*, 77(1): 56-75.
- INMET. (2018) *Estação Meteorológica de Observação de Superfície automática*. Instituto Nacional de Meteorologia. Acesso em 8 de Setembro de 2018. Disponível: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/estacoesAutomaticas>.
- Kliemann, H. J., Braz, A. J. P. B., Silveira, P. M. D. (2006) Taxas de decomposição de resíduos de espécies de cobertura em Latossolo Vermelho distroférico. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 36 (1): 21-28.
- Lal, R.K. (2013) On genetic diversity in germplasm of vetiver "*Vetiveria zizanioides* (L.) Nash." *Ind. Crops Prod.* 43: 93–98.
- Linhares, P. C F., Silva, M. L., Silva, U. L., Santos Silva, J. D., Bezerra, A. K. D. H. (2009) Velocidade e tempo de decomposição da jitirana incorporada na cultura do rabanete. *Revista caatinga*, 22(2): 213-217.
- Mason, C. F. (1980) Ciclos biogeoquímicos. *Decomposição*. Editora Pedagógica e universitária Ltda. São Paulo, 18, 60p.
- Olson, J. S. (1963) Energy storage and the balance of producers and decomposers in ecological systems. *Ecology, Durham*, 44 (2): 331-332.
- Rezende, C.P.; Cantarutti, R.B.; Braga, J.M.; Gomide, J.A.; Pereira, J.M.; Ferreira, E.; Tarre, R.; Macedo, R.; Alves, B.J.R.; Urquiaga, S.; Cadisch, G.; Giller, K.E., Boddey, R.M. (1999) "Litter deposition and disappearance in *Brachiaria* pastures in the Atlantic forest region of the South of Bahia, Brazil." *Nutrient cycling in Agroecosystems*, 54 (2): 99-112.
- SAEG, S. (2007) *Sistema para análises estatísticas*, versão 9.1. Viçosa: UFV.

- Salmi, G. P., Salmi, A. P., Abboud, A. C. S. (2006). Dinâmica de decomposição e liberação de nutrientes de genótipos de guandu sob cultivo em aléias. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 41(4): 673-678.
- Siripin, S. (2000). Microbiology associated with the Vetiver plant. *Proc. Second Int. Vetiver Conf.(ICV-2)*, pp. 18-22.
- Shabbir, A., Khan, M. M. A., Ahmad, B., Sadiq, Y., Jaleel, H., Uddin, M. (2019). Vetiveria zizanioides (L.) Nash: A Magic Bullet to Attenuate the Prevailing Health Hazards. *Plant and Human Health*, 2: 99-120.
- Teixeira, M. B. Loss, A., Pereira, M. G., Pimentel, C. (2012). Decomposição e ciclagem de nutrientes dos resíduos de quatro plantas de cobertura do solo. *Idesia (Arica)*, 30(1): 55-64.
- Teixeira, C. M., De Carvalho, G. J., Andrade, M. J. B., Silva, C. A., Pereira, J. M. (2009). Decomposição e liberação de nutrientes das palhadas de milho e milho + crotalária no plantio direto do feijoeiro. *Acta Scientiarum: Agronomy*, 31(4): 647-653.
- Thomas, R.J.; Asakawa, N.M. (1993) Decomposition of leaf litter from tropical forage grasses and legumes. *Soil Biology and Biochemistry*, 25: 1351-1361.
- Torres, J. L. R., Pereira, M. G., Fabian, A. J. (2008) Produção de fitomassa por plantas de cobertura e mineralização de seus resíduos em plantio direto. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 43(3): 421-428.
- Vieira, R. F. (2017) *Ciclo do nitrogênio em sistemas agrícolas*. Brasília, DF: Embrapa, 163 p.
- Zhang, D., Hui, D., Luo, Y., Zhou, G. (2008) Rates of litter decomposition in terrestrial ecosystems: global patterns and controlling factors. *Journal of Plant Ecology*, 1(2): 85-93.

3.3. Levantamento fitossociológico da vegetação em cultivo de capim-vetiver (*Chrysopogon zizanioides* (L.)) plantado com diferentes densidades

RESUMO

A utilização de plantas supressoras de plantas daninhas é uma estratégia de base ecológica que auxilia no manejo agrícola sustentável. O capim-vetiver tem grande crescimento e tem potencial supressor de plantas daninhas. O experimento objetivou verificar a fitossociologia de comunidades de plantas infestantes, em área de cultivo de capim-vetiver, plantado com diferentes densidades, a fim de avaliar sua ação supressora sobre as populações de plantas daninhas. O capim-vetiver foi plantado com densidades de 0, 1, 2, 3 e 4 plantas m^{-1} e espaçamento de 1,0 m entre linhas. Utilizou-se o delineamento em blocos casualizados com quatro repetições. A densidade 0 foi a testemunha, em que havia apenas a vegetação já presente na área. A unidade experimental foi constituída por três linhas de vetiver com 5,0 m de comprimento. A amostragem foi realizada quando o capim-vetiver estava com, aproximadamente, 11 meses. Na testemunha e em todas as densidades de vetiver, foram constatadas três espécies principais, com altos índices de valor de importância: *Cyperus rotundus* L; *Parthenium hysterophorus* L. e *Sorghum halepense* (L.) Pers. A densidade de 2 vetiveres m^{-1}

apresentou menor quantidade de plantas daninhas, com 5 espécies encontradas. O capim-vetiver diminui o número de espécies de plantas da área, entretanto, não apresentou capacidade supressora sobre as três espécies de plantas daninhas mais frequentes e dominantes.

ABSTRACT

The use of weed-suppressing plants is an ecologically based strategy that assists in sustainable agricultural management. Vetiver grass has great growth and has weed suppressing potential. The objective of this experiment was to verify the phytosociology of weed plant communities in a vetiver grass growing area planted with different densities in order to evaluate their suppressive action on weed populations. Vetiver grass was planted with densities of 0, 1, 2, 3 and 4 plants m⁻¹ and spacing of 1.0 m between rows. A randomized block design with four replications was used. The density 0 was the control, in which there was only the vegetation already present in the area. The experimental unit consisted of three vetiver lines with 5.0 m length. Sampling was performed when the vetiver grass was approximately 11 months old. In the control and in all vetiver densities, three main species were observed, with high values of importance: *Cyperus rotundus* L.; *Parthenium hysterophorus* L. and *Sorghum halepense* (L.) Pers. The density of 2 vetiveres m⁻¹ presented a smaller amount of weeds, with 5 species found. The vetiver grass reduces the number of plant species in the area, however, showed no suppressive capacity on the three species most common and dominant weeds.

INTRODUÇÃO

O capim-vetiver *Chrysopogon zizanioides* (L.) Roberty, é da família Poaceae. É perene, aromático, globalmente conhecido por suas propriedades, na indústria de cosméticos e perfumarias (Shabbir et al., 2019). O vetiver na década de 80 ganhou visibilidade no mundo, quando o Banco Mundial, passou a recomendar essa gramínea para o auxílio no controle de erosão, conservação de solos, em locais desprovidos de recursos e em países em desenvolvimento (Couto et al., 2010). As raízes do vetiver crescem a grandes profundidades chegando a 5 m, estas são muito resistentes (tração média de 85 Mpa), sendo utilizadas para a descompactação, seu cultivo pode ser realizado em diversas condições climáticas e de solos (D'Souza et al., 2019). O vetiver tem ação inseticida, antimicrobiana, herbicida e antioxidante (Charal et al., 2015).

O óleo de vetiver pode ser utilizado na indústria alimentícia e fabricação de refrigerantes, além de usos nas atividades agrícolas, como cobertura morta, compostagem, ração animal, cultivo de cogumelos, pesticidas botânicos e alelopatia e pode controlar de forma eficaz as plantas invasoras, sendo utilizado como folhas moídas, inteiras ou dessecadas espalhadas uniformemente sobre o solo (Balasankar et al., 2013). Mao et al. (2004) relatam que o óleo de vetiver e seu componente Nootkatone (97 % cristalino), consegue inibir a germinação de 24 a 92 % de sementes de seis plantas daninhas avaliadas (*Chenopodium album* L., *Ambrosia trifida* L., *Ipomoea lacunosa* L., *Amaranthus retroflexus* L., *Senna obtusifolia* (L.), *Abutilon theophrasti* Medicus).

O conhecimento de plantas competidoras com a cultura de interesse é de suma importância para as estratégias de manejo. Quando se adota plantas de cobertura é importante conhecer qual a eficácia, e a quantidade de plantas daninhas que serão suprimidas e se o manejo adotado, afeta o efeito de supressão (Werlang et al., 2018).

O estudo fitossociológico é caracterizado pelo conhecimento da comunidade florística, por meio do reconhecimento de espécies e das interações entre as populações que as mantêm no ambiente e, assim, obtém-

se o conhecimento das condições que regulam as relações das mesmas com outros organismos (Braun-Blanquet, 1979).

Na ciência das plantas daninhas, a relevância dos estudos fitossociológicos é determinada por comparação de populações de plantas daninhas em um determinado período, enquanto, cada uma das repetições programadas, pode indicar o grau da importância de uma ou mais populações, possibilitando definir, assim, quais práticas agrícolas serão empregadas (Shrestha et al., 2002; Oliveira e Freitas, 2008).

Segundo Fried et al. (2008) e Lima et al. (2014), a presença de algumas plantas daninhas está relacionada ao tipo de cultura implantada, ou seja, a planta de cobertura no solo pode ser responsável pelo surgimento de algumas plantas indesejadas no cultivo e as mesmas, podem suprimir ou inibir o aparecimento de novas espécies invasoras.

O objetivo do trabalho foi verificar a fitossociologia de comunidades de plantas infestantes, em área de cultivo de capim-vetiver, plantado com diferentes densidades, a fim de verificar sua ação supressora sobre as populações de plantas daninhas.

MATERIAL E MÉTODOS

O Experimento foi realizado em área de 750 m² localizada em Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil (21°51'S e 41°16'O). O solo foi classificado como Cambissolo háplico com características de pH= 7,0; P = 560 mg dm⁻³; K = 549 mg dm⁻³; Ca = 12,0 cmol_c dm⁻³; Mg = 2,2 cmol_c dm⁻³; H+Al = 1,3 cmol_c dm⁻³; Na = 2,8 cmol_c dm⁻³; C = 2,8 %; MO= 48,4 g dm⁻³; SB= 18,2 cmol_c dm⁻³; T= 18,4 cmol_c dm⁻³; t= 18,4 cmol_c dm⁻³; V= 93,3 %; Fe= 29,7 mg dm⁻³; Cu= 2,6 mg dm⁻³; Zn= 13,5 mg dm⁻³ e Mn=61,1 mg dm⁻³.

Ao longo do experimento foram registradas as temperaturas mensais e a precipitação total na Estação automática de Campos dos Goytacazes - INMET. A precipitação total ao longo do estudo foi de 965 mm (Figura 1).

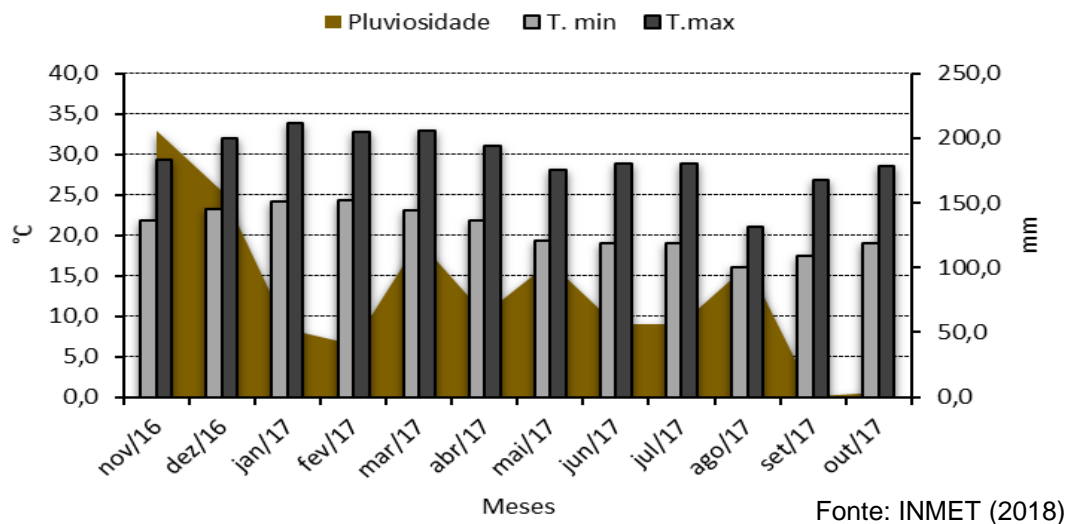


Figura 1. Temperaturas máximas, mínimas (°C), precipitação (mm), durante o desenvolvimento do experimento, Campos dos Goytacazes - RJ (novembro de 2016 a outubro de 2017).

O levantamento fisiológico foi realizado em experimento de campo com tratamentos com diferentes densidades de plantio de capim-vetiver (0, 1, 2, 3, 4 plantas m^{-1}). Utilizou-se o delineamento em blocos casualizados com quatro repetições.

Cada unidade experimental (U.E.) foi constituída por três linhas de capim-vetiver com 5 m de comprimento, espaçados a 1 m. Sendo assim, a área de cada U.E foi de 15 m^2 . A área útil de cada U.E foi correspondente à linha central (5 m^2).

O capim-vetiver foi plantado por propagação vegetativa, em 18 de novembro de 2016, utilizando-se mudas providas do IFES – Santa Teresa/ES. Na área de plantio foram feitas a aração e gradagem, além da adubação orgânica no plantio utilizando esterco bovino (ph= 6,8; N=15 g/kg; P205=11,62 g/kg; k2O=10,29 g/kg; 9,44 g/kg; Mg=5,62 g/kg; C=206,4 g/kg; U=32,11%; Fe=163,89 mg/kg; Cu=42 mg/kg; Zn= 144 mg/kg; Mn= 598 mg/kg), a dose de 1,35 Mg ha^{-1} . No histórico da área experimental prevaleceu o pousio por, aproximadamente, 10 anos (anterior ao vetiver).

O experimento foi conduzido utilizando sistema de irrigação por aspersão com lâmina de 19 mm por aplicação, duas vezes por semana. Aproximadamente aos 30 e aos 90 dias após o plantio, foram feitos o manejo de plantas daninhas, utilizando uma roçadeira manual motorizada. Já aos 120 e 180 dias após o plantio, foram realizadas capinas manuais com enxada. Estes manejos foram feitos nas entre linhas do capim-vetiver em uma área total na U.E sem vetiver.

As amostragens, das plantas da vegetação presente nas entre linhas do capim-vetiver, foram realizadas dia 30 de outubro de 2017 (346 dias após o plantio, aproximadamente 11 meses), sendo utilizada a metodologia do quadrado (Erasmus et al., 2004), em que é utilizado para amostragem um quadro de madeira de 0,25 m² (0,5 X 0,5 m). O quadro foi lançado três vezes, de forma aleatória, em caminhamento zigue-zague, dentro dos limites de cada área útil das unidades experimentais. Após as coletas, as plantas foram separadas, embaladas em sacos plásticos e levadas ao laboratório, onde foram identificadas por espécie e nome vulgar, contando-se o número de indivíduos de cada espécie. Após a identificação, as plantas foram acondicionadas em sacos de papel, pré-identificados, e levadas à secagem, em uma estufa com circulação forçada de ar à temperatura de 70°C, por 72 horas. Posteriormente, foram feitas pesagens em balança de precisão e os dados obtidos expressos em gramas de matéria seca por m². A identificação das plantas contou com o auxílio de chaves taxonômicas e literatura ilustrada (Moreira e Bragança, 2011; Lorenzi, 2014).

Foram utilizados índices fitossociológicos para averiguar a quantidade de espécies e sua inter-relação com os espaços que habitam, foram eles:

a) Densidade absoluta (Da):

$$Da = \frac{n}{a}$$

Da= densidade absoluta

n= número total de indivíduos de uma espécie de planta por unidade de área

a= área (m²)

b) Densidade Relativa (Dr):

$$Dr = \frac{n/a}{N/a} . 100$$

Dr= densidade relativa

n= número total de indivíduos de uma espécie de planta por unidade de área

a= área (m²)

N= número total de indivíduos amostrados de todas as espécies do levantamento

c) Frequência (F):

$$Fa = \frac{nae}{Na} \cdot 100$$

nae= número de amostras com ocorrência das espécies

Na= número total de amostras

d) Frequência Relativa (Fr):

$$Fr = \frac{Fa}{\sum Fa} \cdot 100$$

Fa= frequência absoluta de uma espécie

$\sum Fa$ = somatório da frequência absoluta de todas as espécies

e) Dominância (D):

$$DoA = \frac{\sum g}{a}$$

$\sum g$ = somatório da matéria seca da espécie

a= área (m²)

f) Dominância Relativa (DoR):

$$DoR = \frac{g/a}{G/a} \cdot 100$$

g= matéria seca da espécie

a= área (m²)

G= matéria seca total da comunidade infestante

g) Índice de Valor de Importância (IVI):

$$IVI = Dr + DoR + Fr$$

Índice de similaridade (IS):

$$IS = (2 a/b + c) \times 100$$

a= número de espécies comuns às duas áreas;

b e c= número total de espécies nas duas áreas comparadas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram identificadas 20 espécies de plantas, distribuídas em 12 famílias, na área em estudo (Tabela 1). A família Asteraceae apresentou o maior número de espécies presentes (6 espécies), seguida da família Poaceae com três espécies (Figura 2). Este resultado assemelha-se ao obtido por Oliveira e Freitas (2008), que verificaram as duas famílias Asteraceae e Poaceae, como as principais, em levantamento realizado no Estado do Rio de Janeiro.

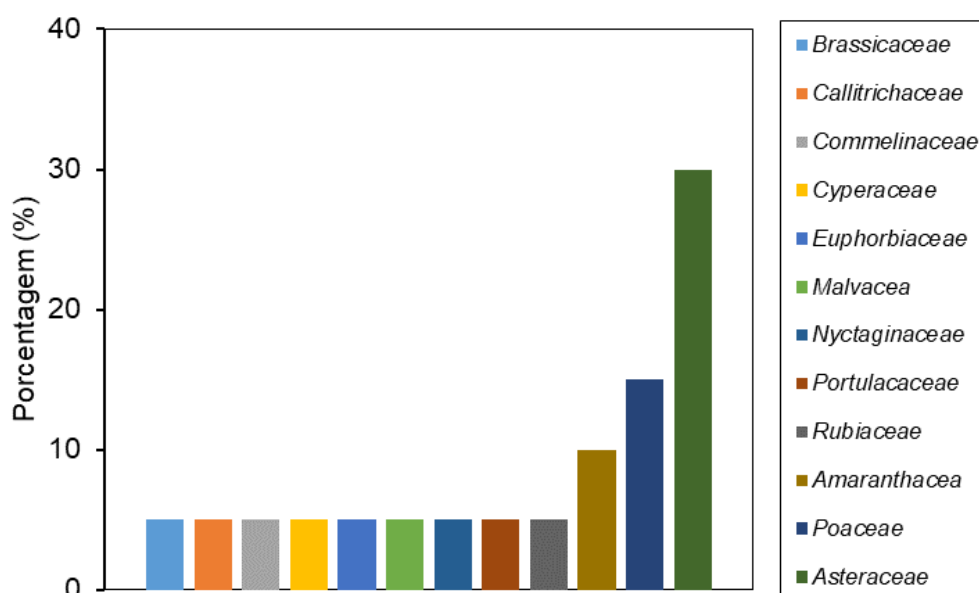


Figura 2. Distribuição das famílias encontradas no levantamento fitossociológico na área de cultivo de capim-vetiver, no município de Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil.

Tabela 1. Distribuição das plantas por família e espécie, coletadas em área de capim-vetiver plantado com diferentes densidades, em Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil

Família	Nome científico	Nome comum
Amaranthaceae	<i>Achyranthes aspera</i> L.	Flor-de-pacha
	<i>Amaranthus deflexus</i> L.	Caruru
	<i>Malvastrum coromandelianum</i> (L.)	
Malvaceae	Garcke	Guanxuma
Poaceae	<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers	Gramma-bermudas
	<i>Sorghum halepense</i> (L.) Pers.	Sorgo-de-alepo
	<i>Ischaemum rugosum</i> Salisb.	Capim-pelego
Asteraceae	<i>Conyza canadensis</i> (L.) Cronquist	Voadeira
	<i>Galinsoga parviflora</i> Cav.	Picão-branco
	<i>Gnaphalium pensylvanicum</i> Willd.	Macelinha
	<i>Gnaphalium purpureum</i> L.	Macela
	<i>Parthenium hysterophorus</i> L.	Losna-branca
	<i>Sonchus oleraceus</i> L.	Serralha
Brassicaceae	<i>Lepidium virginicum</i> L.	Mentruz
Callitrichaceae	<i>Callitriche deflexa</i> A. Braun ex Hegelm.	Tapete-verde
Commelinaceae	<i>Commelina benghalensis</i> L.	Trapoeraba
Cyperaceae	<i>Cyperus rotundus</i> L.	Tiririca
Euphorbiaceae	<i>Phyllanthus tenellus</i> Roxb	Quebra-pedras
Nyctaginaceae	<i>Boerhavia diffusa</i> L.	Pega-pinto
Portulacaceae	<i>Portulaca oleracea</i> L.	Beldroega
Rubiaceae	<i>Spermacoce latifolia</i> Aubl. (BOILF)	Erva-quente

Na ausência do vetiver e em todas as densidades de plantio de vetiver avaliadas, a Tiririca (*Cyperus rotundus* L.) foi a principal planta com potencial daninho, apresentando os maiores IVIs (Tabelas 2 e Figura 2). Nas densidades de 1, 2 e 4 vetiveres m⁻¹, a segunda espécie com maior IVI foi a Losna-branca (*Parthenium hysterophorus* L.) enquanto, na ausência de vetiver e com 3 vetiveres m⁻¹ a segunda espécie com maior IVI foi o Sorgo-de-alepo (*Sorghum halepense* (L.) Pers.) (Tabelas 2 e Figura 2). Além das três principais espécies apresentadas, a Guanxuma (*Malvastrum coromandelianum* (L.) Garcke) ocorreu, na densidade de 2 vetiveres m⁻¹, entre as principais plantas com potencial de ser daninhas, apresentando alto IVI (Tabela 2).

Tabela 2. Parâmetros avaliados no levantamento fitossociológico na área experimental de cultivo de capim-vetiver

Vetiver m ⁻¹	Nome científico	Nome comum	Nº de indivíduos	Massa seca	Da	DR	Fa	Fr	DoA	Dor	IVI
0	<i>Achyranthes aspera</i> L.	Flor-de-pacha	2	2,25	0,33	0,15	8,33	2,50	0,38	0,16	2,80
	<i>Amaranthus deflexus</i> L.	Caruru	2	0,08	0,33	0,15	4,17	1,25	0,01	0,00	1,40
	<i>Boerhavia diffusa</i> L.	Pega-pinto	1	4,84	0,17	0,08	4,17	1,25	0,81	0,33	1,66
	<i>Callitriche deflexa</i> A. Braun ex Hegelm.	Tapete-verde	3	2,85	0,50	0,22	4,17	1,25	0,48	0,20	1,67
	<i>Commelina benghalensis</i> L.	Trapoeraba	21	5,34	3,50	1,55	8,33	2,50	0,89	0,37	4,42
	<i>Cyperus rotundus</i> L.	Tiririca	960	168,56	160,00	70,90	83,33	25,00	28,09	11,60	107,51
	<i>Galinsoga parviflora</i> Cav.	Picão-branco	1	0,26	0,17	0,08	4,17	1,25	0,04	0,02	1,34
	<i>Gnaphalium purpureum</i> L.	Macela	1	0,04	0,17	0,08	4,17	1,25	0,01	0,00	1,33
	<i>Ischaemum rugosum</i> Salisb.	Capim-pelego	6	8,84	1,00	0,44	4,17	1,25	1,47	0,61	2,30
	<i>Lepidium virginicum</i> L.	Mentruz	2	2,02	0,33	0,15	8,33	2,50	0,34	0,14	2,79
	<i>Malvastrum coromandelianum</i> (L.) Garcke	Guanxuma	2	1,37	0,33	0,15	8,33	2,50	0,23	0,10	2,74
	<i>Parthenium hysterophorus</i> L.	Losna-branca	80	332,41	13,33	5,91	75,00	22,50	55,40	22,88	51,29
	<i>Portulaca oleracea</i> L.	Beldroega	3	1,78	0,50	0,22	4,17	1,25	0,30	0,12	1,60
	<i>Sonchus oleraceus</i> L.	Serralha	5	0,58	0,83	0,37	12,50	3,75	0,10	0,04	4,16
	<i>Sorghum halepense</i> (L.) Pers.	Sorgo-de-alepo	265	921,20	44,17	19,57	100,00	30,00	153,53	63,42	112,99

Tabela 2. (Continuação).

Vetiver m⁻¹	Nome científico	Nome comum	Nº de indivíduos	Massa seca	Da	DR	Fa	Fr	DoA	Dor	IVI
1	<i>Achyranthes aspera</i> L.	Flor-de-pacha	3	2,23	0,50	0,51	8,33	3,63	0,37	0,94	5,08
	<i>Amaranthus deflexus</i> L.	Caruru	1	0,15	0,17	0,17	4,17	1,82	0,03	0,08	2,07
	<i>Cyperus rotundus</i> L.	Tiririca	485	65,12	80,83	82,74	87,5	38,18	10,85	27,43	148,35
	<i>Gnaphalium purpureum</i> L.	Macela	4	1,62	0,67	0,69	8,33	3,63	0,27	0,68	5,00
	<i>Malvastrum coromandelianum</i> (L.) Garcke	Guanxuma	1	1,25	0,17	0,17	4,17	1,82	0,21	0,53	2,52
	<i>Parthenium hysterophorus</i> L.	Losna-branca	40	129,40	6,67	6,83	54,17	23,64	21,57	54,52	84,99
	<i>Phyllanthus tenellus</i> Roxb	Quebra-pedras	1	0,72	0,17	0,17	4,17	1,82	0,12	0,30	2,30
	<i>Sonchus oleraceus</i> L.	Serralha	1	0,05	0,17	0,17	4,17	1,82	0,01	0,03	2,02
	<i>Sorghum halepense</i> (L.) Pers.	Sorgo-de-alepo	49	36,13	8,17	8,36	50	21,82	6,02	15,22	45,40
	<i>Spermacoce latifolia</i> Aubl. (BOILF)	Erva-quente	1	0,64	0,17	0,17	4,17	1,82	0,11	0,28	2,27
2	<i>Cyperus rotundus</i> L.	Tiririca	410	41,26	68,33	86,50	91,67	44,00	6,88	28,71	159,22
	<i>Malvastrum coromandelianum</i> (L.) Garcke	Guanxuma	5	6,78	0,83	1,05	16,67	8,00	1,13	4,72	13,77
	<i>Parthenium hysterophorus</i> L.	Losna-branca	36	87,14	6,00	7,60	58,33	28,00	14,52	60,60	96,19
	<i>Sonchus oleraceus</i> L.	Serralha	2	0,08	0,33	0,42	4,17	2,00	0,01	0,04	2,46
	<i>Sorghum halepense</i> (L.) Pers.	Sorgo-de-alepo	21	8,53	3,50	4,43	37,5	18,00	1,42	5,93	28,36

Tabela. (Continuação).

Vetiver m ⁻¹	Nome científico	Nome comum	Nº de indivíduos	Massa seca	Da	DR	Fa	Fr	DoA	Dor	IVI
3	<i>Commelina benghalensis</i> L.	Trapoeiraba	2	0,84	0,17	1,67	4,17	1,64	0,14	0,34	3,65
	<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers	Gramma-bermudas	2	1,20	0,17	1,67	4,17	1,64	0,2	0,49	3,80
	<i>Cyperus rotundus</i> L.	Tiririca	727	89,65	4,00	39,29	100	39,34	14,94	36,35	114,99
	<i>Galinsoga parviflora</i> Cav.	Picão-branco	1	0,54	0,17	1,67	4,17	1,64	0,09	0,22	3,53
	<i>Gnaphalium pensylvanicum</i> Willd.	Macelinha	1	2,18	0,17	1,67	4,17	1,64	0,36	0,88	4,19
	<i>Malvastrum coromandelianum</i> (L.) Garcke	Guanxuma	2	6,62	0,33	3,24	8,33	3,28	1,1	2,68	9,20
	<i>Parthenium hysterophorus</i> L.	Losna-branca	36	80,59	2,17	21,32	54,17	21,31	13,43	32,68	75,30
	<i>Sonchus oleraceus</i> L.	Serralha	1	2,27	0,17	1,67	4,17	1,64	0,38	0,92	4,24
	<i>Sorghum halepense</i> (L.) Pers.	Sorgo-de-alepo	108	62,78	2,83	27,80	70,83	27,87	10,46	25,45	81,12
4	<i>Achyranthes aspera</i> L.	Flor-de-pacha	3	3,55	0,50	0,51	8,33	3,77	0,59	2,52	6,81
	<i>Conyza canadensis</i> (L.) Cronquist	Voadeira	1	3,95	0,17	0,17	4,17	1,89	0,66	2,82	4,88
	<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers	Gramma-bermudas	6	1,35	1,00	1,03	8,33	3,77	0,23	0,98	5,78
	<i>Cyperus rotundus</i> L.	Tiririca	490	42,34	81,67	84,03	91,67	41,51	7,06	30,15	155,68
	<i>Gnaphalium pensylvanicum</i> Willd.	Macelinha	1	1,73	0,17	0,17	4,17	1,89	0,29	1,24	3,30
	<i>Gnaphalium purpureum</i> L.	Macela	1	0,02	0,17	0,17	4,17	1,89	0	0,00	2,06
	<i>Malvastrum coromandelianum</i> (L.) Garcke	Guanxuma	5	2,75	0,83	0,85	12,5	5,66	0,46	1,96	8,48
	<i>Parthenium hysterophorus</i> L.	Losna-branca	27	67,91	4,50	4,63	37,5	16,98	11,32	48,33	69,94
	<i>Portulaca oleracea</i> L.	Beldroega	1	0,05	0,17	0,17	4,17	1,89	0,01	0,04	2,11
	<i>Sonchus oleraceus</i> L.	Serralha	1	0,08	0,17	0,17	4,17	1,89	0,01	0,04	2,11
	<i>Sorghum halepense</i> (L.) Pers.	Sorgo-de-alepo	46	15,78	7,67	7,89	37,5	16,98	2,63	11,23	36,10
	<i>Spermacoce latifolia</i> Aubl. (BOILF)	Erva-quente	1	0,95	0,17	0,17	4,17	1,89	0,16	0,68	2,75

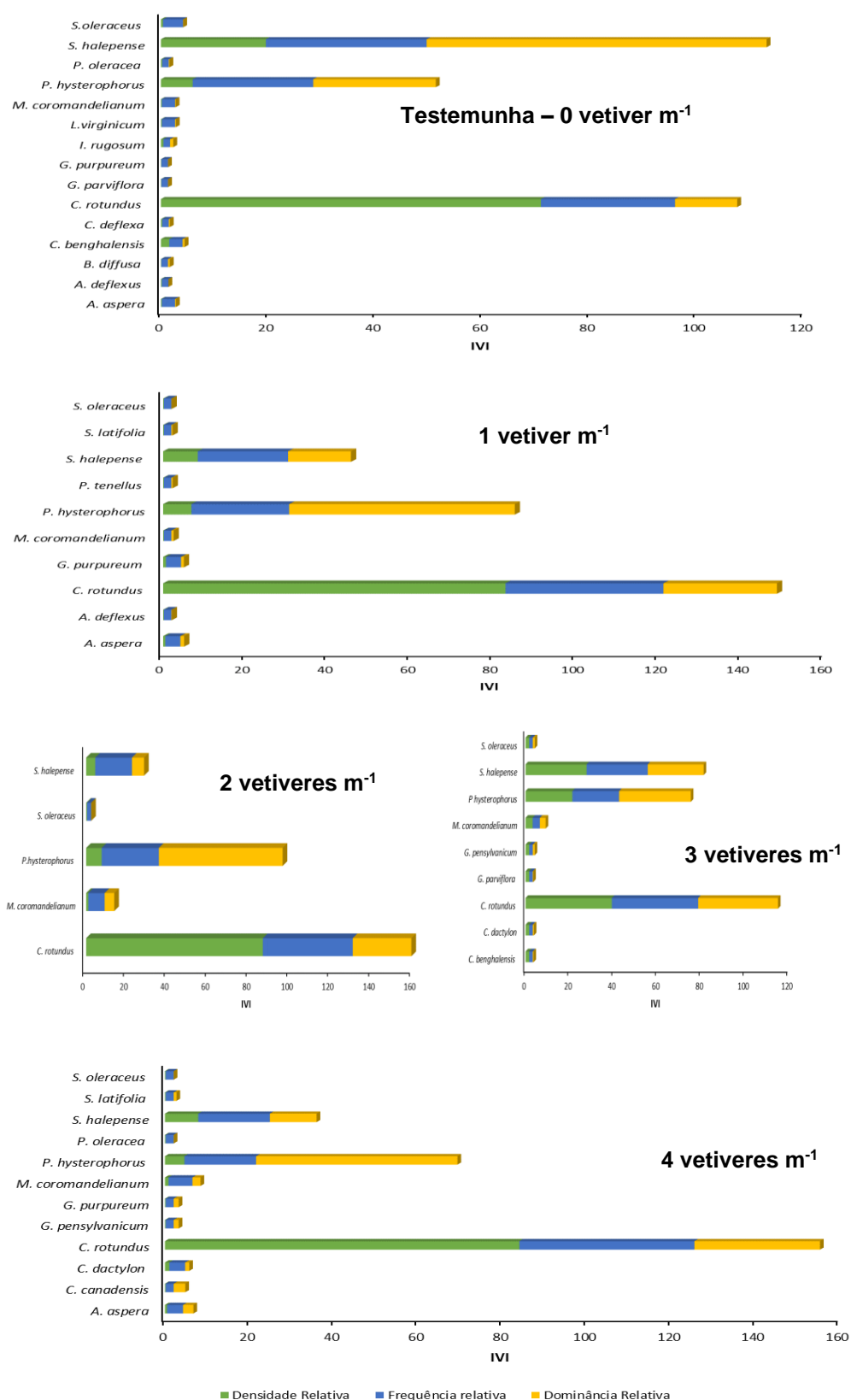


Figura 3. Valores da Densidade relativa (Dr), Frequência relativa (Fr), Dominância relativa (DoR) e Índice de valor de importância (IVI = Dr + Fr + DoR) das espécies de plantas presentes em área de cultivo de capim-vetiver com as densidades de 0, 1, 2, 3 e 4 plantas por metro.

A tiririca (*Cyperus rotundus* L) é uma planta daninha extremamente agressiva, está presente nos mais variados cultivos, devido à sua alta capacidade de reprodução, fácil dispersão e rusticidade no campo, dificulta o controle e afeta diretamente a produtividade (Silveira et al., 2010). Em estudo de Kuva et al. (2007), a tiririca (*C. rotundus*) foi a principal planta daninha com índices de importância relativa superior a 90% em uma lavoura de cana-crua.

A Losna-Branca (*Parthenium hysterophorus* L.) é uma planta daninha de importância mundial, pois, em áreas invadidas por essa planta, conseguem mudar completamente a biota do solo, dificultando o controle e limitando o desenvolvimento de outras plantas, e a mesma possui propriedades que são alelopáticas que a torna mais agressiva para as plantas nativas do local (Osunkoya et al., 2017).

O Sorgo-de-alepo (*Sorghum halepense* (L.) Pers.) é uma planta daninha que por muitos é considerada a mais importante no mundo, é extremamente agressiva, pois, possui mecanismos eficientes de reprodução e propagação, conseguindo combinar eficazmente a forma vegetativa e sexual e se estabelecer rapidamente no ambiente (Kaur e Soodan, 2017).

A similaridade, entre as densidades de vetiver avaliadas, ficou na faixa de 50 a 72 %. Quanto mais próximo de 100% maior é a similaridade. Assim, o maior nível de similaridade está entre as densidades de 0 e 1 e; 2 e 3 plantas m⁻¹, com aproximadamente 72% (Tabela 3).

Tabela 3. Índice de similaridade das espécies da vegetação das áreas com diferentes densidades de plantio do capim-vetiver

Vetiver m ⁻¹	1	2	3	4
0	72,00	50,00	66,67	59,26
1		66,67	52,63	63,64
2			71,43	58,82
3				66,67

Verifica-se que a densidade de 2 vetiveres m⁻¹ foi capaz de suprimir 10 espécies de plantas (Tabelas 2). Assim, nesta densidade de plantas de vetiver

não estavam presentes *Achyranthes aspera* L.; *Amaranthus deflexus* L.; *Boerhavia diffusa* L.; *Callitriche deflexa* A. Braun ex Hegelm.; *Commelina benghalensis* L.; *Galinsoga parviflora* Cav.; *Gnaphalium purpureum* L.; *Ischaemum rugosum* Salisb.; *Lepidium virginicum* L. e *Portulaca oleracea* L. em comparação às áreas testemunhas, sem cultivo do capim-vetiver (0 vetiver m⁻¹).

Enquanto a densidade de 1 vetiver m⁻¹ foi a com menor efeito, e foi capaz de suprimir 7 espécies de plantas (Tabela 2). Assim, nesta densidade de plantas não estavam presentes *Boerhavia diffusa* L., *Callitriche deflexa* A. Braun ex Hegelm., *Commelina benghalensis* L., *Galinsoga parviflora* Cav., *Ischaemum rugosum* Salisb., *Lepidium virginicum* L. e *Portulaca oleracea* L. em comparação às áreas testemunhas, sem cultivo do capim-vetiver (0 vetiver m⁻¹).

O tratamento 0 foi o que apresentou mais espécies daninhas, do que, os demais tratamentos (15 espécies), mostrando que pode ter ocorrido a supressão de pelo menos uma das espécies de plantas invasoras, nos tratamentos que continham as populações do capim-vetiver. Que de forma geral, corresponde ao trabalho desenvolvido por Mao et al. (2004), as aplicações de óleo de vetiver em grandes concentrações de plantas daninhas inibem a germinação de sementes.

A densidade de 2 vetiveres m⁻¹ apresentou menor quantidade de plantas daninhas com 5 espécies encontradas, sendo as três espécies dominantes (*Cyperus rotundus* L., *Parthenium hysterophorus* L., *Sorghum halepense* (L.) Pers.) na área.

Enquanto a densidade de 4 vetiveres m⁻¹ apresentou a maior quantidade de plantas, com 11 espécies, quando comparada com as demais densidades de vetiver na área.

Ocorreu de maneira geral uma redução de massa seca da parte aérea das principais plantas daninhas (Tabela 2). O *C. rotundus* L. apresentou a menor massa seca na densidade 2 vetiveres m⁻¹, em relação à testemunha (0 vetiver m⁻¹), enquanto, *P. hysterophorus* L. teve a menor massa seca na densidade de 4 vetiveres m⁻¹ em comparação à testemunha. Já *S. halepense* (L.) Pers. apresentou a menor massa seca na densidade de 2 vetiveres m⁻¹ em relação à testemunha. Para a quantidade de indivíduos (Tabela 2) para as três espécies dominantes, a primeira e a terceira ocorreram em menor número na densidade de

2 vetiveres m^{-1} , enquanto, a segunda espécie teve população menor na densidade de 4 vetiveres m^{-1} em relação à testemunha (0 vetiver m^{-1}).

Um estudo de Cordeiro et al. (2006) demonstra que a Tiririca (*C. rotundus* L.) é uma espécie de difícil controle, agressiva e de fácil propagação, que quando submetida à aração e gradagem reparticiona os tubérculos, podendo até dobrar o número de indivíduos por área. Os autores verificaram esse dado em levantamento realizado em cultivo de milho sob plantio direto (menor quantidade de indivíduos) e convencional (maior quantidade de indivíduos). Já Khatounian et al. (2018) demonstraram que 99% dos tubérculos de *C. rotundus* encontrados estão alocados até 20 cm do solo, dificultando o controle por herbicidas ou capina manual.

Rehman et al. (2018) observaram que a planta *P. hysterophorus* L., além de ser um importante competidor no cultivo do milho, é extremamente agressiva e pode reduzir a produção de grãos, assim, o manejo é essencial. Já Bajwa et al. (2019) definiram a *P. hysterophorus* L. como uma importante erva daninha no arroz, que consegue obter uma elevada produção de biomassa, competindo de forma severa com a variedade cultivada. Segundo os autores, além de aplicação de herbicida, a variedade de arroz pode ser utilizada como manejo na redução da biomassa desta planta daninha.

No entanto, Peerzada et al. (2017) definiram o *S. halepense* como uma planta extremamente agressiva e que pode causar perdas significativas de 57 a 88 % na agricultura e produtos hortícolas. Enquanto, Nóbrega Jr et al. (2006) verificaram que este capim tem efeito de intoxicação em bovinos. Segundo esses mesmos autores foram relatados casos com animais com sinais de dispneia, ansiedade, tremores musculares e incoordenação. Contudo, Fey et al. (2013) em levantamento de espécies daninhas para o cultivo de Pinhão - Manso (*Jatropha curcas* L.), o *S. halepense* foi uma das principais plantas daninhas encontradas, tanto para quantidade de indivíduos como para biomassa produzida e segundo os autores é uma planta que pode chegar a mais de 2 metros de altura em pouco tempo, sombreando a cultura no período inicial.

CONCLUSÃO

Na testemunha e em todas as densidades de vetiver, foram constatadas três espécies principais, com altos índices de valor de importância: *Cyperus rotundus* L.; *Parthenium hysterophorus* L. e *Sorghum halepense* (L.) Pers. A densidade de 2 vetiveres m⁻¹ apresentou menor quantidade de plantas daninhas com 5 espécies encontradas. O capim-vetiver diminui o número de espécies de plantas da área, entretanto, não apresentou capacidade supressora sobre as três espécies de plantas daninhas mais frequentes e dominantes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bajwa, A. A., Ullah, A., Farooq, M., Chauhan, B. S., Adkins, S. (2019) Chemical control of parthenium weed (*Parthenium hysterophorus* L.) in two contrasting cultivars of rice under direct-seeded conditions. *Crop Protection*, 117: 26-36.
- Balasankar, D., Vanilarasu, K., Selva Preetha, P., Rajeswari, S., Umadevi, M. Bhowmik, D. (2013) Traditional and Medicinal Uses of Vetiver. *Journal of Medicinal Plants Studies*, 1 (3): 191-200.
- Braun-Blanquet, V. (1979) *Fitosociología, bases para el estudio de las comunidades vegetales*. Madrid: H. Blume, 820p.
- Chapman, S.B. (1976) *Methods in plant ecology*. New York: Wiley, 536p.
- Chahal, K.K., Bhardwaj, U., Kaushal, S., Sandhu, A. K (2015). Chemical composition and biological properties of *Chrysopogon zizanioides* (L.) Roberty syn. *Vetiveria zizanioides* (L.) Nash-A Review. *Indian Journal of Natural Products and Resources*, 6(4): 251-260.

- Couto, L.; Gonçalves, W.; Coelho, A. T., De Paula, C. C., Garcia, R., Azevedo, R. F., Locatelli, M. V., Advíncula, T. G. L., Brunetta, J. M. F. C., Costa, C. A. B., Gomide, L. C., Motta, P. H. (2010) *Técnicas de bioengenharia para revegetação de taludes no Brasil*. CBCN. Viçosa-MG, 118p.
- Cordeiro, L. A. M., Reis, M. S., Agnes, E. L., Cecon, P. R. (2006). Efeito do plantio direto no controle de tiririca (*Cyperus rotundus* L.) e outras plantas daninhas na cultura do milho. *Revista Brasileira de Herbicidas*, 5(1): 1-9.
- Curtis, J.T., McIntosh, R.P. (1950) The Interrelations of Certain Analytic and Synthetic Phytosociological Characters. *Ecology*, 31(3): 434-455.
- D'Souza, D. N., Choudhary, A. K., Basak, P., Shukla, S. K. (2019). Assessment of Vetiver Grass Root Reinforcement in Strengthening the Soil. *Ground Improvement Techniques and Geosynthetics*, 14: 135-142.
- Erasmio, E.A.L., Pinheiro, L.L.A., Costa, N.V. (2004) Levantamento fitossociológico das comunidades de plantas infestantes em áreas de produção de arroz irrigado cultivado sob diferentes sistemas de manejo. *Planta Daninha*, Viçosa-MG, 22 (2): 195-201.
- Fey, R., Schulz, D. G., Dranski, J. A., Duarte Júnior, J. B., Malavasi, M. M., Malavasi, U. C. (2013) Identificação e interferência de plantas daninhas em pinhão-mansão. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 17(9): 955–961.
- Fried, G., Norton, L.R., Reboud, X. (2008) Environmental and management factors determining weed species composition and diversity in France. *Agriculture, ecosystems e environment*, 128(1): 68-76.
- INMET. (2018) *Estação Meteorológica de Observação de Superfície automática*. Instituto Nacional de Meteorologia. Acesso em 8 de Setembro de 2018 .Disponível:<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/estacoesAutomaticas>.
- Kaur, R., Soodan, A. S. (2017) Reproductive biology of *Sorghum halepense* (L.) Pers. (Poaceae; Panicoideae; Andropogoneae) in relation to invasibility. *Flora*, 229: 32-49.
- Khatounian, C. A., Oliveira, D. A. M., Ferreira, T. M., Dupre, M., Merianne, H. (2018) Distribuição dos tubérculos de Tiririca (*Cyperus rotundus* L.) no perfil

- do solo e suas implicações para a conversão para agricultura orgânica de hortas urbanas. *Scientia Plena*, 14(9): 1-6.
- Kuva, M.A., Pitelli, R.A., Salgado, T.P., Alves, P.L.C.A. (2007). Fitossociologia de comunidades de plantas daninhas em agroecossistema cana-crua. *Planta Daninha*, 501-511.
- Mao, L., Henderson, G., Laine, R.A., Mao, L., Henderson, G., Laine, R.A. (2004). Germination of Various Weed Species in Response to Vetiver Oil and Nootkatone. *Weed Technol.* 18: 263–267.
- Moreira, H.J.C., Bragança, H.B.N (eds.) (2011) *Manual de identificação de plantas infestantes. Hortifrúti*. Belirdes Nippes Bragança – São Paulo: FMC Agricultural Products, 1017 p.
- Nóbrega Jr, J. E., Riet-Correa, F., Medeiros, R. M., Dantas, A. F. (2006). Intoxicação por *Sorghum halepense* (Poaceae) em bovinos no semi-árido. *Pesquisa Veterinária Brasileira*. 26(4): 201-204.
- Lima, S.F., Timossi, P.C., Almeida, D.P., Da Silva, U.R. (2014) Fitossociologia de plantas daninhas em convivência com plantas de cobertura. *Revista Caatinga*, 27(2): 37-47.
- Lorenzi, H. (2014) *Manual de Identificação e Controle de Plantas Daninhas*. 7ªed., Plantarum Editora, 384p.
- Oliveira, A.R., Freitas, S.P. (2008) Levantamento fitossociológico de plantas daninhas em áreas de produção de cana-de-açúcar. *Planta Daninha*, Viçosa-MG, 26: 33-46.
- Osunkoya, O.O., Akinsanmi, O.A., Lim, L.S., Perrett, C., Callander, J., Dhileepan, K. (2017). *Parthenium hysterophorus* L. (Asteraceae) invasion had limited impact on major soil nutrients and enzyme activity: Is the null effect real or reflects data insensitivity?. *Plant and Soil*, 420 (1-2): 177-194.
- Peerzada, A. M., Ali, H. H., Hanif, Z., Bajwa, A. A., Kebaso, L., Frimpong, D., Iqbal, N., Namubiru, H., Hashim, S., Rasool, G., Manalil, S., Van der Meulen, A., Chauhan, B. S. (2017) Eco-biology, impact, and management of *Sorghum halepense* (L.) Pers. *Biological Invasions*, 16: 1-19.
- Rehman, A., Qamar, R., Farooq, M., Qamar, J., Hassan, F. (2018) Competitive Ability of Santa-Maria (*Parthenium hysterophorus* L.) with Spring Maize. *Planta Daninha*, 36: 1-6.

- SAEG, S. (2007) *Sistema para análises estatísticas*, versão 9.1. Viçosa: UFV.
- Silveira, H. R. O., Ferraz, E. O., Matos, C. C., Alvarenga, I. C. A., Guilherme, D. O., Tuffi Santos, L. D., Martins, E. R. (2010). Alelopatia e homeopatia no manejo da tiririca (*Cyperus rotundus*). *Planta Daninha*, 2: 499-506.
- Shabbir, A., Khan, M. M. A., Ahmad, B., Sadiq, Y., Jaleel, H., Uddin, M. (2019). Vetiveria zizanioides (L.) Nash: A Magic Bullet to Attenuate the Prevailing Health Hazards. *Plant and Human Health*, 2: 99-120.
- Shrestha, A., Knezevic, S.Z., Roy, R.C., Ball-Coelho, B.R., Swanton, C.J. (2002). Effect of tillage, cover crop and crop rotation on the composition of weed flora in a sandy soil. *Weed Research*, 42(1): 76-87.
- Werlang, T., da Luz, A. C. P., Pozzo, V. C., Schwerz, L. A., Tironi, S. P., Franz, E. (2018) Fitossociologia de plantas daninhas em função de diferentes manejos de coberturas de inverno. *Revista Brasileira de Herbicidas*, 17(3): 590.

**3.4. Densidades de plantio de capim-vetiver
(*Chrysopogon zizanioides* (L.) Roberty) em intercultivo com o
caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) visando à adubação verde**

RESUMO

O presente estudo visou determinar o potencial como adubo verde do capim-vetiver (*Chrysopogon zizanioides* (L.) Roberty), com diferentes densidades de plantio, em intercultivo com o caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) e verificar se o aporte de N do agroecossistema é suficiente para a produção de biomassa. A pesquisa foi realizada em Campos dos Goytacazes-RJ, Brasil. O experimento foi arranjado em um fatorial 5 x 2, cujos fatores e níveis foram: densidade de plantio do capim-vetiver (0, 1, 2, 3 e 4 plantas m⁻¹ com espaçamento entre linhas de 1,0 m) e adubação com ureia (0 e 45 kg ha⁻¹). Em todos os tratamentos o caupi foi semeado na densidade de 6 sementes por metro e espaçamento de 0,5 m entre linhas, logo após o corte do vetiver. O delineamento experimental foi em blocos casualizados com quatro repetições. No intercultivo vetiver + caupi, o vetiver produziu em média 13 Mg ha⁻¹ de massa seca com, aproximadamente, 30 e 280 kg ha⁻¹ de P e K, respectivamente. A densidade de 4 plantas m⁻¹ foi a que conteve a maior quantidade de N na palhada do vetiver, 82,4 kg ha⁻¹. No monocultivo de caupi produziu-se em média 8,9 Mg ha⁻¹ de matéria seca de palhada, sendo que,

com aplicação de N, a palhada continha 212 e 231 kg ha⁻¹ de N e K, enquanto, sem aplicação de N, 152 e 174 kg ha⁻¹, respectivamente. O intercultivo com vetiver reduziu tanto a produtividade de matéria seca quanto os conteúdos de N e K na palhada do caupi.

ABSTRACT

The potential of certain green manures can be the key to the viability of sustainable agriculture. The present study aimed to determine the potential as a green manure of the vetiver grass (*Chrysopogon zizanioides* (L.) Roberty), with different planting densities, in intercropping with the cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) and verify if the contribution of N of the agroecosystem is sufficient for the production of biomass. The research was carried out in Campos dos Goytacazes-RJ, Brazil. The experiment was arranged in a factorial 5 x 2, which factors and levels were: planting density of vetiver grass (0, 1, 2, 3 and 4 m⁻¹ seedlings with 1.0 m spacing) and urea fertilization (0 and 45 kg ha⁻¹). In all treatments the cowpea was sown at the density of 6 seeds per meter and spacing of 0.5 m between rows, soon after the cut. The experimental design was in a randomized block with four replicates. In the intercropping vetiver + cowpea, vetiver produced on average 13 Mg ha⁻¹ of dry mass with approximately 30 and 280 kg ha⁻¹ of P and K, respectively. Meanwhile, 4 plants m⁻¹ was the one that contained the largest amount of N in the straw, 82.4 kg ha⁻¹. The monoculture of cowpeas with N application had the highest productivity, 739 kg ha⁻¹. Therefore, even densities of 1 and 2 plants of m⁻¹ vetiver produced the highest levels of P and K, N production was higher for 4 plants m⁻¹. While for variables without urea application to cowpea the density of 4 vetiver plants is also recommended because it has the best performance in relation to the others. However it is

recommending the application of N for performing good, while the consortium does not.

INTRODUÇÃO

O vetiver (*Chrysopogon zizanioides* (L.) Roberty) é uma planta extremamente rústica, possui a peculiaridade de ser hidrófila e xenófila ao mesmo tempo, podendo produzir mais de 100 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ de biomassa vegetal, além de resistir a estresses hídricos de 300 a 3000 mm ano⁻¹, sendo também muito tolerante aos extremos térmicos de temperaturas (-14° C a 55° C) (Danh et al., 2009).

Uma característica do sucesso adaptativo do vetiver é que em simbiose com bactérias diazotróficas possui a capacidade de realizar a fixação biológica de nitrogênio atmosférico, no qual permitiu seu estabelecimento nas mais variadas condições de solos. Além das bactérias fixadoras de nitrogênio, o vetiver se associa com micro-organismos solubilizadores de fosfato, fungos micorrizicos e micro-organismos celulósicos em suas raízes (Siripin, 2000). Essa gramínea evoluiu para adaptação que lhe permite se manter em estágio vegetativo, enquanto sobrevive a condições adversas como solos com baixa fertilidade, valores de pH extremos, salinos e tóxicos (Lavania, 2008; Rao e Suseela, 2000).

O vetiver é uma gramínea conhecida por sua produção de óleo essencial, de muita importância para o setor de perfumarias e indústria de cosméticos. Além disto, é uma cultura utilizada pelas suas propriedades para contenção de erosão, conservação da água e regeneração de solos salinos (Yaseen et al., 2014). O vetiver possui raízes que podem chegar a mais de 5 metros de profundidade. Desta forma, tem potencial para reciclar nutrientes das camadas mais profundas do solo para as superficiais, deixando os nutrientes disponíveis para culturas subsequentes ou em intercultivo. Além disto, o vetiver pode disponibilizar em torno de 300 kg ha⁻¹ de N e P (Maffei, 2002).

Ao longo dos anos, o desenvolvimento de civilizações e as agregações de riquezas foram graças a solos com boa fertilidade, permitindo os estabelecimentos dos povos nas mais variadas regiões do mundo, entretanto, em locais com solos de baixa fertilidade, a utilização da adubação é uma das alternativas para possibilitar os cultivos (Raij, 2011). Contudo, o uso desenfreado de insumos pode levar ao desequilíbrio ambiental, baixa produtividade e elevado custo. Por outro lado, a adubação verde é uma das técnicas de manejo da matéria orgânica que proporciona melhorias do solo de forma eficaz (Erasmus et al., 2004).

Aubos verdes, adaptados a diferentes regiões e culturas agrícolas, que atendam aos produtores, são de muita importância para atingir maiores produtividades. Assim, práticas de adubação verde, permitem que a agricultura se consolide em regiões de solos inférteis, com manejo de baixo custo, alta eficiência e que proporciona melhorias nos fatores físicos, químicos e biológicos dos solos (Carlos et al., 2006). O caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) é uma leguminosa que é amplamente cultivada no Brasil para produção de grãos, no entanto, devido à facilidade de se obter sementes, ter crescimento rápido e alta produção de massa com alto teor de N, tem potencial para adubação verde.

Um dos pontos de escolha de um bom adubo verde é a capacidade de produção de biomassa, além de promover a liberação de nutrientes provindos de camadas profundas do solo ou por processos de fixação de nitrogênio. O intercultivo de gramíneas e leguminosas com o intuito promover a adubação verde pode ser interessante, pois, as gramíneas produzem muita massa de folhas, podendo ter a função ambiental de cobertura do solo, enquanto, a leguminosa, pode fornecer N em maiores concentrações, melhorando a fertilidade do solo para culturas subsequentes.

O presente estudo visou determinar o potencial como adubo verde do capim-vetiver, com diferentes densidades de plantio, em intercultivo com o caupi e verificar se o aporte de N do agroecossistema é suficiente para a produção de biomassa.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi implantado em área de 750 m², em Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil (21°51'S e 41°16'O), no período de 18 de novembro de 2016 a 10 de abril de 2018. O solo da área era o Cambissolo háplico, com as seguintes características à profundidade de 0 a 20 cm: pH= 7,0; P = 560 mg dm⁻³; K = 549 mg dm⁻³; Ca = 12,0 cmol_c dm⁻³; Mg = 2,2 cmol_c dm⁻³; H+Al =1,3 cmol_c dm⁻³; Na = 2,8 cmol_c dm⁻³; C = 2,8 %; MO= 48,4 g dm³; SB= 18,2 cmol_c dm⁻³; T= 18,4 cmol_c dm⁻³; t= 18,4 cmol_c dm⁻³; V= 93,3 %; Fe= 29,7 mg dm⁻³; Cu= 2,6 mg dm⁻³; Zn= 13,5 mg dm⁻³ e Mn=61,1 mg dm⁻³.

Ao longo do experimento foram registradas as temperaturas mensais e a precipitação total na Estação automática de Campos dos Goytacazes (INMET, 2018). A precipitação total ao longo do estudo foi de 1801,5 mm (Figura 1).

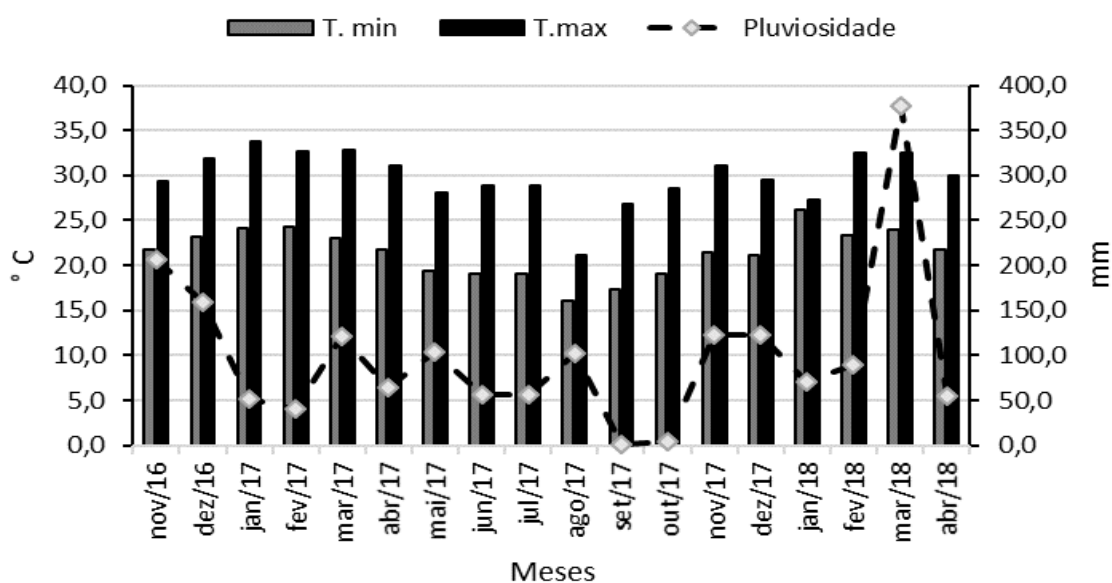


Figura 2. Temperaturas máximas, mínimas (°C), precipitação (mm), durante o desenvolvimento do experimento, Campos dos Goytacazes- RJ (novembro de 2016 a abril de 2018). Fonte: INMET, 2018.

Avaliou-se o intercultivo entre vetiver e caupi em um experimento de campo arranjado em fatorial 5 x 2, cujos fatores e níveis foram: densidades de plantio do capim-vetiver (0, 1, 2, 3 e 4 mudas por metro) e adubação com N (20,25 kg ha⁻¹ de N) na forma de ureia (0 e 45 kg ha⁻¹) em cobertura com 30 dias após a

emergência na cultura do caupi. O delineamento experimental foi em blocos casualizados com quatro repetições.

Cada unidade experimental (U.E.) foi constituída por três linhas de capim-vetiver com 5 metros de comprimento, espaçados a 1 m. Sendo assim, a área de cada U.E foi de 15 m². A área útil de cada U.E foi correspondente à linha central (5 m²).

O capim-vetiver foi plantado por propagação vegetativa utilizando-se mudas providas do IFES – Santa Teresa/ES. No histórico da área experimental prevaleceu o pousio por, aproximadamente, 10 anos (anterior ao vetiver). Aos 11 e 12 meses após o plantio do capim-vetiver foram realizados cortes de sua parte aérea a altura de aproximadamente 10 cm do solo. Os cortes foram realizados com roçadeira manual motorizada e o material cortado foi depositado sobre o solo de forma uniforme, nas respectivas unidades experimentais. O somatório dos cortes forneceu, em média, 5,9 Mg ha⁻¹ de matéria seca, que continha 46,2; 18,7 e 108,2 kg ha⁻¹ de N, P e K, respectivamente (Idem item 3.1 desta tese).

O caupi (variedade Mauá), hábito indeterminado, foi semeado no dia 10 de dezembro de 2017 (logo após o segundo corte do vetiver), em cultivo mínimo sob a palhada do vetiver. Sendo seis linhas de caupi, com 5 metros de comprimento com seis sementes por metro linear e espaçamento de 0,5 m entre linhas em cada unidade experimental. O caupi foi semeado nas entre linhas do capim-vetiver, nas respectivas densidades de 1 a 4 plantas m⁻¹ e em monocultivo, na denominada densidade 0 vetiver m⁻¹. O feijão-caupi emergiu com 10 dias após o plantio. A área de cada U.E foi de 15 m², a área útil de cada U.E foi correspondente a quatro linhas centrais (10 m²).

O experimento foi conduzido utilizando sistema de irrigação por mangueira do tipo Santeno 1, microperfurada a laser, com lâmina de 19 mm por aplicação, duas vezes por semana.

Altura do capim-vetiver e quantificação da intensidade luminosa

Aos 110 dias após o segundo corte do vetiver (3,6 meses) foi realizada a determinação da altura do mesmo com auxílio de uma trena de madeira.

Verificou-se o comprimento da maior altura entre as plantas da área útil. Nesta mesma época, foram realizadas leituras da intensidade luminosa, nas entre linhas do vetiver, utilizando-se o Luxímetro digital LD-400. As leituras foram feitas em três estratos de altura das plantas de Vetiver ($L1 \cong 2,0$ m, $L2 \cong 1,5$ m, $L3 \cong 0,25$ m), enquanto, para o caupi as leituras foram feitas nas alturas L2 e L3.

Avaliação da biomassa produzida pelo vetiver

Aos 18 meses após o plantio do vetiver, que correspondeu a 180 dias (6 meses), após o segundo corte do vetiver e semeadura do caupi, foi realizado um novo corte da parte aérea do mesmo, a altura de 10 cm. As folhas cortadas foram pesadas em balança digital para determinação da massa fresca por hectare. Logo após, foi selecionada uma amostra com peso conhecido para determinação da massa seca. Esta foi levada para secagem em estufa com circulação forçada de ar à temperatura de 70°C, por 72 horas.

Análises morfológicas e componentes de produtividade do caupi

Aos 115 dias após o segundo corte do vetiver e semeadura do caupi, foram avaliados, a partir de amostras aleatórias de três plantas de caupi por área útil, o número de ramos laterais, o comprimento das plantas, a massa seca das plantas, o número de vagens por planta, o número de sementes por vagem e a produtividade de grãos por área.

Avaliação de macronutrientes minerais primários

Foi realizada a análise da nutrição mineral do caupi, no início do seu florescimento, amostrando-se a primeira folha completamente expandida (Malavolta et al., 1997) de cinco plantas por área útil. Enquanto, para a determinação dos teores e conteúdos de N, P e K da parte aérea das plantas utilizou-se a matéria seca da parte aérea do vetiver e do caupi. Para esta análise, foram avaliados os teores de macronutrientes minerais primários (nitrogênio, fósforo e potássio). As amostras foram moídas no moinho de facas do tipo Wiley,

e armazenadas em frascos herméticos fechados. Foram retiradas 0,1 g dessa amostra vegetal. Logo após, foram preparadas as amostras para leitura de N e P analisadas pelo espectrofotômetro (Specord 210, Analytik Jena) e para K foi utilizado o fotômetro de chamas. Para essas análises foram preparadas inicialmente com a digestão sulfúrica, enquanto para leitura de nitrogênio feita pelo “Método de Nessler” (Reagente A - Reagente de Nessler / Reagente B - tartarato de sódio). E, para o fósforo utilizou para coloração, adição do reagente A (Molibdato de Amônio) / reagente B (Vitamina C a 0,8%).

Foi realizada a análise de variância F em nível de 1 e 5% de probabilidade. Em caso de efeito significativo para a densidade de plantas por metro realizou-se a análise de regressão. As análises estatísticas foram feitas utilizando o programa estatístico Sistema para Análises Estatísticas e Genéticas, SAEG (2007).

RESULTADOS

Altura do capim-vetiver e intensidade luminosa a diferentes alturas do dossel

A altura do capim-vetiver não diferiu significativamente ($P < 0,05$) sob efeito da aplicação de ureia e densidades de plantio de vetiver. Assim, a média das alturas foi de 2,35 metros (Tabela 1).

Tabela 1. Alturas das plantas de capim-vetiver (metros), considerando suas densidades de plantio em intercultivo com o caupi e doses de ureia em cobertura

Ureia (kg ha ⁻¹)	Densidade de vetiver (plantas m ⁻¹)				Média
	1	2	3	4	
0	2,27	2,38	2,39	2,29	2,33A
45	2,45	2,30	2,30	2,41	2,36A
2,35	2,36	2,34	2,34	2,35	2,35
C.V. (%)	5,2				

Médias seguidas da mesma letra maiúscula, na coluna, não diferem entre si pelo teste F (5%).

A intensidade luminosa a 2,0 m de altura (leitura 1) (Tabela 2), não diferiu significativamente ($P < 0,05$) em resposta a aplicação de ureia e densidades de plantio de vetiver. Assim, a média de intensidade foi de $1528,59 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$.

Tabela 2. Intensidade luminosa avaliada em diferentes alturas, considerando densidades de plantio do capim-vetiver em intercultivo com o caupi e doses de ureia em cobertura

Ureia (kg ha ⁻¹)	Densidade de vetiver (plantas m ⁻¹)					Média
	0	1	2	3	4	
$\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$						
Leitura 1 \cong 2,0 m						
0	-	1621,99	1748,48	1442,31	1502,20	1578,75A
45	-	1310,49	1362,29	1667,54	1573,43	1478,44A
Média	-	1466,24	1555,39	1554,93	1537,81	1528,59
C.V. (%)	19,7					
Leitura 2 \cong 1,5 m						
0	1695,29B	580,30A	353,58B	426,40B	1098,44A	830,80
45	1892,78A	506,74B	595,01A	831,58A	338,48B	832,92
Média	1794,04	543,52	474,29	628,99	718,46	831,86
C.V. (%)	46,2					
Leitura 3 \cong 0,25 m						
0	14,87	9,25	13,82	7,00	13,59	11,70A
45	7,32	7,94	11,90	24,90	40,88	18,59A
Média	11,10	8,59	12,86	15,95	27,23	15,15
C.V. (%)	143,9					

Médias seguidas da mesma letra maiúscula, na coluna, não diferem entre si pelo teste F (5 %).

Na leitura 2, feita a altura de 1,5 m, verificou-se efeito significativo da interação aplicação de ureia e densidade de vetiver ($P < 0,05$) (Tabela 2). Para as densidades de vetiver, 1 e 4 plantas m⁻¹, as maiores médias foram sem adubação com ureia. Já nas densidades de 0 (monocultivo de caupi), 2 e 3 plantas de vetiver, quando se aplicou a ureia, as intensidades luminosas foram maiores.

Nesta altura (1,5 m) sem aplicação de ureia, a maior intensidade luminosa ocorreu no monocultivo de caupi, enquanto, a menor ocorreu com 2,2 plantas de

vetiver por metro e aumentou acentuadamente até a densidade de quatro plantas por metro (Figura 2). Já com aplicação de ureia, também o monocultivo de caupi apresentou a maior intensidade luminosa, enquanto, a menor ocorreu com 2,72 plantas de vetiver por metro e aumentou suavemente até a densidade de quatro plantas por metro (Figura 2). Nesta altura em que foi feita a leitura, deve-se considerar que quanto menor a intensidade luminosa verificada, maior foi o sombreamento das plantas de caupi.

A Intensidade luminosa na altura de 0,25 m (leitura 3) (Tabela 2), não diferiu significativamente ($P < 0,05$), considerando a aplicação de ureia e densidades de plantio de vetiver. Assim, a média de intensidade luminosa foi de $15,15 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$.

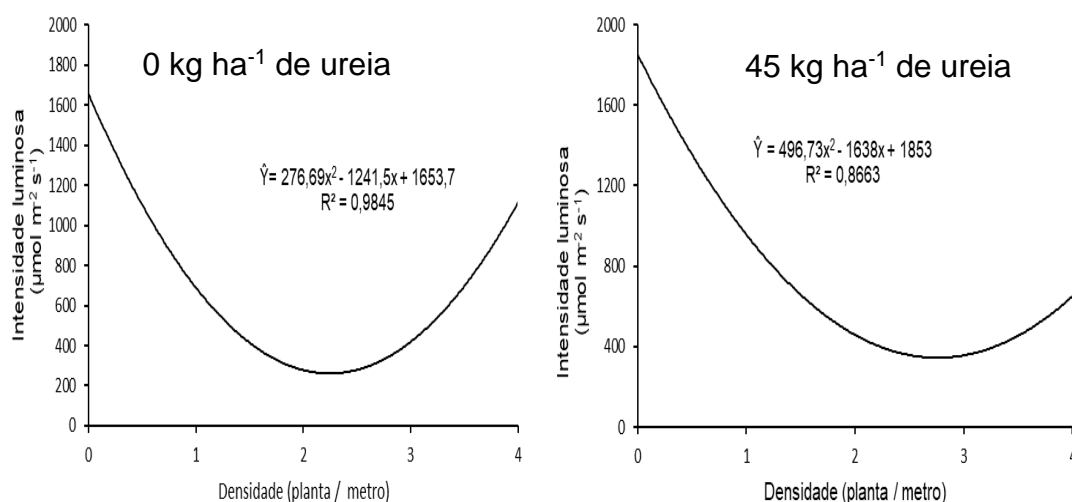


Figura 2. Intensidade luminosa, considerando a densidade de plantio de capim-vetiver em intercultivo com o caupi e seu monocultivo, sem e com adubação com ureia.

Biomassa produzida pelo vetiver e macronutrientes primários

As massas fresca e seca da parte aérea do vetiver (Tabela 3) não apresentaram efeitos significativos ($P < 0,05$) da aplicação de ureia e de densidades de plantio. Assim, em média foram produzidos aproximadamente 47,4 e 13,0 Mg ha⁻¹ de massa fresca e seca do capim-vetiver, respectivamente.

Tabela 3. Massa fresca e seca (kg ha^{-1}) da parte aérea do capim-vetiver, considerando densidades de plantio em intercultivo com o caupi e doses de ureia em cobertura

Ureia (kg ha^{-1})	Densidade de vetiver (plantas m^{-1})				Média
	1	2	3	4	
Massa fresca (kg ha^{-1})					
0	37306,5	48011,0	45899,0	46569,5	44446,5A
45	45862,5	55093,5	41850,0	58943,5	50437,4A
Média	41584,5	51552,6	43874,5	52756,5	47441,9
C.V. (%)	45,0				
Massa seca (kg ha^{-1})					
0	10697,3	13306,9	12813,8	12532,7	12337,7A
45	12283,2	14339,5	11701,4	16185,9	13627,5A
Média	11490,2	13823,2	12257,6	14359,3	12982,6
C.V. (%)	52,48				

Médias seguidas da mesma letra maiúscula, na coluna, não diferem entre si pelo teste F (5%).

Teores de macronutrientes primários no vetiver

O teor de Nitrogênio na massa seca de vetiver (Tabela 4), não diferiu significativamente ($P < 0,05$), para aplicação de ureia e densidades de plantio nas linhas de cultivo. Assim, a média para teor de nitrogênio foi de $5,59 \text{ g kg}^{-1}$.

O teor de P na massa seca (Tabela 4), não diferiu significativamente ($P < 0,05$), para aplicação de ureia. Entretanto, ocorreu efeito significativo das densidades de vetiver sobre o teor de P ($P < 0,05$) (Figura 3). Em média, a menor densidade (1 planta por metro) apresentou plantas de vetiver com maior teor de P, que foi decrescendo linearmente com o aumento da densidade.

O teor de K (Tabela 4), não diferiu significativamente ($P < 0,05$), para aplicação de ureia. Entretanto, ocorreu efeito significativo das densidades de vetiver sobre o teor de K ($P < 0,05$) (Figura 3). O maior teor de K na parte aérea do vetiver ocorreu com 1,57 planta por metro decrescendo até 4 plantas por metro.

Tabela 4. Teores de nitrogênio, fósforo e potássio (g kg^{-1}), considerando densidades de plantio do capim-vetiver em intercultivo com o caupi e doses de ureia em cobertura

Ureia (kg ha^{-1})	Densidade de vetiver (plantas m^{-1})				Média
	1	2	3	4	
Teor de nitrogênio (g kg^{-1})					
0	4,96	4,96	5,94	6,40	5,57A
45	5,34	6,28	5,56	5,26	5,61A
Média	5,15	5,62	5,75	5,83	5,59
C.V. (%)	13,43				
Teor de fósforo (g kg^{-1})					
0	2,40	2,60	1,96	2,23	2,30A
45	2,28	2,29	2,41	2,00	2,25A
Média	2,34	2,44	2,19	2,11	2,28
C.V. (%)	27,6				
Teor de potássio (g kg^{-1})					
0	21,47	23,81	20,44	19,84	21,39A
45	23,22	21,59	22,59	20,66	22,02A
Média	22,34	22,70	21,50	20,25	21,70
C.V. (%)	10,4				

Médias seguidas da mesma letra maiúscula, na coluna, não diferem entre si pelo teste F (5%).

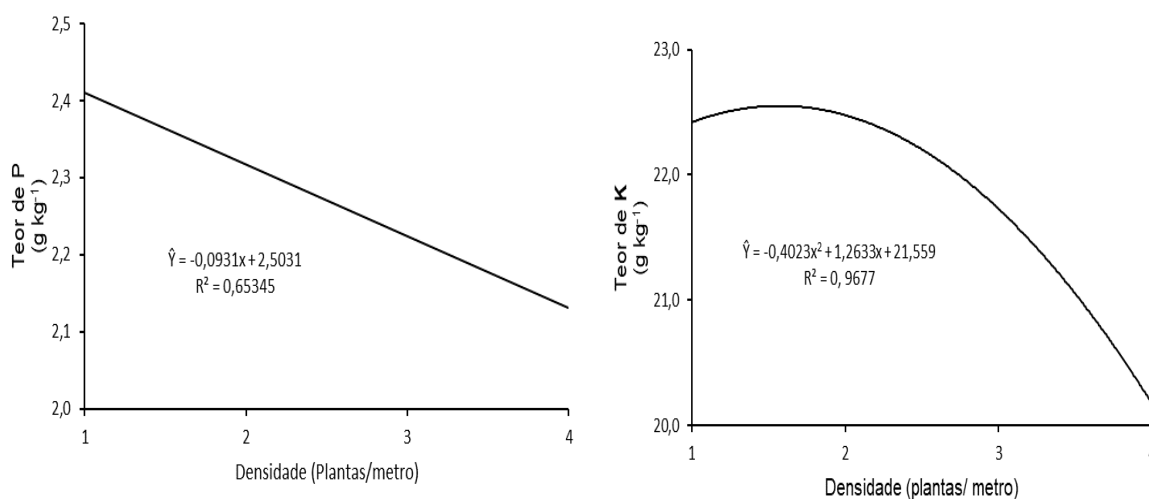


Figura 3. Teores de P e K na parte aérea do capim-vetiver, considerando a densidade de plantio de mudas do mesmo em intercultivo com o caupi.

Macronutrientes primários contidos na palhada do vetiver

A quantidade de N na palhada (Tabela 5) não apresentou efeito significativo ($P > 0,05$) da aplicação de ureia. Mas, ocorreu efeito significativo da densidade de vetiver ($P < 0,05$) (Figura 4). Quanto maior a densidade, maior foi o conteúdo de N na palhada do vetiver. Assim, em média, 4, 3 e 2 plantas m⁻¹ continham 19,3; 12,9 e 6,4 kg ha⁻¹ de N a mais que na densidade de uma planta por metro.

As quantidades de P e K contidos na palhada do vetiver (Tabela 5), não apresentaram efeitos significativos ($P < 0,05$) da aplicação de ureia e das densidades de seu plantio. Assim, em média, P e K contidos na palhada foram 29,29 e 279,65 kg ha⁻¹, respectivamente.

Tabela 5. Nitrogênio, fósforo e potássio contidos na palhada do vetiver (kg ha^{-1}) considerando densidades de plantio em intercultivo com o caupi e doses de ureia em cobertura

Ureia (kg ha^{-1})	Densidade de vetiver (plantas m^{-1})				Média
	1	2	3	4	
Nitrogênio contido na palhada (kg ha^{-1})					
0	54,02	66,23	75,58	81,72	69,39A
45	65,21	87,79	67,48	84,08	76,14A
Média	59,62	77,00	71,53	82,90	72,76
C. V. (%)	53,92				
Fósforo contido na palhada (kg ha^{-1})					
0	25,35	34,62	24,54	27,71	28,06A
45	26,94	33,28	28,28	33,58	30,52A
Média	26,15	33,95	26,41	30,65	29,29
C.V. (%)	78,67				
Potássio contido na palhada (kg ha^{-1})					
0	230,03	317,79	261,00	245,81	263,66A
45	271,95	314,06	259,23	337,31	295,64A
Média	250,99	315,92	260,11	291,56	279,65
C.V. (%)	57,97				

Médias seguidas da mesma letra maiúscula, na coluna, não diferem entre si pelo teste F (5 %).

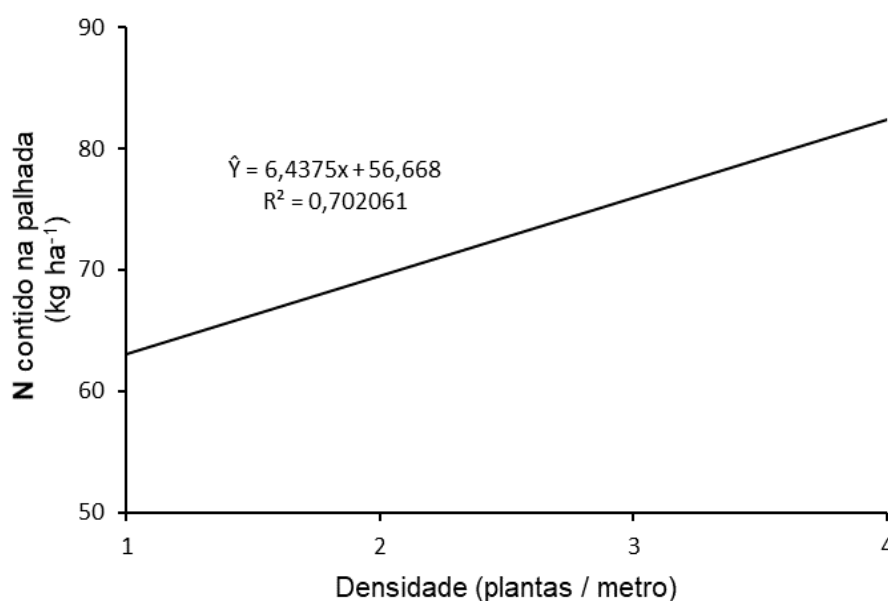


Figura 4. N contido na palhada por hectare considerando a densidade de plantio de mudas do capim-vetiver em intercultivo com o caupi.

Biomassa produzida pelo caupi e macronutrientes primários

Para massa seca da parte aérea de caupi (Tabela 6) ocorreu interação significativa ($P < 0,05$) entre aplicação de ureia e densidade de plantas de vetiver. Entretanto, não ocorreu efeito significativo ($P > 0,05$) da aplicação de ureia nas densidades de plantio de vetiver (Tabela 6). Assim, no monocultivo produziu-se em média $8,9 \text{ Mg ha}^{-1}$.

Sem adubação de ureia, a massa seca da parte aérea de caupi foi maior no monocultivo e teve decréscimo com o aumento da densidade de plantas de vetiver até 2,4 plantas por metro, resultando em $2789,1 \text{ kg ha}^{-1}$ de massa seca, com posterior acréscimo de até 4 plantas por metro (Figura 5). Assim, no intercultivo com o vetiver ocorreram 3,1; 4,6; 4,4 e 2,5 vezes menos massa seca da parte aérea de caupi nas densidades de 1; 2; 3 e 4 plantas por metro, respectivamente (Figura 5).

Com adubação de ureia, a massa seca da parte aérea de caupi foi maior no monocultivo e reduziu com o aumento da densidade até o mínimo com 2,4 plantas por metro, resultando em $3653,2 \text{ kg ha}^{-1}$ de massa seca da parte aérea de caupi e acréscimo suave de até 4 plantas por metro (Figura 5). Assim, no intercultivo com vetiver ocorreram 2,2; 2,7 2,6 e 2,4 vezes menos massa seca da parte aérea de caupi nas densidades de 1; 2; 3 e 4 plantas por metro, respectivamente (Figura 5).

Tabela 6. Massa seca da parte aérea do caupi (kg ha^{-1}), considerando densidades de plantio do capim-vetiver em intercultivo com o caupi e doses de ureia em cobertura

Ureia (kg ha^{-1})	Densidade de vetiver (plantas m^{-1})					Média
	0	1	2	3	4	
0	7752,80A	3726,40A	3235,60A	3312,60A	4812,90A	4568,12
45	9963,90A	3706,50A	3951,50A	4895,20A	3325,50A	5168,52
Média	8858,35	3716,45	3593,55	4104,05	4069,20	4868,32
C.V.(%)	33,3					

Médias seguidas da mesma letra maiúscula, na coluna, não diferem entre si pelo teste F (1 e 5%).

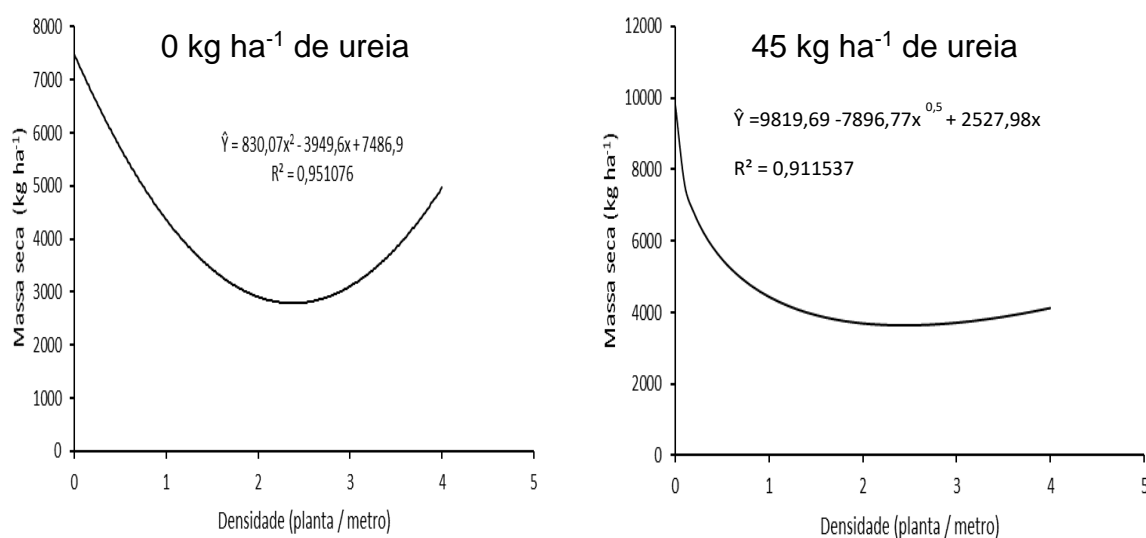


Figura 5. Massa seca do caupi, considerando a densidade de plantio de mudas do capim-vetiver em intercultivo com o caupi, sem e com adubação com ureia

Teores de macronutrientes primários no caupi

Os teores de N e K na massa seca da parte aérea do caupi (Tabela 7), não apresentaram efeito significativo ($P < 0,05$) da aplicação de ureia e de densidades de plantio de vetiver. Assim, em média, estes teores foram 21,4 e 24,6 g kg⁻¹, respectivamente. Enquanto, o teor de P não apresentou efeito significativo das densidades de plantio do capim-vetiver ($P > 0,05$), entretanto, a aplicação de ureia resultou em seu acréscimo (Tabela 7).

Tabela 7. Teores de nitrogênio, fósforo e potássio na parte aérea do caupi (g kg^{-1}), considerando densidades de plantio do capim-vetiver em intercultivo com o caupi e doses de N em cobertura

Ureia (kg ha^{-1})	Densidade de vetiver (plantas m^{-1})					Média
	0	1	2	3	4	
Teor de nitrogênio						
0	19,50	20,05	21,98	20,59	22,83	20,99A
45	21,35	22,16	22,63	22,03	20,76	21,79A
Média	20,43	21,11	22,30	21,31	21,79	21,39
C.V. (%)	8,4					
Teor de fósforo						
0	2,58	1,91	2,19	1,95	2,20	2,17B
45	2,70	2,11	2,60	2,34	2,20	2,39A
Média	2,64	2,01	2,39	2,14	2,20	2,28
C.V. (%)	15,2					
Teor de potássio						
0	22,31	25,06	23,94	25,56	22,34	23,84A
45	23,34	22,78	26,56	26,44	27,56	25,34A
Média	22,83	23,92	25,25	26,00	24,95	24,59
C.V. (%)	13,8					

Médias seguidas da mesma letra maiúscula, na coluna, não diferem entre si pelo teste F (5%).

Macronutrientes primários contidos na palhada do caupi

Ocorreu efeito significativo da interação (aplicação de ureia x densidade de plantio) ($P < 0,05$) sobre o nitrogênio contido na palhada do caupi (Tabela 8). Para as densidades de vetiver: 0 (monocultivo de caupi), 1, 2 e 3 plantas por metro, as maiores médias foram com adubação com ureia. Já a densidade de 4 plantas de vetiver, quando não se aplicou ureia, ocorreu mais N na palhada do caupi (Tabela 8).

Sem aplicação de ureia, o monocultivo de caupi apresentou maior quantidade de N na palhada comparativamente ao seu intercultivo com vetiver. Enquanto, a menor quantidade de N na palhada do caupi ocorreu com 2,3 plantas de vetiver por metro, resultando em $61,5 \text{ kg ha}^{-1}$ de N e aumentou acentuadamente até a densidade de quatro plantas por metro (Figura 6). Assim, o

intercultivo com vetiver reduziu em 1,7; 2,4; 2,1 e 1,3 vezes o N da palhada do caupi nas densidades de 1; 2; 3 e 4 plantas por metro, respectivamente.

Com aplicação de ureia, o monocultivo apresentou a maior quantidade de N na palhada de caupi. Enquanto, o menor conteúdo de N ocorreu com aproximadamente 3 plantas de vetiver por metro com 72,1 kg ha⁻¹ e aumentou suavemente até a densidade de quatro plantas por metro (Figura 6). Assim, o intercultivo com vetiver reduziu em 1,5; 2,2; 2,6 e 2,2 vezes o conteúdo de N da palhada do caupi nas densidades de 1; 2; 3 e 4 plantas por metro, respectivamente.

Tabela 8. Quantidades de nitrogênio, fósforo e potássio na palhada do caupi (kg ha⁻¹), considerando densidades de plantio do capim-vetiver em intercultivo com o caupi e doses de N em cobertura

Ureia (kg ha ⁻¹)	Densidade de vetiver (plantas m ⁻¹)					Média
	0	1	2	3	4	
Nitrogênio contido na palhada (kg ha⁻¹)						
0	152,05B	76,98B	72,14B	69,39B	109,90A	96,09
45	212,21A	83,74A	89,43A	109,61A	68,88B	112,77
	182,13	80,36	80,78	89,50	89,39	104,43
C.V. (%)	37,3					
Fósforo contido na palhada (kg ha⁻¹)						
0	20,08A	7,72A	7,09A	6,34A	10,75A	10,40
45	26,77A	8,20A	10,44A	10,91A	7,03A	12,67
Média	23,43	7,96	8,77	8,62	8,89	11,53
C.V. (%)	35,2					
Potássio contido na palhada (kg ha⁻¹)						
0	174,28B	93,20A	77,23B	80,99B	102,43A	105,63
45	231,54A	84,24B	103,28A	129,67A	89,41B	127,63
Média	202,91	88,72	90,25	105,33	95,92	116,63
C.V. (%)	31,2					

Médias seguidas da mesma letra maiúscula, na coluna, não diferem entre si pelo teste F (5%).

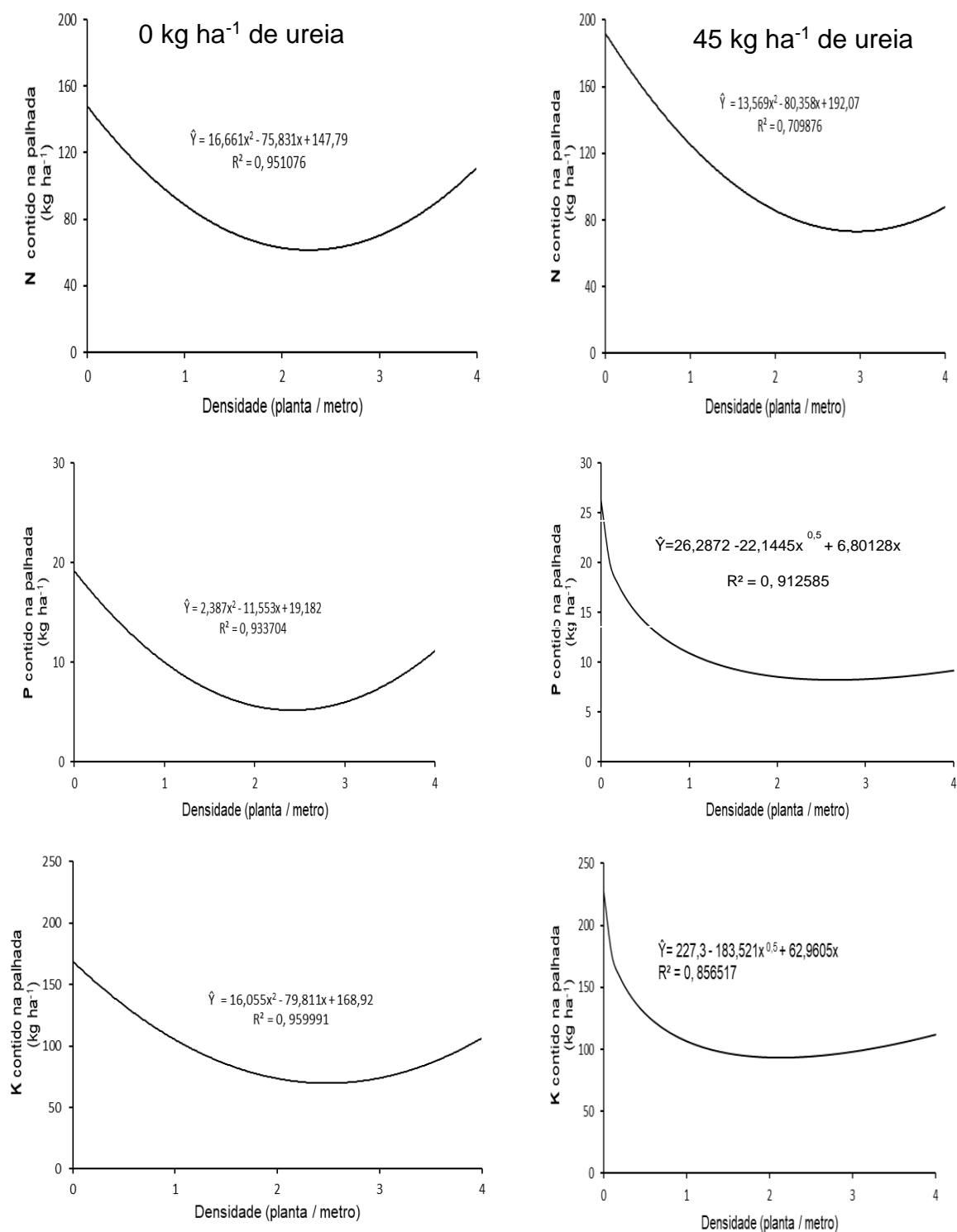


Figura 6. Quantidade de nitrogênio, fósforo e potássio contidos na palhada de capim, considerando a densidade de plantio de mudas do capim-vetiver em intercultivo com o capim, sem e com adubação com ureia.

Quanto ao P contido na palhada de caupi (Tabela 8) ocorreu interação significativa ($P < 0,05$) entre aplicação de ureia e densidade de plantas de vetiver. Entretanto, não ocorreu efeito significativo ($P > 0,05$) da aplicação de ureia nas densidades de plantio de vetiver (Tabela 8).

Sem aplicação de ureia, o maior conteúdo de P na palhada, ocorreu no monocultivo de caupi. Enquanto, o menor ocorreu com 2,4 plantas de vetiver por metro, resultando em $5,2 \text{ kg ha}^{-1}$ de P contido na palhada de caupi, e aumentou acentuadamente até a densidade de quatro plantas por metro (Figura 6). Assim, o intercultivo com vetiver reduziu em 1,9; 3,4; 3,2 e 1,7 vezes o conteúdo de P na palhada do caupi nas densidades de 1; 2; 3 e 4 plantas por metro, respectivamente.

Com aplicação de ureia, o monocultivo apresentou maior conteúdo de P na palhada de caupi. Enquanto, o menor ocorreu com 2,6 plantas de vetiver por metro com $8,7 \text{ kg ha}^{-1}$ e aumentou suavemente até a densidade de quatro plantas por metro (Figura 6). Assim, o intercultivo com vetiver reduziu em 2,4; 3,1; 3,2 e 2,8 vezes o P da palhada do caupi nas densidades de 1; 2; 3 e 4 plantas por metro, respectivamente.

Com relação ao potássio, as densidades de vetiver: 0 (monocultivo de caupi), 2 e 3 plantas por metro, as maiores médias foram com adubação com ureia. Já nas densidades de 1 e 4 plantas de vetiver, o K contido na palhada foi maior, quando não se aplicou ureia (Tabela 8).

Sem aplicação de ureia, o maior conteúdo de K na palhada, ocorreu no monocultivo de caupi. Enquanto, o menor ocorreu com 2,5 plantas de vetiver por metro, resultando em $69,7 \text{ kg ha}^{-1}$ de K contido na palhada de caupi, e aumentou acentuadamente até a densidade de quatro plantas por metro (Figura 6). Assim, o intercultivo com vetiver reduziu em 1,6; 2,3; 2,3 e 1,6 vezes o conteúdo de K na palhada do caupi nas densidades de 1; 2; 3 e 4 plantas por metro, respectivamente.

Com aplicação de ureia, o monocultivo apresentou o maior conteúdo de K na palhada de caupi. Enquanto, o menor ocorreu com 2,1 plantas de vetiver por metro com $93,6 \text{ kg ha}^{-1}$ e aumentou suavemente até a densidade de quatro plantas por metro (Figura 8). Assim, o intercultivo com vetiver reduziu em 2,1; 2,4;

2,3 e 2 vezes o conteúdo de K na palhada do caupi nas densidades de 1; 2; 3 e 4 plantas por metro, respectivamente.

Análises morfológica, nutricional, e componentes de produtividade do caupi

Para número de ramos laterais do caupi (Tabela 9) ocorreu interação significativa ($P < 0,05$) entre aplicação de ureia e densidade de plantas de vetiver. No monocultivo de caupi e na densidade de duas plantas por metro de vetiver, adubados com ureia, ocorreu maior número de ramos laterais. Já nas densidades com 1 e 4 plantas por metro ocorreram os maiores números de ramos laterais quando não se aplicou ureia. Por outro lado, na densidade de três plantas por metro não ocorreu efeito significativo ($P > 0,05$), da aplicação de ureia.

Sem adubação de ureia, o número de ramos laterais, foi menor no monocultivo e teve acréscimo com o aumento da densidade de plantas de vetiver (Figura 7). Assim, com aumento da densidade ocorreram 1,2; 1,6; 1,7 e 1,2 vezes mais ramos laterais no caupi em intercultivo com o vetiver nas densidades de 1; 2; 3 e 4 plantas por metro, respectivamente.

Com adubação de ureia, o número de ramos laterais foi maior no monocultivo e reduziu com o aumento da densidade até o mínimo com 2,4 plantas por metro e acréscimo suave com o aumento das densidades (Figura 7).

O comprimento das plantas de caupi (Tabela 9), não diferiu significativamente ($P < 0,05$), para aplicação de ureia e densidades de plantio nas linhas de cultivo. Assim, a média para comprimento das plantas de caupi foi de 2,5 metros.

Tabela 9. Ramos laterais por planta e comprimento da parte aérea de caupi, considerando densidades de plantio do capim-vetiver em intercultivo com o caupi e doses de N em cobertura

Ureia (kg ha ⁻¹)	Densidade de vetiver (plantas m ⁻¹)					Média
	0	1	2	3	4	
Ramos laterais da planta⁻¹						
0	2,25B	1,17A	0,58B	0,58A	1,00A	1,12
45	2,58A	0,58B	1,08A	0,58A	0,75B	1,12
Média	2,42	0,88	0,83	0,58	0,88	1,12
C.V. (%)	67,2					
Comprimento da parte aérea (m)						
0	2,41	2,56	2,60	2,72	2,77	2,61A
45	2,87	2,56	2,87	2,73	2,45	2,39A
Média	2,64	2,56	2,73	2,72	2,61	2,50
C.V. (%)	15,8					

Médias seguidas da mesma letra maiúscula, na coluna, não diferem entre si pelo teste F (5%).

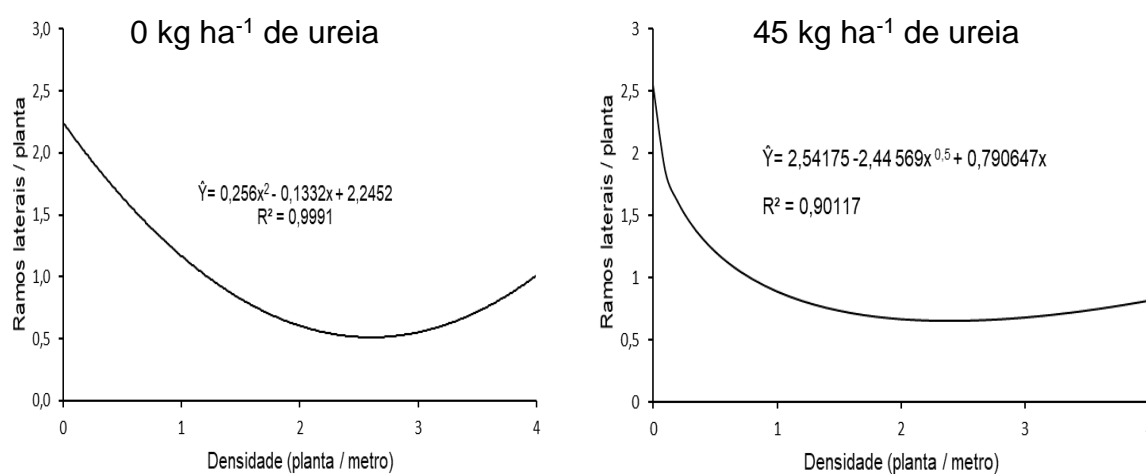


Figura 7. Ramos laterais por planta de caupi considerando a densidade de plantio de mudas do capim-vetiver em intercultivo com o caupi, sem e com adubação com ureia

Nas amostras de folhas do caupi (Tabela 10), verificou-se que os teores de N e P estão acima da faixa de suficiência para o caupi (Malavolta et al., 1997), enquanto o K está abaixo dessa faixa.

Tabela 10. Teores de N, P e K nas folhas de caupi e respectivas faixas de suficiência

Densidade de vetiver (plantas m ⁻¹)	N	Faixa de suficiência N*	P		K	Faixa de suficiência K*
			g kg ⁻¹			
0	36,42		2,76		17,69	
1	37,03		2,35		20,17	
2	36,10	18 – 22	2,31	1,2 - 1,5	20,17	30 - 35
3	37,15		2,41		20,92	
4	34,34		2,49		20,27	
Média	36,21		2,46		19,84	

*Fonte: Malavolta et al (1997).

Para o número de vagens por planta de caupi (Tabela 11) ocorreu interação significativa ($P < 0,05$) entre aplicação de ureia e densidade de plantas de vetiver.

No monocultivo de caupi e nas densidades de uma e três plantas por metro de vetiver, adubados com ureia, ocorreu maior número de vagens por planta. Já nas densidades com 2 e 4 plantas por metro, sem adubação com ureia, ocorreram os maiores números de vagens por planta (Tabela 11).

Sem adubação de ureia, o número de vagens por planta, foi maior no monocultivo, e teve decréscimo com o aumento da densidade de plantas de vetiver até 2,3 plantas por metro, resultando em 2,0 vagens por planta e posterior acréscimo até 4 plantas por metro (Figura 8).

Com adubação de ureia, o número de vagens por planta foi maior no monocultivo e reduziu com o aumento da densidade até o mínimo com 3 plantas por metro, resultando em 2,2 vagens por planta e acréscimo suave até 4 plantas por metro (Figura 8).

Tabela 11. Número de vagens por planta, de sementes por vagem e produtividade de grãos de caupi considerando densidades de plantio do capim-vetiver em intercultivo com o caupi e doses de N em cobertura

Ureia (kg ha ⁻¹)	Densidade de vetiver (plantas m ⁻¹)					Média
	0	1	2	3	4	
Vagens por planta						
0	7,00B	2,50B	3,33A	1,75B	4,58A	3,83
45	8,17A	3,92A	2,58B	3,33A	2,33B	4,07
Média	7,58	3,21	2,96	2,54	3,46	3,95
C.V. (%)	50,3					
Sementes por vagem						
0	12,58	7,81	8,29	7,21	8,42	8,86A
45	8,85	11,03	8,54	11,49	7,08	9,40A
Média	10,72	9,42	8,42	9,35	7,75	9,13
C.V. (%)	53,2					
Produtividade de grãos (kg ha⁻¹)						
0	781,00	385,00	260,30	154,00	328,60	381,78B
45	728,20	387,80	353,60	265,80	313,30	409,74A
Média	754,60	386,40	306,95	209,90	320,95	395,76
C.V. (%)	51,1					

Médias seguidas da mesma letra maiúscula, na coluna, não diferem entre si pelo teste F (5%).

O número de sementes por vagem de caupi (Tabela 11), não diferiu significativamente ($P < 0,05$), para aplicação de ureia e densidades de plantio nas linhas de cultivo. Assim, a média para o número sementes por vagem foi de 9,13.

A produtividade de caupi, não apresentou efeito significativo da interação (adubação com ureia e densidades de plantio do vetiver) ($P > 0,05$). Porém, para aplicação de ureia e densidades de plantio ocorreu efeito significativo ($P < 0,05$) em que, a aplicação da mesma resultou em 28 kg ha⁻¹ a mais na produtividade do caupi (Tabela 11).

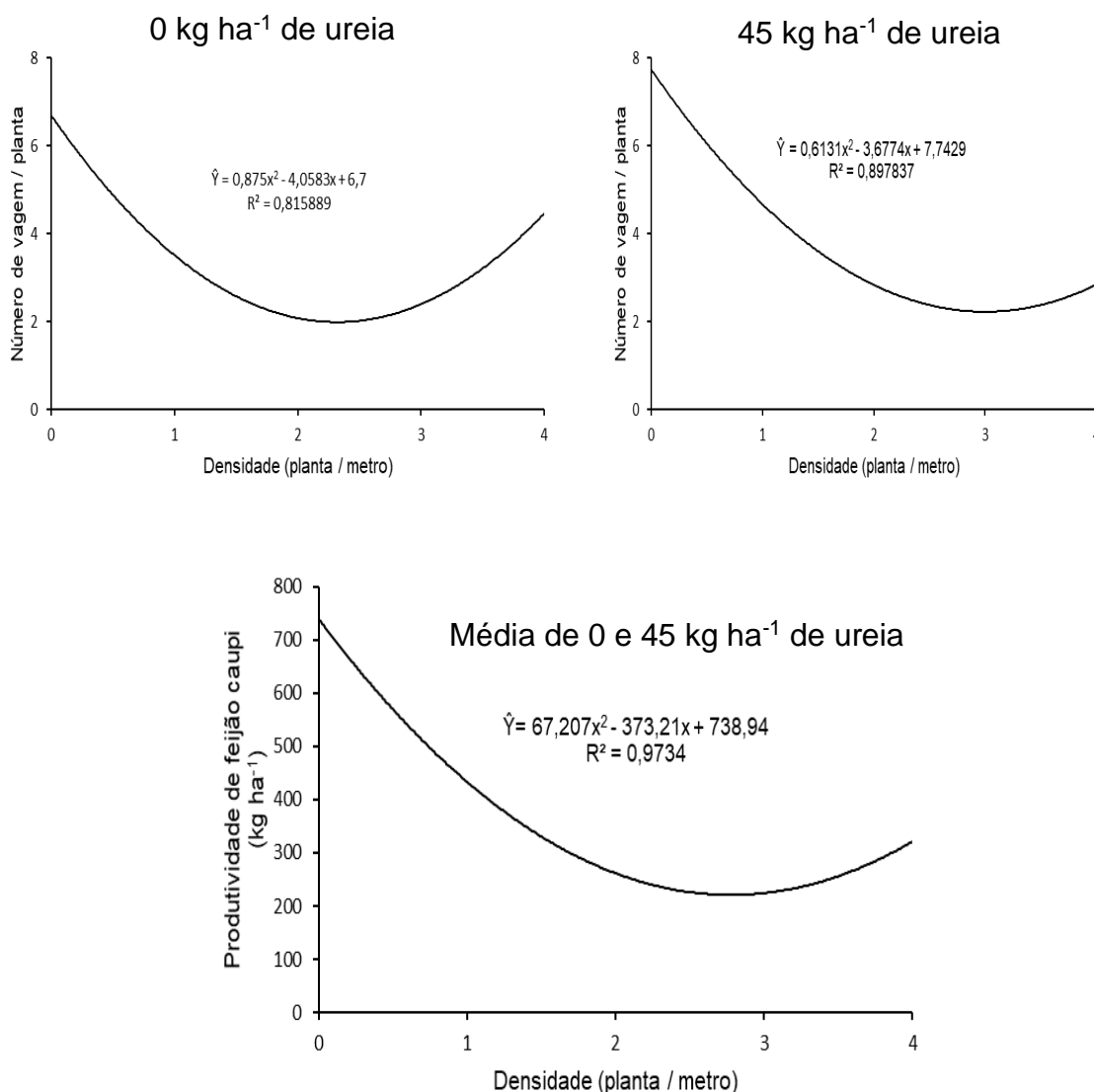


Figura 8. Número de vagens por planta de caupi, sem e com adubação com ureia e média de produtividade de seus grãos, considerando a densidade de plantio de mudas do capim-vetiver em intercultivo com o caupi.

Para o efeito da densidade ($P < 0,05$) verificou-se que (Figura 8) o monocultivo, apresentou a maior produtividade de caupi, enquanto, a menor produtividade estimada ocorreu com 2,78 plantas de vetiver por metro, resultando em 220,8 kg ha⁻¹ de caupi. Assim, o intercultivo com vetiver reduziu em 1,7; 2,8; 3,3 e 2,3 vezes a produtividade do caupi nas densidades de 1; 2; 3 e 4 plantas por metro, respectivamente (Figura 8).

DISCUSSÃO

Quando não se aplicou ureia, verificou-se que entre as densidades de plantio de vetiver, a densidade de 4 vetiveres m^{-1} resultou em maior intensidade luminosa a 1,5 m de altura (Figura 2). No item 3.1, parte integrante deste trabalho de tese, o experimento realizado no mesmo local, verificou-se que a densidade de 4 vetiveres m^{-1} possuía menos perfilhos que as densidades de 1, 2 e 3 vetiveres m^{-1} . Da mesma forma, estes autores constataram que as circunferências das plantas de vetiver nas densidades de 1; 2 e 3 plantas m^{-1} foram, aproximadamente 47%, 30% e 14% a mais que a circunferência das plantas na densidade de 4 plantas m^{-1} , respectivamente. Assim, certamente, a menor circunferência das touceiras em 4 vetiveres m^{-1} fez com que houvesse maior luminosidade nas entre linhas do vetiver, nesta densidade de plantio.

A produtividade de biomassa seca de capim-vetiver em intercultivo com o caupi, foi em média de 13 $Mg\ ha^{-1}$ (Tabela 3), não apresentando efeitos de densidades de plantio e de adubação com ureia.

O vetiver possui potencial de produção anual em torno de 100 a 120 $Mg\ ha^{-1}$ (Danh et al., 2009; Lavania e Lavania, 2009). No Brasil, Manoel et al. (2013) obtiveram menor produção de biomassa de 9 $Mg\ ha^{-1}$ em 420 dias, isto corrobora com a alta eficiência na produção de biomassa de vetiver obtida neste trabalho, porque as plantas ainda eram jovens (18 meses) e em pleno crescimento.

Para os teores dos macronutrientes primários no vetiver, houve efeito da densidade de plantas para o fósforo e o potássio (Figura 3). Verificou-se que as menores densidades, 1 e 2 vetiveres por m^{-1} , resultaram nos maiores teores. Possivelmente, a maior densidade de plantas levou a maior competição na absorção destes nutrientes, o que resultou em menores teores. Segundo Santi et al. (2003), a quantidade e a qualidade com que o adubo verde faz a ciclagem de nutrientes são muito importantes para a utilização em um sistema de plantio direto. Os autores, em seu estudo com aveia-preta, verificaram que a ciclagem de

K, atenderia a demanda total e o P atenderia 33,3 % da demanda necessária para produção de milho.

A densidade de 4 plantas m^{-1} , resultou no maior conteúdo de N na biomassa de vetiver, 82,4 kg ha^{-1} de N (Figura 4). Segundo Gava et al. (2001), na cana-de-açúcar os tipos de fornecimento de N no agroecossistema, em sua maior parte, estão diretamente ligados à mineralização de matéria orgânica do solo e aos resíduos em decomposição. Por outro lado, Primavesi et al. (2006), avaliando a biomassa de capim-marandu, verificaram que quando se aplicou ureia elevaram-se os teores de N e K.

Para a produção de biomassa do caupi ocorreu efeito da aplicação de ureia (45 kg ha^{-1}), resultando em maior biomassa de caupi nas densidades 0 (monocultivo) e 4 vetiveres m^{-1} , enquanto, para o caupi não adubado com N, as maiores biomassas ocorreram nas densidades de 0 (monocultivo) e 1 vetiver m^{-1} (Figura 5). Verifica-se que no monocultivo ocorreu maior intensidade luminosa a 1,5 m de altura (Tabela 2 e Figura 2) com conseqüente maior número de ramos laterais (Tabela 9 e Figura 7). Certamente isto ocorreu devido à maior intensidade luminosa em comparação ao intercultivo com o vetiver.

O comprimento da parte aérea do caupi foi em média de 2,5 m, não sendo afetado pelas densidades de plantio ou adubação com ureia (Tabela 9). Oliveira et al. (2017) verificaram que a intensidade luminosa afeta diretamente as plantas de caupi, provocando mudanças morfofisiológicas, como o estiolamento, em caso de baixa incidência luminosa, e afirmam que a luminosidade é determinante no crescimento e desenvolvimento das plantas. Entretanto, isto não foi verificado em nosso estudo (Tabela 2 e Tabela 9).

A aplicação com ureia resultou em teor de P 9,2 % a mais na parte aérea do caupi (Tabela 7). Enquanto, para os macronutrientes contidos na palhada, a aplicação de ureia afetou os conteúdos de nitrogênio e potássio. O nitrogênio contido na palhada nas densidades 0 (monocultivo); 3; 2 e 1 vetiveres m^{-1} , com aplicação de ureia, foi 28,5; 36,7; 19,1 e 8,1 % a mais que sem aplicação de ureia, respectivamente. Contudo, para o potássio, as densidades 0 (monocultivo); 3 e 2 vetiveres m^{-1} , com aplicação de ureia, foram 24,7; 37,6; 25,2 % a mais que sem aplicação de ureia, respectivamente. Por outro lado, verifica-se que na densidade de 4 vetiveres m^{-1} , sem aplicação de ureia, os conteúdos foram 37,3 %

e 12,7 % a mais que com aplicação de ureia, para N e K, respectivamente (Tabela 8). É interessante notar que na densidade de 4 plantas m^{-1} o vetiver apresentou, em média, o maior conteúdo de N em comparação às demais densidades (Figura 4).

Segundo Brito et al. (2011), o feijão-caupi quando submetido a 40 kg ha^{-1} de ureia na semeadura alcança alta eficácia na nodulação e alto rendimento de grãos. A adubação funciona como um arranque na atividade de fixação biológica de N. Segundo os autores, a atividade de FBN no caupi pode até substituir a aplicação de ureia e mesmo assim ter um rendimento aceitável para a cultura. Fonseca et al. (2010) constataram que N e K são os nutrientes que mais acumulam nas plantas de caupi, entretanto verificaram que N e P são os mais exportados para os grãos. Já, Galvão et al. (2013) constatararam que os teores de N e K são maiores no sistema de plantio direto, enquanto, o P é maior no convencional.

Quanto ao número de vagens por planta de caupi, verificou-se que, com aplicação de ureia, as densidades 0 (monocultivo); 1 e 3 vetiveres m^{-1} produziram 14,3; 36 e 47% a mais que sem aplicação de ureia, respectivamente. Já as densidades 2 e 4 vetiveres m^{-1} , sem aplicação de ureia, produziram 49,1 e 22,5 % a mais que quando aplicada (Tabela 11). Concomitantemente, em média, a produtividade do caupi com a adubação com ureia foi de 28 kg ha^{-1} a mais que sem adubação (Tabela 11).

O monocultivo de caupi apresentou o maior número de vagens e maior produtividade, que foi de aproximadamente 739 kg ha^{-1} (Figura 8). Esta produtividade obtida se encontra acima da média nacional, como corrobora Freire Filho et al. (2017).

Segundo Bezerra et al (2001, 2009), o número de grãos por vagem e o peso das sementes de caupi, estão relacionados aos arranjos das plantas de caupi, já a maior densidade de plantas reduz o número de vagens por planta e o número de grãos, e conseqüentemente reduz a produtividade.

Dos Santos et al. (2011) verificaram que o caupi, quando submetido a condições de baixa luminosidade, pode se aclimatar, resultando em aumento da haste principal e da área foliar, reduzindo a produtividade e aumentando a massa seca. Para leguminosas a atenção ao sombreamento é sempre importante, pois

pode vir a afetar a produtividade (Oliveira e Souto, 2002). Sendo que isto foi verificado em nosso estudo (Figuras 2 e 8).

De uma maneira geral, quando não se aplicou ureia, verificou-se que entre as densidades de plantio de vetiver, a densidade de 4 vetiveres m^{-1} , resultou em maiores intensidades luminosa a 1,5 m de altura (Figura 2), massa seca do caupi (Figura 5), N, P, e K contidos na palhada do caupi (Figura 6), número de ramos laterais (Figura 7) e número de vagens por planta (Figura 8).

Assim, como já comentado, no item 3.1, parte integrante desta tese, com experimento realizado no mesmo local, verificou-se que o número de perfilhos e a circunferência das plantas de vetiver nas densidades de 1; 2 e 3 plantas m^{-1} foram maiores que na densidade de 4 plantas m^{-1} . Desta forma, as plantas de caupi receberam maior luminosidade e, possivelmente, apresentaram menor competição com as touceiras de vetiver, nesta última densidade de plantio.

CONCLUSÃO

No intercultivo vetiver + caupi, o vetiver produziu em média 13 Mg ha^{-1} de massa seca com, aproximadamente, 30 e 280 kg ha^{-1} de P e K, respectivamente.

A densidade de 4 plantas m^{-1} foi a que conteve a maior quantidade de N na palhada do vetiver, 82,4 kg ha^{-1} de N.

No monocultivo de caupi produziu-se em média 8,9 Mg ha^{-1} de matéria seca de palhada.

No monocultivo de caupi, com aplicação de N, a palhada continha 212 e 231 kg ha^{-1} de N e K, enquanto, sem aplicação de N, 152 e 174 kg ha^{-1} , respectivamente.

O intercultivo com vetiver reduziu tanto a produtividade de matéria seca quanto os conteúdos de N e K na palhada do caupi.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bezerra, A. A. C., Anunciação Filho, C. J., Freire Filho, F. R., Ribeiro, V. Q. (2001). Inter-relação entre caracteres de caupi de porte ereto e crescimento determinado. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*, 36(1): 137–142.
- Bezerra, A. A. C., Távora, F. J. A. F., Freire Filho, F. R., Ribeiro, V. Q. (2009). Características de dossel e de rendimento em feijão-caupi ereto em diferentes densidades populacionais. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*, 44(10): 1239–1245.
- Brito, M. M. P., Muraoka, T., Da Silva, E. C. (2011) Contribuição da fixação biológica de nitrogênio, fertilizante nitrogenado e nitrogênio do solo no desenvolvimento de feijão e caupi. *Bragantia*, 70(1): 206-215
- Carlos, J. A. D., Costa, J. A., Costa, M. B. (2006) *Adubação Verde: do conceito à prática (Série Produtor Rural, nº 30)*. Piracicaba: ESALQ - Divisão de Biblioteca e Documentação, 32p.
- Danh, L. T., Truong, P., Mammucari, R., Tran, T., Foster, N. (2009) Vetiver grass, vetiveria zizanioides : a choice plant for phytoremediation of heavy metals and organic wastes. *International Journal of Phytoremediation*, 11(8): 664–691.
- Dos Santos, E. R., Borges, P. R. S., Siebeneichler, S. C., Cerqueira, A. P., Pereira, P. R. (2011) Crescimento e teores de pigmentos foliares em feijão-caupi cultivado sob dois ambientes de luminosidade. *Revista Caatinga*, 24(4): 14–19.
- Erasmus, E. A. L., Azevedo, W. R., Garcia, E. (2004) Potential of Species Used as Green Manure in the Integrated Weed Management. *Planta Daninha*, 22(39), 337–342.
- Fonseca, M. R., Fernandes, A. R., da Silva, G. R., Brasil, E. C. (2010) Teor e acúmulo de nutrientes por plantas de feijão caupi em função do fósforo e da

- saturação por bases. *Revista de Ciências Agrárias Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences*, 53(2): 195-205.
- Freire Filho, F.R., Ribeiro, V.Q., Rodrigues, J.E.L.F.,Vieira, P.F.M.J. (2017) A cultura: Aspectos Socioeconômicos. In: Do Vale, J. C., Bertini, C., Borém, A. Feijão- Caupi: Do Plantio à colheita.Viçosa, MG: Ed. UFV, p.10-33.
- Gava, G. J. C., Trivelin, P. C. O., De Oliveira, M. W., Penatti, C. P. (2001) Crescimento e acúmulo de nitrogênio em cana-de-açúcar cultivada em solo coberto com palhada. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 36(11): 1347-1354.
- Galvão, J. R., Fernandes, A. R., Melo, N. C., De Albuquerque, M. P. F. (2013) Sistemas de manejo e efeito residual do potássio na produtividade e nutrição do feijão-caupi. *Revista Caatinga*, 26(2): 41-49.
- INMET. (2018). Estação Meteorológica de Observação de Superfície automática. Instituto Nacional de Meteorologia. Acesso em 8 de Setembro de 2018 .Disponível:<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/estacoesAutomaticas>
- Lavana, U. C. (2008) Vetiver in india: historical perspective and prospective for development of specific genotypes for environmental or industrial application. *Proc. Ist Indian Vetiver Workshop–Vetiver System for Environment Protection and National Disaster Management, Cochin, India.*, p.40–47.
- Lavana, U. C., Lavana, S. (2009) Sequestration of atmospheric carbon into subsoil horizons through deep-rooted grasses - Vetiver grass model. *Current Science*, 97(5), 618–619.
- Maffei, M., (2002) *Vetiveria: The Genus Vetiveria*, 1st ed. Taylor and Francis, london.190p.
- Malavolta, E; Vitti, G. C.; Oliveira, S. A. (1997) *Avaliação do estado nutricional das plantas. Princípios e aplicações*. 2ª ed. Piracicaba: POTAFOS, 319p.
- Manoel, D. dos S., Pinto, L. V. A., Souza, R. X. de, Neto, O. F. de O., Pereira, M. W. M. (2013) Produção de biomassa da gramínea vetiver (*Chrysopogon zizanioides* (L .) Roberty) em diferentes espaçamentos após 420 dias do plantio. *Revista Agrogeoambiental*, (1): 31–34.
- Oliveira, A.B., Mesquita, R.O., Guimarães, M.A., Lemos Neto, H.S.,Silva, T.M. (2017) *Exigencias Edafoclimáticas e Ecofisiologia*. In: Do vale, J.C., Bertini, C., Borem, A (eds). Feijão-caupi: do plantio à colheita. Viçosa: Editora UFV, p.10-

- Oliveira, F. L. D. E., Souto, S. M. (2002) Comportamento De Leguminosas Forrageiras Tropicais Sob Behavior 0 . F the Tropical Legumes Forage Under Shading, p. 67–74.
- Primavesi, A. C., Primavesi, O., Corrêa, L. A., Gabriel, H., C., A. (2006) Nutrientes Na Fitomassa Capim-Marandu. *Ciência Agrotecnológica*, 30: 562–568.
- Rao, R. R., Suseela, M. R. (2000). *Vetiveria zizanioides* (Linn.) Nash—a multipurpose eco-friendly grass of India. *International Conference on Vetiver. Office of the Royal Development Projects Board, Bangkok*, 5–6: 439–442.
- Raij, B. V. (2011) *Fertilidade do solo e manejo de nutrientes*. International Plant Nutrition Institute. 420pg.
- Rocha, J. G.; Coelho, F. C. et al. (2019) *Morfologia, composição de nutrientes minerais e produção de biomassa de capim vetiver (Chrysopogon zizanioides (L.) Robert) com diferentes densidades de plantio*. Em processo de publicação (Artigo 1 desta tese).
- SAEG, S. (2007) *Sistema para análises estatísticas*, versão 9.1. Viçosa: UFV.
- Santi, A., Amado, T. J. C., Acosta, J. A. A. (2003). Adubação nitrogenada na aveia preta. I-Influência na produção de matéria seca e ciclagem de nutrientes sob sistema plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 27(6): 1075-1083.
- Siripin, S. (2000). Microbiology associated with the Vetiver plant. *Proc. Second Int. Vetiver Conf.(ICV-2)*, pp. 18-22.
- Yaseen, M., Singh, M., Ram, D. (2014). Growth, yield and economics of vetiver (*Vetiveria zizanioides* L. Nash) under intercropping system. *Industrial Crops and Products*, 61: 417–421.

3.5. Levantamento da macrofauna e entomofauna edáfica em sistema de cultivo de capim-vetiver em intercultivo com o caupi

RESUMO

O conhecimento da fauna edáfica do solo é um instrumento que pode auxiliar em decisões no manejo de agroecossistemas com coberturas vegetais. O objetivo do trabalho foi fazer o levantamento da fauna edáfica do solo cultivado com diferentes densidades de capim-vetiver em intercultivo com o caupi, a fim de identificar grupos taxonômicos e funcionais. A pesquisa foi realizada em Campos dos Goytacazes-RJ, Brasil. Esta consistiu de um experimento com capim-vetiver em intercultivo com o caupi. O experimento foi arranjado em um fatorial 5 x 2, cujos fatores e níveis foram: densidade de plantas do capim-vetiver (0, 1, 2, 3 e 4 mudas por metro) e adubação em cobertura com N na cultura do caupi (0 e 45 kg ha⁻¹ de ureia). O delineamento experimental foi em blocos casualizados com quatro repetições. Foram instaladas duas armadilhas do tipo pitfall por unidade experimental. Sendo coletados 3787 indivíduos distribuídos em 21 grupos taxonômicos. Conclui-se que os saprófagos, micrófagos e insetos sociais são os responsáveis pela maior parte da fauna presente no agroecossistema edáfico do

solo, enquanto os fitófagos apresentaram maior população no monocultivo de caupi sem aplicação de nitrogênio. Formicidae e Isopoda foram os grupos afetados por efeito da interação entre a aplicação de ureia e as densidades, enquanto para Collembola houve apenas o efeito da aplicação de N. A aplicação de N aumentou em 71,2% o número de indivíduos de díptera, na densidade de 2 vetiveres m⁻¹.

ABSTRACT

The knowledge of soil edaphic fauna is an appropriate management tool for the crop, since the decisions of the management adopted to cover vegetation define how much of a return it can generate to the ecosystem. The objective of this work was to survey the soil edaphic fauna in the cultivation of vetiver + cowpea grass, in order to know local taxonomic and functional groups and if there was any inhibition of any group. The research was carried out in Campos dos Goytacazes-RJ, Brazil. This consisted of an experiment with vetiver grass in intercropping with the cowpea. The experiment was arranged in a factorial of 5 x 2, which factors and levels were: plant density of vetiver grass (0, 1, 2, 3 and 4 seedlings per meter) and cover N fertilization in cowpea (0 and 45 kg ha⁻¹ of urea). The experimental design was in a randomized block with four replicates. Two pitfall traps were installed per experimental unit. A total of 3787 individuals were collected from 21 taxonomic groups. It is concluded that the saphagus, microphages and social insects are responsible for most of the fauna present in soil edaphic agroecosystem, while phytophages are restricted to monoculture without nitrogen application. Formicidae and Isopoda were the groups affected by the interaction between the application of urea and the densities, while for Collembola and Orthoptera there was only the effect of the application of N. The dentition of 2

vetiveres m^{-1} corresponded to 71.2 % more in the number of individuals than in urea (0 kg ha^{-1}).

INTRODUÇÃO

O capim-vetiver (*Chrysopogon zizanioides* (L.) Roberty) é uma planta conhecida globalmente por suas propriedades diversas, além de suas propriedades de conservação do solo, é uma planta que é citada como repelente a uma série de insetos-pragas, e de outro uso como uma cultura armadilha (Van den Berg et al., 2003). Agricultores observaram que em áreas que possuíam o capim-vetiver, as populações de cupins, foram reduzidas significativamente, e por outro lado, viam no vetiver um potencial de termicida ou repelente natural na estratégia de controle a essa importante praga (Ewetola et al., 2018). As raízes de vetiver são extremamente tóxicas a espécie de cupim *Coptotermes formosanus* Shiraki (Isoptera: Rhinotermitidae), e possuem ação inseticida contra insetos-pragas de diversas culturas (Nix et al., 2006).

O solo é o habitat de uma gama de plantas, animais e microrganismos. As características físicas e químicas do solo, além do clima, proporcionam a seleção dos tipos de organismos que conseguem sobreviver no ambiente. Por outro lado, estes organismos transformam e moldam as características do solo por meio de suas ações, ajudando na decomposição da matéria orgânica de resíduos (Jhonson, 2009; Baretta et al., 2010; Zagatto et al., 2019). O solo é um ambiente vivo, e os seres que o compõem, o transformam, modificam e o influenciam mutuamente, sendo que cada integrante é específico para cada tipo de solo (Primavesi, 2002). Contudo, o solo é um corpo dinâmico, que desempenha diferentes funções no ecossistema terrestre, abrangendo desde o biofuncionamento, até a sua caracterização como o suporte aos seres vivos, que sustenta os diferentes biomas, uma vez que o uso do solo, afeta a população de organismos, por falta de alimento, mudanças de habitat e competição (Hoffmann et al., 2018).

A fauna do solo possui organismos de tamanhos variados, esses desempenham atividades importantes na formação e no desenvolvimento dos ecossistemas, no entanto é pelas ações da biodiversidade da fauna que se é possível as atividades, como: controle biológico, ciclagem de nutrientes, polinização, dispersão de sementes, manutenção e formação de solos, fixação de carbono, produção de oxigênio, despoluição de corpos d'água e balanço climático (Korasaki et al., 2013).

A fauna do solo é classificada em três grupos principais de organismos, de acordo com os seus comprimentos em: Microfauna (<0,2 mm) que inclui rotíferos e nematoides; Mesofauna (0,2–2 mm) que inclui ácaros, alguns insetos e enquitreídeos; Macrofauna (>2 mm) composta por miriápodes, insetos e oligoquetos (Swift et al., 1979; Moreira et al., 2013).

O conhecimento não exclui grupos, e sim aponta / acusa, quais / qual grupo é o mais importante para um determinado fim (Merlin, 2005; Moço et al., 2005).

A microfauna é composta por micropredadores (pequenos invertebrados, protozoários, nematoides); a mesofauna por organismos transformadores (pequenas oligoquetas: Enchytraeidae e artrópodes); enquanto, a macrofauna são os “engenheiros” do ecossistema (Lavelle, 1996). Estes últimos são vistos a “olho nu”, e possuem a característica de cavar o solo, produzindo estruturas organominerais (moldes e pelotas que são macroagregados resistentes, montes e ninhos), galerias e câmaras no solo.

O conhecimento da macrofauna edáfica é de suma importância, pois inclui uma variável gama de formas biológicas importantes, desempenhando um papel ecológico (Vaz-de- Mello et al., 2009). À medida que se aumenta um perfil do solo, certos artrópodes, podem ter o seu comportamento e morfologia devidamente apropriados àquela profundidade, apresentando um habitat subterrâneo específico para cada um desses grupos (Gullan e Cranston, 2017).

Uma das maiores dificuldades da agricultura é a produção de alimentos saudáveis e sem o uso de produtos químicos. O objetivo do trabalho foi realizar um levantamento da fauna edáfica no cultivo de capim-vetiver + caupi, a fim de verificar o impacto e a existência de alguma inibição de algum grupo.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido em Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil, coordenadas geográficas 21°51'S e 41°16'O. O solo da área era um Cambissolo háplico, com as seguintes características a 0 a 20 cm de profundidade: pH= 7,0; P = 560 mg dm⁻³; K = 549 mg dm⁻³; Ca = 12,0 cmol_c dm⁻³; Mg = 2,2 cmol_c dm⁻³; H+Al = 1,3 cmol_c dm⁻³; Na = 2,8 cmol_c dm⁻³; C = 2,8 %; MO= 48,4 g dm⁻³; SB= 18,2 cmol_c dm⁻³; T= 18,4 cmol_c dm⁻³; t= 18,4 cmol_c dm⁻³; V= 93,3 %; Fe= 29,7 mg dm⁻³; Cu= 2,6 mg dm⁻³; Zn= 13,5 mg dm⁻³ e Mn=61,1 mg dm⁻³.

Ao longo do experimento foram registradas as temperaturas mensais e a precipitação total na Estação automática de Campos dos Goytacazes - INMET. A precipitação total ao longo do estudo foi de 1370,2 mm (Figura 1).

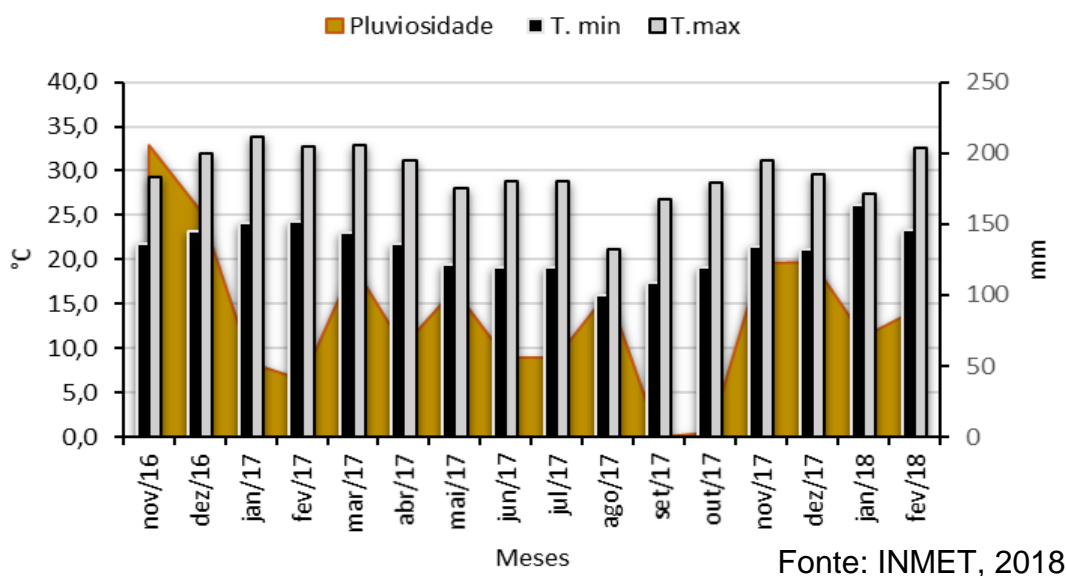


Figura 1. Temperaturas máximas, mínimas (°C), precipitação (mm), durante o desenvolvimento do experimento, Campos dos Goytacazes - RJ (novembro de 2016 a abril de 2018).

O experimento constou de uma área com intercultivo de capim-vetiver (*Chrysopogon zizanioides* (L.)) e caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) variedade

Mauá. Este foi arranjado em um fatorial 5 x 2, cujos fatores e níveis foram: densidades de plantio do capim-vetiver (0, 1, 2, 3 e 4 plantas m^{-1}) e adubação com ureia (0 e 45 $kg\ ha^{-1}$) em cobertura na cultura do caupi. O delineamento experimental foi em blocos casualizados com quatro repetições.

Cada unidade experimental (U.E.) foi constituída por três linhas de capim-vetiver com 5 metros de comprimento, espaçados a 1 m. Sendo assim, a área de cada U.E foi de 15 m^2 . A área útil de cada U.E foi correspondente à linha central (5 m^2).

O capim-vetiver foi plantado por propagação vegetativa utilizando-se mudas providas do IFES – Santa Teresa/ES. No histórico da área experimental prevaleceu o pousio por, aproximadamente, 10 anos (anterior ao vetiver). Na área de plantio foram feitas a aração e gradagem, além da adubação orgânica nas plantas utilizando esterco bovino a uma quantidade de 1,35 $Mg\ ha^{-1}$. Aos 11 e 12 meses após o plantio do capim-vetiver foram realizados cortes de sua parte aérea a altura de aproximadamente 10 cm do solo. Os cortes foram realizados com roçadeira manual motorizada e o material cortado foi depositado sobre o solo de forma uniforme, nas respectivas unidades experimentais.

O caupi (variedade Mauá), hábito indeterminado, foi semeado no dia 10 de dezembro de 2017 (logo após o segundo corte do vetiver), em cultivo mínimo sob a palhada do vetiver. Sendo seis linhas de caupi, com 5 metros de comprimento com seis sementes por metro linear e espaçamento de 0,5 m entre linhas em cada unidade experimental. O caupi foi semeado nas entre linhas do capim vetiver, nas respectivas densidades de 1 a 4 plantas m^{-1} e em monocultivo, na denominada densidade 0 vetiver m^{-1} . O feijão-caupi emergiu com 10 dias após o plantio. A área de cada U.E foi de 15 m^2 , a área útil de cada U.E foi correspondente a quatro linhas centrais (10 m^2).

O experimento foi conduzido utilizando sistema de irrigação por mangueira do tipo Santeno 1, microperfurada a laser, com lâmina de 19 mm por aplicação, duas vezes por semana.

Foi realizado levantamento da macrofauna e entomofauna edáfica, e aproximadamente 60 dias após o plantio do feijão-caupi ocorreu a instalação de 80 armadilhas de queda do tipo “pitfalls” (15 x 10 cm) enterradas no solo com abertura ao nível da superfície, aproximadamente 500 ml de volume (Figura 2). As

armadilhas ficaram em campo, durante 7 dias (1 de fevereiro a 8 de fevereiro de 2018). As armadilhas foram coletadas e levadas ao laboratório onde foram triadas. A identificação dos grupos taxonômicos e funcionais contou com o auxílio de chaves taxonômicas e literatura ilustrada (Aquino, 2001; Triplehorn e Johnson, 2011; Moreira et al., 2013; Dionísio et al., 2016).



Figura 2. Instalação e coleta das armadilhas do tipo pitfalls em campo.

Foi realizada a análise de variância F em nível de 1 e 5% de probabilidade. Em caso de efeito significativo para a densidade de plantas por metro realizou-se a análise de regressão. Os dados para normalização foram transformados em raiz quadrada ($x+0,5$). As análises estatísticas foram feitas utilizando o programa estatístico Sistema para Análises Estatísticas e Genéticas, SAEG (2007).

RESULTADOS

Foram coletados 3787 indivíduos em armadilhas de pitfalls em todos os tratamentos, dentre 21 grupos taxonômicos, divididos em 6 grupos funcionais pertencentes à fauna edáfica do solo: Fitófagos (Diptera, Hemiptera, Lepidoptera, Orthoptera, Thysanoptera), Insetos Sociais (Formicidae, Isoptera), Micrófagos (Collêmbola), Predadores (Aranae, Dermaptera, Diplura, Mantodea), Saprófagos (Blattodea, Diplopoda, Embioptera, Gasteropoda, Isopoda, Psocoptera,

Thysanura), outros grupos encontrados (Coleoptera, Hymenoptera) (Figura 3). O grupo de saprófagos correspondeu a maior parte das coletas, seguido de micrófagos e insetos sociais.

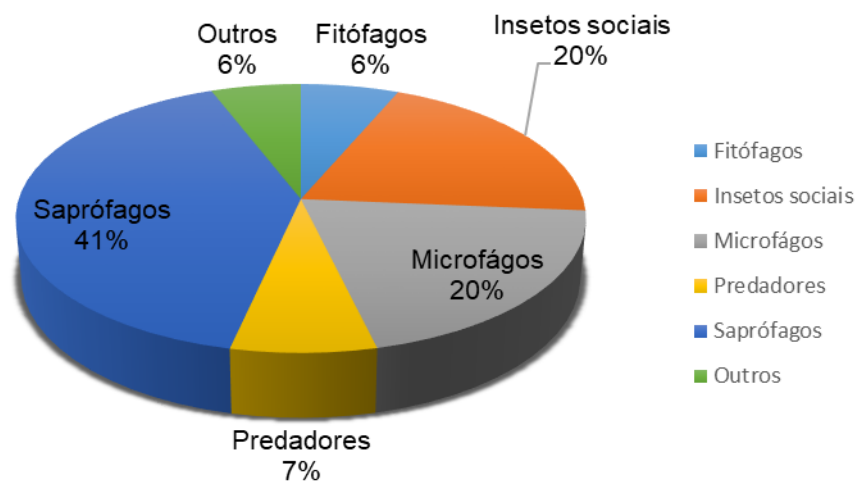


Figura 3. Porcentagem de grupos funcionais encontrados em todo o levantamento de solo com armadilhas de queda do tipo pitfalls no solo.

O grupo funcional de saprófagos foi coletado com maior abundância na maioria das densidades de vetiver, com excessão de 0 (monocultivo), com nitrogênico nas densidades 3 e 4 (Figura 5). Contudo, o grupo de micrófagos, a sua maior abundância está presente nas densidades com nitrogênio, 3 e 4 plantas m^{-1} . Enquanto o monocultivo sem aplicação de N, é maior a abundância para o grupo de fitófagos (Figura 4).

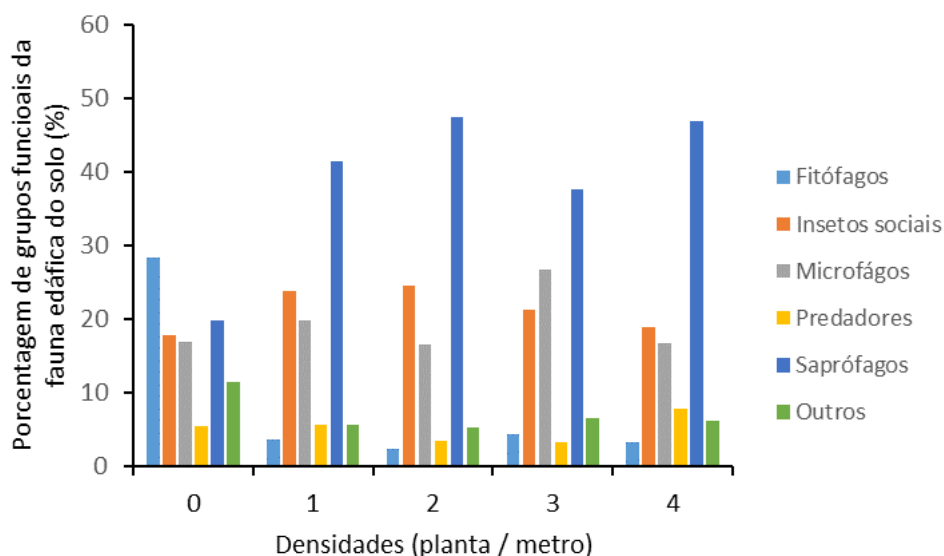


Figura 4. Percentagem de grupos funcionais encontrados em cada tratamento de acordo com as densidades de plantio de vetiver sem nitrogênio e densidades = 0,1,2,3,4, no levantamento de solo com armadilhas de queda do tipo pitfalls no solo.

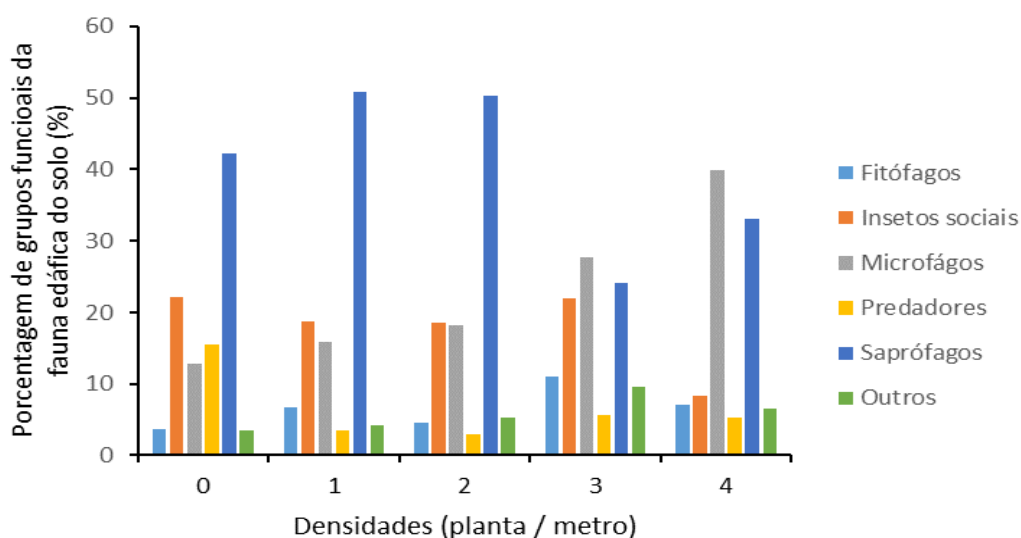


Figura 5. Percentagem de grupos funcionais encontrados em cada tratamento de acordo com as densidades de plantio de vetiver com nitrogênio (45 kg ha⁻¹) e densidades = 0,1,2,3,4; no levantamento de solo com armadilhas de queda do tipo pitfalls no solo.

O levantamento da fauna edáfica do solo dentro do sistema de cultivo, demonstrou que as maiores coletas atingidas, estão presentes no monocultivo com aplicação de nitrogênio, sendo 884 indivíduos de 15 grupos taxonômicos (Tabela 1). Já o segundo com a maior coleta, foi na densidade de 3 vetiveres m⁻¹ com aplicação de nitrogênio, com 465 indivíduos de 13 grupos taxonômicos

diferentes. Enquanto, nas demais coletas das densidades a quantidade de indivíduos variou de 248 a 337. Na ordem decrescente para os principais grupos de coletas, foram: Isopoda > Collêmbola > Formicidae > Aranae > Coleoptera > Gasteropoda > Diptera. (Tabela 1).

Tabela 1. Número de indivíduos adultos coletados nas armadilhas de queda do tipo pitfalls

Grupos	Sigla	Função	Densidade de vetiver (plantas m ⁻¹)										Total
			0	1	2	3	4	0	1	2	3	4	
			0 kg ha ⁻¹ Ureia					45 kg ha ⁻¹ Ureia					
Aranae	ARA	Predadores	12	22	11	12	12	135	15	18	13	8	258
Blattodea	BLA	Saprófagos	0	0	0	0	0	2	0	1	5	0	8
Coleoptera	COL	Outros	24	19	19	17	14	28	19	26	23	12	201
Collêmbola	COB	Micrófagos	40	56	90	60	49	113	129	87	85	45	754
Dermaptera	DER	Predadores	1	4	0	1	1	1	2	0	1	2	13
Diplopoda	DIP	Saprófagos	0	0	0	3	2	0	0	1	1	0	7
Diplura	DPL	Predadores	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
Diptera	DIP	Fitófagos	54	8	13	7	6	25	14	29	12	12	180
Embioptera	EMB	Saprófagos	0	2	0	0	0	0	1	0	0	1	4
Formicidae	FOR	Insetos Sociais	41	63	72	88	59	194	26	69	86	53	751
Gasteropoda	GAS	Saprófagos	10	28	13	25	18	28	17	6	26	18	189
Hemiptera	HEM	Fitófagos	2	0	0	0	0	2	1	2	0	3	10
Hymenoptera	HYM	Outros	3	2	3	2	0	3	2	4	2	0	21
Isopoda	ISO	Saprófagos	37	123	113	142	83	344	88	67	202	123	1322
Isoptera	ISP	Insetos Sociais	1	0	0	1	0	2	1	0	0	0	5
Lepidoptera	LEP	Fitófagos	1	0	0	0	1	2	1	0	0	0	5
Mantodea	MAN	Predadores	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
Orthoptera	ORT	Fitófagos	9	2	2	2	2	4	5	4	8	4	42
Psocoptera	PSO	Saprófagos	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1	4
Thysanura	TIS	Saprófagos	0	2	0	1	0	0	1	1	0	1	6
Thysanoptera	THY	Fitófagos	1	1	0	0	0	0	2	0	1	0	5
Total			236	333	337	362	248	884	324	315	465	283	3787

Os grupos Ara (Aranae); HYM (Hymenoptera); COL (Coleoptera); GAS (Gasteropoda); COB (Collêmbola); DPD (Diplopoda); ISP (Isoptera); DER (Dermaptera); LEP (Lepidoptera); EMB (Embioptera); PSO (Psocoptera); THY (Thysanoptera); TIS (Thysanura); BLA (Blattodea); DPL (Diplura); MAN (Mantodea), não apresentaram efeito significativo ($P < 0,05$) da aplicação de ureia e de densidades de plantio de vetiver. Assim, as médias para os indivíduos coletados nas armadilhas pitfall, foram 3,19; 0,27; 2,83; 2,37; 9,22; 0,09; 0,67; 0,17; 0,06; 0,05; 0,05; 0,08; 0,06; 0,11; 0,01; 0,01; respectivamente. Entretanto, a aplicação de ureia afetou significativamente ($P < 0,05$) o número de indivíduos dos grupos ORT (Orthoptera); HEM (Hemiptera) (Tabela 2).

Ocorreu efeito significativo da interação entre aplicação de ureia e densidades de plantas de vetiver ($P < 0,05$) sobre os grupos. No monocultivo, com aplicação de ureia, os grupos FOR (Formicidae); ISO (Isopoda), são maiores, 19,12; 37,37 vezes a mais que sem aplicação de N, respectivamente. Enquanto para DIP (Diptera), a média sem aplicação de ureia, foi 3,62 vezes a mais que com aplicação de N. Mas, na densidade de 3 plantas m^{-1} , houve o efeito da aplicação de ureia para DIP, sendo 2 vezes maior que sem a aplicação. Contudo, nas demais densidades de plantio de vetiver não houve efeito da interação (Tabela 2).

Tabela 2. Médias dos grupos coletados nas armadilhas de queda de solo do tipo pitfalls (Nº Indivíduos por armadilha), considerando as densidades de plantio do vetiver

Ureia (kg ha ⁻¹)	Densidade de vetiver (plantas m ⁻¹)					
	0	1	2	3	4	Média
	FOR					
0	5,13B	7,38A	11,00A	9,00A	7,88A	8,08
45	24,25A	6,00A	11,57A	8,63A	3,25A	10,74
Média	14,69	6,69	11,29	8,81	5,56	9,41
	ISO					
0	4,63B	10,38A	16,75A	10,38A	15,38A	11,50
45	42,00A	17,14A	27,86A	8,38A	11,00A	21,28
Média	23,31	13,76	22,30	9,38	13,19	16,39
	ORT					
0	1,13	0,25	0,25	0,25	0,25	0,43B
45	0,50	0,57	1,00	0,50	0,63	0,64A
Média	0,81	0,41	0,63	0,38	0,44	0,53
	DIP					
0	6,75A	0,75A	0,88A	1,63B	1,00A	2,20
45	3,13B	1,00A	1,43A	3,63A	1,63A	2,16
Média	4,94	0,88	1,15	2,63	1,31	2,18
	HEM					
0	0,25	0,00	0,13	0,00	0,25	0,13B
45	0,25	0,43	0,00	0,00	0,00	0,14A
Média	0,25	0,21	0,06	0,00	0,13	0,13

Médias seguidas da mesma letra maiúscula, na coluna, não diferem entre si pelo teste F (5%).

Sem aplicação de ureia, a maior coleta de Diptera ocorreu no monocultivo de caupi, enquanto, a menor ocorreu com 2,9 plantas de vetiver por metro e aumentou acentuadamente até a densidade de quatro plantas por metro (Figura 6).

Com aplicação de ureia, o monocultivo apresentou maior quantidade de indivíduos coletados de Diptera, e um decréscimo até a densidade de 0,3 plantas

por metro, depois ocorreu um crescimento até 2,7 plantas de vetiver por metro e posterior um decréscimo acentuado até a densidade de quatro plantas por metro (Figura 6).

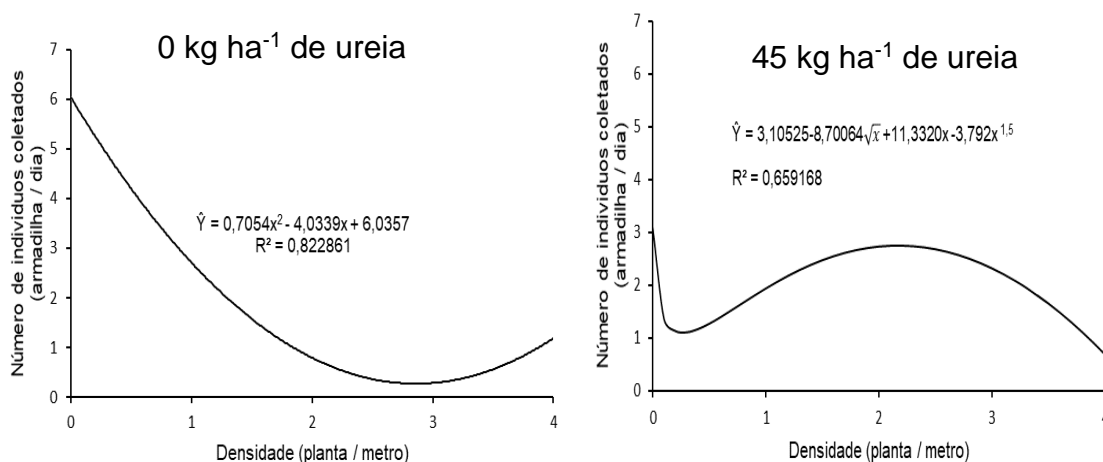


Figura 6. Dípteras capturadas nas armadilhas do tipo pitfalls considerando a densidade de plantio de mudas do capim-vetiver em intercultivo com o caupi, sem e com adubação com ureia.

Com aplicação de ureia, o monocultivo apresentou o maior número de indivíduos coletado de Formicidae, enquanto, a menor coleta, ocorreu com 1,9 plantas de vetiver por metro e posterior houve um crescimento acentuado até a densidade de quatro plantas por metro (Figura 7).

Com aplicação de ureia, o monocultivo apresentou o maior número de indivíduos coletado de Isopoda, enquanto, a menor coleta ocorreu com 1,5 plantas de vetiver por metro e posterior houve um crescimento acentuado até a densidade de quatro plantas por metro (Figura 7).

Com aplicação de ureia, o monocultivo apresentou 9,2 indivíduos coletados de Collembola, enquanto, a maior coleta ocorreu com 1,5 plantas de vetiver por metro e posterior houve um decréscimo acentuado até a densidade de quatro plantas por metro (Figura 7).

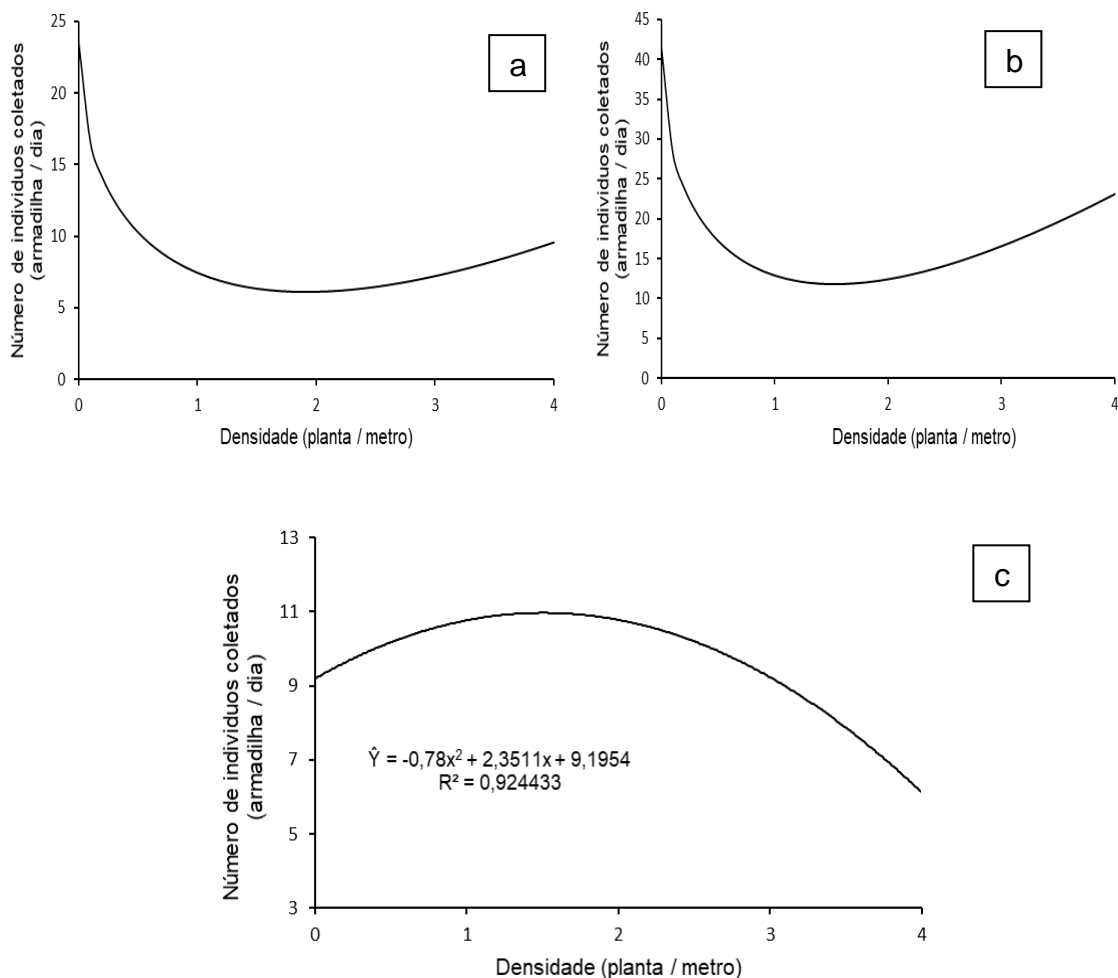


Figura 7. a) Formicidae; b) Isopoda; c) collembola, capturados nas armadilhas do tipo pitfalls considerando a densidade de plantio de mudas do capim-vetiver / caupi (com adubação com ureia).

DISCUSSÃO

Quanto aos principais grupos funcionais encontrados, os saprófagos, micrófagos e insetos sociais somados corresponderam a aproximadamente 80% das coletas (Figura 3). A matéria orgânica gerada em um sistema de decomposição, oriunda da palhada do vetiver ou de folhas velhas do caupi que caem no solo, atraem esses principais grupos. O presente estudo, se assemelha

ao trabalho de Abreu et al. (2014), em que os decompositores em condições de palhada, aparecem em maior número. Os autores constataram que a palhada é um fator para aumento da fauna edáfica do solo.

Os fitófagos coletados estavam em maior frequência no monocultivo de caupi sem aplicação de nitrogênio, correspondendo a possíveis danos às plantas de caupi (Figura 4). Por outro lado, Manhães (2011) verificou que o grupo de fitófagos ocorre com maior frequência sob compartimentação da serapilheira da cobertura do solo.

Para o efeito da aplicação de ureia (45 kg ha^{-1}), Formicidae, Isopoda e Diptera apresentaram maior população quando se aplicou nitrogênio. Enquanto, a população de Diptera foi maior quando não se aplicou a ureia (Tabela 2).

Verifica-se que houve efeito positivo de atração de díptera no monocultivo de feijão, sem aplicação de nitrogênio, entretanto, quando se aplicou o N, as populações maiores ocorreram, além do monocultivo, também nas densidades de 2 e 3 vetiveres m^{-1} (Figura 6). Entretanto, segundo Baretta et al. (2006), o grupo de díptera, não está diretamente associado à fauna edáfica, não sendo influenciado pelo manejo de solo.

No monocultivo de caupi, com aplicação de ureia, as populações do grupo dos formicídeos e isopoda foram maiores que no intercultivo com vetiver nas diferentes densidades (Figura 7). No entanto, a segunda densidade com maior coleta destes grupos foi de 4 vetiveres m^{-1} , equivalendo, entretanto, a 40,5 e 44,2 % a menos que a testemunha (monocultivo), respectivamente. Por outro lado, Santos et al. (2008) verificaram que o grupo de formicídeos é mais abundante em locais em que é utilizada a cobertura morta com gramíneas. Já Baretta (2006) verificou que o grupo de Isopoda tem preferência por solo sem um cultivo e sem qualquer palhada de cobertura, corroborando os resultados obtidos.

As formigas são insetos sociais, e estão diretamente ligadas a fontes de alimento. Segundo Lavelle (1997), as formigas aliadas aos cupins e às minhocas, são consideradas as engenheiras do ecossistema, uma vez que são capazes de modificar estruturas organominerais, abrirem túneis, além de manterem funções

simbiontes com outros organismos. Contudo, as formigas são consideradas importantes indicadores do ambiente.

Quanto aos indivíduos coletados do grupo Collembola, com aplicação de ureia, a maior coleta está entre as densidades de 1 e 2 vetiveres m^{-1} , sendo 19,4 % a mais que o total coletado no monocultivo (Figura 7). O grupo Collembola tem preferência por matéria orgânica em decomposição, no entanto, o estágio de decomposição pode influenciar a população deste grupo. Além de ser fonte de alimentação para predadores, o grupo pode indicar algum desequilíbrio no ecossistema. Um estudo de Damé et al (1996) verificou que os Collêmbolos são fundamentais na indicação biológica do ambiente, e as populações são mantidas estáveis quando não ocorre variações de temperatura, clima, tipo de vegetação e solo.

Alguns grupos não foram encontrados em abundância, como o grupo de Isoptera (Tabela 1), que na maior parte dos solos é frequente e ocorre em grande número. Possivelmente, o vetiver desempenhou inibição ou talvez tenha desempenhado efeito inseticida. Um trabalho realizado por Zhu et al. (2001) demonstrou que o óleo de vetiver é capaz de resultar em 100 % de mortalidade das espécies de cupim subterrâneo de *Coptotermes formosanus*, em 2 dias de controle, com concentração de 50 g cm^{-2} . O óleo de vetiver pode funcionar como repelente e inseticida da espécie de cupim subterrâneo (*C. formosanus*) (Chauhan e Raina, 2006). Um estudo demonstra que extrato das raízes de vetiver pode ser usado no controle biológico de insetos, segundo Aarthi e Murugan (2012), a raiz do vetiver possui fenóis, terpenoides e alcaloides, que em seu experimento, foi eficaz no controle de larvas e ovos de vetor da malária (*Anopheles stephensi*).

Quanto ao comportamento do efeito da aplicação de ureia (45 kg ha^{-1}), há uma similaridade para a densidade de 2 vetiveres m^{-1} , com um pico nas coletas, para díptera e collêmbola (Figuras 6 e 7). Enquanto há um crescimento na densidade de 4 vetiveres m^{-1} para Formicidae e Isopoda (Figura 7).

CONCLUSÃO

Conclui-se que os saprófagos, micrófagos e insetos sociais são os responsáveis pela maior parte da fauna presente no agroecossistema edáfico do solo, enquanto os fitófagos apresentaram maior população no monocultivo de caupi sem aplicação de nitrogênio. Formicidae e Isopoda foram os grupos afetados por efeito da interação entre a aplicação de ureia e as densidades, enquanto para Collembola houve apenas o efeito da aplicação de N. A aplicação de N aumentou em 71,2% o número de indivíduos de díptera, na densidade de 2 vetiveres m⁻¹.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aarthi, N., Murugan, K. (2012) Effect of *Vetiveria zizanioides* L. Root extracts on the malarial vector, *Anopheles stephensi* Liston. *Asian Pacific J. Trop. Dis.* 2: 154–158.
- Abreu, R. R. L., De Lima, S. S., Oliveira, N. C. R., Leite, L. F. C. (2014) Fauna edáfica sob diferentes níveis de palhada em cultivo de cana-de-açúcar. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 44(4): 409-416.
- Aquino, A.M. (2001) *Manual para macrofauna do solo*. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, Embrapa-CNPAB (Documentos, 130), 21p.
- Baretta, D., Mafra, Á. L., Santos, J. C. P., do Amarante, C. V. T., Bertol, I. (2006). Análise multivariada da fauna edáfica em diferentes sistemas de preparo e cultivo do solo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 41(11): 1675-1679.
- Baretta, D., Brown, G.G., Cardoso, E.J.B.N. (2010). Potencial da macrofauna e outras variáveis edáficas como indicadores da qualidade do solo em áreas

- com *Araucaria angustifolia*. *Acta Zoológica Mexicana (nueva serie)*, (2): 135-150.
- Chauhan, K. R., Raina, A. K., (2006) Modified Vetiver Oil : Economic Biopesticide. *Am. Chem. Soc.* 210–218.
- Damé, P.R.V., Quadros, F.L.F., Kersting, C.E.B., Trindade, J.P.P., Antonioli, Z.I. (1996) Efeitos da queimada seguida de pastoreio ou diferimento sobre o resíduo, temperatura do solo e mesofauna de uma pastagem natural. *Ciência Rural*, Santa Maria, 26 (3): 391-396.
- Dionísio, J. A., Pimentel, I.C., Signor, D., Maceda, A., Mattana, A.L. (2016) *Guia prático de biologia do solo*. Curitiba:SBCE/NEPAR, 152p.
- Ewetola, E. A., Babarinde, S. A., Omirin, T., Ojewole, D. O. (2018) Farmers' perception of the usefulness of vetiver grass for termite control on Ogbomoso Agricultural Zone farmlands, south-western Nigeria. *Journal of King Saud University-Science*, 30(2): 214-222.
- Gullan, P.J., Cranston, P.S (2017) *Insetos: Fundamentos da Entomologia*, 5 eds., Rio de Janeiro: Roca. 460p.y0==zr8
- Hoffmann, R. B., De Lima, S. V., Silva Hoffmann, G. S., Araújo, N. S. F. (2018) Efeito do uso do solo sobre a macrofauna edáfica. *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*, 1: 125-133.
- INMET. (2018) *Estação Meteorológica de Observação de Superfície automática*. Instituto Nacional de Meteorologia. Acesso em 8 de Setembro de 2018 .Disponível:<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/estacoesAutomaticas>.
- Jhonson, C. (2009) *Biology of Soil science*. In: Jhonson, C (ed.). Jaipur: Oxford Book Company, 299p.
- Korasaki, V., De Moraes, J.W.,Braga, R.F. (2013) *Macrofauna*. In: Moreira, F. M.S., Cares, J.E., Zanetti. R., Stürmer, S.L (Eds). *O Ecossistema Solo: Componentes, Relações Ecológicas e Efeitos na Produção Vegetal*. Lavras: Ed. UFLA, 121-137p.
- Lavelle, P. (1996) Diversity of soil Fauna and Ecosystem function. *Biology international*, 33:3-16.

- Lavelle, P. (1997) Faunal activities and soil processes: adaptive strategies that determine ecosystem function. *Advances in ecological research*, 27: 93-132.
- Manhães, C.M.C. (2011) *Caracterização da fauna edáfica de diferentes coberturas vegetais no norte do estado do Rio de Janeiro, Brasil*. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Campos dos Goytacazes - RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense - UENF, 54p.
- Merlin, A.O. (2005) *Macrofauna edáfica em ecossistemas preservados e degradados de araucária no Parque estadual de Campos de Jordão, SP*. Dissertação (Mestrado em ecologia de agroecossistemas) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz- Piracicaba- SP, 89p.
- Moço, M.K.D.S., Gama-Rodrigues, E.F.D., Gama-Rodrigues, A.C.D., Correia, M.E.F. (2005) Caracterização da fauna edáfica em diferentes coberturas vegetais na região norte fluminense. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 29(4): 555-564.
- Moreira, F. M. S., Cares, J. E., Zanetti, R., Sturmer, S. (2013) *O ecossistema solo: componentes, relações ecológicas e efeitos na produção vegetal*, Lavras: Editora UFLA. 352p.
- Nix, K.E., Henderson, G., Zhu, B.C., Laine, R.A. (2006). Evaluation of vetiver grass root growth, oil distribution, and repellency against formosan subterranean termites. *HortScience*, 41(1): 167-171.
- Primavesi, A. (2002) *Manejo ecológico do solo: a agricultura em regiões tropicais*, São Paulo: NOBEL Editora, 549p.
- SAEG, S. (2007) *Sistema para análises estatísticas*, versão 9.1. Viçosa: UFV.
- Santos, G. G., da Silveira, P. M., Marchão, R. L., Becquer, T., Balbino, L. C. (2008) Macrofauna edáfica associada a plantas de cobertura em plantio direto em um Latossolo Vermelho do Cerrado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 43(1): 115-122.
- Swift, M.J., Heal, O.W., Anderson, J.M. (1979) *Decomposition in terrestrial ecosystems*. Berkeley: university of California Press, 14p.
- Triplehorn, C.A., Johnson, N.F. (2011) *Estudo dos insetos*. São Paulo, Cengage Learning. 809p.

- Van den Berg, J., Midega, C., Wadhams, L. J., Khan, Z. R. (2003). Can vetiver grass be used to manage insect pests on crops. *Proc. Third International Vetiver Conf. China*. P. 254-264.
- Vaz-de-melo, F., Brown, G.G. Constantino, R. Louzada, J.N.C., Luizão, F.J., Morais, J.W., Zanetti, R. (2009) A importância da meso e macrofauna do solo na fertilidade e como bioindicadores. *Boletim Informativo da SBCS*, p.38-42.
- Zagatto, M. R. G., Zanão Júnior, L. A., Pereira, A. P. D. A., Estrada-Bonilla, G., Cardoso, E. J. B. N. (2019) Soil mesofauna in consolidated land use systems: how management affects soil and litter invertebrates. *Scientia Agricola*, 76(2): 165-171.
- Zhu, B.C.R., Henderson, G., Chen, F., Fei, H., Laine, R.A. (2001) Evaluation of vetiver oil and seven insect-active essential oils against the formosan subterranean termite. *Journal Chem. Ecol.* 27: 1617–1625.

4. RESUMO E CONCLUSÕES

O capim-vetiver é um bom postulante como adubo verde, consegue atingir altos índices de produtividade, produção nutricional, manutenção da palhada no solo, além dos efeitos na macrofauna edáfica do solo e planta daninha.

O objetivo geral foi avaliar o potencial do capim-vetiver (*Chrysopogon zizanioides* (L.) Roberty) como adubo verde ou planta de cobertura, tendo como objetivos específicos determinar a sua biomassa; a taxa de decomposição da palhada; a fitossociologia de plantas daninhas e a diversidade da entomofauna do solo no monocultivo e no intercultivo vetiver + caupi. Além disto, verificar o desempenho do caupi em intercultivo com o capim-vetiver pré-cultivado na área.

A tese está subdividida em cinco artigos. O primeiro trabalho consistiu de um experimento com capim-vetiver com diferentes densidades de plantio nas linhas de cultivo (1, 2, 3 e 4 plantas por metro) com linhas espaçadas de 1,0 m, o que correspondeu a 10.000, 20.000, 30.000 e 40.000 plantas por hectare. Avaliou-se a morfologia do capim aos 11 meses após o plantio e a produção de biomassa de cortes realizados aos 11 e 12 meses após o plantio.

O segundo trabalho consistiu de um experimento para verificação da taxa de decomposição do capim-vetiver, arranjado em parcela subdividida no tempo, em que densidades de plantio de capim-vetiver constituíram as subparcelas (1, 2,

3 e 4 mudas por metro) e as parcelas por períodos de decomposição da palhada do vetiver após o corte aos 11 meses após o plantio (0, 15, 25, 70 e 125 dias).

O terceiro trabalho constituiu da verificação da fitossociologia de comunidades de plantas infestantes do capim-vetiver nas densidades de 0, 1, 2, 3 e 4 plantas m^{-1} e espaçamento de 1,0 m entre linhas. A densidade 0 foi a testemunha, em que havia apenas a vegetação já presente na área. A amostragem foi realizada quando o capim-vetiver estava com, aproximadamente, 11 meses.

Para o quarto e quinto trabalhos avaliou-se o monocultivo de vetiver e seu intercultivo com o caupi. O experimento foi arranjado em fatorial 5 x 2, cujos fatores e níveis foram: densidade de plantio do vetiver (0, 1, 2, 3 e 4 mudas m^{-1}) e adubação com ureia (0 e 45 kg ha^{-1}). No quarto trabalho verificou-se o potencial do vetiver e do caupi como adubos verdes ou plantas de cobertura. Enquanto, no quinto trabalho realizou-se levantamento da fauna edáfica do solo utilizando armadilhas de queda do tipo pitfall.

Conclui-se que o aumento da densidade de plantio do capim-vetiver diminui o número de perfilhos e o comprimento da circunferência da touceira das plantas.

Nos primeiros cinco dias após o corte, as velocidades de liberação de N, P e K da palhada do vetiver foram maiores, atingindo 5,0; 1,0 e 12 kg ha^{-1} ao final deste período, respectivamente. A partir do quinto dia, as liberações diárias de N, P e K foram menores chegando a 10,0; 9,4 e 51,4 kg ha^{-1} , respectivamente, até 125 dias após o corte.

Na avaliação da fitossociologia foram constatadas três espécies principais, com altos índices de valor de importância: *Cyperus rotundus* L (Tiririca); *Parthenium hysterophorus* L. (Losna-branca) e *Sorghum halepense* (L.) Pers. (Sorgo-de-Alepo). A densidade de 2 vetiveres m^{-1} apresentou menor quantidade de plantas daninhas, entretanto, o vetiver não apresentou capacidade supressora sobre as três espécies de plantas daninhas mais frequentes e dominantes.

No intercultivo vetiver + caupi, o vetiver produziu em média 13 Mg ha^{-1} de massa seca com aproximadamente, 30 e 280 kg ha^{-1} de P e K, respectivamente.

Enquanto, 4 plantas m^{-1} foram as que contiveram a maior quantidade de N na palhada, $82,4 \text{ kg ha}^{-1}$ de N.

No monocultivo de caupi produziu-se em média $8,9 \text{ Mg ha}^{-1}$ de matéria seca de palhada. Neste monocultivo, com aplicação de N, a palhada continha 212 e 231 kg ha^{-1} de N e K, enquanto, sem aplicação de N, 152 e 174 kg ha^{-1} , respectivamente. O intercultivo com vetiver reduziu tanto a produtividade de matéria seca e grãos quanto os conteúdos de N e K na palhada.

Os saprófagos, micrófagos e insetos sociais são os responsáveis pela maior parte da fauna presente no agroecosssistema edáfico do solo, enquanto os fitofagos estão em maior número no monocultivo de caupi sem aplicação de nitrogênio.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aarthi, N., Murugan, K. (2012) Effect of *Vetiveria zizanioides* L. Root extracts on the malarial vector, *Anopheles stephensi* Liston. *Asian Pacific J. Trop. Dis.* 2: 154–158.
- Abaga, N.O., Dousset, S., Munier-Lamy, C., Billet, D. (2014) Effectiveness of vetiver grass (*vetiveria zizanioides* l. nash) for phytoremediation of endosulfan in two cotton soils from Burkina Faso. *Int. J. Phytoremediation*, 16: 95–108.
- Adams, R.P., Habte, M., Park, S., Dafforn, M.R. (2004) Preliminary comparison of vetiver root essential oils from cleansed (bacteria- and fungus-free) versus non-cleansed (normal) vetiver plants. *Biochem. Syst. Ecol.* 32: 1137–1144.
- Altenor, S., Carene, B., Emmanuel, E., Lambert, J., Ehrhardt, J., Gaspard, S. (2009) Adsorption studies of methylene blue and phenol onto vetiver roots activated carbon prepared by chemical activation. *J. Hazard. Mater.* 165: 1029–1039.
- Andra, S.S., Datta, R., Sarkar, D., Makris, K.C., Mullens, C.P., Sahi, S. V., Bach, S.B.H. (2010) Synthesis of phytochelatins in vetiver grass upon lead exposure in the presence of phosphorus. *Plant Soil*, 326: 171–185.
- Andra, S.S., Sarkar, D., Saminathan, S.K.M., Datta, R. (2011) Exchangeable lead from prediction models relates to vetiver lead uptake in different soil types. *Environ. Monit. Assess.* 183: 571–579.

- Angassa, K., Leta, S., Mulat, W., Kloos, H., Meers, E. (2019). Effect of hydraulic loading on bioremediation of municipal wastewater using constructed wetland planted with vetiver grass, Addis Ababa, Ethiopia. *Nanotechnology for Environmental Engineering*, 4(1): 6.
- Angin, I., Turan, M., Ketterings, Q.M., Cakici, A. (2008) Humic acid addition enhances B and Pb phytoextraction by vetiver grass (*Vetiveria zizanioides* (L.) Nash). *Water. Air. Soil Pollut.* 188: 335–343.
- Anning, A. K., Akoto, R. (2018). Assisted phytoremediation of heavy metal contaminated soil from a mined site with *Typha latifolia* and *Chrysopogon zizanioides*. *Ecotoxicology and environmental safety*, 148: 97-104.
- Antiochia, R., Campanella, L., Ghezzi, P., Movassaghi, K. (2007) The use of vetiver for remediation of heavy metal soil contamination. *Anal. Bioanal. Chem.* 388: 947–956.
- Arrigoni-Blank, M. de F., Blank, A.F., Santos, T.C. (2013) Produção de mudas de vetiver (*Chrysopogon zizanioides* (L.) Roberty) com uso de diferentes substratos. *Biosci. J.* 29: 597–604.
- Babalola, O., Oshunsanya, S.O., Are, K. (2007) Effects of vetiver grass (*Vetiveria nigritana*) strips, vetiver grass mulch and an organomineral fertilizer on soil, water and nutrient losses and maize (*Zea mays*, L) yields. *Soil tillage Res.* 96: 6–18.
- Badejo, A.A., Omole, D.O., Ndambuki, J.M., Kupolati, W.K. (2017) Municipal wastewater treatment using sequential activated sludge reactor and vegetated submerged bed constructed wetland planted with *Vetiveria zizanioides*. *Ecol. Eng.* 99: 525–529.
- Balasankar, D., Vanilarasu, K., Selva Preetha, P., Rajeswari, S., Umadevi, M. Bhowmik, D. (2013) Traditional and Medicinal Uses of Vetiver. *Journal of Medicinal Plants Studies*, 1 (3): 191-200.
- Banerjee, R., Goswami, P., Pathak, K., Mukherjee, A. (2016) Vetiver grass: An environment clean-up tool for heavy metal contaminated iron ore mine-soil. *Ecol. Eng.* 90, 25–34.
- Banerjee, R., Goswami, P., Lavania, S., Mukherjee, A., Lavania, U. C. (2019).

- Vetiver grass is a potential candidate for phytoremediation of iron ore mine spoil dumps. *Ecological Engineering*, 132: 120-136.
- Barradas, C.A.A., Freire, L.R., Almeida, D.L., De-Polli, H. (2001) Comportamento de adubos verdes de inverno na região Material e Métodos. *Pesq. agropec. bras.* 36: 1461–1468.
- Belhassen, E., Baldovini, N., Brevard, H., Meierhenrich, U.J., Filippi, J.J. (2014) Unravelling the Scent of Vetiver: Identification of Character-Impact Compounds. *Chem. Biodivers.* 11: 1821–1842.
- Belhassen, E., Filippi, J.J., Brévard, H., Joulain, D., Baldovini, N. (2015) Volatile constituents of vetiver: A review. *Flavour Fragr. J.* 30: 26–82.
- Berg, J. v. d. (2006) Vetiver grass (*Vetiveria zizanioides* (L.) Nash) as trap plant for *Chilo partellus* (Swinhoe) (Lepidoptera: Pyralidae) and *Busseola fusca* (Fuller) (Lepidoptera: Noctuidae). *Ann. la Société Entomol. Fr.* 42: 449–454.
- Blatt, C.R., Ciola, R. (1991) Analysis of vetiver essential oil by supercritical fluid extraction and on-line capillary gas chromatography. *J. High Resolut. Chromatogr.* 14: 775–777.
- Boonyanuphap, J. (2013) Cost-benefit analysis of vetiver system-based rehabilitation measures for landslide-damaged mountainous agricultural lands in the lower Northern Thailand. *Nat. Hazards*, 69: 599–629.
- Brandt, R., Merkl, N., Schultze-Kraft, R., Infante, C., Broll, G. (2006) Potential of vetiver (*vetiveria zizanioides* (L.) Nash) for phytoremediation of petroleum hydrocarbon-contaminated soils in Venezuela. *Int. J. Phytoremediation*, 8: 273–284.
- Braz, A.J.B., Silveira, P., Kliemann, H., Zimmermann, F.J. (2004) Acumulação de nutrientes em folhas de milheto e dos capins braquiária e mombaça. *Pesqui. Agropecuária Trop.* 34: 83–87.
- Bwire, K.M., Njau, K.N., Minja, R.J.A. (2011) Use of vetiver grass constructed wetland for treatment of leachate. *Water Sci. Technol.* 63, 924–930.
- Calegari, A., Mondardo, A., Bulisani, E., Wildner, L., Costa, M.B., Alcantara, P., Miyasaka, S., Amado, T.J. (1993) *Adubação verde no sul do Brasil*, 2nd ed. Assessoria e Serviços a Projetos em Agricultura Alternativa. 346p.

- Campos, R.N.S., Lima, C.B.N., Oliveira, A.P., Araújo, A.P.A., Blank, A.F., Alves, P.B., Lima, R.N., Araújo, V.A., Santana, A.S., Bacci, L. (2015) Acaricidal properties of vetiver essential oil from *Chrysopogon zizanioides* (Poaceae) against the tick species *Amblyomma cajennense* and *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* (Acari: Ixodidae). *Vet. Parasitol.* 212: 324–330.
- Carvalho, G.G., Pires, A.J. (2008) Leguminosas tropicais herbáceas em associação com pastagens. *Arch. Zootec.* 57: 103–113.
- Champagnat, P., Sidibé, L., Forestier, C., Carnat, A., Chalchat, J. C., Lamaison, J.-L. (2007) Antimicrobial Activity of Essential Oils from *Vetiveria nigritana* and *Vetiveria zizanioides* Roots. *J. Essent. Oil Bear. Plants*, 10: 519–524.
- Chantachon, S., Kruatrachue, M., Pokethitiyook, P., Upatham, S., Tantanasarit, S., Soonthornsarathool, V. (2004) Phytoextraction and accumulation of lead from contaminated soil by vetiver grass: laboratory and simulated field study. *Water. Air. Soil Pollut.* 13: 1–20.
- Chauhan, K.R., Raina, A.K. (2006) Modified Vetiver Oil : Economic Biopesticide. *Am. Chem. Soc.* 210–218.
- Chaves, T. de A., Andrade, M. (2013) *Capim Vetiver (Vetiveria zizanioides): Produção de mudas e uso no controle de erosão e na recuperação de áreas degradadas*. Niterói: Programa Rio Rural. Manual técnico, 39. 16p.
- Chen, Y., Shen, Z., Li, X. (2004) The use of vetiver grass (*Vetiveria zizanioides*) in the phytoremediation of soils contaminated with heavy metals. *Appl. Geochemistry*, 19: 1553–1565.
- Chen, X. W., Kang, Y., San So, P., Ng, C. W. W., Wong, M. H. (2018) Arbuscular mycorrhizal fungi increase the proportion of cellulose and hemicellulose in the root stele of vetiver grass. *Plant and Soil*, p.1-11.
- Chiurdoglu, G., Decot, J. (1958) Contribution a l' étude des composés sesquiterpéniques-II: Étude de la structure du bicyclovétivénol et du tricyclovétivénol, alcools primaires de l'essence de vetiver. *Tetrahedron Lett.* 4: 1–16.
- Chomchalow, N., Chapman, K. (2003) Other Uses and Utilization of Vetiver. *Proc. Third Int. Conf. Vetiver Exhib.* p.486–491.

- Costa, E. (2015) *Efeito alelopático de capim-vetiver (Chrysopogon zizanioides (L .) Roberty) e capim-paspalum (Paspalum milegrana Schrad) provenientes de taludes da margem do rio São Francisco*. Dissertação (Pós-Graduação em Agricultura e Biodiversidade) - Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, SE, 88p.
- Cunha, E. D. Q., Stone, L. F., Didonet, A. D., Ferreira, E. P. D. B., Moreira, J. A., Leandro, W. M. (2011) Atributos químicos de solo sob produção orgânica influenciados pelo preparo e por plantas de cobertura. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 15(10): 1021-1030.
- Cutti, L., Lamego, F. P., de Aguiar, A. C. M., Kaspary, T. E., Rigon, C. A. G. (2016). Efeito de coberturas de inverno sobre a infestação inicial de plantas daninhas e produtividade na cultura do milho. *Revista Caatinga*, 29(4): 885-891.
- Dalton, P., Smith, R.J., Truong, P. (1996) Vetiver grass hedges for erosion control on a cropped flood plain : hedge hydraulics. *Agric. water Manag.* 31: 91–104.
- Danh, L.T., Truong, P., Mammucari, R., Foster, N. (2011) Effect of Calcium on Growth Performance and Essential Oil of Vetiver Grass (*Chrysopogon zizanioides*) Grown on Lead Contaminated Soils. *Int. J. Phytoremediation*, 13: 154–165.
- Danh, L.T., Truong, P., Mammucari, R., Tran, T., Foster, N. (2009) Vetiver grass, *vetiveria zizanioides* : a choice plant for phytoremediation of heavy metals and organic wastes. *Int. J. Phytoremediation* 11: 664–691.
- Darajeh, N., Idris, A., Truong, P., Aziz, A.A., Bakar, R.A., Man, H.C. (2014) Phytoremediation Potential of Vetiver System Technology for Improving the Quality of Palm Oil Mill Effluent. *Adv. in Materials Sci. Eng.* 1–10.
- Das, P., Datta, R., Makris, K.C., Sarkar, D. (2010) Vetiver grass is capable of removing TNT from soil in the presence of urea. *Environ. Pollut.* 158: 1980–1983.
- D’Souza, D. N., Choudhary, A. K., Basak, P., Shukla, S. K. (2019). Assessment of Vetiver Grass Root Reinforcement in Strengthening the Soil. *Ground Improvement Techniques and Geosynthetics*, 14: 135-142.

- Datta, R., Das, P., Smith, S., Punamiya, P., Ramanathan, D.M., Reddy, R., Sarkar, D. (2013) Phytoremediation potential of vetiver grass [*Chrysopogon zizanioides* (L.)] for tetracycline. *Int. J. Phytoremediation*, 15: 343–351.
- Datta, R., Quispe, M.A., Sarkar, D. (2011) Greenhouse study on the phytoremediation potential of vetiver grass, *Chrysopogon zizanioides* L., in arsenic-contaminated soils. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 86: 124–128.
- Dethier, M., Sakubu, S., Ciza, a., Cordier, Y., Menut, C., Lamaty, G. (1997) Aromatic Plants of Tropical Central Africa. XXVIII. Influence of Cultural Treatment and Harvest Time on Vetiver Oil Quality in Burundi. *J. Essent. Oil Res.* 9: 447–451.
- Donjadee, S., Chinnarasri, C. (2013) Vetiver grass mulch for prevention of runoff and soil loss. *Proc. Inst. Civ. Eng. - Water Manag.* 166: 144–151.
- Donjadee, S., Clemente, R.S., Tingsanchali, T., Chinnarasri, C. (2010) Effects of vertical hedge interval of vetiver grass on erosion on steep agricultural lands. *L. Degrad. Dev.* 21: 219–227.
- Dudai, N., Putievsky, E., Chaimovitch, D., Ben-Hur, M. (2006) Growth management of vetiver (*Vetiveria zizanioides*) under Mediterranean conditions. *J. Environ. Manage.* 81: 63–71.
- Dudai, N., Tsion, I., Shamir, S. Z., Nitzan, N., Chaimovitsh, D., Shachter, A., Haim, A. (2018). Agronomic and economic evaluation of Vetiver grass (*Vetiveria zizanioides* L.) as means for phytoremediation of diesel polluted soils in Israel. *Journal of environmental management*, 211: 247-255.
- Edelstein, M., Plaut, Z., Dudai, N., Ben-Hur, M. (2009) Vetiver (*Vetiveria zizanioides*) responses to fertilization and salinity under irrigation conditions. *J. Environ. Manage.* 91: 215–221.
- Espindola, J.A., Guerra, J.G., De-Polli, H., Almeida, D., Abboud, A.C. (2005) *Adubação Verde com Leguminosas*, 1st ed. Embrapa Informação Tecnológica.49p.
- Fageria, N. (2007) Green Manuring in Crop Production. *J. Plant Nutr.* 30: 691–719.
- Ferreira, L., Souza, E., Chaves, A. (2012) Adubação verde e seu efeito sobre os

- atributos do solo. *Rev. Verde*, 7: 33–38.
- Filippi, J.J., Belhassen, E., Baldovini, N., Brevard, H., Meierhenrich, U.J. (2013) Qualitative and quantitative analysis of vetiver essential oils by comprehensive two-dimensional gas chromatography and comprehensive two-dimensional gas chromatography/mass spectrometry. *J. Chromatogr. A*, 1288: 127–148.
- Fourie, H., Leswifi, C., Mcdonald, A.H., De Waele, D. (2007) Host suitability of vetiver grass to *Meloidogyne incognita* and *M. javanica*. *Nematology*, 9: 49–52.
- Freire Filho, F. R. (1988) *Origem, evolução e domesticação do caupi*. In: Araújo, J. P. P. de; Watt, E. E. (Org.). *O caupi no Brasil*. Brasília, DF: IITA: EMBRAPA, p. 26-46.
- Freire Filho, F.R., Ribeiro, V.Q., Rodrigues, J.E.F., Vieira, P.F.M.J. (2017) *A cultura: Aspectos socioeconômicos*. In: Do vale, J.C., Bertini, C., Borem, A (eds). *Feijão-caupi: do plantio à colheita*. Viçosa: Editora UFV, p.10-34.
- Gao, G., Lu, Z., Xu, H., Zheng, X., Yang, Y. (2012) Chemical constituents from the aerial parts of *Gynura bicolor*. *Chemsitry Nat. Compunds*, 48: 1563–1564.
- Gaspard, S., Altenor, S., Dawson, E.A., Barnes, P.A., Ouensanga, A. (2007) Activated carbon from vetiver roots: Gas and liquid adsorption studies. *J. Hazard. Mater.* 144: 73–81.
- Ghedira, K., Goetz, P. (2015) Vétiver: *Vetiveria zizanoides* (L.) Nash (poaceae). *Phytothérapie*, 13: 193–196.
- Giudice, L. Del, Massardo, D.R., Pontieri, P., Berteà, C.M., Mombello, D., Carata, E., Tredici, S.M., Talà, A., Mucciarelli, M., Groudeva, V.I., Stefano, M. De, Vigliotta, G., Maffei, M.E., Alifano, P. (2008) The microbial community of Vetiver root and its involvement into essential oil biogenesis. *Environ. Microbiol.* 10: 2824–2841.
- Hanayama, N., Kido, F., Sakuma, R., Uda, H., Yoshikoshi, A. (1968) Minor Acidic constituents of vetiver oil. *Tetrahedron Lett.* 6099–6102.
- Hirunpraditkoon, S., García, A.N. (2009) Thermochimica Acta Kinetic study of vetiver grass powder filled polypropylene composites. *Thermochim. Acta*, 482:

30–38.

- Ho, Y., Hsieh, J., Huang, C. (2013) Construction of a plant-microbe phytoremediation system: combination of vetiver grass with a functional endophytic bacterium, *Achromobacter xylosoxidans* F3B, for aromatic pollutants removal. *Bioresour. Technol.* 43–47.
- Homma, A., KATO, M., Wu, M., Yoshikoshi, A. (1970) Minor sesquiterpene alcohols of vetiver oil. *Tetrahedron Lett.* 231–234.
- Hussein, J., Yu, B., Ghadiri, H., Rose, C. (2007) Prediction of surface flow hydrology and sediment retention upslope of a vetiver buffer strip. *J. Hydrol.* 338, 261–272.
- Indrayatie, E.R., Utomo, W.H., Handayanto, E., Anderson, C.W.N. (2013) The use of vetiver (*Vetiveria zizanioides* L.) for the remediation of wastewater discharged from tapioca factories. *Int. J. Environ. Waste Manag.* 12: 1–16.
- Jain, S.C., Nowicki, S., Eisner, T., Meinwald, J. (1982) Insect repellents from vetiver oil: I. zizanal and epizizanal. *Tetrahedron Lett.* 23: 4639–4642.
- Jindapunnapat, K., Reetz, N. D., MacDonald, M. H., Bhagavathy, G., Chinnasri, B., Soonthornchareonnon, N., Sasnarukkit, A., Chauhan, K. R., Chitwood, D.J., Meyer, S. L. (2018). Activity of Vetiver Extracts and Essential Oil against *Meloidogyne incognita*. *Journal of nematology*, 50(2): 147-162.
- Juntuek, P., Chumsamrong, P., Ruksakulpiwat, Y., Ruksakulpiwat, C. (2014) Effect of Vetiver Grass Fiber on Soil Burial Degradation of Natural Rubber and Polylactic Acid Composites. *Intern.Polymer Process.* XXIX, 3: 379–388.
- Kadarohman, A., Sardjono, R.E., Aisyah, S., Khumaisah, L.L. (2013) Biolarvicidal of Vetiver Oil and Ethanol Extract of Vetiver Root Distillation Waste (*Vetiveria zizanioides*) Effectiveness toward *Aedes aegypti*, *Culex* sp., and *Anopheles sundaicus*. *J. Essent. Oil Bear. Plants*, 6: 749–762.
- Kaiser, R., Naegeli, P. (1972) Biogenetically significant components. *Tetrahedron Lett.* 2009–2012.
- Kalsi, P.S. (1969) Isolation of a New C₁₄ Hydrocarbon from North Indian Vetiver Oil. *Experientia*, 26: 590.
- Kalsi, P.S., Arora, G.S., Ghulati, R.S. (1979) New antipodal sesquiterpene

- alcohols from vetiver oil. *Phytochemistry*, 18: 1223–1224.
- Kannappan, A., Gowrishankar, S., Srinivasan, R., Pandian, S.K., Ravi, A.V., (2017) Antibiofilm activity of *Vetiveria zizanioides* root extract against methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*. *Microb. Pathog.* 110: 313–324.
- Kantawanichkul, S., Sattayapanich, S., Van Dien, F. (2013) Treatment of domestic wastewater by vertical flow constructed wetland planted with umbrella sedge and Vetiver grass. *Water Sci. Technol.* 68: 1345–1351.
- Keshtkar, A.R., Ahmadi, M.R., Naseri, H.R., Atashi, H., Hamidifar, H., Razavi, S.M., Yazdanpanah, A., Karimpour Reihan, M., Moazami, N. (2016) Application of a *vetiver* system for unconventional water treatment. *Desalin. Water Treat.* 57: 25474–25483.
- Kido, F., Uda, H., Yoshikoshi, A., (1967) The structure of zizanoic acid, a novel sesquiterpene in vetiver oil. *Tetrahedron Lett.* 75: 2815–2820.
- Kiiskila, J. D., Sarkar, D., Panja, S., Sahi, S. V., Datta, R. (2019). Remediation of acid mine drainage-impacted water by vetiver grass (*Chrysopogon zizanioides*): A multiscale long-term study. *Ecological Engineering*, 129: 97-108.
- Khater, H. F., Ali, A. M., Abouelella, G. A., Marawan, M. A., Govindarajan, M., Murugan, K., Benelli, G. (2018). Toxicity and growth inhibition potential of vetiver, cinnamon, and lavender essential oils and their blends against larvae of the sheep blowfly, *Lucilia sericata*. *International journal of dermatology*, 57(4): 449-457.
- Kraft, P. (2008) Woody Pretzels: Spirocycles from Vetiver to Patchouli and Geogywood. *Chem. Biodivers.* 5: 970–999.
- Kraft, P., Eichenberger, W., Frech, D. (2005) From vetiver to patchouli: Discovery of a new high-impact spirocyclic patchouli odorant. *European J. Org. Chem.* 3233–3245.
- Lai, H.Y., Chen, Z.S. (2004) Effects of EDTA on solubility of cadmium, zinc, and lead and their uptake by rainbow pink and vetiver grass. *Chemosphere*, 55: 421–430.
- Lal, R.K. (2013) On genetic diversity in germplasm of vetiver “*Vetiveria*

- zizanioides (L.) Nash." *Ind. Crops Prod.* 43: 93–98.
- Lal, R. K., Chanotiy, C. S., Gupta, P., Sarkar, S., Singh, S., Maurya, R., Chaudhary, P. K. (2018). Phenotypic stability, genotypex environmental interactions, and cultivar recommendations for essential oil yield in khus aromatic grass (*Chrysopogon zizanioides* (L.) Roberty). *Industrial Crops and Products*, 111: 871-877.
- Lavana, U. (2003) Other Uses and Utilization of Vetiver. *Third Int. Vetiver Conf. China*, p. 486–491.
- Lavana, U.C. (2008) Vetiver in india: historical perspective and prospective for development of specific genotypes for environmental or industrial application. *Proc. Ist Indian Vetiver Work. Syst. Environ. Prot. Natl. Disaster Manag.* Cochin, India. 40–47.
- Lavana, U.C. (1988) Enhanced productivity of the essential oil in the artificial autopolyploid of vetiver (*Vetiveria zizanioides* L. Nash). *Euphytica*, 38: 271–276.
- Lavana, U.C., Lavana, S. (2009) Sequestration of atmospheric carbon into subsoil horizons through deep-rooted grasses - Vetiver grass model. *Curr. Sci.* 97: 618–619.
- Ng, C.C., Law, S.H., Amru, N.B., Motior, M.R., Radzi, B.A. (2017) Phyto-assessment of soil heavy metal accumulation in tropical grasses. *J. Anim. Plant Sci.* 26 (3): 686–696.
- Leaungvutiviroj, C., Piriyaopin, S., Limtong, P., Sasaki, K. (2010) Relationships between soil microorganisms and nutrient contents of *Vetiveria zizanioides* (L.) Nash and *Vetiveria nemoralis* (A.) Camus in some problem soils from Thailand. *Appl. Soil Ecol.* 46: 95–102.
- Leupin, R.E., Leupin, M., Ehret, C., Erismann, K.H. (2000) Compact callus induction and plant regeneration of a non-flowering vetiver from Java. *Plant Cell*, 62: 115–123.
- Li, Y., Ren, X., Dahlquist, E., Fan, P., Chao, T., (2014) Biogas Potential from *Vetiveria zizanioides* (L.) Planted for Ecological Restoration in China. *Energy Procedia*, 61: 2733–2736.

- Liu, X., Shen, Y., Lou, L., Ding, C., Cai, Q. (2009) Copper tolerance of the biomass crops Elephant grass (*Pennisetum purpureum* Schumach), Vetiver grass (*Vetiveria zizanioides*) and the upland reed (*Phragmites australis*) in soil culture. *Biotechnol. Adv.* 27: 633–640.
- Liu, H., Yao, L., Lin, C., Wang, X., Xu, W., Wang, H. (2018). 18-year grass hedge effect on soil water loss and soil productivity on sloping cropland. *Soil and Tillage Research*, 177: 12-18.
- Lou, L.Q., Ye, Z.H., Wong, M.H., 2007. Solubility and accumulation of metals in Chinese brake fern, vetiver and rostrate sesbania using chelating agents. *Int. J. Phytoremediation*, 9: 325 - 43.
- MacLaren, C., Swanepoel, P., Bennett, J., Wright, J., Dehnen-Schmutz, K. (2019). Cover Crop Biomass Production Is More Important than Diversity for Weed Suppression. *Crop Science*, 59: 1-6.
- Maffei, M., (2002) *Vetiveria: The Genus Vetiveria*, 1st ed. Taylor and Francis, London.190p.
- Maistrello, L., Henderson, G., Laine, R.A. (2003) Comparative effects of vetiver oil, nootkatone and disodium octaborate tetrahydrate on *Coptotermes formosanus* and its symbiotic fauna. *Pest Manag. Sci.* 59: 58–68.
- Makris, K.C., Shakya, K.M., Datta, R., Sarkar, D., Pachanoor, D. (2007) High uptake of 2, 4, 6-trinitrotoluene by vetiver grass e Potential for phytoremediation? *Environ. Pollut.* 146: 2–5.
- Malavolta, E., Pimentel-Gomes, F., Alcarde, J. (2002) *Adubos e adubacoes*, 1st ed. São Paulo: Nobel.198p.
- Maneecharoen, J., Htwe, W., Bergado, D.T., Baral, P. (2013) Ecological Erosion Control by Limited Life Geotextiles (LLGs) as Well as with Vetiver and Ruzi Grasses. *Indian geotech J.* 4: 388–406.
- Manikandan, R., Ezhili, N., Venkatachalam, P. (2016) Phosphorus Supplementation Alleviation of the Cadmium-Induced Toxicity by Modulating Oxidative Stress Mechanisms in Vetiver Grass [*Chrysopogon zizanioides* (L .) Roberty]. *J.environ.eng.* 142: 1–10.
- Mao, L., Henderson, G., Bourgeois, W.J., Vaughn, J.A., Laine, R.A. (2006) Vetiver

- oil and nootkatone effects on the growth of pea and citrus. *Ind. Crops Prod.* 23: 327–332.
- Mao, L., Henderson, G., Laine, R.A., Mao, L., Henderson, G., Laine, R.A. (2004) Germination of Various Weed Species in Response to Vetiver Oil and Nootkatone Germination of Various Weed Species in Response to Vetiver Oil and Nootkatone 1. *Weed Technol.* 18: 263–267.
- Marcacci, S., Raveton, M., Ravanel, P., Schwitzgu, J. (2006) Conjugation of atrazine in vetiver (*Chrysopogon zizanioides* Nash) grown in hydroponics. *Environ. Exp. Bot.* 56: 205–215.
- Marsidi, N., Nye, C.K., Abdullah, S.R.S., Hassan, H.A., Halmi, M.I.E. (2016) Phytoremediation of naproxen in waste water using vetiver zizanioides. *J. Eng. Sci. Technol.* 11: 1086–1097.
- Martinez, J., Rosa, P.T. V, Menut, C., Leydet, A., Brat, P., Pallet, D., Meireles, M.A.A. (2004) Valorization of brazilian vetiver (*Vetiveria zizanioides* (L.) Nash ex Small) oil. *J. Agric. Food Chem.* 52: 6578–6584.
- Massardo, D.R., Senatore, F., Alifano, P., Giudice, L.D., Pontieri, P. (2006) Vetiver oil production correlates with early root growth. *Biochem. Syst. Ecol.* 34.
- Mateus, G., Wutke, E. (2006) Espécies de leguminosas utilizadas como adubos verdes. *Pesqui. Tecnol.* 3.
- Melato, F.A., Mokgalaka, N.S., McCrindle, R.I. (2016) Adaptation and detoxification mechanisms of Vetiver grass (*Chrysopogon zizanioides*) growing on gold mine tailings. *Int. J. Phytoremediation*, 18: 509–520.
- Mickovski, S., Beek, L.P.. H. V. (2009) Root morphology and effects on soil reinforcement and slope stability of young vetiver (*Vetiveria zizanioides*) plants grown in semi-arid climate. *Plant Soil*, 324: 43–56.
- Mickovski, S.B., Van Beek, L.P.H., Salin, F. (2005) Uprooting of vetiver uprooting resistance of vetiver grass (*Vetiveria zizanioides*). *Plant Soil*, 278: 33–41.
- Miguel, A. S. D. C. S., Pacheco, L. P., Carvalho, Í. C. D., Souza, E. D. D., Feitosa, P. B., Petter, F. A. (2018) Phytomass and nutrient release in soybean cultivation systems under no-tillage. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 53(10): 1119-1131.

- Mizrahi, I., Nigam, I.C. (1969) Essential oils and their constituents. Isolation of aromatic sesquiterpenes from reunion vetiver oil. *J. Pharm. Sci.* 58: 738–740.
- Monteiro, J.M., Vollú, R.E., Coelho, M.R.R., Fonseca, A., Gomes Neto, S.C., Seldin, L. (2011) Bacterial communities within the rhizosphere and roots of vetiver (*Chrysopogon zizanioides* (L.) Roberty) sampled at different growth stages. *Eur. J. Soil Biol.* 47: 236–242.
- Muzilli, O., Oliveira, E., Gerage, A., Tornero, M. (1983) Adubação nitrogenada em milho no paranã.III.Influencia da recuperação do solo com adubação verde de inverno nas respostas à adubação nitrogenada. *Pesqui. Agropecu. Bras.* 18: 23–27.
- Nigam, I., Komae, H. (1967) Essential oil and constituents XXXIV Isolation of Khusenic Acid and Isokhusenic Acid from Oil of Vetiver and Some Observations Concerning Their Structures By. *Journal Pharm. Sci.* 56: 1299–1304.
- Nigam, I., Komae, H., Neville, G., Radecka, C., Paknikar, S. (1968) Structural relationships between tricyclic sesquiterpenes in oils of vetiver. *Tetrahedron Lett.* 2497–2500.
- Nunes, U. R., Júnior, V. C. A., de Barros Silva, E., Santos, N. F., Costa, H. A. O., Ferreira, C. A. (2006) Produção de palhada de plantas de cobertura e rendimento do feijão em plantio direto. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 41(6): 943-948.
- Oshunsanya, S.O., (2013) Crop Yields as Influenced by Land Preparation Methods Established Within Vetiver Grass Alleys for Sustainable Agriculture in Southwest Nigeria. *Agroecol. Sustain. Food Syst.* 37: 578–591.
- Paillat, L., Périchet, C., Pierrat, J.P., Lavoine, S., Filippi, J.J., Meierhenrich, U., Fernandez, X., (2012) Purification of vetiver alcohols and esters for quantitative high-performance thin-layer chromatography determination in Haitian vetiver essential oils and vetiver acetates. *J. Chromatogr. A*, 1241: 103–111.
- Paknikar, S., Bhatwdekar, S., Chakravarti, K. (1975) Biogenetically significant components of. *Tetrahedron Lett.* 2973–2976.

- Panitnok, K., Thongpae, S., Sarobol, E., Chaisri, S., Ngamprasitthi, S., Pothisoong, T., Chaisri, P., Changlek, P., Thongluang, P., Boonsri, N. (2013) Effects of Vetiver Grass and Green Manure Management on Properties of Map Bon, Coarse-Loamy Variant Soil. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 44: 158–165.
- Pfau, A. S., Pattner, P.A. (1939) Etudes sur les matières végétales volatiles. Sur les vétivones, constituants odorants des essences de vétiver. *Helv. Chim. Acta*, 22: 640.
- Pidatala, V.R., Li, K., Sarkar, D., Ramakrishna, W., Datta, R. (2016) Identification of Biochemical Pathways Associated with Lead Tolerance and Detoxification in *Chrysopogon zizanioides* L. Nash (Vetiver) by Metabolic Profiling. *Environ. Sci. Technol.* 50: 2530–2537.
- Pidatala, V. R., Li, K., Sarkar, D., Wusirika, R., Datta, R. (2018) Comparative metabolic profiling of vetiver (*Chrysopogon zizanioides*) and maize (*Zea mays*) under lead stress. *Chemosphere*, 193: 903-911.
- Pillai, S.S., Girija, N., Williams, G.P., Koshy, M. (2013) Impact of organic manure on the phytoremediation potential of *Vetiveria zizanioides* in chromium-contaminated soil. *Chem. Ecol.* 29: 270–279.
- Pittelkow, F. K. (2010) *Biomassa, rendimento de grãos e acúmulo de nutrientes em plantas de cobertura*. Dissertação (Programa de Pós-graduação em Agricultura Tropical) - Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, MT, 55p.
- Prasertsongskun, S., Sangduen, N., Suwanwong, S., Santisopasri, V., Matsumoto, H. (2002) Increased activity and reduced sensitivity of glutamine synthetase in glufosinate-resistant vetiver (*Vetiveria zizanioides* Nash) cells. *Weed Biol. Manag.* 2: 171–176.
- Prata, A.S., Zanin, M.H.A., Ré, M.I., Grosso, C.R.F. (2008) Colloids and Surfaces B: Biointerfaces Release properties of chemical and enzymatic crosslinked gelatin-gum Arabic microparticles containing a fluorescent probe plus vetiver essential oil. *Colloids surfaces B. Bio*, 67: 171–178.
- Raman, J.K., Gnansounou, E. (2015) LCA of bioethanol and furfural production

- from vetiver. *Bioresour. Technol.* 185: 202–210.
- Ramanujam, S., Kumar, S. (1963) Irregular Meiosis Associated with Pollen Sterility in *Vetiveria zizanioides* (Linn.) Nash. *Cytologia (Tokyo)*. 28: 242–247.
- Rao, A.A., Surve, K.L., Chakravarti, K.K., Bhattacharyya, S.C. (1963) Terpenoids-XXXVI: the structure of khusinol a new sesquiterpene alcohol from vetiver oil. *Tetrahedron Lett.* 19: 233–239.
- Rao, R.R., Suseela, M.R. (2000) *Vetiveria zizanioides* (Linn.) Nash—a multipurpose eco-friendly grass of India. *Int. Conf. Vetiver. Off. R. Dev. Proj. Board, Bangkok*, 5–6: 439–442.
- Rashmi, Singh, S.B. (2008) Studying the effect of nitrogen and potassium fertilizer on growth and essential oil content of *Cymbopogon citratus* and *Vetiveria zizanioides*. *J. Essent. Oil-Bearing Plants*, 11: 188–193.
- Ruksakulpiwat, Y., Suppakarn, N., Sutapun, W., Thomthong, W. (2007) Vetiver – polypropylene composites : Physical and mechanical properties. *composites*, 38: 590–601.
- Rocha, M. D. M., de Carvalho, K. J. M., Freire Filho, F. R., Lopes, A. D. A., Gomes, R. L. F., Sousa, I. D. S. (2009). Controle genético do comprimento do pedúnculo em feijão-caupi. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, 44 (3): 270-275.
- Sanicola, O., Lucke, T., Stewart, M., Tondera, K., Walker, C. (2019). Root and Shoot Biomass Growth of Constructed Floating Wetlands Plants in Saline Environments. *International journal of environmental research and public health*, 16(2): 275.
- Sellier, N., Cazaussus, A., Budzinski, H., Lebon, M., (1991) Structure determination of sesquiterpenes in Chinese vetiver oil by gas chromatography-tandem mass spectrometry. *J. Chromatogr.* 557: 451–458.
- Seshadri, R., 1966. Terpenoids*-xcix: structure and absolute configuration of khusinoloxide, new antipodal sesquiterpene epoxy alcohol from vetiver oil. *Tetrahedron Lett.* 23: 1267–1271.
- Seroja, R., Effendi, H., Hariyadi, S. (2018). Tofu wastewater treatment using vetiver grass (*Vetiveria zizanioides*) and zeliac. *Applied Water Science*, 8(1): 2.

- Shabbir, A., Khan, M.M.A., Sadiq, Y., Jaleel, H., Ahmad, B., Uddin, M. (2017) Regulation of functional activities and essential oil production in *Vetiveria zizanioides* L. Nash after γ -irradiated sodium alginate elicitation. *Turkish J. Biol.* 41: 661–672.
- Shibamoto, T., Nishimura, O. (1982) Isolation and identification of phenols in oil of vetiver. *Phytochemistry*, 21: 793.
- Shu, W., Xia, H., Zhang, Z., Lan, C., Wong, M. (2002) Use of Vetiver and Three Other Grasses for Revegetation of Pb/Zn Mine Tailings: Field Experiment. *Int. J. Phytoremediation*, 4: 47–57.
- Silva, A. A. D., Silva, P. R. F. D., Suhre, E., Argenta, G., Strieder, M. L., Rambo, L. (2007) Sistemas de coberturas de solo no inverno e seus efeitos sobre o rendimento de grãos do milho em sucessão. *Ciência rural*, 37 (4): 928-935.
- Sievers, T., Cook, R. L. (2018) Aboveground and root decomposition of cereal rye and hairy vetch cover crops. *Soil Science Society of America Journal*, 82(1): 147-155.
- Singh, M., Guleria, N., Prakasa Rao, E.V.S., Goswami, P. (2014) Efficient C sequestration and benefits of medicinal vetiver cropping in tropical regions. *Agron. Sustain. Dev.* 34: 603–607.
- Sinha, S., Jothiramajayam, M., Ghosh, M., Mukherjee, A. (2014) Evaluation of toxicity of essential oils palmarosa , citronella , lemongrass and vetiver in human lymphocytes. *Food Chem. Toxicol.* 68: 71–77.
- Siripin, S. (2000). Microbiology associated with the Vetiver plant. *Proc. Second Int. Vetiver Conf.(ICV-2)*, pp. 18-22.
- Sivaram, A. K., Logeshwaran, P., Lockington, R., Naidu, R., Megharaj, M. (2018). Impact of plant photosystems in the remediation of benzo [a] pyrene and pyrene spiked soils. *Chemosphere*, 193: 625-634.
- Soidrou, S.H., Farah, A., Satrani, B., Ghanmi, M., Jennan, S., Hassane, S.O.S., Lachkar, M., El Abed, S., Ibsouda Koraichi, S., Bousta, D. (2013) Fungicidal activity of four essential oils from *Piper capense*, *Piper borbonense* and *Vetiveria zizanioides* growing in Comoros against fungi decay wood. *J. Essent. Oil Res.* 25: 216–223.
- Srivastava, J., Chandra, H., Singh, N., (2007) Allelopathic response of *Vetiveria*

- zizanioides (L.) Nash on members of the family Enterobacteriaceae and *Pseudomonas* spp. *Environmentalist*, 27: 253–260.
- Srivastava, J., Kayastha, S., Jamil, S., Srivastava, V. (2008) Environmental perspectives of *Vetiveria zizanioides* (L.) Nash. *Acta Physiol. Plant.* 30: 413–417.
- Subsamran, K., Mahakhan, P., Vichitphan, K., Vichitphan, S., Sawaengkaew, J. (2019). Potential use of vetiver grass for cellulolytic enzyme production and bioethanol production. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 17: 261-268.
- Sun, S., Li, Y., Lv, P., Punamiya, P., Sarkar, D., Dan, Y., Ma, J., Zheng, Y. (2015) Determination of Prometryn in Vetiver Grass and Water Using Gas Chromatography – Nitrogen Chemiluminescence Detection. *J. Chromatogr. Sci.* 1–6.
- Taleei, M. M., Ghomi, N. K., Jozi, S. A. (2019) Arsenic Removal of Contaminated Soils by Phytoremediation of Vetiver Grass, Chara Algae and Water Hyacinth. *Bulletin of environmental contamination and toxicology*, 102(1): 134-139.
- Teixeira, C.M., Carvalho, G.J., Andrade, M.J.B., Silva, A., Pereira, J. (2009) Decomposição e liberação de nutrientes das palhadas de milho e milho + crotalária no plantio direto do feijoeiro. *Acta Sci. Agron.* 31: 647–653.
- Tiraporn, R., Swasdiphanich, S., Jiurajinda, S., Ratanakreetakul, C., Korpraditkul, R. (1996) Extracts of vetiver grass (*Vetiveria zizanioides*) for acaricidal effect on cattle tick (*Boophilus microplus*). *Vetiver A Miracle Grass, Chiang Rai T(hailand)*, p. 4–8.
- Thakur, L. S., Varma, A. K., Mondal, P. (2018) Analysis of thermal behavior and pyrolytic characteristics of vetiver grass after phytoremediation through thermogravimetric analysis. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 131(3): 3053-3064.
- Truong, P., Hart, B. (2001) Vetiver System For Wastewater Treatment. Pacific Rim Vetiver Netw. *Tech. Bull.* p.1–26.
- Truong, P., Van, T.T. (2008) *Vetiver System Applications - Technical Reference Manual*, 2nd ed, Network. The vetiver network international.

- Truong, P., Van Tan, T., Pinners, E. (2008) *Sistema de Aplicação Vetiver: Manual de Referência Técnica*, 2nd ed. Rede Internacional de Vetiver.
- Weyerstahl, P., Marschall, H., Splittgerber, U., Wolf, D. (1996) New Sesquiterpene Ethers from Vetiver Oil Peter. *Liebigs ann.* p.1195–1199.
- Wilde, E.W., Brigmon, R.L., Dunn, D.L., Heitkamp, M.A., Dagnan, D.C. (2005) Phytoextraction of lead from firing range soil by Vetiver grass. *Chemosphere* 61: 1451–1457.
- Wong, C.C., Wu, S.C., Kuek, C., Khan, A.G. (2007) The Role of Mycorrhizae Associated with Vetiver Grown in Pb- / Zn-Contaminated Soils : Greenhouse Study. *Restor. Ecol.* 15: 60–67.
- Wu, S.C., Wong, C.C., Shu, W.S., Khan, A.G., Wong, M.H. (2010) Mycorrhizo-Remediation of Lead/Zinc Mine Tailings Using Vetiver: A Field Study. *Int. J. Phytoremediation*, 13: 61–74.
- Yang, B., Shu, W.S., Ye, Z.H., Lan, C.Y., Wong, M.H. (2003) Growth and metal accumulation in vetiver and two Sesbania species on lead/zinc mine tailings. *Chemosphere*, 52: 1593–1600.
- Yaseen, M., Singh, M., Ram, D. (2014) Growth, yield and economics of vetiver (*Vetiveria zizanioides* L. Nash) under intercropping system. *Ind. Crops Prod.* 61: 417–421.
- Zhang, X., Gao, B., Xia, H. (2014) Ecotoxicology and Environmental Safety Effect of cadmium on growth , photosynthesis , mineral nutrition and metal accumulation of bana grass and vetiver grass. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 106: 102–108.
- Zhou, Q., Yu, B.J. (2009) Accumulation of Inorganic and Organic Osmolytes and Their Role in Osmotic Adjustment in NaCl-Stressed Vetiver Grass Seedlings. *Russ. J. Plant Physiol.* 56: 678–685.
- Zhu, B.C.R., Henderson, G., Chen, F., Fei, H., Laine, R.A. (2001) Evaluation of vetiver oil and seven insect-active essential oils against the formosan subterranean termite. *Journal Chem. Ecol.* 27: 1617–1625.