

INSTITUTO FEDERAL
Sul de Minas Gerais

ISSN 1984-428X
eISSN 2316-1817

Indexada em

SUMÁRIOS.ORG
LATINDEX
REDIB
DOAJ
GOOGLE ACADÊMICO

Afiliada à Associação Brasileira de Editores Científicos (ABEC)

Revista

AGROGEOAMBIENTAL

Publicação Trimestral Científica e Tecnológica - IFSULDEMINAS

v.9 – n.4 – Dezembro / 2017

Pouso Alegre – Minas Gerais – Brasil



Ministério da Educação
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais

Presidente da República
Michel Temer

Ministro da Educação
José de Mendonça Bezerra Filho

Secretária de Educação Profissional e Tecnológica
Eline Neves Braga Nascimento

Reitor do IFSULDEMINAS
Marcelo Bregagnoli

Pró-Reitor de Administração e Planejamento
Honório José de Moraes Neto

Pró-Reitor de Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação
José Luiz de Andrade Rezende Pereira

Pró-Reitor de Ensino
Carlos Alberto Machado Carvalho

Pró-Reitor de Desenvolvimento Institucional
Flávio Henrique Calheiros Casimiro

Pró-Reitor de Extensão
Cléber Ávila Barbosa

Ficha Catalográfica

R454 Revista Agrogeoambiental / Instituto Federal do Sul de Minas Gerais (IFSULDEMINAS). Vol. 9, n.4 (Dez. 2017) -. - Pouso Alegre (MG) : IFSULDEMINAS, 2017 - .

Trimestral.
Endereço eletrônico < <https://agrogeoambiental.ifsuldeminas.edu.br/>>

ISSN 1984-428X
e-ISSN 2316-1817 versão eletrônica.

1. Meio ambiente. 2. Agrárias. 3. Agronomia. 4. Engenharia agrícola. 5. Geomática. 6. Geologia. 7. Silvicultura. 8. Zootecnia. 9. Ecologia. I. Instituto Federal do Sul de Minas.

Revista **AGROGEOAMBIENTAL**

ISSN 1984-428X – e-ISSN 2316-1817 – Indexação: DOAJ - Sumários.org - REDIB – Latindex – Google Acadêmico

Expediente

Editor-chefe

José Luiz de Andrade Rezende Pereira

Bibliotecária

Rosimeire Ribeiro

Assistentes editoriais

Kélica Andréa Campos de Souza
Alan Silva Fialho

Estagiários

Hélio Henrique Pereira Coltrês
Allyson Diego Tobias Marinho

Comissão editorial

Cristiane Fortes Gris
Jane Piton Serra Sanches
Wellington Marota Barbosa

Arte da capa

Pamela Hélia de Oliveira

Revisão

Monalisa Aparecida Pereira

Comissão editorial

Abdon Santos Nogueira - IFBaiano

Ademir Fontana - EMBRAPA

Aderlan Gomes da Silva - IFMG

Alan Silva Fialho - IFSULDEMINAS

Alessandro Salles Carvalho - UFJF

Ana Cristina Ferreira Moreira da Silva - IFSULDEMINAS

Ana Paula Dias Turetta - EMBRAPA

Anderson Ricardo Trevizam - UFLA

André Delly Veiga - IFSULDEMINAS

André Luis da Silva Castro - IFG

Antônio Sérgio da Costa - IFSULDEMINAS

Arcângelo Loss - UFSC

Ariana Vieira Silva - IFSULDEMINAS

Arinaldo Sá Júnior - IFSULDEMINAS

Aureliano de Albuquerque Ribeiro - UFC

Aurélio Ferreira Borges - IFRO

Brígida Monteiro Vilas Boas - IFSULDEMINAS

Bruno Corrêa Barbosa - UFJF

Caio de Teves Inácio - EMBRAPA

Carlos Andres Leguizamón Rojas - UNA - Paraguai

Carlos Cezar da Silva - IFSULDEMINAS

Carlos Edwar de Carvalho Freitas - UFAM

Carolina Mariane Moreira - IFSULDEMINAS

Claudino Ortigara - IFSULDEMINAS

Cleber Kouri de Souza - IFSULDEMINAS

Cleber Lázaro Rodas - UFLA

Cleiton Lourenço de Oliveira - IFSULDEMINAS

Cristiane Fortes Gris Baldan - IFSULDEMINAS

Daniel Fernandes da Silva - UFLA

Danielle Martins Duarte Costa - IFSULDEMINAS / UNIFEI

Diego César Terra de Andrade - IFSULDEMINAS

Diego Maia Zacardi - UFOPA

Dulcimara Carvalho Nannetti - IFSULDEMINAS

Éder Clementino dos Santos - IFSULDEMINAS

Edu Max da Silva - IFSULDEMINAS

Eduardo Ferreira Molina - UNIFRAN

Eliana Fortes Gris - UnB
Elisa de Souza Junqueira Rezende - UNICAMP
Eugênio José Gonçalves - IFSULDEMINAS
Everton Vinicius Zambiazzi - UFLA
Fábio Oseias dos Reis Silva - UFLA
Fabricio Gomes Gonçalves - UFES
Felipe Santana Machado - UFLA
Flávia Monteiro Coelho Ferreira - IFSUDESTE - MG
Franciane Diniz Cogo - UFLA
Francisco César Gonçalves - IFSUDESTE - MG
Guilherme Oberlender - IFSULDEMINAS
Hugo Renan Bolzani - IFSULDEMINAS
Igor Souza Pereira - IFTM
Inêz Pereira da Silva - EPAMIG
Isabel Ribeiro do Valle Teixeira - IFSULDEMINAS
Jader Ribeiro Pinto - IFSul
Jamil de Moraes Pereira - IFSULDEMINAS
Jane Piton Serra Sanches - IFSULDEMINAS
João Célio de Araújo - IFC
João Mateus de Amorim - IFTM
João Olympio de Araújo Neto - IFSULDEMINAS
José Antonio Dias Garcia - IFSULDEMINAS
José Luiz de Andrade Rezende Pereira - IFSULDEMINAS
José Mauro Costa Monteiro - IFSULDEMINAS
Juan Jose Bonnin UNA - Paraguai
Käthery Brennecke - UNICASTELO / USP
Kátia Regina de Carvalho Balieiro - IFSULDEMINAS
Leandro Campos Pinto - UFLA
Leonardo Rubim Reis - IFSULDEMINAS
Lilian Vilela Andrade Pinto - IFSULDEMINAS
Luciana Faria - IFSULDEMIINAS

Luiz Eugenio Veneziani Pasin - UNIFEI
Marcos Caldeira Ribeiro - IFSUDESTE - MG
Marcos Magalhães de Souza - IFSULDEMINAS
Marcos Valério Gebra da Silva - FAJ
Miguel Angel Isaac Toledo del Pino - IFSULDEMINAS
Nara Cristina de Lima Silva - IFTM
Narayana de Deus Nogueira Bregagnoli - IFSULDEMINAS
Patrícia de Oliveira Alvim Veiga - IFSULDEMINAS
Paulo Oswaldo Garcia - IFSULDEMINAS
Pedro Luiz Terra Lima - LANCASTER UNIVERSITY - UK
Rafael Nogueira Scoriza - UFRRJ
Raphael Maia Aveiro Cessa - IFMT
Raphael Nogueira Rezende - IFSULDEMINAS
Raul Henrique Sartori - IFSULDEMINAS
Renata Mara de Souza - IFSULDEMINAS
Roger Nabeyama Michels - UTFPR
Rosa Toyoko Shiraishi Frighetto - EMBRAPA
Rosângela F. de Paula Vitor Marques - UFLA
Rosival Barros de Andrade Lima - UFRPE
Saul Jorge Pinto de Carvalho - IFSULDEMINAS
Silvio Henrique Delleposte Andolfato - UTFPR
Sindynara Ferreira - IFSULDEMINAS
Tatiana de Oliveira Ramos - UNESP
Vanessa Leite Rezende - UFMG
Tatiane Tagliatti Maciel - UFJF
Vanessa Martins - UFPI
Verônica Soares de Paula Moraes - IFSULDEMINAS
Walbert Júnior Reis dos Santos - IFSULDEMINAS
Walnir Gomes Ferreira Júnior - IFSULDEMINAS
Wellington Marota Barbosa IFSULDEMINAS

Tiragem de 1.000 exemplares

<http://agrogeoambiental.ifsuldeminas.edu.br/>
agrogeoambiental@ifsuldeminas.edu.br

Apresentação

Na última edição de 2017 a Revista Agrogeoambiental publica 10 excelentes artigos que tratam sobre a produção de alimentos e sustentabilidade.

Assim como nas outras três edições deste ano, este número da Agrogeoambiental publica artigos de pesquisadores de diversas Instituições de várias regiões do nosso país e do exterior. Nesta edição estão representados A Embrapa, IFB, IFES, IFMT, IFSULDEMINAS, OSU, UDF, UNEMAT, Unoesc, UFLA, UFV, UFMT, UFPI e UFRRJ. Essa diversidade de Instituições publicando na Agrogeoambiental retrata a abrangência nacional e importância que a nossa Revista conseguiu cientificamente. Este ano recebemos 101 artigos pleiteando a publicação.

Além do aumento significativo do número de artigos, este ano observamos também um aumento no índice h da Revista, que atualmente é de 6. A elevação do índice h reflete que os trabalhos aqui publicados estão contribuindo para o desenvolvimento do conhecimento científico, que é a missão da Agrogeoambiental.

Todos esses avanços qualitativos e quantitativos só foi possível graças a uma equipe comprometida e dedicada. Desta forma, gostaríamos de fazer um agradecimento especial a todos os avaliadores, aos autores, à bibliotecária pela assessoria, ao pessoal da licitação e do setor financeiro, ao pessoal da Tecnologia de Informação e à equipe da Pró-Reitoria de Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação.

Muito obrigado!

Tenham todos uma excelente leitura!



José Luiz de Andrade Rezende Pereira
Editor-chefe

Pró-Reitor de Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação



Sumário

Artigos Científicos

Custo-benefício da secagem de café em diferentes tipos de terreno	11
Oswaldo Lahmann Santos, Carlos Henrique Rodrigues Reinato, Juliano Donizete Junqueira, Emerson Loiola Franco, Caio Welber Alves Souza, Aydison Neves Rezende	
Identificação de microbacias contendo pivôs centrais no município de Sorriso (MT): estudo contributivo à outorga do uso de água	23
Raphael Maia Aveiro Cessa, Thiago de Souza Rizzi	
Plants population and harvesting times influence in saccharine sorghum BRS 506 production	33
Ivan Vilela Andrade Fiorini, Renzo Garcia Von Pinho, Hélcio Duarte Pereira, João Paulo Martins Moraes, Jhonathan Pedroso Rigal dos Santos, Iran Dias Borges, Luiz Paulo Miranda Pires	
Desenvolvimento agrônômico e produtivo da soja sob diferentes doses de gesso agrícola...	47
João Paulo Ascari, Inês Roeder Nogueira Mendes	
Physiological and phytosanitary quality of common bean seeds used by small growers in Minas Gerais state, Brazil	61
Higino Marcos Lopes, Antônio Amorim Brandão, João Sebastião de Paula Araújo, Marcos Paiva Del Giudice, Mark Allan Bennett	
Effect of expansion time and radiation on the functional and anatomical features of mango tree leaves.....	69
Roger Matheus Alves de Azeredo, Marcela André Mendes, Ciro Yoshio Joko, Marina Neves Delgado	
Uso do solo e conservação de matas ciliares da Bacia Hidrográfica do Rio Eleutério no município de Monte Sião, Minas Gerais.....	83
Magno Pereira Silva, Lilian Vilela Andrade Pinto	
Profitability and efficiency of fertilization in a corn/soybean/corn system in a Latosol with improved fertility.....	97
Clério Hickmann, Álvaro Vilela de Resende, Carlos Alberto Silva, Julian Junio de Jesus Lacerda, Silvino Guimarães Moreira, Otávio Prates Conceição	
Vespas sociais (<i>Hymenoptera</i> , <i>Vespidae</i>) em cultura de bucha vegetal <i>Luffa aegyptiaca</i> Mill ...	111
João Batista Dalló, Marcos Magalhães Souza, Evando Luiz Coelho, Angela Gomes Brunismann	

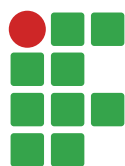
Revisão de Literatura

Biossólido de lodo de esgoto na agricultura: desafios e perspectivas	125
Manoel Victor Borges Pedrosa, Wallace Luís de Lima, Atanásio Alves do Amaral, Arnaldo Henrique de Oliveira Carvalho	

Diretrizes para autores	143
-------------------------------	-----



Artigos científicos



Custo-benefício da secagem de café em diferentes tipos de terreiro

Oswaldo Lahmann Santos¹

Carlos Henrique Rodrigues Reinato²

Juliano Donizete Junqueira³

Emerson Loiola Franco⁴

Caio Welber Alves Souza⁵

Aydison Neves Rezende⁶

Resumo

Neste trabalho objetivou-se comparar o custo de construção entre o terreiro de lama de cimento e outros diferentes tipos de terreiros de café, bem como a interferência desses terreiros na qualidade sensorial e alterações físico-químicas do café. O delineamento experimental consistiu em um delineamento inteiramente casualizado (DIC), com os tratamentos dispostos em fatorial. Foram utilizadas três repetições para cada tratamento. Após a secagem, as unidades experimentais foram beneficiadas e submetidas às análises. Para avaliação da composição química e física, foram realizados os testes de análise de condutividade elétrica e análise sensorial. Pelos resultados, verificou-se que o terreiro de lama de cimento se apresentou como uma excelente alternativa para a secagem do café, tanto do ponto de vista econômico quanto do ponto de vista qualitativo.

Palavras-chave: Pós-colheita. Pavimentação. Influência. Processamento. Cafeicultura.

Introdução

A despeito das mudanças experimentadas pela cafeicultura mundial ao longo das últimas quatro décadas, o Brasil manteve-se como maior produtor e exportador de café do mundo. Nesse período, surgiram novos grandes produtores mundiais, foram introduzidas novas tecnologias e a qualidade do café ganhou maior importância como fator de diferenciação do produto (SIQUEIRA, 2005).

Estima-se que no Brasil 70 % da produção de café seja proveniente de pequenas e médias propriedades rurais, segundo Camargo e Oliveira (2010). Na pequena propriedade agrícola, os trabalhos são executados, na grande maioria, por mão de obra familiar. Do mesmo modo que o café é uma cultura altamente dependente de mão de obra, a qual representa cerca de 50 % do seu custo de produção, ele é também um agente de equilíbrio social, pois democratiza, distribui e interioriza a renda.

No entanto, os pequenos cafeicultores têm sido penalizados com baixa remuneração do seu negócio, principalmente por apresentarem infraestrutura insuficiente para o adequado processamento dos grãos, produzindo frequentemente cafés de qualidade inferior, não usufruindo dos benefícios das

1 Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais – *Campus* Machado, discente, Machado (MG), 37750-000. oswaldolahmannagro@gmail.com.

2 Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais – *Campus* Machado, docente. carlos.reinato@ifsuldeminas.edu.br.

3 Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais – *Campus* Machado, discente. julianodjunqueira@gmail.com.

4 Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais – *Campus* Machado, discente. emersonlf.agro@gmail.com.

5 Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais – *Campus* Machado, discente. caiwelbersouza94@hotmail.com.

6 Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais – *Campus* Machado, servidor. aydisonrezende@hotmail.com.

novas tendências do mercado. Dessa forma, tecnologias adequadas à atividade do pequeno produtor que garantam qualidade e segurança alimentar adquiriram grande importância.

Considerando toda a cadeia produtiva do café, o processamento, a secagem e o armazenamento mal conduzido são as principais etapas que reduzem a qualidade do café e aumentam o risco sanitário.

Os frutos do café geralmente são colhidos com teor de água entre 30 e 65 % Base úmida (bu), dependendo do seu estado de maturação, portanto, sujeitos a condições favoráveis e à rápida deterioração. Assim, antes de ser armazenado o café deverá necessariamente ser secado (BORÉM, 2008).

A secagem pode ser definida como processo simultâneo de transferência de energia e massa entre o produto e o ar de secagem, consistindo na remoção do excesso de água contida no grão por meio da evaporação, geralmente causada por convecção forçada de ar aquecido, de modo a permitir a manutenção de sua qualidade durante o armazenamento (HALL, 1980).

No Brasil, a secagem do café é feita em terreiros ou em secadores mecânicos ou pela combinação desses dois. No processo de secagem em terreiro, o café é secado pela ação dos raios solares.

Com o mercado atual que prioriza cada vez mais a qualidade do café, torna-se necessário o desenvolvimento de práticas e técnicas inovadoras que tragam credibilidade a essas ideias. O aprimoramento dos dois métodos de secagem, após análise dos diversos modelos de terreiros empregados e utilizados pelos produtores, é uma forma de contribuir para essa inovação.

Considerando as diversas etapas da pós-colheita (processamento, secagem, armazenamento, beneficiamento e transporte), a secagem é a etapa de maior relevância, tanto do ponto de vista de consumo de energia e formação dos custos de processamento quanto do ponto de vista da preservação da qualidade (BORÉM et al., 2008).

No processo de secagem em terreiros, as estruturas usadas em suas construções podem ser encontradas em diversos tipos de materiais como lama asfáltica, lama de concreto, terra, concreto, suspenso.

A interferência do tipo de pavimentação na qualidade final do produto e do seu custo de implantação são os principais questionamentos realizados pelos produtores da nossa região.

Desta maneira objetivou-se com a realização deste trabalho verificar o efeito deletério do terreiro de terra sobre os valores médios de condutividade elétrica em todas as formas de preparo e secagem do café, além de comparar a qualidade da bebida e custo de implantação de diferentes tipos de terreiro.

Referencial teórico

Atualmente nota-se uma variação no comportamento dos produtores de café em relação à qualidade do seu produto, a qual vem sendo motivo de acréscimo no valor desta mercadoria de destaque no agronegócio brasileiro. Isso vem gerando maior dedicação aos processos de pós-colheita, impactando diretamente a manutenção da qualidade do café desde quando este chega da lavoura.

O processamento do café pode ser realizado de formas distintas: mantendo-se o fruto intacto, ou seja, o fruto é processado em sua forma integral, comumente denominado de café natural; removendo-se apenas a casca e parte da mucilagem, denominado cereja descascado (CD); removendo-se a casca e a mucilagem mecanicamente (desmucilado); removendo-se a casca mecanicamente e a mucilagem por meio de fermentação (despolpado) (REINATO, 2006). Como a casca e a mucilagem são substratos propícios ao desenvolvimento de micro-organismos, sua remoção pode evitar a ocorrência de fermentações prejudiciais à qualidade final do produto (BARTHOLO; GUIMARÃES, 1997).

Cortez (1997) e Brando (1999) relatam que as principais vantagens do descascamento são a eliminação dos frutos verdes, a diminuição dos custos de beneficiamento e a diminuição da porcentagem de bebidas fermentadas. Além disso, esse sistema de processamento tem a vantagem de diminuir consideravelmente a área de terreiro e o tempo necessário para secagem (SILVA, 1998).

Leite e Carvalho (1996) e Quintero (2000), ao avaliarem diferentes tipos de colheita e processamento do café, observaram que o descascamento melhorou a qualidade do café. Brando (1999) relata que o café cereja descascado pode ser considerado um método intermediário entre o processamento natural e o despulpado, pois ele mantém as características típicas do corpo, aroma e doçura dos cafés brasileiros.

Geralmente os cafés naturais possuem maior corpo enquanto os cafés despulpados possuem aroma mais acentuado e leve e prazerosa acidez. Frequentemente encontram-se relatos que descrevem cafés produzidos pela via seca com qualidade comparativamente distinta dos cafés produzidos pela via úmida (WILBRAUX, 1963; PUERTA-QUINTERO, 1996; VILELA, 2002).

Malta et al. (2003) verificaram que teores médios de açúcares totais têm maiores concentrações nos cafés cereja desmucilado e boia. O café cereja possui maior teor de açúcares redutores, justificado pelo fato de que, quando o fruto de café é seco com polpa e mucilagem, rica em açúcares, podem ocorrer translocações desses componentes químicos para o interior do grão (PEREIRA, 2002; VILELLA, 2002).

Existem vários fatores que influenciam a qualidade final do café: características edafoclimáticas, cultivares, condução e manejo da lavoura, colheita, tipo de processamento, secagem e armazenamento (CARVALHO; CHALFOUN, 1985; CARVALHO et al., 1994).

Além do processamento, a secagem é uma das principais etapas que influenciam a qualidade, principalmente se for mal conduzida (LACERDA FILHO, 1989; VILELA, 1997; SILVA et al., 1998). A qualidade do café natural, se comparada à do café descascado, é comprometida em maior intensidade quando as condições ambientais e de manejo durante a secagem em terreiros são desfavoráveis, especialmente em terreiros não pavimentados (REINATO et al., 2012).

Os terreiros para secagem de café são construídos de diversos materiais, sendo os mais usados representados pelos terreiros de chão batido, tijolo, concreto, asfalto, lama asfáltica e leito suspenso. Vários trabalhos vêm sendo realizados com o objetivo de estudar a interferência da pavimentação na qualidade sensorial do café (SANTOS et al., 1971; SANTIAGO; TEIXEIRA, 1977; HASHIZUME et al., 1985; LACERDA FILHO, 1986; VIANA et al., 2002; BORÉM et al., 2003; REINATO et al., 2005).

SILVA et al. (2008) e Chagas e Malta (2008), verificando o efeito de diferentes formas de preparo e tipos de terreiro de secagem na composição química do café, constataram a existência de diferenças na composição química dos grãos de café em função tanto da forma de preparo do café quanto do tipo de terreiro de secagem utilizado, assim como a interação desses dois fatores em todas as variáveis qualitativas analisadas. Assim, sementes que sofrem danos estruturais na membrana liberam grande quantidade de eletrólitos na solução, resultando em alto valor de condutividade elétrica (BEDFORD, 1974; WOODSTOCK, 1973). Prete (1992) verificou uma relação inversa entre a qualidade da bebida e a condutividade elétrica e a lixiviação de potássio de exsudatos de grãos crus.

Material e métodos

A pesquisa foi realizada no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais - *Campus* Machado (21° 42' S; 45° 53' W;), onde foi obtido o material necessário para o desenvolvimento da pesquisa.

Os terreiros experimentais com área de 50 m² foram construídos no setor de pós-colheita de café da seguinte forma:

O local todo passou pelos mesmos processos de limpeza, melhoria da estrutura física do solo, revolvimento do solo, irrigação, compactação e nivelamento. Em seguida, demarcaram-se as áreas de cada terreiro e realizou-se o nivelamento mais “justo”. Os materiais usados para a construção dos terreiros foram:

- 1. Concreto:** Foram usados para a construção dos 50 m² de terreiro 15 sacos de cimento, 1.687,5 litros de areia e 1.012,5 litros de brita. Para cada traço, foram utilizados 1 saco de cimento, 112,5 litros de areia e 67,5 litros de brita, que foram misturados na betoneira. Cada traço rendeu em torno de 3 a 4 m². Este tipo de terreiro tem espessura de 10 centímetros e é mais áspero.
- 2. Lama de cimento:** Foram usados para a construção dos 50 m² de terreiro 6 sacos de cimento, 540 litros de areia e 405 litros de pó de brita. Para cada traço, foram utilizados 1 saco de cimento, 120 litros de areia e 90 litros de pó de brita que foram misturados na betoneira. Cada traço rendeu em torno de 11 m², e 1,5 saco de cimento foi utilizado para queimar a pavimentação. Este terreiro tem espessura de 5 centímetros e é mais liso.
- 3. Lama asfáltica:** Foram usados para a construção dos 50 m² de terreiro 12 quilos de cimento, 120 litros de areia, 600 litros de pó brita, 156 litros de água e 144 litros de rápido e liso (RL). Para cada traço, foram utilizados 1 quilo de cimento, 13 litros de água, 10 litros de areia, 50 litros de brita e 12 litros de RL que foram misturados na betoneira. Cada traço rendeu em torno de 4 a 5 m². Este terreiro tem espessura de 0,5 a 1 centímetro e é mais liso do que o terreiro de concreto e mais áspero do que o Lama de Cimento.
- 4. Leito suspenso:** Foram usados 14 moirões de diâmetro 12 cm, 8 moirões de diâmetro 20 cm, 60 quilos de cimento, 90 litros de pedra, 126 litros de areia, 400 metros de fio liso, 14 unidades de catracas e 50 m² de sombrite. Neste terreiro o café fica suspenso e o sombrite está a 1 metro de altura do chão.
- 5. Terra:** Foram feitos neste terreiro apenas limpeza, terraplanagem, nivelamento e compactação.

O café foi colhido no ano de 2013, a cultivar usada foi o catuaí amarelo IAC 62 localizado nas coordenadas geográficas 21°42'16,2''S; 45°52'48,85''O, com idade de 4 anos e uma gleba de 1,0 hectare, espaçamento de 3,5 x 0,8 m; para o desenvolvimento deste trabalho, foram obtidos 3.000 litros pelo método de derriça manual no pano, retirando o café de roça (R). A partir desta prática, o restante foi encaminhado para o processo de pós-colheita, em que passou pelas seguintes etapas: moega de recepção, abanador, lavador, separador e descascador. Após as etapas, foram obtidos os cafés cereja descascado (CD) e boia (B).

Os cafés roça, cereja descascado e boia foram levados para secar nos seguintes tipos de terreiro: lama asfáltica, lama de cimento, leito suspenso, terra e concreto. Quando colocados os grãos em seus respectivos “tratamentos”, retiraram-se amostras de café para acompanhamento dos teores de água do grão.

A partir do tipo de café, definiu-se a espessura das leiras, que até atingir a meia seca foram de 3 cm com revolvimento constante. Após essa etapa, as leiras tiveram uma espessura maior, em torno de 15 cm de altura para evitar a formação do defeito preto-verde que ocorre pela elevação da temperatura (BORÉM et al., 2008).

O delineamento experimental foi constituído em um delineamento inteiramente casualizado (DIC), em forma fatorial 5 x 3, pelo qual foi possível obter a comparação dos cinco tipos de terreiro (terra, lama de cimento, lama asfáltica, concreto e leite suspenso), com os três tipos de processo de café (roça, boia e cereja descascado), com três repetições, totalizando 45 parcelas.

Os respectivos tratamentos receberam as seguintes siglas:

- T1 – Terreiro de terra + CD
- T2 – Terreiro de terra + B
- T3 – Terreiro de terra + R
- T4 – Terreiro de concreto + CD
- T5 – Terreiro de concreto + B
- T6 – Terreiro de concreto + R
- T7 – Terreiro de lama de Cimento + CD
- T8 – Terreiro de lama de Cimento + B
- T9 – Terreiro de lama de Cimento + R
- T10 – Terreiro de lama de Asfáltica + CD
- T11 – Terreiro de lama de Asfáltica + B
- T12 – Terreiro de lama de Asfáltica + R
- T13 – Terreiro suspenso + CD
- T14 – Terreiro suspenso + B
- T15 – Terreiro suspenso + R

Todos tiveram o mesmo manejo de secagem.

O processo da secagem foi interrompido quando os grãos atingiram 11 % de base úmida (b.u); foram retiradas amostras de cada parcela, que foram levadas para o beneficiamento e submetidas a análises físico-químicas e de qualidade sensoriais.

Teor de umidade: Retirou-se uma amostra de cada parcela para o teor de umidade inicial, a qual foi levada para o laboratório. Foi realizada a medição da massa fresca do café no laboratório, a qual resultou em torno de 5 gramas, e, após, foi colocada em porcelana de alumínio e submetida à secagem em estufa de esterilização a 105 °C durante 24 h. Essas amostras foram retiradas da estufa e colocadas no dessecador por 40 minutos para esfriar; após, foi efetuada a pesagem da massa seca do café. Esta etapa foi repetida de 24 em 24 h por todo ciclo de secagem até as parcelas atingirem 11 % (b.u).

Condutividade elétrica: A condutividade elétrica dos grãos crus foi determinada utilizando três repetições de 50 grãos de cada amostra, os quais foram pesados (precisão de 0,001g) e imersos em 75 mL de água deionizada no interior de copos plásticos de 180 mL de capacidade. A seguir, os recipientes foram colocados em uma BOD (Biochemicaloxygendemand) regulada em 25 °C, por 4 h, seguidos pela leitura da condutividade elétrica da solução em condutivímetro.

Classificação pela prova de xícara: A prova de xícara foi realizada por 3 provadores qualificados pertencentes a instituições parceiras do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais, *Campus Machado*. Cada profissional analisou as 45 parcelas experimentais de acordo com a Instrução Normativa nº 8 de 2003 (BRASIL, 2003).

Análise estatística: O método utilizado para avaliação do experimento deu-se por meio do programa estatístico Sisvar (FERREIRA, 2000).

Resultados e discussão

Na Tabela 1 estão representados os custos de cada terreiro.

Tabela 1. Valores reais da construção dos terreiros de 50 m². Machado, 2014, IFSULDEMINAS *Campus* Machado.

Operações	Terreiro de terra	Terreiro de concreto	Terreiro lama de cimento	Terreiro lama asfáltica	Terreiro leito suspenso
Custo mão de obra	R\$ 47,00	R\$ 328,00	R\$ 327,00	R\$ 327,00	R\$ 248,00
Custo terraplanagem	R\$ 88,00	R\$ 98,88	R\$ 72,16	R\$ 72,16	R\$ 47,00
Custo material	R\$ 0,00	R\$ 688,13	R\$ 183,45	R\$ 302,00	R\$ 1.632,19
Custo total	R\$ 135,00	R\$ 1.115,01	R\$ 582,61	R\$ 701,16	R\$ 1.927,19
Custo/m²	R\$ 2,70	R\$ 22,30	R\$ 11,65	R\$ 14,02	R\$ 38,54

Fonte: Santos, O. L. (2014)

Observa-se na Tabela 1 que o terreiro com custo de construção mais elevado foi o de leito suspenso, sendo que o que mais contribuiu para isso foi o custo dos materiais (moirão, arame galvanizado, tela e cabos de aço); o de segundo maior custo foi o terreiro de concreto, por necessitar de mais recursos como brita, areia e cimento, pois sua espessura é de aproximadamente 10 cm.

O pavimento mais barato foi o de terra por necessitar apenas da terraplanagem e de compactação, no entanto, não foi comparado aos demais por não ser considerado um pavimento recomendado, pois segundo Reinato (2006) este tipo de pavimentação oferece grandes riscos sanitários ao produto final. Portanto, exceto pelo terreiro de terra, o de lama de cimento foi o que apresentou o menor custo, sendo 50 % menor que o custo do terreiro de concreto. Desta maneira, o terreiro de lama de cimento se apresenta como uma ótima opção do ponto de vista econômico para substituição do terreiro de terra.

Observa-se também que o terreiro de lama de cimento teve um custo 25 % menor que o de lama de asfalto. Muitas vezes o produtor tem dificuldades de conseguir a emulsão asfáltica no mercado, portanto, do ponto de vista econômico, o terreiro de lama de cimento se coloca como mais uma alternativa de pavimentação, superando o terreiro de lama asfáltica.

Tabela 2. Valores médios de condutividade elétrica (C.E) ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$) na secagem em diferentes tipos de terreiros e processamento de café. Machado, 2014, IFSULDEMINAS *Campus* Machado.

Tipo de processamento	Terreiro de concreto	Terreiro lama de cimento	Terreiro lama asfáltica	Terreiro de terra	Terreiro leito suspenso
C.D.¹	122,10 A a	126,03 A ab	231,87 B d	153,04 A bc	174,70 A c
Boia	224,70 C a	217,53 B a	301,85 C c	243,28 C ab	270,36 B b
Roça	199,42 B a	249,25 C b	183,07 A a	201,44 B a	185,83 A a

Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas na coluna (tipo de terreiro) e minúsculas na linha (tipo de processamento), não diferem entre si pelo teste de tukey a 5 % de probabilidade. ¹C.D.: cereja descascado
Fonte: Santos, O. L. (2014)

Na tabela 2 podemos observar que houve diferença estatística entre os processamentos de café e entre os terreiros.

Verifica-se que, estatisticamente a um nível de 5 % de probabilidade, foram encontrados menores valores de condutividade elétrica nos cafés secados em terreiro de concreto e lama de cimento. Os maiores valores de condutividade elétrica foram detectados nos cafés secados em terreiro de lama asfáltica; Reinato (2006) também observou esse mesmo comportamento para os cafés secados em terreiro de concreto e lama asfáltica. Ressalta-se que os valores numéricos de condutividade elétrica encontrados neste teste estão dentro dos valores médios obtidos em trabalhos de vários autores (CARVALHO, 1985; CHAGAS, 1994; CARVALHO et al, 1994; REINATO et al 2005; REINATO, 2006).

Segundo Reinato (2006), o teste de condutividade elétrica tem se mostrado como um indicador consistente da integridade da membrana. Maiores valores e aumentos da condutividade elétrica ocorrem em função da degradação das membranas ocasionadas por possíveis fatores, tais como: temperatura elevada, deterioração e fermentação durante o processo de secagem. Neste contexto provavelmente a ocorrência de maiores valores de condutividade elétrica no terreiro de lama asfáltica está relacionada a picos de temperaturas maiores obtidos neste tipo de terreiro.

Em relação aos tipos de processamentos, de maneira geral, os menores valores de condutividade elétrica foram encontrados nos cafés cereja descascado, seguido pelo roça e boia, indo ao encontro dos resultados obtidos por Reinato et al. 2005, isso pode ser explicado pela maior exposição dos cafés tipo boia às intempéries e conseqüentemente ao ataque de micro-organismos ocasionados quando eles ainda estão na planta mãe.

Tabela 3. Classificação pela prova de xícara, com avaliação de três provadores do café arábica, submetido a cinco tipos diferentes de secagem. Machado, 2014, IFSULDEMINAS *Campus* Machado.

Tipo de processamento	Terreiro de concreto	Terreiro lama de cimento	Terreiro lama asfáltica	Terreiro de terra	Terreiro leito suspenso
Cereja Descascado	Duro	Duro	Riado	Riado	Duro
	Duro	Duro	Riado	Riado	Duro
	Riado	Riado	Riado	Rio	Riado
Boia	Duro	Riado	Riado	Riado	Duro
	Riado	Riado	Riado	Riado	Riado
	Duro	Duro	Rio	Rio	Duro
Roça	Riado	Duro	Rio	Rio	Riado
	Duro	Riado	Rio	Rio	Duro
	Duro	Duro	Rio	Rio	Duro

Fonte: Elaboração dos autores

Na Tabela 3 observa-se que, de acordo com a análise sensorial, os terreiros de lama asfáltica e terra apresentaram em média bebidas rio e riado. Os terreiros de concreto, lama de cimento e suspenso apresentaram, na sua maioria, bebida do tipo duro.

Observa-se com os resultados acima que o terreiro de lama de cimento mostrou-se uma ótima opção para substituir o terreiro de terra, tanto do ponto de vista econômico quanto do ponto de vista da qualidade.

Conclusão

Após análise dos resultados, pode-se tirar as seguintes conclusões:

O terreiro de lama de cimento se mostrou uma ótima opção do ponto de vista econômico para substituição do terreiro de terra.

Observou-se que o terreiro de lama de cimento interferiu de maneira similar e positiva na qualidade final do café.

Agradecimentos

Ao IFSULDEMINAS – *Campus* Machado pelo apoio técnico, financeiro e concessão da área, ao professor-orientador e aos colaboradores.

Cost-benefit comparison of coffee drying in different types of yards

Abstract

The subject of this investigation was to compare the cost between building a yard of mud cement and other types of coffee drying yards, as well as to check how these types of yards change the coffee physical, chemical and sensory quality. The experiment consisted of a fully, randomized design (DIC) with treatments in factorial scheme. It was used three replications. After drying, the experimental units were processed and submitted to analysis. To evaluate the chemical and physical composition, an electrical conductivity analysis was performed, and a sensory analysis was performed to assess quality. The results showed that the mud cement yard presents itself as an excellent economic and qualitative alternative for drying coffee.

Keywords: Post-harvest. Paving. Influence. Processing. Coffee cultivation.

Referências

BARTHOLO, G. F.; GUIMARÃES, P. T. G. Cuidados na colheita e preparo do café. **Informe Agropecuário**, v. 18, n. 187, p. 33-42, 1997.

BEDFORD, L. V. Conductivity tests in commercial and hand harvested seed of pea cultivars and their relation to field establishment. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 2, n. 3, p. 323-335, 1974.

BORÉM, F. M.; REINATO, C. H. R.; ANDRADE, E. T. Secagem do café. In: BORÉM, F. M. (Ed.). **Pós-colheita do café**. Lavras: UFLA, 2008. p. 205-240

BORÉM, F. M.; REINATO, C. H. R.; PEREIRA, R. G. F. A. Alterações na bebida do café despolpado secado em terreiro de concreto, lama asfáltica, terra, leite suspenso e em secadores rotativos. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 3, 2003, Porto Seguro, BA, **Anais...** Porto Seguro, 2003. p. 155.

BRANDO, C. H. J. Cereja descascado, desmucilado, fermentado, despolpado ou lavado? In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS, 25., 1999, Franca. **Anais...** Rio de Janeiro: MAA/PROCAFÉ, 1999. p. 342-346

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº 8**, de 11 de Junho de 2003. Aprova o regulamento técnico da identidade e de qualidade para a do café beneficiado grão cru. Brasília, 2003. Disponível em: <http://www.abic.com.br/publique/media/NMQ_LEGIS-LAcaO_IN8.pdf>. Acesso em: 05 out. 2015.

CAMARGO, R. A. L. de; OLIVEIRA, J. T. A. de. Economical and cultural constraints in the adoption of agroecological methods: a case study in Minas Gerais – Brazil. ISDA 2010, Montpellier, p. 28 – 30, 2010. FREUND, J. E.; SIMON, G. A. **Estatística aplicada: economia, administração e contabilidade**. 9. ed. Porto Alegre: Bookman, 2000. 404 p.

CARVALHO, V. D. de; CHAGAS, S. J. de R.; CHALFOUN, S. M.; BOTREL, N.; JUSTE JUNIOR, E. S. G. Relação entre a composição físico-química e química do grão beneficiado e qualidade de bebida do café. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 29, n. 3, p. 449-454, 1994.

CARVALHO, V. D.; CHALFOUN, S. M. Aspectos qualitativos do café. **Informe Agropecuário**, v. 11, n. 126, p. 79-92, 1985.

CHAGAS, S. J. R. **Caracterização química e qualitativa de cafés de alguns municípios de três regiões produtoras de Minas Gerais**. 1994. 83f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos)-Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, 1994.

CHAGAS, S. J. R.; MALTA, M. R. Avaliação da composição química do café submetido a diferentes formas de preparo e tipos de terreiros de secagem. **Revista Brasileira de Armazenamento**, n. 10, p. 1-8, 2008. Edição especial.

CORTEZ, J. G. **Efeito de espécies e cultivares e do processamento agrícola e industrial nas características da bebida do café**. 1997. 71 f. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 1997.

FERREIRA, D. F. **SisVar**[®]: Sistema de análise de variância para dados balanceados, versão 4.0. Lavras: DEX/UFLA, 2000. (Software estatístico).

HALL, C. W. **Drying and storage of agricultural crops**. Connecticut: AVI, 1980. 381 p.

HASHIZUME, H. Estudo comparativo dos principais tipos de terreiro pavimentado para secagem de café. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIEIRAS, 12., 1985, Caxambu, MG. **Trabalhos apresentados...** Rio de Janeiro: IBC, 1985. p. 95-97.

LACERDA FILHO, A. F. **Avaliação de diferentes sistemas de secagem e suas influências na qualidade do café (*Coffea arabica* Lineu)**. 1986. 136 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1986.

LACERDA FILHO, A. F.; SILVA, J. S.; HARA, T. Avaliação de diferentes sistemas de secagem e suas influências na qualidade de café (*Coffea arabica* L.). **Acogranos**, v. 14, n. 161, p. 23-29, 1989.

MALTA, M. R.; CHAGAS, S. J. R.; OLIVEIRA, W. M. Composição físico-química e qualidade do café submetido a diferentes formas de pré-processamento. **Revista Brasileira de Armazenamento**, n. 6, p. 37-41, 2003. Especial café.

PRETE, C. E. C. **Condutividade elétrica do exsudato de grãos de café (*Coffea arabica* L.) e sua relação com a qualidade da bebida**. 1992. 125 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 1992.

PUERDA-QUINTERO, G. I. P. Evaluación de la calidad del café colombiano processado por via seca. **Cenicafé**, v. 47, n. 2, p. 85-90, 1996.

REINATO, C. H. R. **Secagem e armazenamento do café**: aspectos qualitativos e sanitários. 2006. 111 f. Tese (Doutorado em Ciências dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2006.

REINATO, C. H. R.; BORÉM, F. M.; CIRILLO, M. Â.; OLIVEIRA, E. C.; Qualidade do café secado em terreiros com diferentes pavimentações e espessuras de camada. **Coffee Science**, v. 7, n. 3, p. 223-237, 2012.

REINATO, C. H. R.; BORÉM, F. M.; SILVA, P.; ABRAHÃO, E. J. Qualidade da bebida dos cafés descascado, cereja, bóia e roça secados em terrenos de terra e lama asfáltica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 31., 2005, Guarapari. **Anais...** Guarapari, 2005. p. 314- 315.

SANTIAGO, R.; TEIXEIRA, A. Estudos preliminares sobre tipos de terreno para secagem de café. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 1977, Guarapari, ES. **Resumos...** Rio de Janeiro: IBC/GERCA, 1977. p. 257-259.

SANTOS, A. C. dos; MATOS, N.; LIMA, A. R.; FONSECA, R.; CORREIA, C.; MEXIA, J. T. Estudo preliminar de terrenos para secagem de café. **Colloque Scientifique International Sur le Café**, 5., Lisbonne (Portugal), Juin 14-19, 1971. Paris, ASIC, p. 235- 245.

SILVA, C. G. da; CORRÊA, P. C.; MARTINS, J. H. Qualidade da bebida do café (*Coffea arabica* L.) em função da proporção de frutos verdes e da temperatura do ar de secagem. **Revista Brasileira de Armazenamento**, v. 23, n. 1, 45-48, 1998.

SILVA, O. F.; COSTA, R. A.; FARIAS, A. X.; SOUZA, M. L.; CORRÊA, T. B. S.; FRAGA, M. E. Avaliação da composição química do café submetido a diferentes formas de preparo e tipos de terreno de secagem. **Revista Brasileira de Armazenamento**, v. 1, n. 10, p. 1-8, 2008.

SIQUEIRA, Tagore Villarim de. **A cultura do café: 1961-2005**. BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n. 22, p. 205-270, set. 2005.

VIANA, A. S.; MATIELLO, J. B.; SOUZA, T. Estudo do efeito de revestimento de terrenos no tempo de seca e na qualidade do café. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 28. **Anais...** Caxambu, 2002, p. 53 – 56.

VILELA, R. V. Qualidade do café; secagem e qualidade do café. **Informe Agropecuário**, v. 18, n. 187, p. 55-63. 1997.

VILLELA, T. C. **Qualidade de café despulpado, desmucilado, descascado e natural, durante o processo de secagem**. 2002. 66 f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras MG, 2002.

WILBAUX, R. Agricultural engineering. Rome: FAO, 1963.

WOODSTOCK, L. W. Physiological and biochemical tests for seed vigor. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 1, n. 1, p. 127-157, 1973.

Histórico editorial:

Submetido em: 15/03/2016

Aceito em: 09/09/2016

Como citar:

ABNT

SANTOS, O. L.; REINATO, C. H. R.; JUNQUEIRA, J. D.; FRANCO, E. L.; SOUZA, C. W. A.; REZENDE, A. N. Custo-benefício da secagem de café em diferentes tipos de terreno. **Revista Agrogeoambiental**, Pouso Alegre, v. 9, n. 4, p. 11-21, out./dez. Doi: <http://dx.doi.org/10.18406/2316-1817v9n42017966>

APA

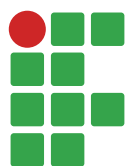
SANTOS, O. L., REINATO, C. H. R., JUNQUEIRA, J. D., FRANCO, E. L., SOUZA, C. W. A. & REZENDE, A. N. (2017). Custo-benefício da secagem de café em diferentes tipos de terreno. *Revista Agrogeoambiental*, 9 (4), 11-21. Doi: <http://dx.doi.org/10.18406/2316-1817v9n42017966>

ISO

SANTOS, O. L.; REINATO, C. H. R.; JUNQUEIRA, J. D.; FRANCO, E. L.; SOUZA, C. W. A. e REZENDE, A. N. Custo-benefício da secagem de café em diferentes tipos de terreno. *Revista Agrogeoambiental*, 2017, vol. 9, n. 4, pp. 11-21. Eissn 2316-1817. Doi: <http://dx.doi.org/10.18406/2316-1817v9n42017966>

VANCOUVER

Santos OL, Reinato CHR, Junqueira JD, Franco EL, Souza CWA, Rezende AN. Custo-benefício da secagem de café em diferentes tipos de terreno. *Rev agrogeoambiental*. 2017 out/dez; 9(4): 11-21. Doi: <http://dx.doi.org/10.18406/2316-1817v9n42017966>



Identificação de microbacias contendo pivôs centrais no município de Sorriso (MT): estudo contributivo à outorga do uso de água

Raphael Maia Aveiro Cessa¹

Thiago de Souza Rizzi²

Resumo

O objetivo deste trabalho foi identificar no município de Sorriso (MT) microbacias hidrográficas contendo pivôs centrais, subsidiando o referenciamento dos valores das vazões a serem outorgadas. A área em estudo foi o município de Sorriso no estado de Mato Grosso, situado entre as coordenadas geográficas Latitude 12° 33' 31" Sul e Longitude 55° 42' 51" Oeste. A delimitação das microbacias hidrográficas na área estudada deu-se por meio do modelo digital de elevação (MDE), o qual permitiu a obtenção da carta hipsométrica empregando curvas de nível equidistantes de 20 m, permitindo análise da altimetria do terreno e das redes de drenagem do município de Sorriso. O MDE do referido município foi obtido por meio de imagens (SC-21-X-B, SC-21-X-C, SC-21-X-D, SC-21-Z-C e SD-21-X-A), com resolução espacial de 90 m advinda da Shuttle Radar Topography Mission e disponibilizada pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Não foram estimados valores de vazões de captação de água por pivôs contidos nas mesmas microbacias no município de Sorriso (MT) acima de 70 % da Q_{95} considerada.

Palavras-chave: Recursos hídricos. Drenagem. Vazões.

Introdução

Os conflitos existentes associados à utilização de água estão relacionados à multiplicidade do seu uso e aumento da demanda (GARCIA, 2007). No Brasil, a maior demanda de consumo de água vem da agricultura, seguida pelo setor industrial e uso doméstico (MMA, 2005).

A bacia hidrográfica é uma área composta basicamente de um conjunto de superfícies vertentes e de uma rede de drenagem formada por cursos d'água que confluem até resultar em um leito único no exutório (SILVEIRA, 2001). Suas delimitações e informações fluviométricas podem subsidiar a adoção de políticas de uso dos recursos hídricos e o processo de outorga de água para projetos de irrigação, além de constituir diretriz para instituições de crédito agrícola (AMORIM et al., 2010).

A outorga para uso da água foi efetivada no país pela Lei 9.433/97, a qual instituiu a Política Nacional dos Recursos Hídricos. Segundo Garcia et al. (2007), é necessária a derivação ou captação da parcela da água de corpos hídricos superficiais ou aquíferos destinada ao abastecimento público, processos produtivos industriais ou agrícolas, lançamento em corpo de água, de esgotos e demais resíduos líquidos ou gasosos, tratados ou não, transporte ou disposição final de resíduos, aproveitamento para os potenciais hidrelétricos e outros usos, que alterem o regime na quantidade ou na qualidade de água existente em um corpo de água.

1 Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Brasília – *Campus* Planaltina, professor do Ensino Básico, Técnico e Tecnológico – Área Agronomia. raphael.cessa@ifb.edu.br. Rodovia BR 128, km 21, Zona Rural de Planaltina, Brasília, Distrito Federal, CEP: 73380-900.

2 Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Mato Grosso – *Campus* Sorriso, engenheiro agrônomo. thiago.rizzi@srs.ifmt.edu.br.

A outorga do uso da água de corpos hídricos de superfície em Mato Grosso é realizada pela Secretaria Estadual de Meio Ambiente (SEMA), baseada tecnicamente na Resolução nº 27, de 09 de julho de 2009, do Conselho Estadual de Recursos Hídricos.

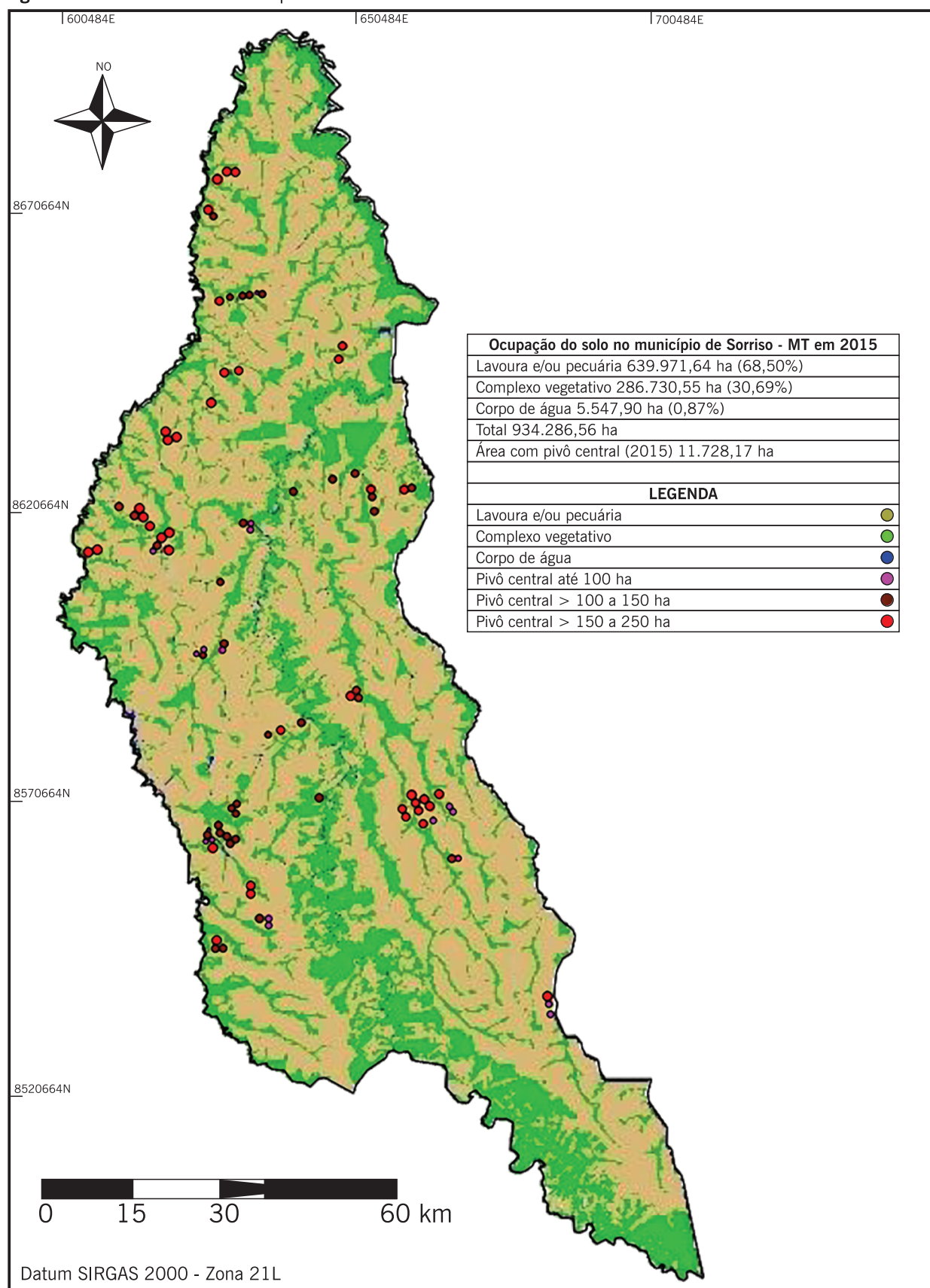
Na resolução citada anteriormente tem-se como critério o índice Q_{95} , que é a vazão de referência com garantia de permanência em 95 % do tempo, considerando a bacia de contribuição no ponto de captação. Dessa forma, as outorgas das vazões com validade de médio e longo prazo poderão ser emitidas quando o limite máximo de derivações consuntivas for igual ou inferior a 50 % do Q_{95} . Ainda consta na Resolução que a soma das vazões outorgadas na bacia não poderá exceder 70 % da vazão de referência definida pelo Q_{95} .

A adequada gestão dos recursos hídricos é dada pelo conhecimento do comportamento hidrológico das bacias hidrográficas e, portanto, a definição da vazão outorgada é imprescindível a partir daquela de referência (ARNÉZ, 2002).

A determinação da disponibilidade hídrica necessita de monitoramento contínuo para criação de um banco de dados (série histórica) das vazões dos mananciais, representando o comportamento fluviométrico de uma bacia hidrográfica nem sempre disponível (FIOREZE et al., 2008). A maioria das bacias hidrográficas não dispõe de dados fluviométricos suficientes, contemplando, na maioria das vezes, grandes bacias hidrográficas, o que promove incertezas na avaliação quantitativa dos recursos hídricos (SILVEIRA; TUCCI, 1998).

Segundo a Empresa de Pesquisa Energética - EPE (2009), a produção de grãos de soja em todo estado de Mato Grosso tem êxito, principalmente pelo cultivo da planta na Bacia do Rio Teles Pires, nos municípios de Sorriso, Nova Mutum e Lucas do Rio Verde. Aproximadamente 70 % do município de Sorriso é utilizado no cultivo de oleaginosas, amiláceas e/ou criação pecuária, sendo que 11.728,17 hectares são submetidos à irrigação por pivôs centrais (Figura 1) com vazão média de captação de águas superficiais de $0,20 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ (estimativa com base nos valores disponíveis no Diário Oficial de Mato Grosso proveniente dos processos de autorização de outorga), possibilitando três safras em um único ano agrícola, com destaque para a “sequência” soja, milho e feijoeiro.

Figura 1. Uso do solo no município de Sorriso no Estado de Mato Grosso



Fonte: Elaborada pelos autores.

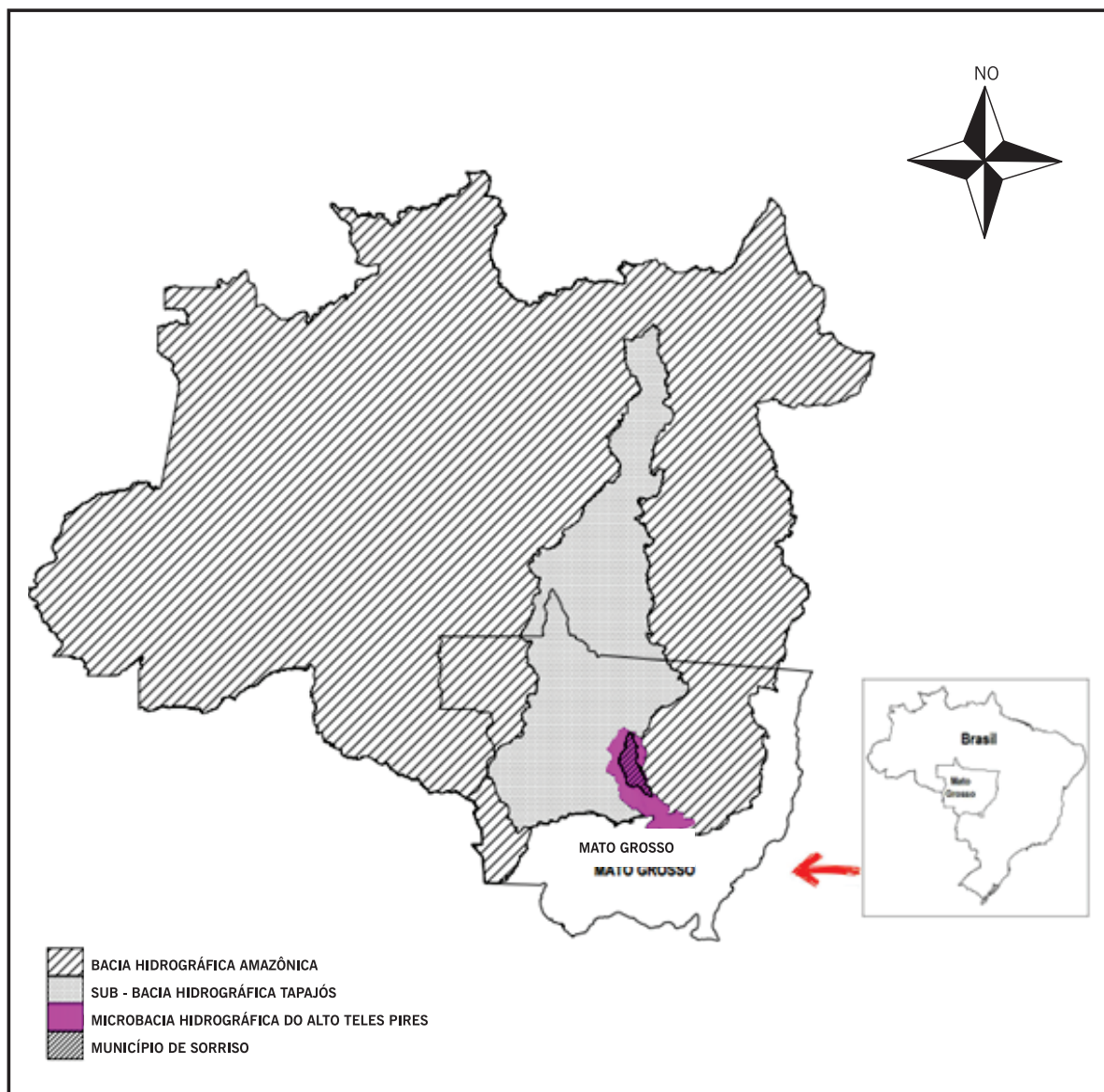
São 93 pivôs centrais localizados no município de Sorriso até o ano de 2015. Aproximadamente 18 % têm áreas menores que 100 hectares e 80 % com áreas maiores que 100 e até 200 hectares. Entre os anos de 2011 e 2015, houve aumento de pivôs centrais naquele município na ordem de 2,2 vezes.

O objetivo deste trabalho foi identificar no município de Sorriso (MT) microbacias hidrográficas contendo pivôs centrais, subsidiando o referenciamento dos valores das vazões a serem outorgadas.

Material e métodos

A área em estudo foi o município de Sorriso no Estado de Mato Grosso (Figura 2), situado entre as coordenadas geográficas Latitude 12° 33' 31" Sul e Longitude 55° 42' 51" Oeste. Esse município (9.329,6 km²) está contido na Bacia Hidrográfica Amazônica, Sub-bacia Hidrográfica do Tapajós, Microbacia do Alto do Rio Teles Pires.

Figura 2. Croqui de localização do município de Sorriso no Estado de Mato Grosso em bacias hidrográficas



Fonte: Elaborada pelos autores.

O mapa de uso de solo (Figura 1) foi obtido por meio da classificação das imagens de satélite LANSAT 5 em uma área delimitada a partir da Orbits 226, Ponto 69, com data de passagem registrada no dia 11 de novembro de 2015. Para tal, foram utilizadas as bandas 3(R) 4(G) 2(B), vermelho, verde e azul, respectivamente. Essa composição foi suficiente para detalhamento das características do solo e também para evidenciar a vegetação natural, exigidas no presente trabalho.

A extração de informação em imagens de satélite para reconhecer padrões e objetos homogêneos deu-se por meio de um classificador multiespectral “pixel a pixel” máxima verossimilhança (MAXVER), a qual utilizou apenas a informação espectral isoladamente de cada pixel para achar regiões homogêneas. A imagem foi dividida em conjunto de “pixels” contíguos que se espalham bidirecionalmente e que apresentam uniformidade formando regiões que devem corresponder às áreas de interesse da aplicação pela sua segmentação no processo de crescimento de regiões (agrupamento de dados na qual somente as regiões adjacentes, espacialmente, podem ser agrupadas) (PIZARRO et al., 2001), com valores de similaridades e área do pixel de 12 m x 15 m.

A classificação da imagem deu-se pelo método semiautomático (supervisionado), com o classificador por região Bhattacharya. “O algoritmo utiliza a distância de Bhattacharya para medir a separabilidade estatística entre cada par de classe espectral” (LEÃO et al., 2007). A separabilidade é calculada por meio da distância média entre as distribuições de probabilidades de classes espectrais.

A delimitação das microbacias hidrográficas na área estudada deu-se segundo procedimentos descritos em Sperling (2007), por meio do modelo digital de elevação (MDE), o qual permitiu a obtenção da carta hipsométrica, empregando curvas de nível equidistantes de 20 m, permitindo análise da altimetria do terreno e das redes de drenagem do município de Sorriso.

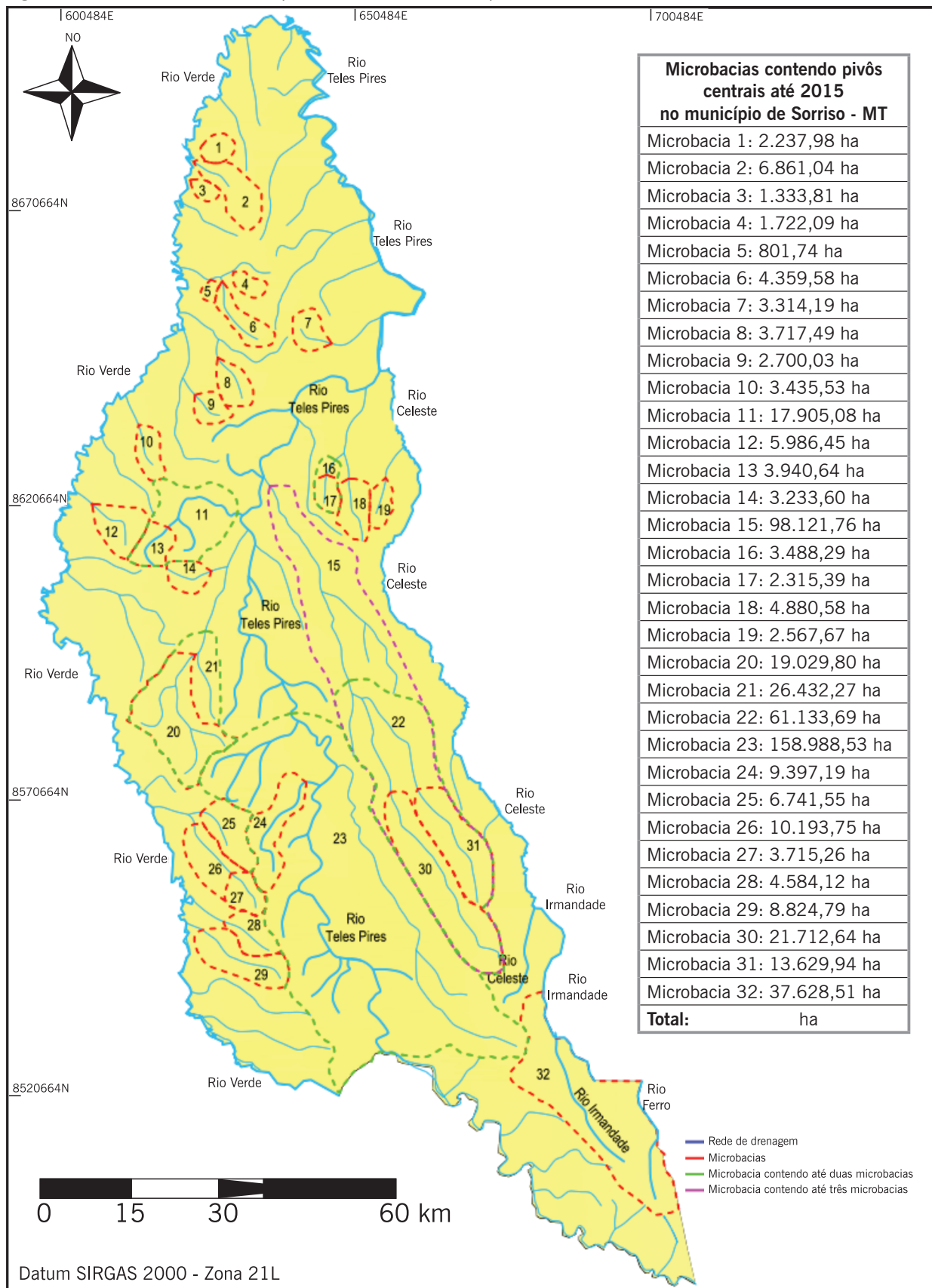
O MDE do referido município foi obtido por meio de imagens (SC-21-X-B, SC-21-X-C, SC-21-X-D, SC-21-Z-C e SD-21-X-A), com resolução espacial de 90 m advinda da Shuttle Radar Topography Mission e disponibilizada pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (MIRANDA, 2009), fazendo-se uso do aplicativo computacional SPRING 5.2.6.

Para efeito de discussão foi considerado o valor de $120,89 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ para Q_{95} no exutório das microbacias identificadas contendo pivôs centrais no município de Sorriso (MT). Este valor foi estimado considerando-se ser $1/3$ do Q_{95} $366,33 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, valor este médio de vazão medido na estação fluviométrica Teles Pires, no município de Sorriso (MT), série histórica maio de 1976 a dezembro de 2009 extraído do trabalho de Veiga et al. (2013).

Resultados e discussão

Na Figura 3 pode-se observar a delimitação das microbacias contendo pivôs centrais no município de Sorriso.

Figura 3. Microbacias contendo pivôs centrais no município de Sorriso no Estado de Mato Grosso



Fonte: Elaborada pelos autores.

Para efeito de discussão, tendo como exemplo a microbacia 15 contendo 17 pivôs centrais com vazão média de captação de águas superficiais de $0,20 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ (valor baseado no Diário Oficial de Mato Grosso proveniente dos processos de autorização de outorga), pode-se estimar uma captação volumétrica de água de $0,60 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$. Este valor é 25 vezes menor do que 70 % do valor do Q_{95} ($120,89 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$) no exutório daquela microbacia. Pelo mesmo raciocínio, as microbacias 11, 21, 23 e 29 teriam valores 42, 84, 60 e 140 vezes menores, respectivamente, observando os 70 % do valor Q_{95} $120,89 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$.

No trabalho de Santos et al. (2015), referente à regionalização hidroclimatológica da Bacia Hidrográfica do Rio Tapajós, a vazão Q_{95} obtida na estação fluviométrica na foz do Rio Teles Pires, no município de Aripuanã (MT) (série histórica de 1995 a 2009) foi de $1.106,00 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, com média anual de $3.367,00 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$. A vazão média na Bacia do Alto Teles Pires, da qual o município de Sorriso ocupa aproximadamente 45 %, teve valor estimado de $843,00 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ (EPE, 2009).

Embora as discussões realizadas no presente trabalho estejam baseadas em estimativas, devido à pouca disponibilidade de informações regionais sobre microbacias, bem como a complexidade na obtenção das séries históricas de vazões pelas inúmeras dificuldades (recurso financeiro, equipamentos apropriados, mão de obra em quantidade e especializada) de medições nos exutórios, nota-se que ainda é possível a emissão de outorgas de captação de água superficiais na maioria das microbacias hidrográficas que contém pivôs centrais no município de Sorriso (MT) pelas regras da SEMA, descritas na Resolução nº 27, de 09 de julho de 2009, do Conselho Estadual de Recursos Hídricos. É imprescindível, portanto, que haja fiscalização operacional desses pivôs centrais pelos órgãos competentes, impondo horário escalonado de funcionamento e conferindo vazões “bombeadas”.

Conclusão

De acordo com a metodologia utilizada no presente estudo, não foram estimados valores de vazões de captação de água por pivôs contidos nas mesmas microbacias no município de Sorriso (MT) acima de 70 % do Q_{95} considerado.

Identification of watersheds containing central pivots in the municipality of Sorriso (MT): a contributory study to the granting of water use

The objective of this study was to identify watersheds containing central pivots in Sorriso (MT) municipality, supporting the flow rate value references to be granted. Sorriso is located in Mato Grosso State, in the following geographic coordinates Latitude $12^\circ 33' 31''$ South and longitude $55^\circ 42' 51''$ West. The delimitation of the watersheds in the studied area was given through the digital elevation model (DEM), which allowed the production of hipsometric letter using 20 m equidistant contour lines, allowing analysis of the ground altimetry and networks drainage of Sorriso. The DEM for Sorriso was obtained through images (SC-21-XB, SC-21-XC, SC-21-XD, SC-21-ZC and SD-21-XA), with a spatial resolution of 90 m, from the Shuttle Radar Topography Mission and made available by The Brazilian Agricultural Research Corporation. It was not estimated amounts of water intake flow by pivots contained in the same watersheds in Sorriso (MT) municipality of over 70 % of Q_{95} considered.

Keywords: Water resources. Drainage. Streamflow.

Referências

- AMORIM, J. A. de; CRUZ, M. A. S.; RESENDE, R. S. Qualidade da água subterrânea para irrigação na bacia hidrográfica do Rio Piauí, em Sergipe. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 8, p. 804–811, 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662010000800003>. Acesso em: 11 dez. 2017.
- ARNÉZ, F. A. **Análise de critérios de outorga do uso da água na bacia do rio Santa Maria, RS**. 2002. 146 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental). Instituto de Pesquisas Hidráulicas, UFRGS, Porto Alegre. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/1577>>. Acesso em: 11 dez. 2017.
- EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). **Avaliação ambiental integrada da bacia hidrográfica do rio Teles Pires: relatório final - sumário executivo**. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/MeioAmbiente/Documents/AAI%20Teles%20Pires/AAI%20Teles%20Pires%20-%20Relat%C3%B3rio%20Final%20-%20Sum%C3%A1rio%20Executivo.pdf>>. Acesso em: 07 abr. 2016.
- FIOREZE, A. P.; OLIVEIRA, L. F. C.; FRANCO, A. P. B. Avaliação do desempenho de equações de regionalização de vazões na bacia hidrográfica do Ribeirão Santa Bárbara, Goiás, Brasil. **Ambi-Água**, v. 3, n. 2, p. 62-76, 2008. Disponível em: <<http://www.ambi-agua.net/seer/index.php/ambi-agua/article/viewFile/132/206>>. Acesso em: 11 dez. 2017.
- GARCIA, A. V.; OLIVEIRA, E. C. A. de; SILVA, G. P.; COSTA, P. P. da; OLIVEIRA, L. A. de. Disponibilidade hídrica e volume de água outorgado na microbacia do Ribeirão Abóbora, município de Rio Verde, Estado de Goiás. **Caminhos de Geografia**, v. 8, n. 22, p. 97 – 106, 2007. Disponível em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/viewFile/15555/8804>>. Acesso em: 11 dez. 2017.
- LEÃO, C.; KRUG, L. A.; KAMPEL, M.; FONSECA, L. M. G. Avaliação de métodos de classificação em imagens TM/Landsat e CCD/CBERS para o mapeamento do uso e cobertura da terra na região costeira do extremo sul da Bahia. In: XIII Simpósio MMA (Ministério do Meio Ambiente). **Consumo sustentável: manual de educação**. Brasília: Consumers International, 2005. 160 p.
- MIRANDA, E. E. de (Coord.). **Brasil em Relevo**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2005. Disponível em: <<http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br>>. Acesso em: 3 jun. 2016.
- PIZARRO, P.; COMUNELLO E.; MANTELLI, S. Segmentação por Crescimento de Regiões. In: ALDO VON WANGENHEIM, Eds. **Introdução à visão computacional**. New York, Taylor e Francis, 2001. p. 35-64.
- SANTOS, C. A. dos; ARAUJO, I. B. de; WANZELER, R. T. S.; SERRÃO, E. A. O.; FARIAS, M. H. C. S.; LIMA, A. M. M. de. Regionalização hidroclimatológica da Bacia Hidrográfica do Rio Tapajós. **Revista Geografia Acadêmica**, v. 9, n. 1, p. 32-51, 2015. Disponível em: <<https://revista.ufrn.br/rga/article/view/2929>>. Acesso em: 11 dez. 2017.
- SILVEIRA, A. L. L. Ciclo hidrológico e bacia hidrográfica. In: TUCCI, C.E.M. (Org.). **Hidrologia: ciência e aplicação**. São Paulo: EDUSP, 2001. p. 35-51.

SILVEIRA, G. L.; TUCCI, C. E. M. Monitoramento em pequenas bacias para estimativa de disponibilidade hídrica. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 3, n. 3, p. 97-110, 1998. Disponível em: <<https://www.abrh.org.br/SGCv3/index.php?PUB=1&ID=52&SUMARIO=4334>>. Acesso em: 11 dez. 2017.

SPERLING, M. V. **Estudos e modelagem da qualidade da água de rios**: princípios do tratamento biológico de águas residuárias. Belo Horizonte: UFMG, 2007. 196 p.

VEIGA, A. M.; MELO, D. C. R.; SOARES, A. K.; TRINDADE, M. C.; MELLO, L. T. A. de; SOUZA, R. M. de. Diagnóstico das vazões do Rio Teles Pires. XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. In: XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2013, Bento Gonçalves. XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2013.

Histórico editorial:

Submetido em: 03/06/2016.

Aceito em: 13/09/2016.

Como citar:

ABNT

CESSA, R. M. A.; RIZZI, T. S. Identificação de microbacias contendo pivôs centrais no município de Sorriso (MT): estudo contributivo à outorga do uso de água. **Revista Agrogeoambiental**, Pouso Alegre, v. 9, n. 4, p. 23-31, out./dez. Doi: <http://dx.doi.org/10.18406/2316-1817v9n420171009>

APA

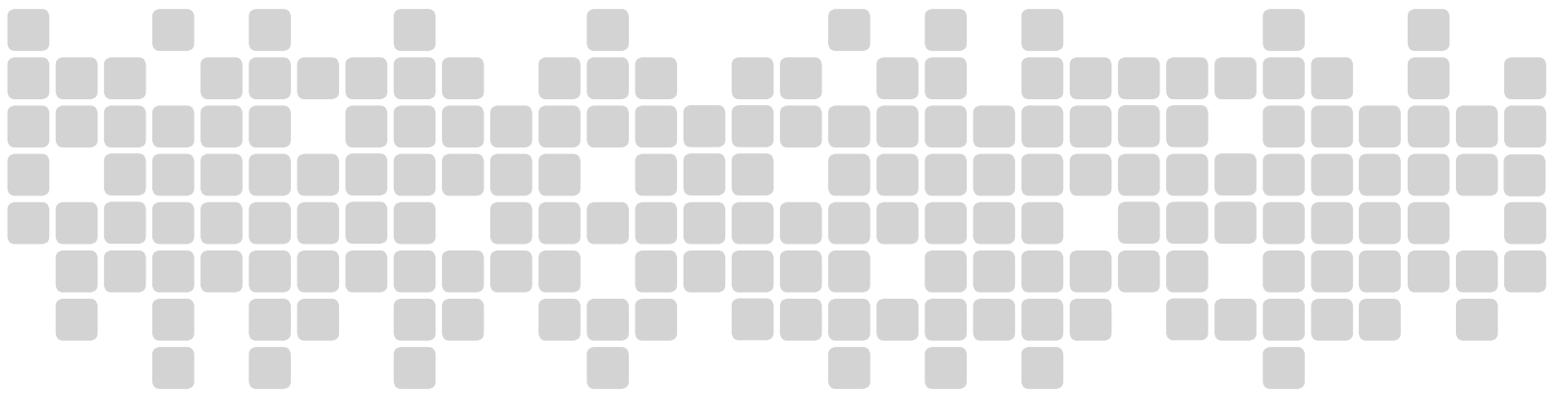
CESSA, R. M. A. & RIZZI, T. S. (2017). Identificação de microbacias contendo pivôs centrais no município de Sorriso (MT): estudo contributivo à outorga do uso de água. *Revista Agrogeoambiental*, 9 (4), 23-31. Doi: <http://dx.doi.org/10.18406/2316-1817v9n420171009>

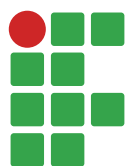
ISO

CESSA, R. M. A. e RIZZI, T. S. Identificação de microbacias contendo pivôs centrais no município de Sorriso (MT): estudo contributivo à outorga do uso de água. *Revista Agrogeoambiental*, 2017, vol. 9, n. 4, pp. 23-31. Eissn 2316-1817. Doi: <http://dx.doi.org/10.18406/2316-1817v9n420171009>

VANCOUVER

Cessa RMA, Rizzi TS. Identificação de microbacias contendo pivôs centrais no município de Sorriso (MT): estudo contributivo à outorga do uso de água. *Rev agrogeoambiental*. 2017 out/dez; 9(4): 23-31. Doi: <http://dx.doi.org/10.18406/2316-1817v9n420171009>





Plants population and harvesting times influence in saccharine sorghum BRS 506 production

Ivan Vilela Andrade Fiorini¹

Renzo Garcia Von Pinho²

Hélcio Duarte Pereira³

João Paulo Martins Moraes⁴

Jhonathan Pedroso Rigal dos Santos⁵

Iran Dias Borges⁶

Luiz Paulo Miranda Pires⁷

Abstract

Saccharine sorghum is an excellent option for ethanol production under industrial and agronomic perspectives, due to high green matter production and succulent stalks with fermentable sugars. The aim of this work was to evaluate the harvesting season and plants population effect over the ethanol and fodder production from sweet sorghum culture BRS 506. The experiment was installed in November 2012, at (CDTCA/UFLA), located in Lavras (MG). The experimental design was in randomized blocks, with 3 repetitions, factorial scheme 4 x 4 (4 populations: 70, 100, 130 and 160 thousand plants ha⁻¹; 4 harvesting seasons: flowering (0 days after flowering (DAF), 10 DAF, 20 DAF and physiological maturity at 40 DAF). The variables evaluated at harvesting: green matter weight (GM), dry matter weight (DM), juice volume (JV), total soluble solids (°brix), total reducing sugars (TRS) and brix tonnes per hectare (TBH). The populations increase provided the highest JV and it has not affected other variables. The characteristics were influenced by the harvesting seasons. The harvesting season at 40 DAF provided the highest °brix. The °brix and the TRS showed linear growth with an increase after flowering for plants harvesting. The highest productivities (GM, DM, JV and TBH) were obtained close to 17, 22, 17 and 14 DAF, respectively, favoring higher fodder and ethanol production in these stages.

Keywords: Biofuels. Brix. Ethanol Production. Fodder production. *Sorghum bicolor* L.

Introduction

Saccharine sorghum possess height superior to 3 meters, which is ease of mechanization, fast production cycle, high mass production. The residual bagasse can also be used for silage production or energy and ethanol of second generation production (RUBIN, 2008; DURÃES, 2011; ALBUQUERQUE et al.; 2012). Similarly to sugar cane, that has rich contents of sucrose on the stalks, saccharine

1 Universidade Federal do Mato Grosso, *Campus* Sinop, pesquisador associado. ivanvaf@yahoo.com.br. Avenida Jacarandás, 6471, Parque das Ararás, Sinop, Mato Grosso, CEP 78.557-456.

2 Universidade Federal de Lavras, Departamento de Agricultura, professor. renzo@dag.ufla.br.

3 Universidade Federal de Lavras, mestrado em Fitotecnia. hhelciopassos@yahoo.com.br.

4 Universidade Federal de Lavras, graduando em Agronomia. jaopmoraes@hotmail.com.

5 Universidade Federal de Lavras, mestrado em Genética UFLA. jhonathanpedroso@yahoo.com.br

6 Universidade Federal de Lavras, doutorado em Fitotecnia UFLA. idb@ufsj.edu.br

7 Universidade Federal de Lavras, doutorado em Fitotecnia UFLA. luizpaulo_vortex@hotmail.com

sorghum is rich on fermentable sugars. This characteristic presents sorghum as an alternative to produce bioethanol by fermentation process of these sugars, using enzymes responsible for the hydrolysis of sucrose (NAIK et al., 2010; KIM; DAY, 2010; RATNAVATHI et al., 2010; PURCINO, 2011).

Since 2003 in Brazil, it has become common to use flex fuel vehicles fueled with ethanol or gasoline. There is considerable encouragement regarding researches about renewable power sources due to the increasing power demand, contributing to the reduction of non-renewable sources consumption, generating then a higher balance between CO₂ production and consumption in nature. Ethanol is responsible for 90 % of total biofuels produced in different parts of the world (ALMODARIS; HADI, 2009; CUNHA; SEVERO FILHO, 2010; PRABU; MURUGESAN, 2011).

Saccharine sorghum can be applied as raw material complementary to sugar cane for ethanol production, in the inter-harvesting period (March and April), when sugar cane fields present low sucrose concentration in the stalks due to plant immaturity (AZEVEDO et al., 2003; FERNANDES et al., 2003). The challenge to ethanol production which operates eight months per year, with four-months inter-harvesting periods is to be viable and sustainable economically. In this scenario, saccharine sorghum performs as a cultivation alternative in the inter-harvesting period to increase the ethanol productive chain, with the potential to diminish machinery idleness during this period, for the reason that the same milling, fermentation and distillation machinery can be used at ethanol production from sugar cane.

Amongst cultivation practices applied for obtaining higher vegetable production, the choice of better plants population is important because it enhances the efficiency in environment resources exploitation, as electricity and water, and it reduces the competition with invasive plants (PEREIRA FILHO et al., 2013; ALBUQUERQUE et al., 2012; MAY et al., 2012). Besides, plants harvesting season should also be considered, since photo-assimilated compounds accumulation and translocation during the sorghum plant growth and development is considerably variable, requiring an identification of the best harvesting seasons aiming an efficient ethanol production and higher fodder yield (TEIXEIRA et al., 1999; PIRES et al., 2006).

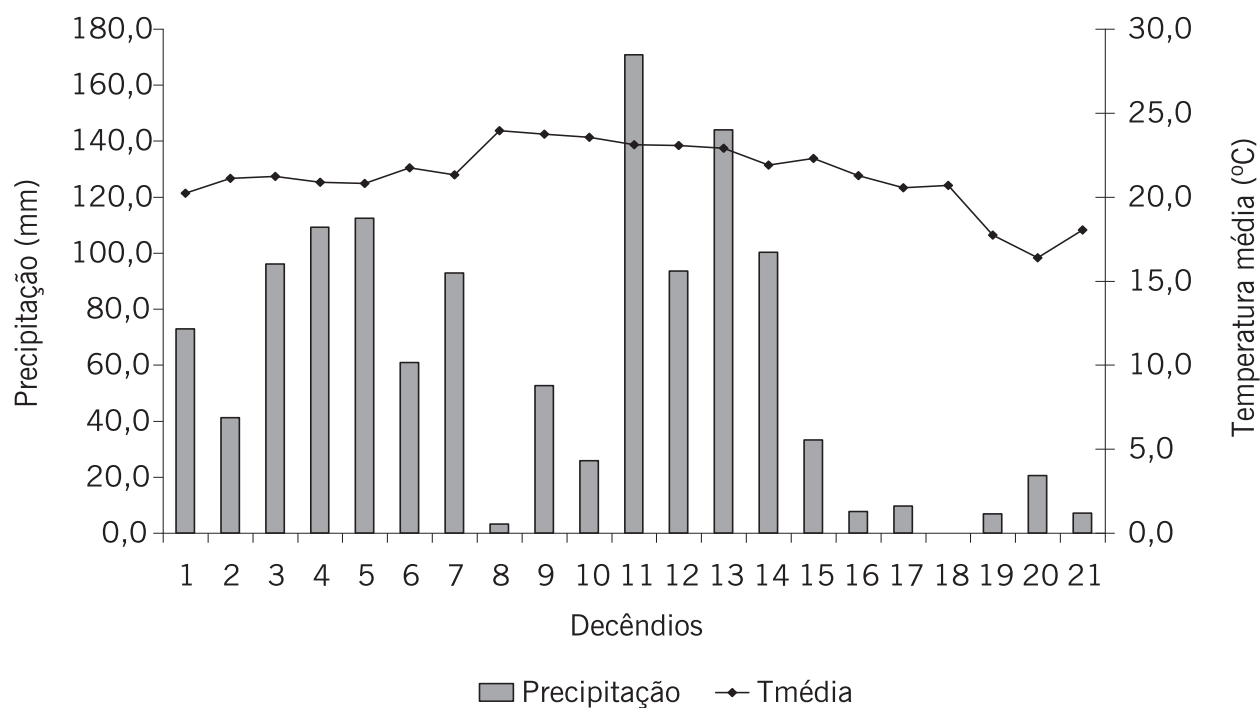
In Brazil, studies related to saccharine sorghum cultivation management are scarce, specifically regarding culture behavior in different plant populations and harvesting seasons, aiming fodder yield and also related to ethanol production. The multiplicative rate TBH (brix tonnes per hectare) was applied in plant population and harvesting seasons aiming to estimate the saccharine sorghum ethanol productivity. The TBH have been highlighted in selected superior genotypes in saccharine sorghum improvement programs for embracing characters which really directly influence in ethanol production per hectare, main focus of saccharine sorghum utilization (SOUZA et al., 2013).

Therefore, the objective was to evaluate the saccharine sorghum/fodder culture BRS 506 in terms of characteristics related to fodder yield and ethanol production according to plants populations and harvesting seasons.

Material and methods

The experiment was installed on November 22, 2012 at the Center of Scientific and Technological Development in Agriculture (CDTCA/UFLA), located in Lavras (MG), under no-tillage, in soil classified as Distroferric Yellow Red Latosol, clay texture and slope of 9 % declivity (SANTOS et al., 2013). The municipality weather is classified as mesothermal, with annual average temperatures of 19.3 °C, 1.411 mm average annual precipitation, with 70 % total concentrated between December and March. The development of the experiment occurred in an incidence period of normal temperatures, intensity and distribution of rain in the region (Figure 1).

Figure 1. Average data of temperature and pluviometry precipitation per 10-day period, in Lavras (MG), from 11/01/2012 to 05/31/2013. Data obtained at UFLA's sector of Bioclimatology. Agricultural year 2012/13. UFLA. Lavras (MG).



Source: Elaborated by the authors.

The results obtained with the chemical analysis from this soil (0-20 cm depth) were: pH in $H_2O = 5.7$; $P = 11.1 \text{ mg dm}^{-3}$; $K = 109 \text{ mg dm}^{-3}$; $Ca = 39 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $Mg = 12 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $V\% = 57.1$; organic matter = 30 g kg^{-1} , $S-SO_4 = 9.8 \text{ mg dm}^{-3}$. Fertilization was calculated to provide appropriate nitrogen, phosphorus and potassium quantities, based on the expectation of obtaining high silage productivity, above $60 \text{ tonnes ha}^{-1}$ of green matter (RIBEIRO et al., 1999). In every treatment it was used 375 kg ha^{-1} of 8-28-16+0.5% Zn in sowing fertilization and 460 kg ha^{-1} of 30-00-20 in top dressing fertilization, 25 days after emergence. The experimental area was previously cultivated for five years with corn as monoculture.

The experimental design was randomized blocks, with 3 repetitions, factorial scheme 4×4 (4 populations: 70, 100, 130 and 160 thousand plants ha^{-1} ; 4 harvesting seasons: 0 days after flowering (DAF), 10 DAF, 20 DAF and physiological maturity at 40 DAF). The double aptitude culture saccharine/fodder BRS 506 was used, considering flowering 81 days after emergence. The experimental plot consisted of four rows of 4 m with the respective plant population and spacing 0.6 m, considering the two central lines as the useful area.

The area was dissected using herbicide with the active ingredient Glyphosate with dosage of $3L \text{ ha}^{-1}$ 15 days before sowing. A double of the recommended number of seeds was sown to plant populations. The weed control was performed in the post emergence 25 days after sorghum sowing using Atrazine in the dosage of $4L \text{ ha}^{-1}$, with manual weeding at 40 days after emergence to control monocotyledon weeds. The thinning for plant populations was performed 30 days after the emergence of the plants. The insecticide with active ingredient Deltametrine in the dosage of $250ml \text{ ha}^{-1}$ was used for insect control 50 days after sorghum emergence.

The evaluated parameters in each harvesting season were: a) total green matter weight (GM): weight of the main stem, plus the sum of leaves and panicles of the plants harvested in the plot area,

in a scale of the dynamometer type, Filizolla brand. The obtained values were expressed in kg ha^{-1} ; b) total dry matter weight (DM): pre samples drying of about 300 grams from fresh matter chopped in a greenhouse with forced ventilation system at $65\text{ }^{\circ}\text{C}$ until steady weight, and weighting using an analytical scale, brand Filizolla. The resulting values, based on the green matter obtained, were expressed in kg ha^{-1} ; c) juice volume: (JV): determined by juice volume measurement of a sample at random of eight stalks harvested at the useful portion, extracted in electric motor grinding Model B-728 Inox Roll 220v considered "low extraction efficient" and estimated considering the respective plants population at the portion. The stalks were processed two times in the extraction, and at the second time they were folded in half to obtain a higher juice extraction and the values were expressed $^{\circ}\text{brix}$; e) total reducing sugars (TRS): determined by the Somogoy method, adapted by Nelson (1944); f) brix tonnes per hectare (TBH): determined from multiplication between productivity of stalks green matter per hectare, juice extraction percentage and total soluble solids (average $^{\circ}\text{brix}$), expressed in tonnes $^{\circ}\text{brix ha}^{-1}$.

Without restriction to the presupposition of variation analysis, data were submitted to the variation analysis by the test F ($p < 0.05$). With the F test significative, the regression has proceeded with the support of the statistical software SISVAR (Ferreira, 2011). The models to adjust the equations were chosen based on the significance effects and determination coefficient.

Table 1. Variation analysis overview for the characteristics: green matter weight (GM), dry matter weight (DM), juice volume (Vol.), total soluble solids ($^{\circ}\text{brix}$), total reducing sugars (ART), sucrose (SAC) and tonnes brix per hectare (TBH). Agricultural year 2012/13. UFLA. Lavras (MG).

	GL	Average		Squares			
		GM(kg ha^{-1})	DM(kg ha^{-1})	Vol. (L ha^{-1})	$^{\circ}\text{brix}$	ART(%)	TBH (t ha^{-1})
Blocks	2	47442869,21	3451760,12	3099369,14	0,64	0,97	26856,39
Plants Populations (P)	3	249006948,30	13589254,70	471709892,57**	0,79	5,15	1829461,07
Harvesting Seasons (E)	3	524374077,16*	46465835,09*	135646019,63**	67,18**	30,33**	11040070,68**
P * E	9	222260855,71	11843528,15	28504959,09	1,07	4,13	1462535,90
Error	30	207963722,91	14312937,63	17831726,52	0,8	1,18	929102,77
General Average		70972,19	18586,04	22367,22	13,97	12,68	4,46
CV(%)		20,32	20,36	18,88	6,4	8,57	21,62

*,** significant at 5 % and 1 % probability by the F test, respectively.

Source: Elaborated by the authors.

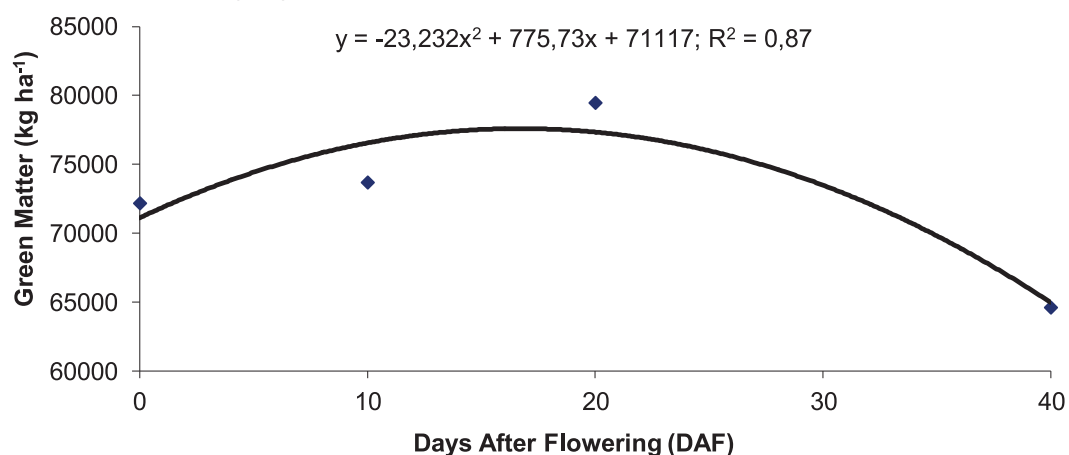
With the increase of plants populations, there were increments on the values of total green matter weight productivities, however, there were no significative differences, possibly by the compensatory effect of tillering in sorghum culture population's reduction. It was reported on sorghum by Montagner, Lovato and Garcia (2004) an increase in grain production and green matter with the reduction at the initial plants populations, this way, sorghum compensated the number of plants reduction in 112000 plants ha^{-1} . This behavior may be extrapolated to saccharine sorghum which has very similar physiological characteristics, being necessary, however, the identification and measurement of the stand compensation aspect. The lower plant populations due to the greater light incidence in the line showed high tillering, with the effect of compensation in the plant stand, not differing from the larger populations evaluated. These results corroborate the results obtained by several authors in works with saccharine sorghum populations (PEREIRA FILHO et al., 2013; ALBUQUERQUE et al., 2012; MAY

et al., 2012), at which the biggest total green matter populations, mass or juice volume occurred in the biggest plant populations.

In conducted work with saccharine sorghum, concerning different plants arrangements and two cultures, Albuquerque et al. (2012) verified that the increase of plants populations caused the higher values in green matter and dry matter productivity, but there were no significative differences, corroborating the results obtained in the study.

In green matter weight production with the harvesting seasons advance, it is noted that the maximum value point obtained from the derivation of the regression equation of this characteristic was 17 DAF, after this point there is intense water loss in vegetable tissues (Figure 2). Thus, the delay in plants harvesting to physiological maturity season (40 DAF) propitiates a decrease in the production of green matter related to another harvesting season. It occurs due to plants senescence, that is, with significant water loss in vegetable tissues and after leaves fall. Therefore, at 17 DAF the saccharine sorghum harvest can be initiated, aiming higher fodder and steaks yield, regardless of the chosen plant populations.

Figure 2. Green matter weight regarding plants harvesting seasons, expressed in kg ha^{-1} . Agricultural year 2012/2013. UFLA. Lavras (MG).



Source: Elaborated by the authors.

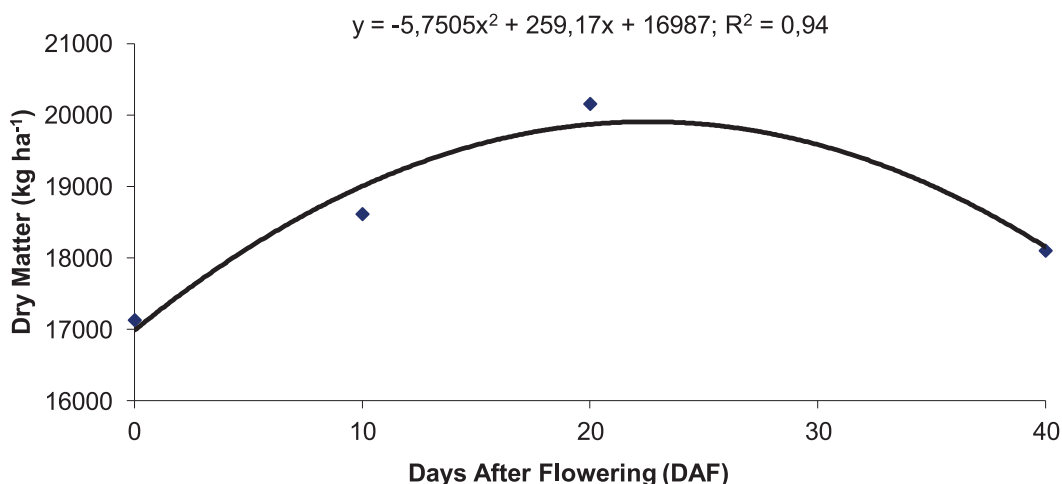
The green matter production and sorghum silage quality vary according to harvesting season, which grows from flourishing to a certain optimum point, situated on average around 28 days after flourishing, from stabilization until physiological maturity (Pires et al., 2006). Notwithstanding, after this period, it occurred the grains hardening close to maturity which promoted reduction on silage digestibility of whole plant followed up by the leaves drying. However, authors observed significative differences of these higher quality sorghum periods between cultures. After flourishing, sorghum grains start the maturation period which ends at the physiological maturity and, concomitantly, the grains participation in the dry matter raises, favoring fodder quality produced with better forage nutritional quality (VON PINHO; FIORINI; SANTOS, 2014).

According to Pereira Filho et al. (2013), the green matter weight is a characteristic with great importance in saccharine sorghum and it positively reflects on saccharine juice production. However, the sugars contents in the juice and, consequently, the conversion into ethanol, are reliant on cultures, environmental factors, harvesting season, and transport processes and industrial conversion efficiency, since there is always a positive correlation between these two characteristics.

For dry matter weight production after harvesting seasons advance, it is noticed that the higher value point obtained after derivation of the regression equation of this characteristic was 22 DAF

(Figure 3). Therefore, at 22 DAF the sorghum harvesting can be initiated, aiming higher fodder yield of this characteristic, regardless of the adopted plants populations.

Figure 3. Dry matter weight according to plants harvesting season, expressed in kg ha⁻¹. Agricultural year 2012/13. UFLA. Lavras (MG).

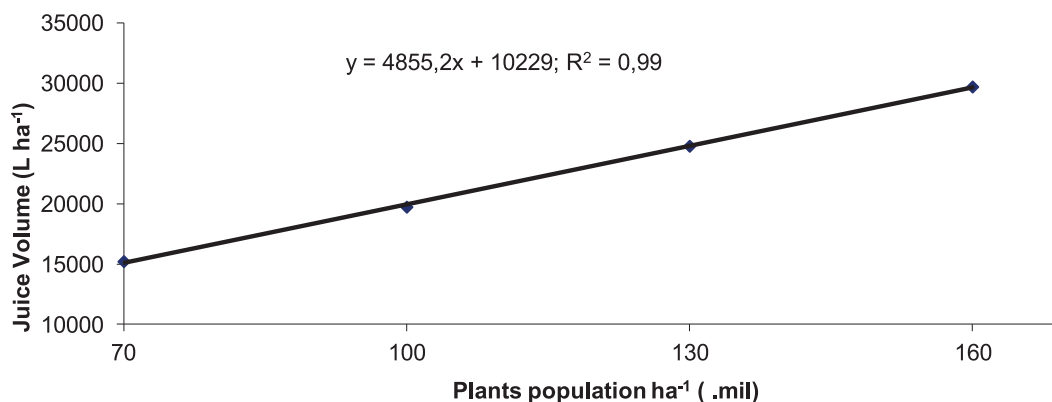


Source: Elaborated by the authors.

The productivity rates of dry matter weight were higher than the ones found by Albuquerque et al. (2009) and Albuquerque and Mendes (2011) who in the conditions of the semiarid region of Minas Gerais found values close to 8,95 t ha⁻¹, highlighting, this way, the good region aptitude of Lavras (MG) for saccharine and fodder sorghum culture.

For juice volume, there was a linear relation with the plants populations increase, considering that the determination coefficient explained 99 % of data variations. A juice volume increment is observed, with plants populations increase, considering that these results corroborate the ones obtained by other authors (PEREIRA FILHO et al., 2013; ALBUQUERQUE et al., 2012; MAY et al., 2012).

Figure 4. Juice volume according to plants populations, expressed in L ha⁻¹. Agricultural year 2012/13. UFLA. Lavras (MG).



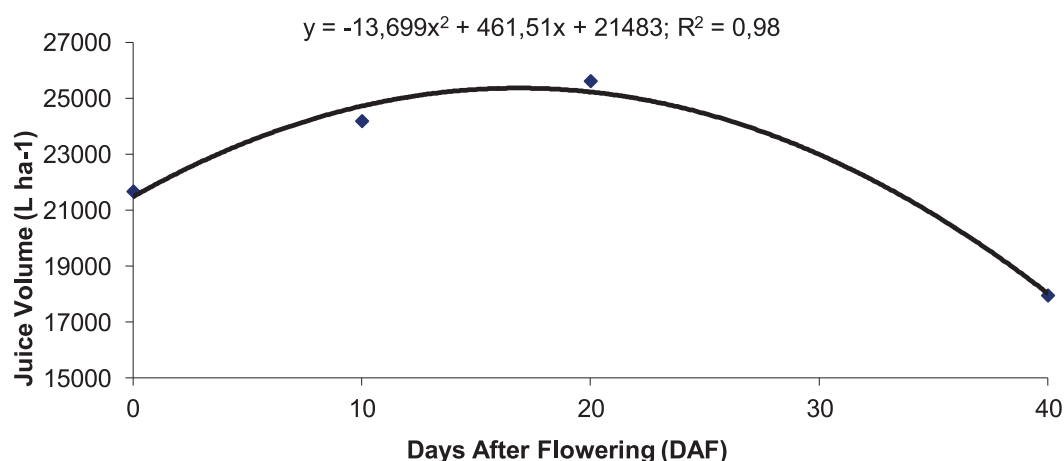
Source: Elaborated by the authors.

The same linear behavior for juice volume was obtained by Pereira Filho et al. (2013), evaluating saccharine cultures, at which in the higher plants populations (175 thousand plants ha⁻¹) it was obtained average above 25.000 L ha⁻¹. The higher plants population in this work produced an average of 30.000 L ha⁻¹.

In practice, it can be considered that each litre of saccharine juice weights 1 Kg, in other words, the same relation between units; these values are above the values found by Albuquerque et al. (2012) with productivity of 7.3 tonnes ha⁻¹. It is important to highlight that the equipment used for juice extraction was not completely efficient and the values found are still under the ones found by May et al. (2012) who extracted the juice using a hydraulic press, considered to be of maximum efficiency, superior mass at 33 t ha⁻¹.

The trait juice volume character with the harvesting season advance, as harvesting season was postponed occurred a square relation, with maximum value point 17 DAF and posterior to this value fall at physiological maturity 40 DAF (Figure 5). This occurred due to the water loss in plants steaks near the plants senescence stage.

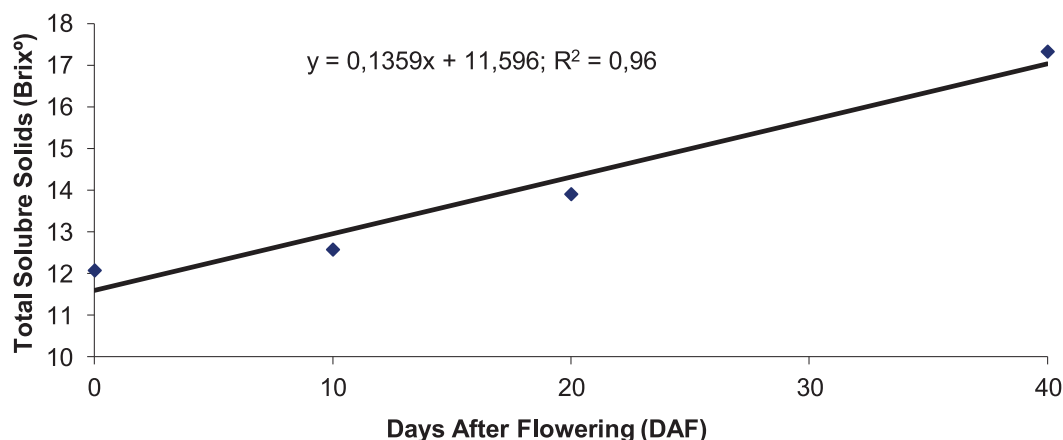
Figure 5. Juice volume related to plants harvesting season, expressed in L ha⁻¹. Agricultural year 2012/13. UFLA. Lavras (MG).



Source: Elaborated by the authors.

For total soluble solids percentage (°brix), it was observed an increment due to harvesting seasons, when for each day after flourishing, there was an addition of 0.136 °brix, there is to say, each 7 days there was an increase of approximately 1 °brix (Figure 6). The highest °brix values were found in maturity, stage in which there is higher sugar concentration, due to tissues water loss in senescence. Analyzing saccharine juice in different harvesting seasons, Teixeira et al. (1999) also found the highest levels of soluble solids at the maturity stage.

Figure 6. Total soluble solids level (°brix) related to plants harvest seasons, expressed in °brix. Agricultural year 2012/13. UFLA. Lavras (MG).



Source: Elaborated by the authors.

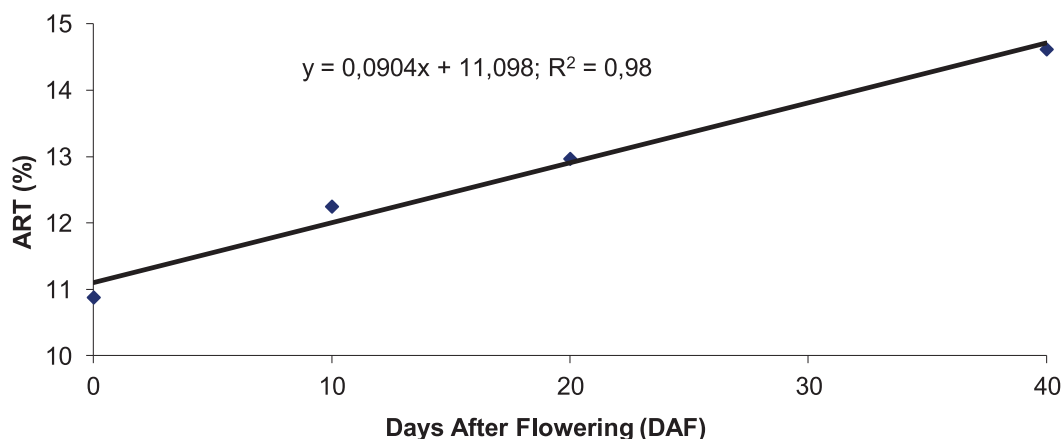
The maximum value for °brix was similar to the one found by Lourenço et al. (2007), which was of 17 °Brix. The °brix found by Ribeiro Filho et al. (2008) was 11.6 °Brix and is under the average presented here (13.97). Regarding the Brix values, it can be identified that they were similar to the ones found in sugarcane, around 19 °Brix (AZEVEDO et al., FERNANDES et al., 2003).

As well as in the works of Albuquerque et al. (2012) and Pereira Filho et al. (2013), the °brix was not affected by the different plants populations. The °brix is a term which represents the approximation of total solids content, presenting significative and positive correlation with the sugar total concentration (TEETOR et al., 2011) and is directly influenced by the plants photosynthetic rate.

It is worth pointing out that the soluble solids concentration (°brix) is widely used by sugar and alcohol production industries as the main parameter to estimate the sugar concentration in the juice (TSUCHIHASHI; GOTO, 2004). The total sugar concentration (°brix) presents high correlation with sucrose concentration and other reducing sugars from the saccharine sorghum juice and it is easily determined. Guigou et al. (2011) even suggest its utilization for cultures indirect selection, for this characteristic is of easy measurement and it does not demand reagents during the process.

The total reducing sugars concentration (ART) presented linear relation with harvesting season (Figure 7). For each day after flourishing, there is an addition of 0.09 % ART, because as the plant mature, there is water loss in the vegetable tissues and consequently a higher concentration of total soluble solids and reducing sugars in the extracted juice.

Figure 7. Total reducing sugars level (ART) related to plants harvest season, expressed in %. Agricultural year 2012/13. UFLA. Lavras (MG).



Source: Elaborated by the authors.

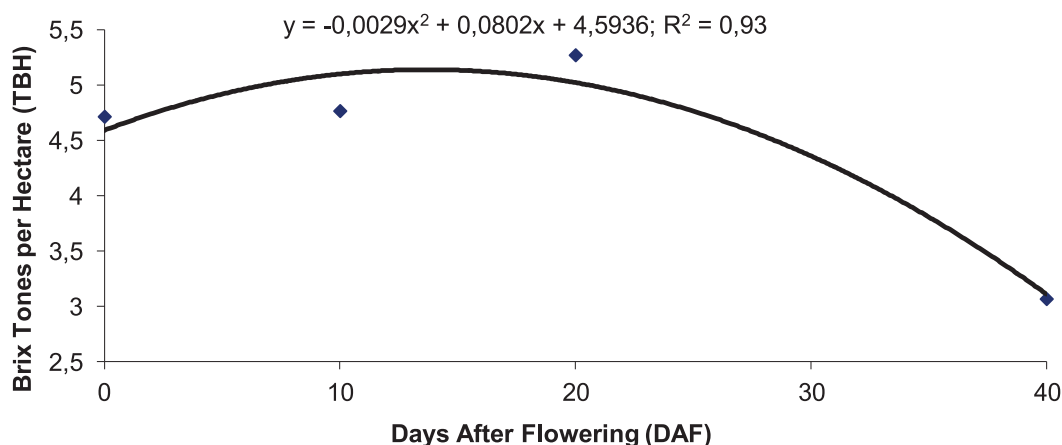
Studies published by Tsuchihashi and Goto (2004) showed a linear relation between the total sugars concentration and the brix extracted from saccharine sorghum steaks. However, the average values of ART obtained in this work (12.68 %) are considerably above the results obtained by Ribeiro Filho et al. (2008), with milling of saccharine sorghum steaks, obtaining 9.81 % ART.

For total reducing sugars level (ART), there were no significative differences with the increase of plants populations, corroborating the results obtained by Pereira Filho et al. (2013). Unlike soluble solids, with the increase of plants populations there was the decrease of ART, but this decrease was of low magnitude.

For the characteristic tonnes °brix per hectare (TBH) according to harvesting season, the square model was adjusted (Figure 8). The tonnes brix per hectare maximum point value (TBH) was observed approximately 14 DAF, according to the equation. As the plant flourishes and develops, the harvesting

seasons exert high influence in this characteristic, aside from juice volume increase. Thereby, around 14 DAF and before physiological maturity 40 DAF, the saccharine sorghum harvesting can be initiated aiming the acquisition of higher values of TBH and, consequently, higher ethanol production per hectare.

Figure 8. Brix tonnes per hectare (TBH) related to plants harvesting seasons, expressed in tonnes brix per hectare. Agricultural year 2012/13. UFLA. Lavras (MG).



Source: Elaborated by the authors.

Regarding tested populations, it was observed that there were significant differences only for juice volume, in other words, the higher values were obtained in highest plants populations due to higher green mass production and consequently higher saccharine juice production by plants steak, what favours a higher juice volume production. As the plants flourish and develop, the harvesting seasons exert considerable influence in the characteristics, including green mass increase in plants, steaks and juice volume. Aiming higher TBH values and consequently higher ethanol production per hectare, it was observed that the best saccharine sorghum harvesting season includes plants harvesting 14 days after flourishing.

Conclusions

The increase in plants populations propitiates higher juice volume and it did not influence the green matter weight, dry matter weight, °brix, total reducing sugars and °brix tonnes per hectare characteristics.

The °brix and ART presented linear growth with an increase in the period after flourishing for plants harvesting.

The green matter weights, dry matter weights, juice volumes and °brix tonnes per hectare presented higher values at harvesting seasons 17, 22, 17 and 14 days after flourishing, respectively, favoring higher fodder and ethanol production on these stages.

Acknowledgements

To CAPES and CNPq, for the scholarship granted to the authors. To FAPEMIG for the financial support.

Influência de populações de plantas e épocas de corte na produtividade do sorgo sacarino BRS 506

Resumo

O sorgo sacarino é uma excelente opção para a produção de etanol sob os pontos de vista agrônomo e industrial. Possui alta produção de massa verde e colmos suculentos com açúcares fermentáveis. O objetivo foi avaliar o efeito da população de plantas e época de corte sobre a produção de forragem e etanol do sorgo sacarino cultivar BRS 506. O experimento foi instalado em novembro de 2012, no (CDTCA/UFLA), situado em Lavras (MG). O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, com 3 repetições, em esquema fatorial 4 x 4 (4 populações: 70, 100, 130 e 160 mil plantas ha⁻¹; 4 épocas de corte: florescimento (0 dias após o florescimento (DAF), 10 DAF, 20 DAF e maturidade fisiológica aos 40 DAF). As variáveis avaliadas na colheita: peso de matéria verde (PMV), peso de matéria seca (PMS), volume de caldo (VC), sólidos solúveis totais (°brix), açúcares redutores totais (ART) e toneladas de brix por hectare (TBH). O aumento das populações propicia o maior VC e não afetou as demais variáveis. As características são influenciadas pelas épocas de corte. A época de corte aos 40 DAF propicia os maiores °brix. O °brix e o ART apresentaram crescimento linear com o aumento do período após o florescimento para o corte de plantas. As maiores produtividades (PMV, PMS, VC e TBH) foram obtidas próximas aos 17, 22, 17 e 14 DAF, respectivamente, favorecendo maior produção de forragem e etanol nesses estádios.

Palavras-chave: Biocombustíveis. Brix. Produção de etanol. Produção de forragem. *Sorghum bicolor* L.

References

- ALBUQUERQUE, C. J. B.; MENDES, M. C. Época de semeadura do sorgo forrageiro em duas localidades do estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, Guarapuava, v. 4, n. 1, p. 116–134, 2011. Disponível em: <<http://revistas.unicentro.br/index.php/repaa/article/view/1449/1866>>. Acesso em: 14 jun. 2016.
- ALBUQUERQUE, C. J. B.; PINHO, R. G. V.; BRANT, R. S.; MENDES, M. C.; REZENDE, P. M. Composição da matéria seca do sorgo forrageiro em diferentes arranjos de plantas no semiárido de Minas Gerais. **Pesquisa Aplicada e Agrotecnologia**, v. 2, p. 105-118, 2009.
- ALBUQUERQUE, C. J. B.; TARDIN, F. D.; PARRELLA, R. A. C.; GUIMARÃES, A. S.; OLIVEIRA, R. M.; SILVA, K. M. J. Sorgo sacarino em diferentes arranjos de plantas e localidades de Minas Gerais, Brasil. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 11, n. 1, p. 69-85, 2012. Disponível em : <http://rbms.cnpms.embrapa.br/index.php/ojs/article/view/369/pdf_26>. Acesso em: 14 jun. 2016.
- ALMODARIS, A.; HADI, M. R. Production of bioethanol from sweet sorghum: a review. **African Journal of Agricultural Research**, v. 4, n. 9, p. 772-780, 2009. Disponível em: <<http://www.academic-journals.org/journal/AJAR/article-full-text-pdf/6DDEDD738826>>. Acesso em: 14 jun. 2016.
- AZEVEDO, J. A. G.; PEREIRA, J. C.; QUEIROZ, A. C.; CARNEIRO, P. C. S.; LANA, R. P.; BARBOSA, M. H. P.; FERNANDES, A. M.; RENNÓ, F. P. Composição químico-bromatológica, fracionamento de carboidratos e cinética da degradação *in vitro* da fibra de três variedades de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, n. 6, p. 1443-1453, 2003. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/%0D/rbz/v32n6/18433.pdf>>. Acesso em: 14 jun. 2016.

CUNHA S. P.; SEVERO FILHO, W. A. Avanços tecnológicos na obtenção de Etanol a partir de sorgo sacarino. **Revista Tecno-Lógica**, Santa Cruz do Sul, v. 14, n. 2, p. 69-75, 2010. Disponível em: <<https://online.unisc.br/seer/index.php/tecnologica/article/view/1523/1156>>. Acesso em: 14 jun. 2016.

DURÃES, F. O. M. Sorgo sacarino: tecnologia agrônômica e industrial para alimentos e tecnologia. **Revista Agroenergia**, v. 2, n. 33, p. 2-11, 2011. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/903302/1/RevistaAgroenergia31420.pdf>>. Acesso em: 25 maio 2015.

FERNANDES, A. M.; QUEIROZ, A. C.; PEREIRA, J. C.; LANA, R. P.; BARBOSA, M. H. P.; FONSECA, D. M.; DETMANN, E.; CABRAL, L. S.; PEREIRA, E. S.; VITTORI, A. Composição químico-bromatológica de variedades de cana-de-açúcar (*Saccharum spp* L.) com diferentes ciclos de produção (precoce e intermediário) em três idades de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, p. 977-985, 2003. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Rogério_Lana/publication/26372879_Composicao_quimico-bromatologica_de_variedades_de_cana-de-acucar_Saccharum_spp_L_com_diferentes_ciclos_de_producao_precoce_e_intermediario_em_tres_idades_de_corte/links/0fcfd50d0ce1d3e833000000.pdf>. Acesso em: 17 ago. 2016.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cagro/v35n6/a01v35n6.pdf>>. Acesso em: 22 set. 2014.

GUIGOU, M. et al. Bioethanol production from sweet sorghum: evaluation of post-harvest treatments on sugar extraction and fermentation. **Biomass and Bioenergy**, v. 35, p. 3058-3062, 2011. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0961953411002303>>. Acesso em: 14 jun. 2016.

KIM, M.; DAY, D. F. Composition of sugar cane, energy cane, and sweet sorghum suitable for ethanol production at Louisiana sugar Mills. **Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology**, v. 38, p. 803-807, 2010. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007/s10295-010-0812-8>>. Acesso em: 14 jun. 2016.

LOURENÇO, M. E. V.; MASSA, V. M. L.; PALMA, P. M. M.; RATO, A. E. M. Potencialidades do sorgo sacarino [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] para a produção sustentável de bioetanol no Alentejo. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 30, p. 103-110, 2007. Disponível em: <<http://www.scielo.mec.pt/pdf/rca/v30n1/v30n1a10.pdf>>. Acesso em: 14 jun. 2016.

MAY, A.; CAMPANHA, M. M.; SILVA, A. F.; COELHO, M. A. O.; PARRELLA, R. A. C.; SCHAFFERT, R. E.; PEREIRA FILHO, I. A. Variedades de sorgo sacarino em diferentes espaçamentos e populações de plantas. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 11, n. 3, p. 278-290, 2012. Disponível em: <http://rbms.cnpm.embrapa.br/index.php/ojs/article/view/391/pdf_42>. Acesso em: 23 out. 2016.

MONTAGNER, D.; LOVATO, C.; GARCIA, D. C. Perdas aleatórias nas populações inicial e sua relação com orendimentodegrãoesorgo. **RevistaAgrociência**, v. 10, n. 3, p. 281-285, 2004. Disponível em: <<https://www.periodicos.ufpel.edu.br/ojs2/index.php/CAST/article/view/958/898>>. Acesso em: 11 ago. 2016.

NAIK, S. B.; GOUD, V. V.; ROUT, P. K.; DALAI, A. K. Production on first and second generation bio-fuels: a comprehensive review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 14, p. 518-597, 2010. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032109002342>>. Acesso em: 14 jun. 2016.

NELSON, N. A. A photometric adaptation of Somogyi method for the determination of glucose. **Journal of Biological Chemistry**, v. 153, p. 375-380, 1944. Disponível em: <<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download;jsessionid=DEFD6887170C52BC6AAFFCC2E66A6FE4?-doi=10.1.1.453.9073&rep=rep1&type=pdf>>. Acesso em: 14 jun. 2016.

PEREIRA FILHO, I. A.; PARRELLA, R. A. C.; MOREIRA, J. A. A.; MAY, A.; SOUZA, V. F.; CRUZ, J. C. Avaliação de cultivares de sorgo sacarino [*Sorghum bicolor* (L.) MOENCH] em diferentes populações de plantas de semeadura visando a características importantes na produção de etanol. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 12, n. 2, p. 118-127, 2013. Disponível em: <http://rbms.cnpms.embrapa.br/index.php/ojs/article/view/408/pdf_57>. Acesso em: 23 set. 2016.

PIRES, D. A. A.; GUIMARÃES JUNIOR, R.; JAYME, D. G.; GONÇALVES, L. C.; RODRIGUES, J. A. S.; RODRIGUEZ, R. M.; BORGES, I.; BORGES, A. L. C. C.; JAYNE, C. G. Qualidade e valor nutritivo das silagens de três híbridos de Sorgo (*sorghum bicolor* L.) colhidos em diferentes estádios de Maturação. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 5, n. 2, p. 241-256, 2006. Disponível em: <http://rbms.cnpms.embrapa.br/index.php/ojs/article/view/187/pdf_249>. Acesso em: 13 ago. 2015.

PRABU, C. S.; MURUGESAN, A. G. Potential utilization of sorghum field waste for fuel ethanol production employing *Pachysolen tannophilus* and *Saccharomyces cerevisiae*. **Bioresource Technology**, v. 102, n. 3, p. 2788 -2792, 2011. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960852410019000>>. Acesso em: 14 jun. 2016.

PURCINO, A. A. C. Elementos do plano de negócios do sorgo sacarino da EMBRAPA. **Revista Agroenergia**, v. 2, n. 3, p. 46-54, 2011. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/44198/1/Revista-Agroenergia-3-1431.pdf>>. Acesso em: 26 abr. 2014.

RATNAVATHI, C. V.; SURESH, K.; KUMAR, B. S. V.; PALLAVI, M.; KOMALA, V. V.; SEETHARAMA, N. Study on genotypic variation for ethanol production from sweet sorghum juice. **Karnataka Journal Agricultural Science**, v. 34, p. 947-952, 2010. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0961953410000577>>. Acesso em: 12 maio 2016.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V. V. H. (Ed.). Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação. Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. 359 p.

RIBEIRO FILHO, N. M.; ALVES, R. M.; FLORÊNCIO, I. M.; FLORENTINO, E. R.; DANTAS, J. P. Viabilidade de utilização do caldo do sorgo sacarino para a Produção de álcool carburante (etanol). **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 2, p. 30-39, 2008. Disponível em: <http://annq.org/congresso2007/trabalhos_apresentados/T59.pdf>. Acesso em: 16 set. 2016.

RODRIGUES, E. F.; LEITE, I. C. Crescimento de genótipos de sorgo plantados nos sentidos norte-sul e leste-oeste. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 34, n. 2, p. 173-179, 1999. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/%0D/pab/v34n2/8725.pdf>>. Acesso em: 14 jun. 2016.

RUBIN, E. M. Genomics of cellulosic biofuels. **Nature**, v. 454, p. 841-845, 2008. Disponível em: <<https://www.nature.com/articles/nature07190>>. Acesso em: 15 jun. 2016.

SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. de; CUNHA, T. J. F.; OLIVEIRA, J. B. de. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2013. 353 p.

SOUZA, V. F.; NÖRNBERG, J. L.; ROCHA, M. G.; DAVID, D. B. Adaptability and stability of sweet sorghum cultivars. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 13, p. 144-151, 2013. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cbab/v13n2/07.pdf>>. Acesso em: 14 jun. 2016.

TEETOR, V. H. et al. Effects of planting date on sugar and ethanol yield of sweet sorghum grown in Arizona. **Industrial Crops and Products**, v. 34, p. 1293-1300, 2011. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926669010002396>>. Acesso em: 13 jul. 2015.

TEIXEIRA, C. G.; JARDINE, J. G.; NICOLELLA, G.; ZARONI, M. H. Influência da época de corte sobre o teor de açúcares de colmos de sorgo sacarino. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 34, n. 9, p. 1601-1606, 1999. Disponível em: <<https://seer.sct.embrapa.br/index.php/pab/article/view/5405/2597>>. Acesso em: 18 ago. 2016.

TSUCHIHASHI, N.; GOTO, Y. Cultivation of sweet sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) and determination of its harvest time to make use as the raw material for fermentation, practiced during rainy season in dry land of Indonesia. **Plant Production Science**, v. 1, n. 7, p. 442-448, 2004. Disponível em: <https://www.jstage.jst.go.jp/article/pps/7/4/7_4_442/_article/-char/ja/>. Acesso em: 14 jun. 2016.

VON PINHO, R. G.; FIORINI, I. V. A.; SANTOS, A. O. Botânica. In: ALOISIO BOREM FILHO. (Org.). **Sorgo do plantio a colheita**. Viçosa, MG: UFV, 2014, v. 1, p. 37-57. 368 p.

Histórico editorial:

Submetido em: 07/06/2016.

Aceito em: 13/09/2016.

Como citar:

ABNT

FIORINI, I. V. A.; VON PINHO, R. G.; PEREIRA, H. D.; MORAES, J. P. M.; SANTOS, J. P. R dos; BORGES, I. D.; PIRES, L. P. M. Plants population and harvesting times influence in saccharine sorghum BRS 506 production. **Revista Agrogeoambiental**, Pouso Alegre, v. 9, n. 4, p. 33-46, out./dez.
Doi: <http://dx.doi.org/10.18406/2316-1817v9n420171011>

APA

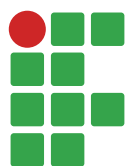
FIORINI, I. V. A., VON PINHO, R. G., PEREIRA, H. D., MORAES, J. P. M., SANTOS, J. P. R dos, BORGES, I. D. & PIRES, L. P. M. (2017). Plants population and harvesting times influence in saccharine sorghum BRS 506 production. *Revista Agrogeoambiental*, 9 (4), 33-46.
Doi: <http://dx.doi.org/10.18406/2316-1817v9n420171011>

ISO

FIORINI, I. V. A.; VON PINHO, R. G.; PEREIRA, H. D.; MORAES, J. P. M.; SANTOS, J. P. R. dos; BORGES, I. D. e PIRES, L. P. M. Plants population and harvesting times influence in saccharine sorghum BRS 506 production. *Revista Agrogeoambiental*, 2017, vol. 9, n. 4, pp. 33-46. Eissn 2316-1817.
Doi: <http://dx.doi.org/10.18406/2316-1817v9n420171011>

VANCOUVER

Fiorini IVA, Von Pinho RG, Pereira HD, Moraes JPM, Santos JPR dos, Borges ID, Pires LPM. Plants population and harvesting times influence in saccharine sorghum BRS 506 production. *Rev agrogeoambiental*. 2017 out/dez; 9(4): 33-46. Doi: <http://dx.doi.org/10.18406/2316-1817v9n420171011>



Desenvolvimento agrônômico e produtivo da soja sob diferentes doses de gesso agrícola

João Paulo Ascari¹

Inês Roeder Nogueira Mendes²

Resumo

A soja é uma das principais culturas que movimentam o agronegócio brasileiro, por isso torna-se necessário adotar técnicas que influenciam a melhoria da qualidade do solo, como a gessagem. Com este estudo, objetivou-se verificar a influência de doses de gesso agrícola no desenvolvimento vegetativo e reprodutivo da cultura da soja. O experimento foi conduzido na Universidade do Estado de Mato Grosso, *Campus Tangará da Serra*. O delineamento experimental foi em blocos casualizados (DBC) com cinco tratamentos, sendo 0, 1, 2, 3 e 4 t ha⁻¹ de gesso agrícola, com quatro repetições. Foi realizada a calagem e a gessagem aos 30 e 60 dias antes da semeadura, respectivamente. A semeadura foi realizada na segunda quinzena do mês de novembro com a cultivar P98Y30 em solo adubado no sulco. As avaliações foram realizadas em 10 plantas aleatórias no estágio fenológico R₉. Observou-se que as variáveis altura de planta, altura da primeira vagem, número de nós, número de vagens por planta, massa de 100 grãos e produtividade foram influenciadas de forma significativa pelas doses de gesso agrícola, em que os melhores resultados ocorreram na dose de 2 t ha⁻¹, entretanto, o diâmetro do caule não sofreu influência. Com base no exposto, verificou-se que a dose de 2 t ha⁻¹ de gesso agrícola apresentou o melhor efeito no desenvolvimento vegetativo e reprodutivo da soja.

Palavras-chave: *Glycine max* L. Gessagem. Produtividade.

Introdução

A cultura da soja (*Glycine max* L.) apresenta grande importância na economia brasileira, de tal modo que o Brasil é o segundo maior produtor mundial dessa oleaginosa e lidera o ranking das exportações mundiais. O estado de Mato Grosso destaca-se entre os demais estados nacionais, sendo responsável por cerca de 28 % da produção brasileira, na safra 2015/2016 registrou produtividade média de 2.956 kg ha⁻¹ (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB, 2016).

Geralmente, é realizado plantio direto (PD) na grande maioria das áreas cultivadas com a cultura da soja. O não revolvimento do solo nesses sistemas geram impasses quanto à aplicação de corretivos nas camadas subsuperficiais, onde há alta concentração de alumínio tóxico, baixa disponibilidade de cálcio, magnésio, fósforo e outros nutrientes, formando uma camada que pode restringir o desenvolvimento das raízes e conseqüentemente reduzir a produtividade da cultura (BROCH et al., 2008).

A aplicação de gesso agrícola na superfície pode contribuir para reduzir esses efeitos negativos sobre o desenvolvimento das plantas, além de minimizar a magnitude da lixiviação de cálcio, magné-

1 Universidade do Estado de Mato Grosso, *Campus* de Tangará da Serra (MT), mestre em Ambiente e Sistemas de Produção Agrícola. Rodovia MT 358, km 07, Jardim Aeroporto, Tangará da Serra, Mato Grosso, Brasil, CEP: 78.300-000. E-mail: joaoascari@hotmail.com.

2 Universidade do Estado de Mato Grosso, *Campus* de Tangará da Serra (MT), mestranda em Ambiente e Sistemas de Produção Agrícola. E-mail: ynes_nogueira@hotmail.com.

sio e potássio, garantindo maior efeito residual desses nutrientes no solo. Também pode promover a liberação de enxofre em profundidade, neutralizando o alumínio (ERNANI; RIBEIRO; BAYER, 2001).

O sistema radicular das plantas de soja explora um pequeno volume de solo, principalmente em solos de baixa fertilidade e em regiões onde ocorrem períodos de seca. O gesso agrícola pode ser utilizado para melhorar o ambiente para o crescimento da raiz nas camadas subsuperficiais do solo, o que contribui para que a cultura supere períodos de déficit hídrico e aumente a eficiência na absorção de nutrientes, melhorando o desempenho e produtividade (SORATTO; CRUSCIOL, 2008; CARVALHO; NASCENTE, 2014).

Os solos do cerrado apresentam boas respostas à aplicação de gesso agrícola, principalmente aqueles com baixa disponibilidade de cálcio e enxofre e alta toxicidade de alumínio (TANAKA; MASCARENHAS, 2002). Aproximadamente 80 % da área dessa região está sujeita a problemas de acidez subsuperficial do solo e períodos de seca frequentes, especialmente nos meses de janeiro e fevereiro, período crítico para o desenvolvimento de culturas da soja (RAMOS et al., 2006; CAIRES et al., 2008). Sousa (2004) e Cardoso et al. (2014) encontraram maior produtividade de soja cultivada em solos do cerrado quando realizada aplicação de gesso agrícola. No entanto, existem pesquisas como a de Caires et al. (2003) e Cherubin et al. (2010) que não verificaram efeitos desse corretivo na produção da soja.

A calagem é a técnica de correção do solo mais utilizada na agricultura, porém a gessagem é importante em circunstâncias específicas, como neutralizar alumínio em profundidade, lixiviar e liberar nutrientes nas camadas subsuperficiais do solo (RAIJ, 2008). Neste sentido, novos estudos são necessários para compreender os efeitos do gesso agrícola no solo e também no desenvolvimento das culturas, de acordo com as características edafoclimáticas de cada agroecossistema.

Por isso, espera-se que a técnica da gessagem melhore o desenvolvimento agronômico da cultura da soja, resultando em aumento de produtividade, em função da melhoria química do ambiente de exploração radicular e liberação de nutrientes no solo. Com base no exposto, o objetivo deste estudo foi verificar a influência de doses de gesso agrícola no desenvolvimento vegetativo e reprodutivo da cultura da soja.

Material e métodos

O experimento foi conduzido na área experimental da Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT), *Campus* de Tangará da Serra (MT), localizada na Rodovia MT 358. A região apresenta precipitação média anual de 1.800 mm, temperatura média de 24,4 °C, umidade relativa do ar variando entre 70 e 80 %, 440 m de altitude nas coordenadas geográficas 14°39'53" S, 57°25'46" W. O clima da região é classificado como tropical úmido megatérmico (AW), caracterizado por temperaturas elevadas, verão chuvoso e inverno seco (DALLACORT et al., 2011).

O solo da área experimental é classificado como LATOSSOLO VERMELHO Distrófico (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA, 2013), com 48 % de argila e topografia plana. Inicialmente, a área era composta por pastagem, na safra 2013/2014 foi cultivada com milho no sistema convencional. A análise de solo foi realizada no mês de setembro de 2014, foram coletadas 10 amostras simples de solo de forma aleatória na área; em seguida, foram homogeneizadas formando uma amostra composta, que foi encaminhada ao laboratório para realização das análises químicas (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA, 2011). A Tabela 1 mostra os resultados da análise de solo antes da aplicação do calcário e do gesso agrícola.

Tabela 1. Características químicas do solo nas camadas de 0 a 20 cm de profundidade antes da aplicação de calcário e gesso agrícola. Tangará da Serra (MT), UNEMAT, safra 2014/2015.

Camada cm	pH CaCl ₂	pH H ₂ O	P ---mg dm ⁻³ ----	K Zn	Ca Cu	Mg Fe	Al Mn	H B	CTC S
	g dm ⁻³	%	%	-----mg dm ⁻³ -----					
0 – 20	4,9	6,2	1,9	32	2,6	1,8	1,3	6,3	12,1
	MO	V	Sat. Al	Zn	Cu	Fe	Mn	B	S
	g dm ⁻³	%	%	-----mg dm ⁻³ -----					
0 – 20	37,8	37,0	29,01	0,8	6,6	75,0	73,0	0,82	10,5

Fonte: Elaboração dos autores.

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso (DBC), com cinco tratamentos, sendo 0, 1, 2, 3 e 4 t ha⁻¹ de gesso agrícola, com quatro repetições. Cada parcela foi constituída de cinco metros de comprimento por cinco metros de largura, com espaçamento entre linhas de 0,5 m. A área útil da parcela compreendeu as quatro linhas centrais, desconsiderando meio metro em cada extremidade como efeito de bordadura.

A calagem foi realizada 60 dias antes da semeadura da soja utilizando calcário dolomítico (28 % CaO, 20 % MgO, PRNT 90 %) para elevar a saturação de bases a 60 %, sendo aplicados 3 t ha⁻¹ de calcário, considerando os resultados da análise de solo e as recomendações de Sousa e Lobato (2004). A aplicação do gesso agrícola foi realizada 30 dias antes da semeadura, de modo que a aplicação foi feita a lanço, e a dose conforme cada tratamento. Logo em seguida foi realizada a incorporação do corretivo para acelerar as reações no solo (ERNANI; RIBEIRO; BAYER, 2001).

A semeadura foi realizada na segunda quinzena do mês de novembro de 2014 utilizando a cultivar de soja P98Y30, por ser uma cultivar recomendada para o cultivo na região, apresentar estabilidade produtiva, tolerar chuva em período de colheita e ter precocidade no ciclo. Foi realizado o tratamento de sementes com Carbendazin + Thiran e a inoculação com *Bradyrhizobium japonicum* no mesmo dia da semeadura.

A adubação corretiva e de semeadura foi realizada com 300 kg ha⁻¹ de P₂O₅, 70 kg ha⁻¹ de K₂O. A adubação de cobertura foi realizada aos 30 dias após a semeadura (DAS) com 80 kg ha⁻¹ de K₂O, com base nas recomendações de Sousa e Lobato (2004). As fontes de nutrientes utilizadas foram superfosfato simples (18 % P₂O₅ + 16 % Ca), cloreto de potássio (60 % K₂O). Foi feita aplicação foliar de macro e micronutrientes no estágio fenológico V8 com o produto Platon-25®.

O controle fitossanitário foi realizado conforme as recomendações de manejo da cultura, em que as aplicações foram feitas de forma manual com equipamento pressurizado de CO₂, quando cada espécie atingiu o nível de controle.

As avaliações vegetativas e reprodutivas foram realizadas no estágio fenológico de R₈, foram selecionadas aleatoriamente 10 plantas da área útil. As variáveis analisadas foram altura de planta, altura da primeira vagem, número de vagens por planta, diâmetro do caule, número de nós (ZAPPA-ROLI et al., 2013).

A colheita foi feita no estágio fenológico de R₉, em que as plantas da área útil foram colhidas e trilhadas. Em seguida, a umidade da massa de grãos foi corrigida para 13 % (BRASIL, 2009), determinada a massa de 100 grãos (g) e produtividade (kg ha⁻¹).

Foi realizado o teste de normalidade de Shapiro-Wilk e Correlação linear de Pearson, aplicando o pacote *stats* do software estatístico R. Após constatar distribuição normal de dados, realizou-se a análise de variância de dados paramétricos, utilizando o teste F para verificar a significância dos

dados. Para as variáveis que apresentaram diferenças significativas, realizou-se análise de regressão utilizando o *software* SISVAR (FERREIRA, 2011) e a plotagem das Figuras com o *software* Excel.

Resultados e discussão

A partir da aplicação do teste de Shapiro-Wilk, verificou-se que todas as variáveis apresentaram distribuição normal de dados, deste modo aceita-se H_0 = os dados seguem uma distribuição normal (Tabela 2).

Tabela 2. Resultado do teste de normalidade de Shapiro-Wilk (W) para altura de planta (AP), altura da primeira vagem (A1^aV), diâmetro do caule (DC), número de nós (NN), número de vagens por planta (NVP), massa de 100 grãos (MCG), produtividade de grãos (PROD) em detrimento de doses de gesso agrícola na cultura da soja. Tangará da Serra (MT), UNEMAT, safra 2014/2015.

Variáveis	Shapiro-Wilk (W)			
	Valor de W	Nº amostras	Sig. (valor – p)*	Conclusão
AP	0,91624	20	0,0838	sig > 0,05 aceita-se H_0
A1 ^a V	0,94779	20	0,3348	sig > 0,05 aceita-se H_0
DC	0,94761	20	0,3323	sig > 0,05 aceita-se H_0
NN	0,96927	20	0,7393	sig > 0,05 aceita-se H_0
NVP	0,9122	20	0,0702	sig > 0,05 aceita-se H_0
MCG	0,94464	20	0,2929	sig > 0,05 aceita-se H_0
PROD	0,93723	20	0,2124	sig > 0,05 aceita-se H_0

*Nível de significância de 5 % ($p \leq 0,05$).

Fonte: Elaboração dos autores.

Com base na análise de variância (Tabela 3), observou-se que as variáveis altura de planta, altura da primeira vagem, número de nós, número de vagens por planta, massa de 100 grãos e produtividade foram influenciadas de forma significativa pelas doses de gesso agrícola aplicadas na cultura da soja, entretanto, o diâmetro do caule não sofreu influência. Quanto ao diâmetro do caule, Zapparoli et al. (2013) também não verificaram diferenças significativas, registrando valores médios de 4,63 cm, inferior à média registrada no presente estudo (5,55 cm).

Tabela 3. Resultado da análise estatística, valores de FC, coeficiente de variação (CV) das fontes de variações (FV) para altura de planta (AP), altura da primeira vagem (A1^aV), diâmetro do caule (DC), número de nós (NN), número de vagens por planta (NVP), massa de 100 grãos (MCG), produtividade de grãos (PROD) em detrimento de doses de gesso agrícola na cultura da soja. Tangará da Serra (MT), UNEMAT, safra 2014/2015.

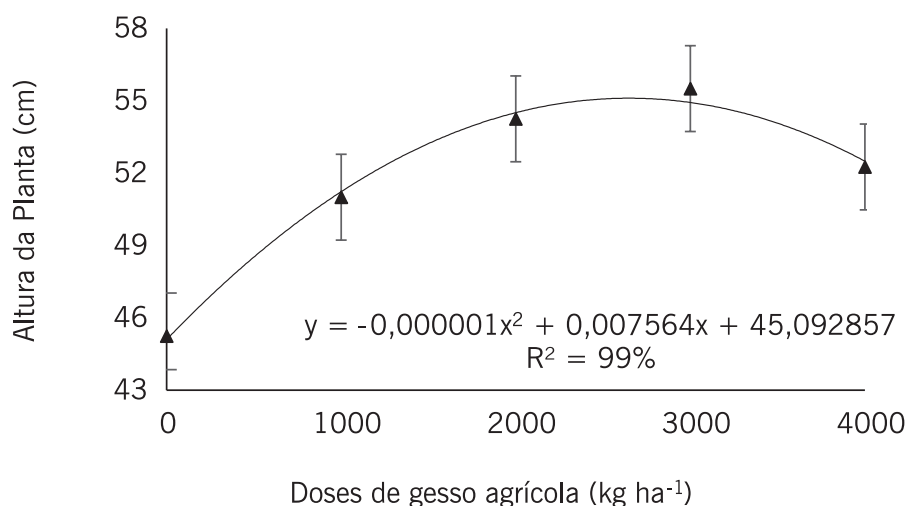
Fonte de Variação	DC -----cm-----	AP	A1 ^a V	NN	NVP	MCG -----g-----	PROD kg ha ⁻¹
Doses de gesso ¹	1,86 ^{ns}	7,64**	11,97**	12,02**	37,53**	13,02**	54,81**
Média Geral	5,55	51,65	6,87	14,55	102,90	22,30	2.278,08
CV (%)	9,25	5,58	6,54	7,91	3,69	7,13	10,32

¹Valor do Fc, ** Significativo a 5 %, ^{ns} Não significativo pelo teste F.

Fonte: Elaboração dos autores.

Os maiores valores de altura de planta foram verificados nas doses de 2 e 3 t ha⁻¹ de gesso agrícola, com 54,25 e 55,50 cm, respectivamente. O menor valor ocorreu na dose zero, com 45,25 cm (Figura 1). Os valores obtidos de altura das plantas estão abaixo do considerado ideal para a colheita mecanizada estabelecido por Bonetti (1983), para quem deve ser superior a 65 cm de altura. Porém, de acordo com Souza et al. (2010), plantas com porte alto poderão sofrer com o processo de acamamento e dificultar a colheita.

Figura 1. Influência de doses de gesso agrícola na altura de planta da cultura da soja. Tangará da Serra (MT), UNEMAT, safra 2014/2015.



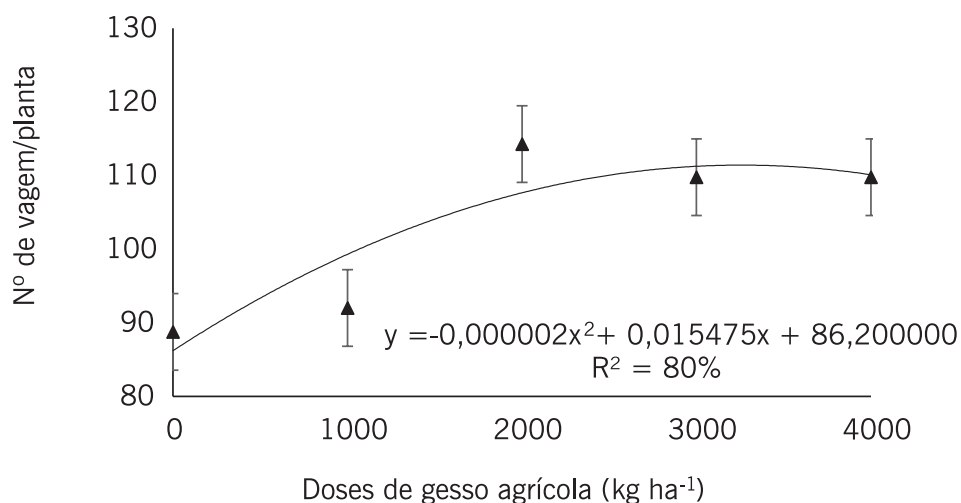
Fonte: Elaboração dos autores.

Resultados diferentes foram obtidos por Zapparoli et al. (2013), que verificaram que a altura de planta não apresentou diferenças entre as doses de gesso utilizadas (0, 2, 4, 6, 8 e 10 t ha⁻¹) em um LATOSSOLO VERMELHO Amarelo Alumínico de textura arenosa. Tais resultados podem ser atribuídos ao fato de o experimento ter sido conduzido em casa de vegetação, onde as plantas não sofreram com déficit hídrico.

Entretanto, valores superiores ao do presente estudo foram obtidos por Souza et al. (2010), que observaram altura de planta de 85 cm com aplicação de 2 t ha⁻¹ de gesso agrícola em LATOSSOLO VERMELHO Distroférico. Esses pesquisadores justificaram que o melhor desenvolvimento das plantas na dose de 2 t ha⁻¹ de gesso agrícola foi em decorrência da melhoria do ambiente de exploração radicular, em razão da maior agregação do solo, redução de elementos tóxicos como o alumínio e favorecimento dos atributos químicos e físicos do solo.

O número médio de vagens por planta (Figura 2) foi superior nas doses de 2 t ha⁻¹ (114,25 vagens), 3 e 4 t ha⁻¹ (109,75 vagens), e o menor valor verificado na dose zero (88,75 vagens). Foi observado aumento de 28,73 % de vagens por planta com aplicação de 2 t ha⁻¹ de gesso comparado à dose zero. Souza et al. (2010) não verificaram efeitos do gesso agrícola (2 t ha⁻¹) no número de vagens. Moda et al. (2013) também não verificaram acréscimo de produção da cultura da soja com aplicação de 0, 30, 60, 90 e 120 kg ha⁻¹ de enxofre, tendo como fonte o gesso agrícola em um LATOSSOLO VERMELHO Eutrófico.

Figura 2. Número médio de vagens por planta em função de doses de gesso agrícola aplicado na cultura da soja. Tangará da Serra (MT), UNEMAT, safra 2014/2015.

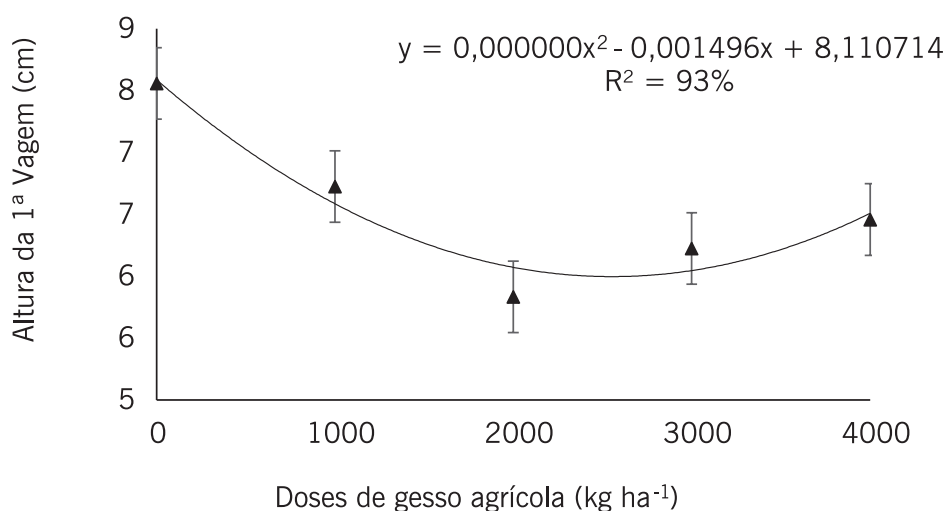


Fonte: Elaboração dos autores.

Em estudo conduzido em Sapezal (MT) em um LATOSSOLO FRANCO-Argilo-Arenosa, Júnior et al. (2015) verificaram incrementos de produção com aplicação de gesso agrícola, no entanto, a dose máxima aplicada foi de 1 t ha⁻¹, em que foram observadas cerca de 72 vagens por planta. Porém, foi 22 % inferior ao número de vagens observadas no presente estudo (92 vagens) com a mesma dose de gesso agrícola.

As plantas submetidas à dose de gesso de 2 t ha⁻¹ apresentaram os menores valores da altura da primeira vagem (média de 6 cm), enquanto o tratamento zero foi 8 cm (Figura 3). Os valores da altura da primeira vagem foram inferiores aos preconizados por Mello (1988) para maior eficiência da colheita mecânica, que é de 13 cm. Queiros (2005) e Souza et al. (2010) não verificaram diferenças na altura da primeira vagem na condição de presença ou ausência de gesso agrícola.

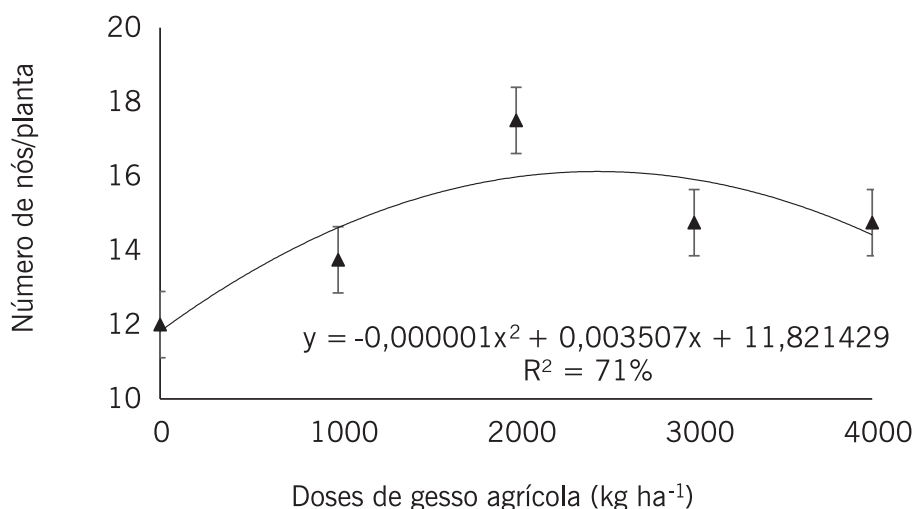
Figura 3. Altura da primeira vagem das plantas em função de doses de gesso agrícola aplicado na cultura da soja. Tangará da Serra (MT), UNEMAT, safra 2014/2015.



Fonte: Elaboração dos autores.

Além do número de nós (Figura 4), a altura da planta também foi maior no tratamento de 2 t ha⁻¹ e, a partir da relação entre essas duas variáveis, verificou-se espaçamento entre os nós de 3,77; 3,71; 3,10; 3,76 e 3,54 cm para as doses de 0, 1, 2, 3 e 4 t ha⁻¹ de gesso agrícola, respectivamente.

Figura 4. Número de nós por planta em função de doses de gesso agrícola aplicado na cultura da soja. Tangará da Serra (MT), UNEMAT, safra 2014/2015.

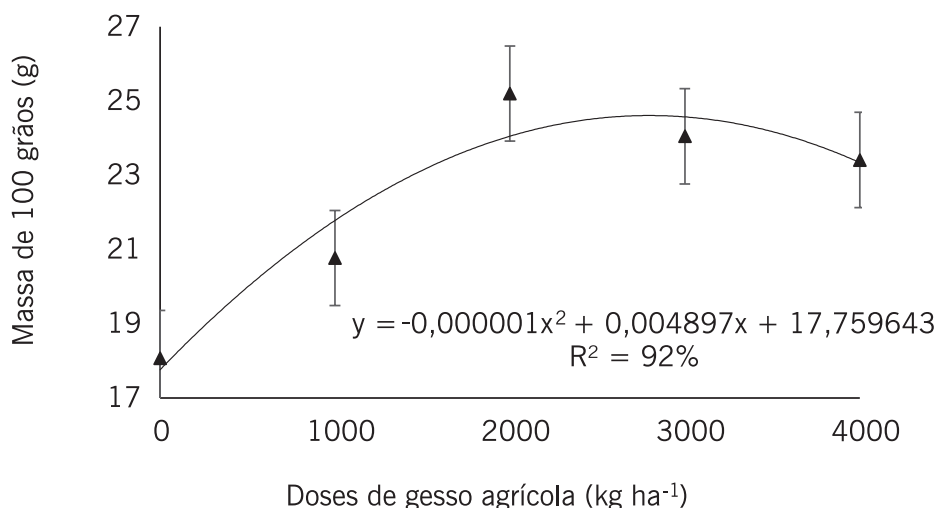


Fonte: Elaboração dos autores.

O melhor desenvolvimento da cultura da soja em relação ao gesso nos permite entender que ocorre melhoria da qualidade do ambiente de exploração radicular da planta propiciando condições favoráveis ao seu desenvolvimento. Esses resultados corroboram as afirmações de Caires et al. (2001) e Oliveira et al. (2009), que relataram que o efeito benéfico do gesso se dá por este ser um condicionador de solo capaz de neutralizar o alumínio tóxico no subsolo e, assim, permitir maior área de exploração das raízes, tendo como efeito na planta um menor estresse hídrico, gerando melhor desenvolvimento das características vegetativas e reprodutivas (RAMPIM et al., 2011).

A massa de 100 grãos também apresentou-se superior na dose de 2 t ha⁻¹ de gesso (25 g) em comparação com a testemunha (18 g), representando um acréscimo de cerca de 39 % na massa de grãos (Figura 5). Resultados inferiores foram observados por Júnior et al. (2015), que obtiveram aumento de cerca de 9 % na massa de grãos na dose de 1 t ha⁻¹ em relação a dose zero. No presente estudo, a comparação com a mesma dose apresentou acréscimo de 11 %. Broch et al. (2011) também verificaram acréscimo na massa de grão com aplicação de gesso agrícola.

Figura 5. Massa de 100 grãos em função de doses de gesso agrícola aplicado na cultura da soja. Tangará da Serra (MT), UNEMAT, safra 2014/2015.

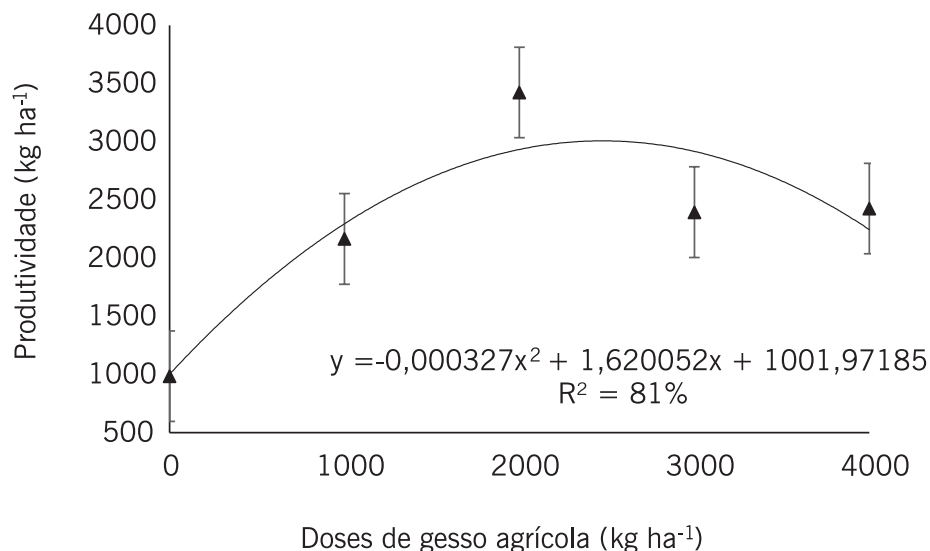


Fonte: Elaboração dos autores.

Não ocorreram períodos com veranicos (falta de chuva por determinados períodos durante a safra), entretanto, a saturação de alumínio no solo estava acima do recomendado (20 %) por Sousa e Lobato (2004), portanto, atribuem-se respostas significativas da soja quanto à aplicação do gesso agrícola. No entanto, Pauletti et al. (2014) afirmaram que doses elevadas de gesso agrícola sob condições de boa disponibilidade hídrica podem prejudicar a produção da cultura da soja por induzir a deficiência nutricional de magnésio, promovendo a redução da produtividade e massa de grãos nas doses acima de 3 t ha⁻¹ de gesso.

A produtividade foi fortemente influenciada pelas doses de gesso agrícola aplicadas em superfície no solo, partindo de 985,00 kg ha⁻¹ na dose zero para 3.422,25 kg ha⁻¹ na melhor dose, de 2 t ha⁻¹ (Figura 6), incrementos de cerca de 250 % a mais de produtividade. Resultados inferiores foram observados por Júnior et al. (2015), que tiveram acréscimos de 460,00 kg ha⁻¹ com aplicação de 1 t ha⁻¹ de gesso, sendo que, com essa mesma dose no presente estudo, verificaram-se incrementos de 1.179 kg ha⁻¹.

Figura 6. Produtividade de soja em função de doses de gesso agrícola aplicado na superfície do solo. Tangará da Serra (MT), UNEMAT, safra 2014/2015.



Fonte: Elaboração dos autores.

Em relação à produtividade de grãos de soja, Broch et al. (2011) relataram que a cultura apresenta boa resposta à aplicação de enxofre, pois esse é importante para formação de grãos, entretanto, a exigência da planta acaba não sendo totalmente suprida em razão da baixa concentração nos solos do Cerrado, exigindo sua reposição que, segundo Mascarenhas et al. (2013), são necessários 10 kg ha⁻¹ de S para produzir cerca de 3.000 kg ha⁻¹ de grãos.

Cardoso, Peres e Lambert (2014) testando os efeitos do gesso agrícola na cultura da soja em um LATOSSOLO VERMELHO Distroférrico tiveram problemas com déficit hídrico durante a condução da pesquisa, contudo observaram incrementos de produtividade em função da aplicação do gesso. De acordo com os autores acima, isso ocorreu pela ação condicionadora do gesso agrícola no solo, que age neutralizando o alumínio em profundidade, liberando cálcio, enxofre e lixiviando nutrientes no perfil, além de atuar como descompactador do solo.

Em contrapartida, Caires et al. (2003) não observaram incrementos na produção de soja quando submetida ao efeito de doses de gesso agrícola. Cabe ressaltar que durante a condução desta pesquisa não ocorreu déficit hídrico e a concentração de alumínio tóxico no solo ao final do ciclo da soja era de 2 a 5 mmol_c dm⁻³, nível considerado baixo para solos do cerrado conforme Sousa e Lobato (2004).

Quanto à produção da soja submetida a doses de gesso em sucessão ao milho, Caires et al. (2011) observaram que a soja não apresentou respostas produtivas em função da aplicação do gesso, porém ocorreu maior acúmulo de fósforo (P) e enxofre (S) nas folhas. Além disso, esses autores relatam que a soja não responde à aplicação de gesso agrícola em solos com adequada disponibilidade de cálcio, magnésio, enxofre e fósforo, visto que essa cultura é bastante eficiente na absorção desses nutrientes.

Visto essas diferentes respostas da cultura da soja, justifica-se a importância de pesquisas como esta, realizada em uma região de grande participação na produção de soja do estado de Mato Grosso. Para melhor explicar a relação entre os parâmetros analisados no presente estudo, foi possível verificar correlações negativas e positivas entre as variáveis analisadas (Tabela 4).

Tabela 4. Matriz de correlação linear de Pearson das variáveis altura de planta (AP), diâmetro do caule (DC), número de vagens por planta (NVP), altura de inserção da primeira vagem (A1^aV), número de nós (NN), massa de 100 grãos (MCG) e produtividade (PROD). Tangará da Serra (MT), UNEMAT, safra 2014/2015.

Variáveis	Coeficiente de correlação de Pearson						
	AP	DC	NVP	A1 ^a V	NN	MCG	PROD
AP	1						
DC	0,3750 ^{ns}	1					
NVP	0,65367*	0,39201 ^{ns}	1				
A1 ^a V	-0,5985*	-0,37184 ^{ns}	-0,75081*	1			
NN	0,59994*	0,35492 ^{ns}	0,69324*	-0,65939*	1		
MCG	0,67966*	0,52534**	0,82004*	-0,68032*	0,69061*	1	
PROD	0,67246*	0,33665 ^{ns}	0,77724*	-0,76157*	0,83063*	0,82909*	1

*Significativo a 1 % ($p \leq 0,01$). **Significativo a 5 % ($p \leq 0,05$). ^{ns} não significativo.
Fonte: Elaboração dos autores.

As correlações negativas das variáveis indicam que à medida que uma variável aumenta, a outra diminui. Por outro lado, as correlações positivas indicam que uma variável aumenta e a outra apresenta o mesmo comportamento (ASCARI et al., 2015). É importante ressaltar que a produtividade apresentou correlação positiva com altura de planta, número de vagens por planta, número de nós

e massa de 100 grãos e correlação negativa com altura de inserção da primeira vagem. Não ocorreu correlação significativa de diâmetro do caule com altura de planta, número de vagem por planta, altura de inserção da primeira vagem, número de nós e produtividade.

A partir desses dados, percebe-se a importância que as características vegetativas e reprodutivas exercem sobre a produtividade final da cultura, sendo esses aspectos importantes nas tomadas de decisões e escolha da cultivar.

Conclusão

A soja apresentou resposta positiva à aplicação de gesso agrícola em superfície do solo, onde a dose de 2 t ha⁻¹ promoveu o melhor desenvolvimento das características agrônômicas e produtivas. A produtividade máxima de soja observada foi de 3.422 kg ha⁻¹ de grãos.

Agronomic and productive development of soybean under different doses of phosphogypsum

Abstract

Soy is one of the main crops that drives Brazilian agribusiness, therefore it is necessary to adopt techniques that influence the improvement of soil quality, such as gypsum. This study aimed to investigate the influence of phosphogypsum doses in vegetative and reproductive development of soybean crop. The experiment was conducted at the University of Mato Grosso, Campus Tangara da Serra. The experimental design was a randomized block design (RBD) with five treatments, with 0, 1, 2, 3 and 4 t ha⁻¹ of phosphogypsum, with four replications. Liming and gypsum at 30 and 60 days, respectively, were carried out before the seeds were sown. The seeds were sown in the second half of November with the cultivar P98Y30 in soil fertilized in the groove. Evaluations were performed on 10 random plants in the developmental stage R₉. It was observed that the variables plant height, first pod height, number of nodes, number of pods per plant, weight of 100 grains and yield were influenced significantly by the levels of gypsum, at which the best results occurred at a dose of 2 t ha⁻¹, however, the stem diameter was not affected. Based on these, it was found that the dose of 2 t ha⁻¹ gypsum had the best effect on vegetative growth and reproductive soybeans.

Keywords: *Glycine max* L. Gypsum. Yield.

Referências

ASCARI, J. P.; SANTOS, E. S.; MENDES, I. R. N.; DIAS, L. D. E.; INOUE, M. H.; MARCO, K. Formas de adubação do sorgo granífero em semeadura tardia. **Revista Nucleus**, Ituverava, v. 11, n. 1, p. 7-14, 2015. Disponível em: <<http://www.nucleus.feituverava.com.br/index.php/nucleus/article/view/1166/1725>>. Acesso em: 20 abr. 2016.

BONETTI, L. P. Cultivares e seu melhoramento genético. In: VERNETTI, F. J. **Soja: genética e melhoramento**. Campinas: Fundação Cargill, 1983. p. 741-794.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). **Regras para análise de sementes**. Brasília: SNDA/DNDV/CLAV, 2009. 399 p.

BROCH, D. L.; NOLLA, A.; QUIQUI, E. M. D.; POSSENTI, J. C. Influência no rendimento de plantas de soja pela aplicação de fósforo, calcário e gesso em um latossolo sob plantio direto. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, Guarapuava, v. 10, n. 2, p. 211-220, 2008. Disponível em: <<http://revistas.unicentro.br/index.php/RECEN/article/viewFile/709/882>>. Acesso em: 20 abr. 2016.

BROCH, D. L.; PAVINATO, P. S.; POSSENTI, J. S.; MARTIN, T. N.; QUIQUI, E. M. D. Produtividade da soja no cerrado influenciada pelas fontes de enxofre. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 42, n. 3, p. 791-796, 2011. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-66902011000300027>. Acesso em: 27 abr. 2016.

CAIRES, E. F.; BLUM, J.; BARTH, G.; GARBUIO, F. J.; KUSMAN, M. T. Alterações químicas do solo e resposta da soja ao calcário e gesso aplicados na implantação do sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 2, p. 275-286, 2003. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-06832003000200008&script=sci_abstract&lng=pt>. Acesso em: 27 abr. 2016.

CAIRES, E. F.; FONSECA, A. F.; FELDHAUS, I. C.; BLUM, J. Crescimento radicular e nutrição da soja cultivada no sistema plantio direto em resposta ao calcário e gesso na superfície. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, n. 4, p. 1029-1040, 2001. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v25n4/25.pdf>>. Acesso em: 30 mar. 2016.

CAIRES, E. F.; GARBUIO, F. J.; CHURKA, S.; BARTH, G.; CORRÊA, J. C. L. Effects of soil acidity amelioration by surface liming on no-till corn, soybean, and wheat root growth and yield. **European Journal of Agronomy**, v. 28, n. 1, p. 57-64, 2008. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1161030107000524>>. Acesso em: 24 abr. 2016.

CAIRES, E. F.; MASCHIETTO, E. H. G.; GARBUIO, F. J.; CHURKA, S.; JORIS, H. A. Surface application of gypsum in low acidic Oxisol under no-till cropping system. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 68, n. 2, p. 209-216, 2011. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-90162011000200011>. Acesso em: 30 mar. 2016.

CARDOSO, J. A. E.; PERES, G. C. M.; LAMBERT, R. A. Influência da aplicação de calcário e gesso na cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merrill). **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 10, n. 18, p. 1980-1987, 2014. Disponível em: <<http://www.conhecer.org.br/enciclop/2014a/AGRARIAS/influencia.pdf>>. Acesso em: 27 jan. 2016.

CARVALHO, M. C. S.; NASCENTE, A. S. Limestone and phosphogypsum effects on soil fertility, soybean leaf nutrition and yield. **African Journal of Agricultural Research**, v. 9, n. 17, p. 1366-1383, 2014. Disponível em: <<http://www.academicjournals.org/journal/AJAR/article-abstract/A0DB5BB44144>>. Acesso em: 24 abr. 2016.

CHERUBIN, M. R. et al. Influência da aplicação de gesso agrícola na produtividade da cultura de soja em Latossolo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIENCIA DO SOLO, 33., 2010, Uberlândia. MG. **Anais...** Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. Uberlândia, 2010.

Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB). **Acompanhamento da safra brasileira de grãos: Oitavo levantamento, Safra 2015/16**. Brasília: CONAB, v. 3, n. 8, 2016. p. 127-138.

DALLACORT, R.; MARTINS, J. A.; INOUE, M. H.; FREITAS, P. S. L.; COLETTI, A. J. Distribuição das chuvas no município de Tangará da Serra, médio norte do Estado de Mato Grosso, Brasil. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 33, n. 2, p. 193-200, 2011. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1807-86212011000200001>. Acesso em: 24 abr. 2016.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Brasília: Embrapa Solos, 2011. 230 p. (Documentos, 132).

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Brasília: Embrapa informação tecnológica, 2013. 353 p.

ERNANI, P. R.; RIBEIRO, M. S.; BAYER, C. Modificações químicas em solos ácidos ocasionadas pelo método de aplicação de corretivos da acidez e de gesso agrícola. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 58, n. 4, p. 825-831, 2001.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

MARCHIORO JÚNIOR, M. A.; GIEBELMEIER, C. G.; MARIANO, D. C.; SILVA, C. S.; OKUMURA, R. S. Produção de grãos de soja no cerrado em função de gesso aplicado no solo. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 11, n. 21, p. 1220-1229, 2015. Disponível em: <<http://www.conhecer.org.br/enciclopedia/2015b/agrarias/PRODUCAO%20DE%20GRAOS%20DE%20SOJA.pdf>>. Acesso em: 02 abr. 2016.

MASCARENHAS, H. A. A.; ESTEVES, J. A. F.; WUTKE, E. B.; RECO, P. C.; LEÃO P. C. L. Deficiência e toxicidade visuais de nutrientes em soja. **Revista Nucleus**, Ituverava, v. 10, n. 2, p. 281-306, 2013. Disponível em: <<http://www.nucleus.feituverava.com.br/index.php/nucleus/article/view/974>>. Acesso em: 24 abr. 2016.

MELLO, L. M. M. **Efeitos de diferentes sistemas de preparo do solo na cultura da soja (Glycine Max (L). Merrill) e sobre algumas propriedades de um Latossolo Vermelho Escuro de cerrado**. 1998, 132 f. Tese (Doutorado em Agronomia – Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciência Agronomia, Universidade Estadual Paulista, Botucatu (SP), 1998.

MODA, L. R.; BORGES, B. M. M. N.; FLORES, E. A.; SANTOS, C. L. R.; PRADO, R. M.; SOUSA, J. I. Gessagem na cultura da soja no sistema de plantio direto com e sem adubação potássica. **Revista AgroAmbiente**, Boa Vista, v. 7, n. 2, p. 129-135, 2013. Disponível em: <<https://revista.ufrb.br/agroambiente/article/view/948>>. Acesso em: 06 maio 2016.

OLIVEIRA, I. P.; COSTA, K. A. P.; FAQUIN, V.; MACIEL, G. A.; NEVES, B. P.; MACHADO, E. L. Efeitos de fontes de cálcio no desenvolvimento de gramíneas solteiras e consorciadas. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 2, p. 592-598, 2009. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-70542009000200036>. Acesso em: 06 maio 2016.

PAULETTI, V.; PIERRI, L.; RANZAN, T.; BARTH, G.; MOTTA, A. C. V. Efeitos em longo prazo da aplicação de gesso e calcário no sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 38, n. 2, p. 495-505, 2014. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832014000200014>. Acesso em: 24 abr. 2016.

QUEIROZ, R. P. **Adubação fosfatada corretiva e gesso no plantio direto de soja e sorgo sobre pastagem degradada na região do cerrado**. São Paulo, 2005. 70 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Sistemas de Produção) - Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista.

RAIJ, B. V. **Gesso na Agricultura**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2008. 233p.

RAMOS, L. A.; NOLLA, A.; KRONDORFER, G. H.; PEREIRA, H. S.; CAMARGO, M. S. Reatividade de corretivos da acidez e condicionadores de solo em colunas de lixiviação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 30, n. 5, p. 849-857, 2006. Disponível em: <<http://www.dpv24.iciag.ufu.br/Silicio/Arquivos%20Papers/2006%20-%20RBCS.%20v30.%20-%20Lucelia,%20Si%20x%20lixiviacao.pdf>>. Acesso em: 02 maio 2016.

RAMPIM, L.; LANA, M. C.; FRANDOLOSO, J. F.; FONTANIVA, S. Atributos químicos de solo e resposta do trigo e da soja ao gesso em sistema semeadura direta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 35, n. 5, p. 1687-1698, 2011. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832011000500023>. Acesso em: 24 abr. 2016.

SORATTO, R. P.; CRUSCIOL, C. A. C. Métodos de determinação de cálcio e magnésio trocáveis e estimativa do calcário residual em um Latossolo submetido à aplicação de calcário e gesso em superfície. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 2, p. 663-673, 2008.

SOUSA, D. M. G. Resposta das culturas à adição de gesso agrícola. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 26., 2004, Lages, SC. **Anais... FERTBIO**, 2004. (Trabalho completo CDROM).

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2. ed. Brasília: Embrapa Cerrados, 2004, 416 p.

SOUZA, F. R.; ROSA JUNIOR, E. J.; FIETZ, C. R.; BERGAMIN, A. C.; VENTUROSOS, L. R.; ROSA, Y. B. C. J. Atributos físicos e desempenho agrônomo da cultura da soja em um Latossolo Vermelho Distroférico submetido a dois sistemas de manejos. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 6, p. 1357-1364, 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-70542010000600001>. Acesso em: 02 maio 2016.

TANAKA, R. T.; MASCARENHAS, H. A. A. Resposta da soja à aplicação de gesso agrícola. **O Agrônomo**, Campinas, v. 54, n. 2, p. 27-28, 2002. Disponível em: <http://www.iac.sp.gov.br/publicacoes/agronomico/pdf/542_27_it6_gesso.pdf>. Acesso em: 18 abr. 2016.

ZAPPAROLI, R. A.; BONADIO, M. L.; GOMES, C. J. A.; NASCIMENTO, D. M. D.; MARCHIONE, M. S.; BERNA, R.; CASTRO, A. M. C. Associação calcário e gesso na cultura da soja e nas características químicas do solo com alta saturação em alumínio. **Cultivando o Saber**, Cascavel, v. 6, n. 4, p. 74- 84, 2013. Disponível em: <https://www.fag.edu.br/upload/revista/cultivando_o_saber/52b62d-d496f39.pdf>. Acesso em: 04 maio 2016.

Histórico editorial:

Submetido em: 13/06/2016.

Aceito em: 22/09/2016.

Como citar:

ABNT

ASCARI, J. P.; MENDES, I. R. N. Desenvolvimento agronômico e produtivo da soja sob diferentes doses de gesso agrícola. **Revista Agrogeoambiental**, Pouso Alegre, v. 9, n. 4, p. 47-60, out./dez.

Doi: <http://dx.doi.org/10.18406/2316-1817v9n420171014>

APA

ASCARI, J. P. & MENDES, I. R. N. (2017). Desenvolvimento agronômico e produtivo da soja sob diferentes doses de gesso agrícola. *Revista Agrogeoambiental*, 9 (4), 47-60.

Doi: <http://dx.doi.org/10.18406/2316-1817v9n420171014>

ISO

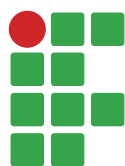
ASCARI, J. P. e MENDES, I. R. N. Desenvolvimento agronômico e produtivo da soja sob diferentes doses de gesso agrícola. *Revista Agrogeoambiental*, 2017, vol. 9, n. 4, pp. 47-60. Eissn 2316-1817.

Doi: <http://dx.doi.org/10.18406/2316-1817v9n420171014>

VANCOUVER

Ascari JP, Mendes IRN. Desenvolvimento agronômico e produtivo da soja sob diferentes doses de gesso agrícola. *Rev agrogeoambiental*. 2017 out/dez; 9(4): 47-60.

Doi: <http://dx.doi.org/10.18406/2316-1817v9n420171014>



Physiological and phytosanitary quality of common bean seeds used by small growers in Minas Gerais state, Brazil

Higino Marcos Lopes¹

Antonio Amorim Brandão²

João Sebastião de Paula Araújo³

Marcos Paiva Del Giudice⁴

Mark Allan Bennett⁵

Abstract

The physiological and phytosanitary qualities of common bean seeds used on a small farming system depend on the cultural practices, drying system and storage conditions employed. The objective of this work was to evaluate eight lots of common bean seeds using germination, vigor and phytosanitary tests. The lots were produced in 2005 and 2006 in “Zona da Mata”, Minas Gerais State, Brazil, and analyzed for moisture content, germination quality, first germination count, seedling vigor, seedling emergence, electric conductivity, seedling dry weight, seedling length, hypochlorite test and blotter test. The experimental design was completely randomized with four replications. The mean seed moisture content from all lots was 8.4 %. Four lots were classified as high vigor, one as intermediate vigor and three lots as low vigor. The first germination count and electrical conductivity tests were the best for evaluating bean seed physiological quality. All seed lots were infested by fungi, mainly *Alternaria*, *Cladosporium* and *Fusarium*.

Keywords: *Phaseolus vulgaris* L. Pathology seed. Production.

Introduction

Brazil is the world's largest common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) producer and the cultivation of this legume is widespread across the country (BRASIL, 2013). Common bean is among the ten most cultivated crops and is a traditional food in Brazil. The annual production is 2,564,790 metric tons harvested from 1,895,267 ha in 2013 for an average yield of 1,353 kg ha⁻¹ (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA, 2014). Only about 10 % of small landholders in Brazil use certified seed and the vast majority rely on their own saved seed from yearly harvests. The lack of certified seed use is justified partly by the cost and a lack of awareness of the importance of using seeds with good phytosanitary and physiological quality every year (MENTEN et al., 2006).

The fungal diseases of common bean during field culture and under storage conditions are the main reasons to preserve seed health and viability. Whereas *Penicillium spp.* and *Aspergillus spp.* are the predominant pathogens with the highest incidence in the field, other pathogens such as

1 Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Instituto de Agronomia, Departamento de Fitotecnia, professor titular. higinomlopes@gmail.com. BR 465, Km 07, Seropédica, RJ, Brasil, CEP 23851-970.

2 Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Pós-Graduação em Fitotecnia, doutorando. toniagrlick@hotmail.com.

3 Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Instituto de Agronomia, Departamento de Fitotecnia, professor adjunto. higinomlopes@gmail.com.

4 Universidade Federal de Viçosa, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Fitotecnia, professor adjunto. mgiudice@ufv.br.

5 The Ohio State University, Department of Horticulture and Crop Science. bennett.18@osu.edu.

Alternaria spp., *Fusarium spp.*, *Rhizoctonia spp.* have also been reported (FRANCISCO; USBERTI, 2008). The seed vigor tests based on the seedling growth and electrical conductivity have been used to select the different vigor levels in bean seed lots (ARAUJO, et al., 2011; CARVALHO; NAKAGAWA, 2012; LOBO JUNIOR et al., 2013). This study aimed to evaluate the physiological and phytosanitary quality of different lots of common bean seeds used by small-scale farmers in Brazil.

Material and methods

The experiment was carried out at the Laboratory of Seed Quality Control, Department of Crop Science, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Samples from eight seed lots produced by small farmers in Zona da Mata, Minas Gerais, were used. These lots have been used by farmers who reserve their own seeds or get them from other farmers in exchange for other products. Often the choice of seeds is exclusively based on the type of grain or seed coat color and taste, independent of physiological quality and harvest time. The conservation of these seed lots was carried out without seed moisture content control and there was no seed treatment on different packages and environments. The lots were identified based on seed coat color and harvest date; Red Coat: R1, R2, R3, R7 (harvested in April 2006); Red Coat: R4, R5, R6; Black Coat: B (harvested in May 2005). To evaluate seed physiological quality, subsamples from each lot were examined for the following parameters, following the national rules for seed testing (BRASIL, 2009): weight of 1.000 seeds (g), which was obtained by the mean weight of eight replicates of 100 seeds each; moisture content based on drying seeds at 105 °C for 24 hours; percentage of germination assessed with 50 seeds in a rolled paper towel and kept at alternating temperatures and light of 20 °C per 16 h and 30 °C per 8 h in a precision incubator (Electrolab model EL 202). Evaluations were performed after 5 and 9 days, and results presented as a percentage of normal seedlings; first count of germination was based on the normal seedlings in the first assessment of germination test on day 5; percentage of strong seedlings at which normal seedlings were ≥ 3.0 cm long with "strong" hypocotyls. Seedling emergence (SE) was analyzed based on 100 seeds placed on washed and sterilized sand irrigated daily, and kept at 70 % of water holding capacity. It was evaluated at the opening of the first pair of leaflets at 5 (SE5), 7 (SE7) and 9 days (SE9) after sowing. Electrical conductivity was measured with a conductivity meter (DIGIMED model DM-31) using 50 seeds that were weighed, immersed in 75 ml of distilled water and incubated at 25 °C/24 hours; the results are expressed in $\mu\text{s}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$. For seedling length (mm), 20 seeds were distributed on two parallel lines on paper and kept in the incubator with alternating temperature and light as above; the evaluations were performed 7 days after the start of the test, by measuring the length from the hypocotyl to the apex of normal seedlings. Seedlings were then cut from the storage tissues, dried in an oven at 60 °C for 24 hours, and mean seedling dry weight for each replicate was determined. The hypochlorite test was conducted by soaking 50 seeds in a solution of sodium hypochlorite 5 % for 5 minutes. The seeds were individually examined, determining the percentage of wrinkled and not wrinkled seeds. The phytosanitary test was carried out following the method of Torres and Bringel (2005), using for each lot 20 seed subsamples, totaling 400 that were distributed in boxes containing two sheets of sterilized and moistened filter paper with sterilized distilled water. The boxes were then placed in a growth chamber at 20 ± 2 °C with 2.000 lux for 12 hours light and 12 hours dark for 7 d when developing pathogens were identified (NEERGAARD, 1979). Seeds were individually examined under a stereo microscope at 20 x (Olympus CX41). The fungal genus was identified based on its morphological characteristics, following authentic taxonomic keys and results were expressed in percentages.

The experimental design was completely randomized design with four replicates. Data analysis was performed using one-way ANOVA followed by Tukey's test ($P < 0.05$). For the analysis of germination, first count and seedling emergence, the values were converted in $\text{arc sin } \sqrt{x/100}$ before analysis of variance, and original means are presented in the tables.

Results and discussion

The mean seed moisture content was 8.4 % and ranged from 8.1 to 8.7 %. No significant differences among lots were observed. Seed lots R1, R4, R5 and R6 had the greatest weight of 1.000 seeds and lot R2 had the lowest value; seed lots R3, R7 and B were intermediate for 1.000 seeds weight (Table 1).

Table 1. Electrical conductivity in $\mu\text{s.cm}^{-1}.\text{g}^{-1}$ (EC), seedling emergence (%) at 5, 7 and 9 days (SE5; SE7 and SE9), germination (G), normal seedlings first count germination (FCG), normal strong seedlings (NSS) and seedling length (SL), seedling dry matter (SDM), weight of 1,000 seeds (W1000), hypochlorite test (HP) and seed moisture content (SMC) of eight common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) seed lots*.

	SEED LOTS							
	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	B
EC	88.7 e	129.0 d	94.2 e	125.9 d	249.2 b	312.6 a	107.7 e	176.6 c
SE5	84 a	72 b	73 b	0 c	2 c	2 c	73 b	0 c
SE7	92 a	94 a	89 a	48 b	42 b	5 c	96 a	39 b
SE9	95 a	94 a	92 a	66 b	43 c	5 d	96 a	63 b
G	99 a	90 b	99 a	75 c	40 e	9 f	98 a	68 d
FCG	70 a	72 a	82 a	20 b	23 b	4 c	71 a	27 b
NSS (%)	35 a	39 a	39 a	0 b	3 b	0 b	39 a	1 b
SL (cm)	20.3 a	22.5 a	17.5 b	12.0 d	14.0 c	10.5 d	21.0 a	11.4 d
SDM (g)	3.3 a	2.2 bc	2.5 abc	2.4 bc	1.4 d	0.3 e	2.9 ab	2.0 cd
W1000 (g)	241 ab	174 d	216 c	247 a	240 ab	250 a	217 c	227 bc
HP (%)	84 bc	77 c	90 ab	89 ab	53 d	48 d	94 ab	98 a
SMC (%)	8.7 a	8.1 a	8.5 a	8.4 a	8.3 a	8.3 a	8.1 a	8.7 a

*Means followed by same letter, in the line, aren't significantly different according to Tukey test ($P < 0.05$). Source: Elaborated by the authors (2017).

Lots R1, R3 and R7 showed the highest germination ranging between 98 % and 99 %. Lots R4, R5, R6 and B germinated below the minimum standard of 80 % established for this species, based on standards for certified seed (BRASIL, 2013). Seeds from R5 and R6 lots showed the lowest germination (40 % and 9 %, respectively). The lots with the highest and lowest values of seedling emergence on sand were the same as the ones observed on the germination test (Table 1).

First count of germination showed the R1, R2, R3 and R7 lots as being the most vigorous. The same result could be seen using the "strong seedlings" evaluation 5 days after the beginning of the test (Table 1). The electrical conductivity (EC) test indicated R1 and R3 lots as having the highest vigor and R5 and R6 as having the lowest vigor seed lots. These results coincide with the germination values of these seed lots. The EC values between 88.7 and 107.7 $\mu\text{s.cm}^{-1}.\text{g}^{-1}$ were associated with

high vigor lots and values over $176.6 \mu\text{s.cm}^{-1}.\text{g}^{-1}$ were linked with less vigor and viability, suggesting limitations associated with the use of these seeds for sowing (Table 1). The EC test for bean seeds could identify the best cell membrane integrity resulting in the lowest release of solutes, showing a negative correlation to the germination and primary root length (COELHO et al., 2010).

Vigor tests could help on making decisions through a quality control program in seeds such as the EC test used for soybean and pea, and could be extended to evaluate the physiological quality of bean seeds (CUSTÓDIO, 2005).

The electrical conductivity test in mung bean seeds have shown high correlation with seed aging test and field seedlings emergence (ARAÚJO et al., 2011). The results of this study have identified the EC test as a promising tool for determining and classifying vigor among bean common seed lots.

Seedling emergence data have confirmed R1, R2, R3 and R7 as the superior lots. The highest seedling dry weight values were found for R1, R3 and R7 (Table 1). The large percent (48-98%) of damaged seeds in hypochlorite test indicated substantial mechanical damage of the tegument, which might hinder the absorption of water and, hence, the germination.

Laboratory results suggested that bean seed lots such as R4, R5, R6 and B harvested in 2005 may have more advanced stages of deterioration which can result in lower plant populations and imposing serious losses on productivity and increasing production costs per unit area. Although the test results demonstrate the poor outcomes from R5 and R6 lots, in some cases the farmers have used those causing losses in the crop establishment.

Seed lots harvested in 2006 showed higher germination and minor deterioration values compared to those from 2005. The effects of storage conditions are also evident, since the farmers store seeds in containers and locations exposed to variations of temperature and relative humidity. According to Barros (2007), the storage of seeds on small farms has been problematic due to the frequent lack of minimum infrastructure for seed conservation. Storage under unsuitable conditions has contributed to common bean seed quality reduction, negatively affecting crop establishment, harvesting and final production. After harvesting and processing, bean seeds should be stored at 12 % or less seed moisture content. Control of insects and insects such as beetles, weevils and moths should be also constant (MENTEN et al., 2006).

It was observed contamination by several fungi in all bean seed lots, including species of *Alternaria*, *Cladosporium*, *Fusarium*, *Aspergillus*, *Penicillium*, *Colletotrichum* and *Curvularia* (Table 2). These pathogens may have contributed to germination reductions on the seed lots. The Ministry of Agriculture Livestock and Supply in Brazil has established tolerance levels for seed diseases in *P. vulgaris* as 3 % anthracnose (*Colletotrichum lindemuthianum*), 2 % bacterial blight (*Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli*) and 0 % white mold (*Sclerotinia sclerotiorum*) (BRASIL, 2005). This agency has proposed “zero tolerance” for *Colletotrichum lindemuthianum*, *Fusarium oxysporum* f.sp. *phaseoli*, *F. solani* f.sp. *phaseoli*, *Sclerotinia sclerotiorum* and *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli*. For these pathogens, the use of healthy or adequately treated seeds has been the main control measure for the integrated management of diseases (MENTEN et al. 2006). In this research, lot R6 infected by *Colletotrichum* spp. and all lots other than R6 infected by *Fusarium* spp. would probably not be approved for marketing and multiplication on the national system for certified seeds.

Table 2. Percentage of pathogen occurrence on eight common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) seed lots utilized by small farmers in Minas Gerais State, Brazil.

Pathogen	SEED LOTS								Number of contaminated Lots	Total (%)
	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	B		
	Contaminant (%)									
<i>Alternaria spp.</i>	15	0	45	0	5	0	15	5	5	85
<i>Cladosporium spp.</i>	10	15	0	35	0	0	0	0	3	60
<i>Fusarium spp.</i>	5	5	15	25	30	0	5	5	7	90
<i>Aspergillus spp.</i>	0	0	0	5	10	0	5	5	4	25
<i>Curvularia spp.</i>	0	0	0	5	0	0	0	0	1	5
<i>Penicillium spp.</i>	0	0	0	5	5	0	0	0	2	10
<i>Colletotrichum spp.</i>	0	0	0	0	0	5	0	0	1	5
Total (%)	30	20	60	75	50	5	25	15		
Number of pathogens	3	2	2	5	4	1	3	3		

Source: Elaborated by the authors (2017).

Torres and Bringel (2005), working with five macassar bean seeds, observed the highest incidence of *Aspergillus niger* and *Aspergillus flavus*. The authors also observed that accelerated aging and electrical conductivity test were the most efficient for the classification of seed lots at different levels of vigor, demonstrating that even lots of seeds with high viability and vigor could spread pathogens and affect the productivity.

The enzymes action and toxins produced from microorganisms as fungi cause cell wall degradation in plant tissues (HENNING et al., 2009). *Aspergillus ochraceus* on soybean seed surface caused high seed tissues degradation and reduced the seed vigor (ROCHA et al., 2014). The seeds are an effective source for dissemination and transmission of pathogens, often introducing new pathogens into disease free areas, and reducing the physiological quality of seed lots from these areas as well (NEERGAARD, 1979). For post-harvesting management, the seed should be dried until the levels of water content (10-12% SMC) inhibiting fungi growth. Seed cleaning and classification associated with a suitable environment for storage (percentage relative humidity + temperature °C \leq 55.5) could minimize the outbreak of diseases treatment.

Seed storage temperature below 25 °C and 13.0 % seed moisture content appear suitable to preserve common bean seed in relation to viability and health, up to an 8-month period (FRANCISCO; USBERTI, 2008). However, in this experiment the seed lots were harvested and stored for more than one year in ambient conditions with temperature and relative humidity variables. Investment is necessary to improve the quality of seeds especially upon disease control during the bean cultivation and seed conditioning and storage.

Conclusion

Four lots were classified as 'high vigor', one as 'intermediate vigor' and three as 'low vigor'.

The first count germination and electrical conductivity tests were the best for evaluating bean seed physiological quality.

All seed lots were infested by fungi, mainly by *Alternaria spp.*, *Aspergillus spp.*; *Cladosporium spp.* and *Fusarium spp.*

Acknowledgements

We thank Dr. Pablo Jourdan for final review in this work.

Qualidade fisiológica e fitossanitária de sementes de feijão utilizadas por pequenos agricultores em Minas Gerais, Brasil

Resumo

A qualidade fisiológica e fitossanitária de sementes de feijões usadas em um pequeno sistema de produção depende das práticas culturais, sistema de secagem e condições de conservação empregadas. Desta forma, objetiva-se com este trabalho avaliar a qualidade de oito lotes de sementes de feijão usando os testes de germinação, vigor e fitossanitário. Os lotes de sementes foram produzidos em 2005 e 2006 por agricultores da zona da mata do Estado de Minas Gerais, Brasil. As sementes foram analisadas quanto ao teor de água, porcentagem de germinação, primeira contagem de germinação, classificação do vigor, emergência de plântulas, condutividade elétrica, peso seco de plântulas, comprimento de plântulas, teste de hipoclorito e "blotter test". O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com quatro repetições. O teor de água médio de todos os lotes foi de 8,4 %. Quatro lotes foram classificados como alto vigor, um de vigor intermediário e três lotes de baixo vigor. A primeira contagem do teste de germinação e condutividade elétrica foram os melhores testes para a avaliação da qualidade fisiológica de sementes de feijão. Todos os lotes de sementes estavam infestados por fungos, principalmente *Alternaria*, *Cladosporium* e *Fusarium*.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris* L. Patologia de sementes. Produção.

References

ARAÚJO, R. F.; ZONTA, J. B.; ARAÚJO, E. F.; HEBERLE, E.; ZONTA, F. M. G. Electrical conductivity test for mung beans seeds. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 33, n. 1, p. 123-130, 2011. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-31222011000100014&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 23 jan. 2017.

BARROS, A. S. Conservação das Sementes. In: BARROS, A. S. Instituto Agrônomo do Paraná, Londrina. **Produção de sementes em pequenas propriedades**. 2. ed. Londrina. 2007. 98 p. Disponível em: <http://www.iapar.br/arquivos/File/zip_pdf/CT129.pdf>. Acesso em: 15 jan. 2016.

BRASIL. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**. Instrução Normativa Nº 45, de 21 de setembro de 2013. Anexo XXIII - Padrões para produção e comercialização de sementes de feijão. (*Phaseolus vulgaris* L.). Disponível em: <http://www.lex.com.br/legis_24861657_InstrucaoNormativa_N_45_DE_17_de_setembro_de_2013.aspx>. Acesso em: 16 nov. 2016.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). 2013. **Perfil do feijão no Brasil**. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/vegetal/culturas/feijao/saiba-mais>>. Acesso em: 15 maio 2015.

BRASIL. **Ministério da Agricultura e Reforma Agrária**. Regras para análise de sementes. Brasília: SNAD/ DNDV/ CLAV, 1992/2009.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. Jaboticabal: FUNEP, 2012.

COELHO, C. M. M.; MOTA, M. R.; SOUZA, C. A.; MIQUELLUTI, D. J. Potencial fisiológico em sementes de cultivares de feijão crioulo (*Phaseolus vulgaris* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 32, n. 3, p. 97-105, 2010.

CUSTÓDIO, C. C. Testes rápidos para avaliação do vigor de sementes: uma revisão. **Colloquium Agrariae**, UNOESTE, v. 1, n. 1, p. 29-41, 2005.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA Arroz e feijão. Dados conjunturais da produção de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) e caupi (*Vigna unguiculata* L.) no Brasil (1985 a 2013): área, produção e rendimento. Santo Antonio de Goiás: **Embrapa Arroz e Feijão**, 2014. Disponível em: <<http://www.cnpaf.embrapa.br/socioeconomia/index.htm>>. Acesso em: 22 jul. 2016.

FRANCISCO, F. G.; USBERTI, R. Seed health of common bean stored at constant moisture and temperature. **Scientia Agricola**, São Paulo, v. 65, n. 6, p. 613-619, 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-90162008000600007&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 13 nov. 2016.

HENNING, F. A.; MERTZ, L. M.; ZIMMER, P. D.; TEPLIZKY, M. D. F. Qualidade fisiológica, sanitária e análise de izoenzimas de sementes de aveia preta tratadas com diferentes fungicidas. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 31, n. 9, p. 63-69, 2009. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-31222009000300007&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 14 out. 2017.

LOBO JÚNIOR, M.; BRANDÃO, L. T. D.; MARTINS, E. M. **Testes para Avaliação da Qualidade de Sementes de Feijão Comum**. Circular Técnica 90. Santo Antônio de Goiás, GO, Outubro, 2013, 4 p. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/91890/1/circular tecnica-90.pdf>>. Acesso em: 27 abr. 2016.

MENTEN, J. O. M.; MORAES, M. H. D.; NOVEMBRE, A. D. L. C.; ITO, M. A. **Qualidade das sementes de feijão no Brasil**. 2006. Disponível em: <http://www.infobibos.com/Artigos/2006_2/sementesfeijao/index.htm>. Acesso em: 27 abr. 2016.

NEERGAARD, P. **Seed pathology**. London: Mac Millan, 1979. v. 1, 839p.

ROCHA, S. F.; CATÃO, H. C. R. M.; BRANDÃO, A. A.; GOMES, L. A. A. Danos causados por diferentes potenciais de inóculo de *Aspergillus ochraceus* no vigor de sementes de soja. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 35, n. 6, p. 2895-2904, 2014. Disponível em: <<http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/semagrarias/article/download/12201/15400>>. Acesso em: 27 abr. 2016.

TORRES, S. B.; BRINGEL, J. M. M. Avaliação da qualidade sanitária e fisiológica de sementes de feijão-macassar. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 18, n. 2, p. 88-92, 2005. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/pdf/2371/237121137004.pdf>>. Acesso em: 27 abr. 2016.

Histórico editorial:

Submetido em: 10/07/2015.

Aceito em: 11/10/2016.

Como citar:

ABNT

LOPES, H. M.; BRANDÃO, A. A.; ARAÚJO, J. S. P.; GIUDICE, M. P. del; BENNETT, M. A. Physiological and phytosanitary quality of common bean seeds used by small growers in Minas Gerais state, Brazil. **Revista Agrogeoambiental**, Pouso Alegre, v. 9, n. 4, p. 61-68, out./dez. Doi: <http://dx.doi.org/10.18406/2316-1817v9n42017867>

APA

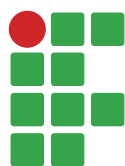
LOPES, H. M., BRANDÃO, A. A., ARAÚJO, J. S. P., GIUDICE, M. P. del & BENNETT, M. A. (2017). Physiological and phytosanitary quality of common bean seeds used by small growers in Minas Gerais state, Brazil. *Revista Agrogeoambiental*, 9 (4), 61-68. Doi: <http://dx.doi.org/10.18406/2316-1817v9n42017867>

ISO

LOPES, H. M., BRANDÃO, A. A., ARAÚJO, J. S. P., GIUDICE, M. P. del e BENNETT, M. A. Physiological and phytosanitary quality of common bean seeds used by small growers in Minas Gerais state, Brazil. *Revista Agrogeoambiental*, 2017, vol. 9, n. 4, pp. 61-68. Eissn 2316-1817. Doi: <http://dx.doi.org/10.18406/2316-1817v9n42017867>

VANCOUVER

Lopes HM, Brandão AA, Araújo JSP, Giudice MP del, Bennett MA. Physiological and phytosanitary quality of common bean seeds used by small growers in Minas Gerais state, Brazil. *Rev agrogeoambiental*. 2017 out/dez; 9(4): 61-68. Doi: <http://dx.doi.org/10.18406/2316-1817v9n42017867>



Effect of expansion time and sunlight radiation on the functional and anatomical traits of mango tree leaves

Roger Matheus Alves de Azeredo¹

Marcela André Mendes²

Ciro Yoshio Joko³

Marina Neves Delgado⁴

Abstract

The mango tree (*Mangifera indica* L.) is cultivated on a large scale in Brazil for economic purposes. Since the leaves, as the main photosynthetic organs, play an essential role in fruit production, the primary objective of the present study was to analyze comparatively the morphological characteristics of leaves at different stages of expansion and of leaves exposed to different levels of solar radiation. Leaves were collected at the beginning of expansion, during intermediate expansion and when completely expanded, and sun and shade leaves were compared. The individuals were adult plants without flowers and fruits located along the South Lake, Brasília. The leaves were analyzed for area, specific leaf area (SLA), thickness, water content and anatomical traits. Data were analyzed by ANOVA post hoc Tukey test to test the influence of leaf expansion time and by the T-test to determine the effect of radiation ($\alpha = 5\%$). Greater scleromorphy was observed in the completely expanded leaves compared to the leaves at the beginning of expansion, with lower water content and SLA in completely expanded leaves. Higher sclerophyll content was observed in sun leaves than in shade leaves, with lower SLA, greater leaf thickness and greater thickness of adaxial epidermis, palisade parenchyma and mesophyll in sun leaves. Based on these results, greater care is indicated regarding leaf management at the beginning of expansion and the management of shade leaves, since they are more susceptible to damage from herbivores. The objective of this management is to maximize fruit production.

Keywords: Anatomy. Fruits. Scleromorphy. Specific Leaf Area.

Introduction

Mangifera indica L. (mango tree) is native to South Asia and is currently cultivated in tropical and subtropical countries (DONADIO; FERREIRA, 2002; FERREIRA et al. 2003). This species produces tasty, sweet and fleshy fruits with considerable amounts of vitamins A and C and a lower quantity of vitamins B (CARDELLO; CARDELLO, 1998).

In Brazil, the mango tree was introduced in the Northeast during the 16th century by the Portuguese and later spread to the other regions (SANTOS et al., 2009), being one of the main products responsible for the Northeastern economy (AGRIANUAL, 2008). Mango trees develop very well in most

1 Centro Universitário do Distrito Federal, graduado em Ciências Biológicas. noticabode@hotmail.com. Setor de Edifícios Públicos Sul, Eq 704/904, Conj. A, Asa Sul, Brasília - DF, 70390-045.

2 Centro Universitário do Distrito Federal, graduado em Ciências Biológicas. marcela.andre@msn.com.

3 Centro Universitário do Distrito Federal, professor pesquisador. cjokos@gmail.com.

4 Instituto Federal de Brasília, Campus Planaltina, professora pesquisadora. mnevesdelgado@gmail.com.

of Brazilian territory since they need a hot temperature and dry periods to produce fruits of good quality (SILVA, 2006). Brazil, where mango trees are cultivated on a large scale, is among the seven largest producers and exporters of mangoes in the world (FRANCO; RODRIGUEZ-AMAYA; LANÇAS, 2004).

In productive terms, it is known that mango trees have a vigorous crown with many leaves which may be subjected to direct or indirect solar radiation, being classified as sun or shade leaves. This radiation can influence leaf morphology and physiology, with a greater leaf size and photosynthetic rate being generally observed in sun leaves in relation to their area (ROSSATTO et al. 2010). Therefore, plant development may be affected (ROSSATTO; KOLB, 2010) because leaves are responsible for carbohydrate production, which in turn will compromise the production of fruits (TAIZ; ZEIGER, 2010).

The age of leaf expansion also influences fruit production since the photosynthetic rate is lower in younger leaves and maximum in completely expanded leaves (PAULA et al., 2015). The younger leaves that are still draining organs (TAIZ; ZEIGER, 2010) also undergo greater herbivory pressure than mature leaves due to the smaller amount of support structures, which makes the younger leaves softer and more palatable to herbivores than completely expanded (mature) leaves. In addition, younger leaves are more eaten by herbivores because of their greater amount of nitrogen (BARÔNIO, 2012). Leaves of different coloring are also observed in mango trees. For example, at the beginning of expansion the leaf is red, presenting high levels of anthocyanin and low photosynthetic activity, while the mature leaf is dark green, with a low amount of anthocyanin and high photosynthetic activity (NII et al., 1995). To sum up, these adaptive responses to the environment, called phenotypic plasticity, may occur due to herbivory, nutrient availability in the soil, humidity, degree of light incidence and organ age (ROSSATTO; KOLB, 2010; DELGADO et al., 2013; DELGADO et al., 2014; DELGADO et al., 2017), with leaves being the organs with greater plasticity within the plants (DICKISON, 2000).

A study about the leaf morphology of mango trees is important because morphological observation provides important data about the phenotypic plasticity of the species, which is fundamental when it comes to fruit production, since the leaves are directly related to photosynthesis that is essential for agronomic production (TAIZ; ZEIGER, 2010).

Thus, the objectives of the present study were: (1) to compare the macroscopic and microscopic morphology of leaves at different stages of expansion and of leaves exposed to different levels of solar incidence, (2) to determine the existence of a variation in structural defense in different leaf types, and (3) to suggest a new management technique for mango tree leaves.

Material and methods

Analysis of functional and macroscopic-morphological traits of leaves

Seventeen trees of *M. indica* L. located in the region of Lago Sul, Distrito Federal, were selected. In September 2011, three mature and sun leaves, mature and shade leaves, leaves at the beginning of expansion and leaves in intermediate expansion were collected randomly from each plant (Figure 1). All individuals were without flowers and fruits.

According to NII et al. (1995), mature leaves of mango trees are those with a dark green coloration. Therefore, in the present study, mature leaves were those that were dark green in color, with the consistency of leather, rigid and hard to the touch, and inserted in nodes more distant from the apex of the branch. The difference between sun leaves and shade leaves was the degree of solar radiation to which they were subjected during development: the sun leaves developed under direct sunlight and the shade leaves were those that developed under diffused sunlight (shadow). The leaves

at the beginning of expansion were those collected from the first nodes counting from the apex of the branch. In the subsequent nodes, between the nodes where the leaves were at the beginning of expansion and the mature leaves, the leaves at intermediate expansion were collected. The criterion used to define mature leaves were coloration, consistency and positioning of the node in the branch; the criterion used to define leaves at the beginning of expansion and intermediate expansion was the position of the node in the branch; and the criterion used to define sun leaf and shade leaf was the incidence of direct sun or diffused sunlight on the leaves.

The collected leaves were analyzed with a micrometer to determine leaf thickness and were then processed to obtain specific leaf area (SLA) (leaf area/dry weight) according to CORNELISSEN et al. (2003). For this procedure, the leaves were scanned for area analysis with Image J software, dried in an oven for 72 hours at 60 °C and then weighed on a precision scale with three decimal places. For the measurement of water content, a leaf disc of the same area from one leaf per individual was weighed before and after oven drying, and percent water content was calculated: $((\text{fresh weight} - \text{dry weight})/\text{fresh weight}) * 100$.

Analysis of anatomical and microscopic-morphological traits of leaves

For anatomical analysis, four trees were randomly chosen from the 17 selected trees. In these four trees, four mature and sun leaves, mature and shade leaves, leaves at the beginning of expansion and leaves at intermediate expansion (Figure 1) were collected at random. Following the procedures of KRAUS and ARDUIN (1997), a small fragment in the median portion was cut into each leaf and fixed for 24 hours in FAA 70, a solution consisting of 90 ml 70 % ethanol, 5 ml acetic acid and 5 ml formaldehyde. After this time, the fragments were stored in 70 % ethanol for a few months and then again washed in 70 % alcohol and dehydrated with an alcohol series up to 95 % every two hours. The material was pre-infiltrated with a resin solution (Technovit 7100) plus 100 % alcohol (V/V) for 12 hours and then infiltrated with a pure resin solution (Technovit 7100) for 72 hours. Both pre-infiltration and infiltration processes were carried out under refrigeration. The fragments were embedded in pure resin plus a hardener in Leica blocks and dried in an oven at 40 °C for another seven days. Finally, 5 μm thick slices were cut with a rotary microtome (Leica RM2235) with six sections being obtained per block.

The sections were stained with Toluidine Blue in phosphate buffer, pH 6.8, for five minutes and the slides were mounted in water. Each cut was documented using an Axiophot microscope (Zeiss - Germany) coupled to a computer with AxioVision LE software. The median rib and mesophyll of each leaf fragment were photographed and the following anatomical traits were then measured using Image J software: thickness of the epidermis from adaxial and abaxial leaf surfaces, thickness of palisade and spongy parenchyma, total leaf thickness, and width (w) and height (h) of the midrib. The midrib area was obtained by the formula $((w/2) * (h / 2)) * 3.14$) and its value was transformed from μm^2 to mm^2 . The difference in percent thickness of the foliar tissues analyzed was obtained using the following formula: $(\text{thicker tissue thickness} - \text{less thicker tissue thickness}) / \text{less thicker tissue thickness}$.

Statistical analysis

Using the Statistica 7.0 software, the normality of the data was determined by the Shapiro-Wilk test. ANOVA for dependent samples was then used to compare the influence of ontogeny on the development of leaf traits. The post hoc Tukey test ($\alpha = 0.05$) was used to test for differences among

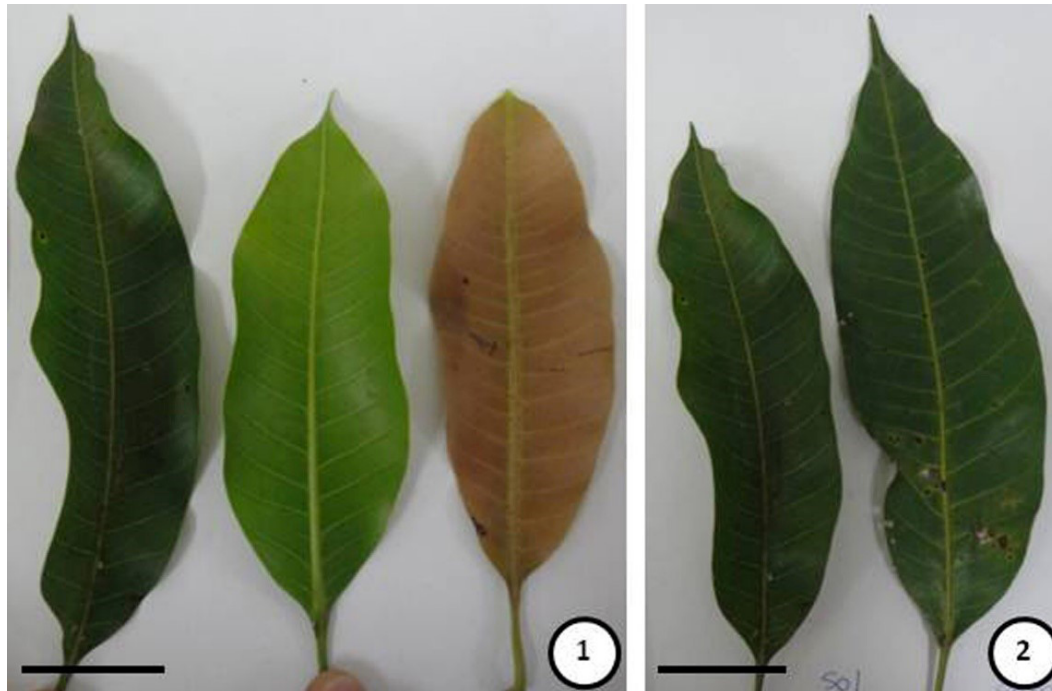
treatments. The t-test for dependent samples was applied to compare the influence of direct sunlight and diffused sunlight on the development of leaf traits (mature sun leaves X mature shade leaves, respectively). Significance was considered to be an α value of 5 %.

Results and discussion

The leaves collected from *Mangifera indica* (Figure 1), regardless of the age of expansion, are petiolate, lanceolate and green, except for the leaves at the beginning of expansion that are red. According to Nii et al. (1995), the younger leaves of *M. indica* contain a high concentration of anthocyanin that disappears during leaf expansion while cellulose concentration increases concurrently. Therefore, they can be easily distinguished by coloration.

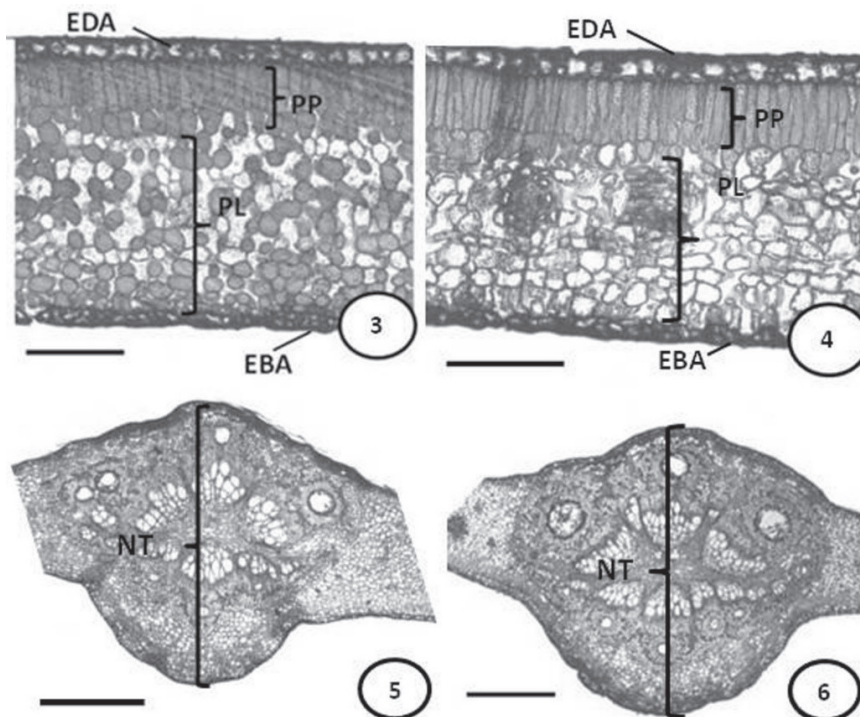
Regarding anatomy, the leaves are hypostomatic and have dorsiventral mesophyll. The palisade parenchyma is composed of one to two cell layers and the spongy parenchyma consists of six to seven cell layers (Figures 3-4, 7-8). The epidermis has one cell layer, with cells thicker on the adaxial surface than on the abaxial surface. The vascular system has a bicollateral bundle with a medullary region consisting of parenchyma. In addition, the midrib shows channels with secondary metabolites (Figures 5-6, 9-10). Leaf channels are a typical feature of the Anacardiaceae family (METCALFE; CHALK, 1957) where secondary metabolism compounds are stored (REIS et al., 2014).

Figures 1-2: Leaves of *Mangifera indica*. 1. From left to right: completely expanded leaf (mature leaf), leaf at intermediate expansion, leaf at the beginning of expansion. 2. From left to right: sun leaf and shade leaf. Scale: 4 cm.



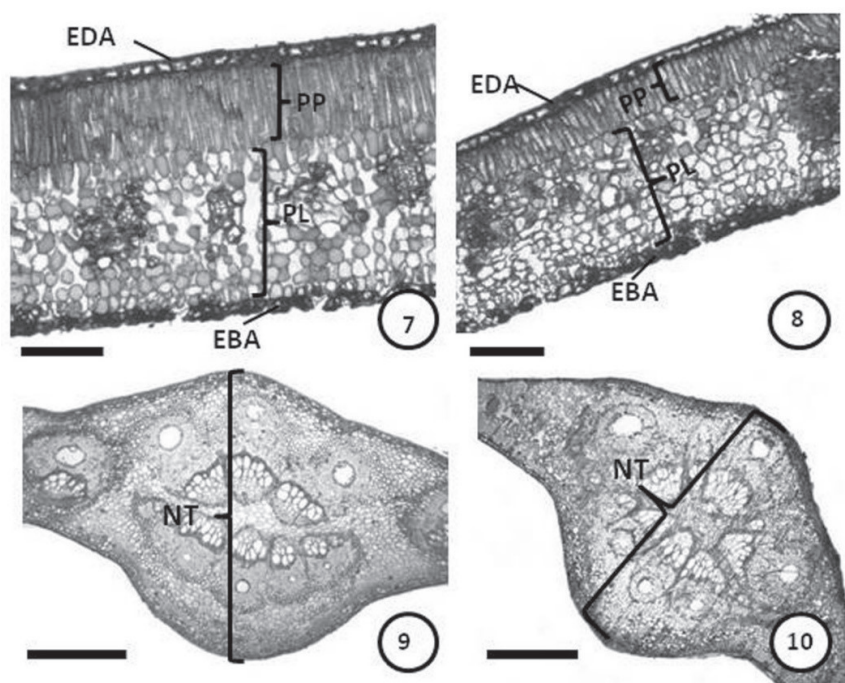
Source: Elaborated by the authors.

Figures 3-6: Transverse sections of *Mangifera indica* leaves. 3. Leaf blade at the beginning of expansion. 4. Leaf blade at intermediate expansion. 5. Midvein of a leaf at the beginning of expansion. 6. Midvein of a leaf at intermediate of expansion. PP- palisade parenchyma; PL- spongy parenchyma; EAD- adaxial epidermis; EAB- abaxial epidermis; NT- midvein. Scales: 100 μm (3, 4) e 500 μm (5, 6).



Source: Elaborated by the authors.

Figures 7-10. Transverse sections of *Mangifera indica* leaves. 7. Leaf blade of a sun leaf. 8. Leaf blade of a shade leaf. 9. Midvein of a mature sun leaf. 10. Midvein of a shade leaf. PP- palisade parenchyma; PL- spongy parenchyma; EAD- adaxial epidermis; EAB- abaxial epidermis; NT- midvein. Scales: 100 μm (7-8); 500 μm (9-10).



Source: Elaborated by the authors.

The leaves at different levels of expansion (leaves at the beginning of expansion, at intermediate expansion and completely expanded) showed both macroscopic (Figure 1, Table 1) and microscopic (Figures 3-6, Figure 7 and Figure 9, Table 1) differences.

Table 1. Functional and anatomical traits of *Mangifera indica* leaves at different levels of leaf expansion.

Leaf traits	Average	SD	F	p
Area of leaf at the beginning of expansion (cm ²)	47.610 A	24.933		
Area of leaf at intermediate expansion	50.517 A	18.069		
Area of leaf completely expanded	63.352 A	21.426	6.37	> 0.05
Water content of leaf at the beginning of expansion (g)	62.787 A	19.028		
Water content of leaf at intermediate expansion	46.933 B	16.622		
Water content of leaf completely expanded	42.578 B	11.503	6.37	< 0.05
Total thickness of leaf at the beginning of expansion (mm)	0.232 A	0.035		
Total thickness of leaf at intermediate expansion	0.260 A	0.050		
Total leaf thickness of leaf completely expanded	0.267 A	0.064	6.37	> 0.05
SLA of leaf at the beginning of expansion	112.554 A	24.729		
SLA of leaf at intermediate expansion	69.527 B	22.689		
SLA of leaf completely expanded	56.324 B	18.602	6.37	< 0.05
PP of leaf at the beginning of expansion (μm)	51.372 B	11.308		
PP of leaf at intermediate expansion	55.113 B	6.743		
PP of leaf completely expanded	96.072 A	31.285	4.54	< 0.05
PS of leaf at the beginning of expansion (μm)	147.245 A	23.031		
PS of leaf at intermediate expansion	152.206 A	27.085		
PS of leaf completely expanded	159.406 A	17.438	4.54	> 0.05
EAD of leaf at the beginning of expansion (μm)	22.707 A	0.768		
EAD of leaf at intermediate expansion	23.766 A	2.467		
EAD of leaf completely expanded	24.354 A	1.931	4.54	> 0.05
EAB of leaf at the beginning of expansion (μm)	14.244 A	1.610		
EAB of leaf at intermediate expansion	15.869 A	1.721		
EAB of leaf completely expanded	15.832 A	0.941	4.54	> 0.05
EM of leaf at the beginning of expansion (μm)	200.513 A	32.897		
EM of leaf at intermediate expansion	208.460 A	31.254		
EM of leaf completely expanded	255.652 A	36.078	4.54	> 0.05
Midvein area of leaf at the beginning of expansion (mm ²)	1.450 A	0.342		
Midvein area of leaf at intermediate expansion	1.987 A	0.591		
Midvein area of leaf completely expanded	1.724 A	0.519	4.54	> 0.05

Numbers with different letters differ significantly. F = ANOVA. SD = standard deviation. SLA - specific leaf area; PP- palisade parenchyma; PS- spongy parenchyma; EAD- adaxial epidermis; EAB- abaxial epidermis; EM- mesophyll thickness.

Source: Elaborated by the authors.

There was a morphological difference between the leaves at intermediate expansion and completely expanded compared to those at the beginning of expansion regarding leaf percent water content and SLA. In addition, there was differentiation in the staining pattern (Figure 1) because leaves at the beginning of expansion were red, leaves at intermediate expansion were greenish and mature leaves were dark green. Leaves at the beginning of expansion had functional attributes that classified them as potential targets for attacks from herbivores. Both SLA and percent water content can be directly proportional indicators of leaf quality: the larger the SLA and water content, the higher the leaf quality for herbivorous insects. In addition, a larger SLA means less investment in structural defenses (SILVA; BATALHA, 2011). Therefore, the present study demonstrated that leaves at the beginning of expansion are more attractive to herbivorous insects and exhibited fewer structural defenses compared to intermediate expanded and completely expanded leaves.

Greater scleromorphy was observed in completely expanded leaves than in leaves at the beginning of expansion. Scleromorphism can be considered to be a type of structural defense. In mango trees, scleromorphism in completely expanded leaves may be related to the greater amount of palisade parenchyma than to spongy parenchyma (DELGADO et al., 2013), lower SLA (SILVA; BATALHA, 2011) or greater leaf thickening, because the tissues become more compact, thus also becoming more rigid (CUTLER; BOTHA; STEVENSON, 2011). These data highlight structural defense as a strong adaptive attribute. Probably the trigger factor for the greater scleromorphism of mature leaves was the longer time of exposure of these leaves to the sun, since they were exposed to solar radiation more than leaves at the beginning of expansion. According to Vogelmann et al. (1996), the palisade parenchyma is more developed in areas of the leaves that are more illuminated.

However, despite the low structural defense of younger leaves, chemical defense was observed in leaves at the beginning of expansion due to the presence of anthocyanins, which give the red color to the leaves. Anthocyanins inhibit the growth of insect larvae on the leaves (ZUANAZZI; MONTANHA, 2003). Besides, the red color determined by anthocyanin can be considered to be an adaptive trait of younger leaves because this coloration makes herbivorous insects less camouflaged, facilitating the hunting process of visually oriented predators such as birds and some flying insects. Thus, natural enemies are able to predate herbivorous insects more easily on red leaves. Therefore, we can confirm the existence of a trade-off between structural and chemical defenses in the leaves of *M. indica* at different levels of expansion.

We observed macro- (Figure 1, Table 2) and microscopic differences (Figure 7-10 and Table 2) between leaves submitted to different levels of sunlight radiation. The morphological variation between sun and shade leaves in response to different levels of sunlight radiation is quite common in species that have the capacity of acclimatization (BORKORKMAN, 1981); however, such foliar variations may differ between species (MCMAHON; KELLY, 1995).

Table 2. Functional and anatomical traits of *Mangifera indica* leaves under different light conditions.

Leaf traits	Average	SD	T	p
Area of mature sun leaves (cm ²)	63.352 A	21.426		
Area of mature shade leaves	77.567 A	34.665	1.315	> 0.05
Water content of mature sun leaves (g)	42.578 A	18.602		
Water content of mature shade leaves (g)	46.071 A	9.246	0.634	> 0.05
Total thickness of mature sun leaves (mm)	0.267 A	0.064		
Total thickness of mature shade leaves	0.219 B	0.022	-3.271	< 0.05
SLA of mature sun leaves	56.324 B	18.602		
SLA of mature shade leaves	67.571 A	9.246	-3.172	< 0.05
PP of mature sun leaves (μm)	102.059 A	24.390		
PP of mature shade leaves	56.315 B	5.533	3.299	< 0.05
PS of mature sun leaves (μm)	156.964 A	20.950		
PS of mature shade leaves	139.327 A	26.600	1.809	> 0.05
EAD of mature sun leaves (μm)	24.829 A	1.195		
EAD of mature shade leaves	18.281 B	1.436	6.572	< 0.05
EAB of mature sun leaves (μm)	15.774 A	1.042		
EAD of mature shade leaves	18.281 A	1.436	-2.318	> 0.05
EAB of mature sun leaves (μm)	15.774 A	1.042		
EAB of mature shade leaves	13.214 A	1.316	2.614	> 0.05
EM of mature sun leaves (μm)	266.843 A	16.326		
EM of mature shade leaves	195.886 B	31.324	3.974	< 0.05
Midvein area of mature sun leaves (mm ²)	1.724 A	0.519		
Midvein area of mature shade leaves	1.783 A	0.607	-0.164	> 0.05

Numbers with different letters differ significantly. T = t-test. SD = standard deviation. SLA - specific leaf area; PP- palisade parenchyma; PS- spongy parenchyma; EAD- adaxial epidermis; EAB- abaxial epidermis; EM- mesophyll thickness.

Source: Elaborated by the authors.

The thickness of sun leaves is greater than that of shade leaves, as observed in leaves of *Coffea arabica* (VOLTAN; FAHL; CARELLI, 1992) and *Ocimum gratissimum* (MARTINS et al., 2008) submitted to different levels of luminosity. Greater thickness of mesophyll and adaxial epidermis have also been observed in sun leaves of *M. indica*. The greater leaf and mesophyll thickness in sun leaves is due to greater thickness of adaxial epidermis and palisade parenchyma, which were 35.82 % and 82.17 % thicker in mature sun leaves than in mature shade leaves, respectively. It is known that strong illumination is a triggering factor for the formation of palisade parenchyma (VOGELMANN; JOHN; SMITH, 1996; LARCHER, 2004). In addition, leaves under direct sunlight radiation tend to have a thicker adaxial epidermis, since this tissue protects the photosynthetic apparatus from excessive luminosity (ROSSATTO; KOLB, 2010).

The difference in SLA between mature sun leaves and mature shade leaves is an important indicator of scleromorphy (SILVA; BATALHA, 2011). A smaller SLA was observed in sun leaves, determining a greater degree of structural defense and scleromorphy, because these leaves are thick

and rigid, showing a greater thickness of palisade parenchyma and adaxial epidermis (DICKISON, 2000). This fact is also proven by the greater thickness of the leaves. It is known that the sun is a factor directly related to a greater investment in the cell wall (DICKISON, 2000; CUTLER, 2011).

It is known that the photosynthetic rate is lower in leaves at the beginning of expansion and maximum in completely expanded leaves (NII et al., 1995; PAULA et al., 2015) and higher in mature sun leaves than in mature shade leaves in terms of area (ROSSATTO et al., 2010). On this basis and considering the results obtained in the present study, new management techniques of mango trees can be suggested. The pruning of shade leaves is encouraged, increasing productivity, since these leaves are less defended, being likely to suffer more damage from herbivores and also having a lower photosynthetic rate. Greater care should also be devoted to the management of leaves at the beginning of expansion since they are more susceptible to herbivory, which may decrease their leaf areas. This occurrence will decrease the photosynthetic capacity of the plant when such leaves have completely expanded, a situation that could compromise the agronomic production of mangoes.

Conclusions

Phenotypic plasticity was observed in leaves of *Mangifera indica*. However, scleromorphy was only observed in mature sun leaves. Leaves at the beginning of expansion had reddish coloration, higher water content and SLA than leaves at intermediate expansion and completely expanded. Leaves in the process of expansion showed a smaller thickness of the palisade parenchyma than mature leaves. Mature sun leaves showed greater mesophyll, palisade parenchyma and adaxial epidermis thickness and lower SLA than mature shade leaves. There was variation in the structural defense between the different types of leaves. Leaves at the beginning of expansion had less structural defense, being also more attractive to herbivorous insects than leaves at intermediate expansion and completely expanded (mature) leaves. On the other hand, mature shade leaves were less scleromorphic and had less structural defenses than mature sun leaves. The presented results can be used to support a new method of leaf pruning in order to reach maximum mango production.

Acknowledgements

We thank the Laboratory of Electron Microscopy of UNB and Professor Sônia Bão for access to the microscopy equipment, and Professor Elettra Greene for English review.

Efeito do tempo de expansão e da radiação solar na morfoanatomia de folhas de Mangueira

Resumo

A mangueira (*Mangifera indica* L.) é cultivada em larga escala no Brasil com finalidade econômica. Como as folhas têm papel imprescindível quando se trata de produção de frutos, visto que são os principais órgãos fotossintéticos, o objetivo principal deste trabalho foi analisar comparativamente características morfológicas em folhas em diferentes estágios de expansão e em folhas expostas a diferentes níveis de radiação solar. Foram coletadas folhas em início de expansão, expansão intermediária e completamente expandida e folhas de sol e de sombra. Todos os indivíduos

eram plantas adultas, sem flores e frutos e estavam no Lago Sul, Brasília. Nas folhas foram feitas análises para área, área foliar específica (SLA), espessura, conteúdo de água e atributos anatômicos. Os dados foram analisados por ANOVA para testar a influência do tempo de expansão foliar e teste t para averiguar o efeito da radiação ($\alpha = 5\%$). Observou-se maior escleromorfia nas folhas completamente expandidas em relação às folhas em início de expansão, com menor conteúdo de água e SLA nas folhas maduras. Constatou-se maior escleromorfia nas folhas de sol em relação às folhas de sombra, com menor SLA, maior espessura foliar e maior espessura da epiderme adaxial, do parênquima paliçádico e do mesofilo nas folhas de sol. A partir desses resultados, é indicado maior cuidado no manejo das folhas em início de expansão e nas folhas de sombra, pois elas estão mais susceptíveis aos danos por herbivoria. O objetivo desse manejo é maximizar a produção de frutos.

Palavras-chave: Anatomia. Área foliar específica. Escleromorfia. Frutos.

References

AGRIANUAL 2008. **Anuário da agricultura brasileira**. São Paulo: FNP Consultoria & Comércio, p.376-382, 2008.

BARÔNIO, G. J. Pilosidade foliar reduz herbivoria em folhas jovens e maduras de *Qualea multiflora* Mart. em cerrado *stricto sensu*. **Neotropical Biology and Conservation**, v. 7, n. 2, p. 122-128, 2012. Disponível em: <<http://revistas.unisinos.br/index.php/neotropical/article/view/nbc.2012.72.06/1061>>. Acesso em: 10 dez. 2015.

BJORKMAN, O. Responses to different quantum flux densities. In: LANGE, O. L.; NOBEL, P. S.; OSMOND, C. B.; ZIEGLER, H. (Eds). **Encyclopedia of Plant Physiology: Physiological Plant Ecology I**. New York: Springer-Verlag, p.57-107, 1981.

CARDELLO, H.; CARDELLO, L. Teor de vitamina C, atividade de ascorbato oxidase e perfil sensorial de manga (*Mangifera indica* L.) Var. Haden, durante o amadurecimento. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 18, n. 2, p. 211-217, 1998. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-20611998000200013>. Acesso em: 05 mar. 2014.

CORNELISSEN, J. H. C.; LAVOREL, S.; GARNIER, E.; DÍAZ, S.; BUCHMANN, N.; GURVICH, D. E.; REICH, P. B.; STEEGE, H.; MORGAN, H. D.; HEIJDEN, M. G. A.; PAUSAS, J. G.; POORTER, H. A handbook of protocols for standardised and easy measurement of plant functional traits worldwide. **Australian Journal of Botany**, v. 51, p. 335-380, 2003. Disponível em: <<https://www.uv.es/jgpausas/papers/Cornelissen%20et%20al%202003%20handbook.pdf>>. Acesso em: 10 ago. 2010.

CUTLER, D. F.; BOTHA, T; STEVENSON, D. W. **Anatomia Vegetal: uma abordagem aplicada**. Porto Alegre: Artmed, 2011.

DELGADO, M. N.; SOMAVILLA, N. S.; BÃO, S. N.; ROSSATTO, D. R. Testing the optimal defense hypothesis in *Stryphnodendron adstringens* (Fabaceae, Mimosoideae) leaves: the role of structure, number, position and nectar composition of extrafloral nectaries. **Plant Species Biology**, v. 32, n. 4, p. 333-339, 2017. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/314013442_Testing_the_optimal_defense_hypothesis_in_Stryphnodendron_adstringens_Fabaceae_Mimosoideae_leaves_the_role_of_structure_number_position_and_nectar_composition_of_extrafloral_nectaries_S_adstringens_ex>. Acesso em: 04 dez. 2017.

DELGADO, M. N.; BÁO, S. N.; AMARAL, L. I. V.; ROSSATTO, D. R.; MORAIS, H. C. Extrafloral nectary morphology and the role of environmental constraints in shaping its traits in a common Cerrado shrub (*Maprounea brasiliensis* A. St.-Hill: Euphorbiaceae). **Brazilian Journal of Botany**, v. 37, n. 4, p. 495-504, 2014. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/280699555_Extrafloral_nectary_morphology_and_the_role_of_environmental_constraints_in_shaping_its_traits_in_a_common_Cerrado_shrub_Maprounea_brasiliensis_A_St-Hill_Euphorbiaceae>. Acesso em: 10 dez. 2015.

DELGADO, M. N.; GOMES, M. R. A.; BÁO, S. N.; ROSSATTO, D. R. Fertilisation residues alter leaf scleromorphy in an evergreen savannah shrub (*Maprounea brasiliensis*, Euphorbiaceae). **Australian Journal of Botany**, v. 61, p. 266-273, 2013. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/274431468_Fertilisation_residues_alter_leaf_scleromorphy_in_an_evergreen_savannah_shrub_Maprounea_brasiliensis_Euphorbiaceae>. Acesso em: 10 dez. 2015.

DICKISON, W. C. **Integrative Plant Anatomy**. California: Academic Press, 2000.

DONADIO, L. C.; FERREIRA, F. R. Mangueira. In: BRUCKNER, C. H. (Ed.). **Melhoramento de fruteiras tropicais**. Viçosa: Editora UFV, p. 351-372, 2002.

FERREIRA, H. J.; VELOSO, V. R. S.; NAVES, R. V.; BRAGA-FILHO, J. R. Infestação de moscas-das-frutas em variedades de manga (*Mangifera indica* L.) no estado de Goiás. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 33, n. 1, p. 43-48, 2003. Disponível em: <<file:///C:/Users/Usu%C3%A1rio/Downloads/2399-10177-1-PB.pdf>>. Acesso em: 10 dez. 2015.

FRANCO, M. R. B.; RODRIGUEZ-AMAYA, D.; LANÇAS, F. M. Compostos voláteis de três cultivares de manga. **Ciências e Tecnologia de Alimentos**, v. 24, n. 2, p. 165-169, 2004. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cta/v24n2/v24n2a02>>. Acesso em: 14 ago. 2014.

KRAUS, J. E.; ARDUIN, M. **Manual Básico de Métodos em Morfologia Vegetal**. Seropédica: Editora Universidade Rural, 1997.

LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**. São Carlos: Editora RiMa, 2004.

MARTINS, J. R.; ALVARENGA, A. A.; CASTRO, E. M.; SILVA, A. P. O.; OLIVEIRA, C.; ALVES, E. Anatomia foliar de plantas de alfavaca-cravo cultivadas sob malhas coloridas. **Ciência Rural**, v. 38, n. 9, p. 1-6, 2008. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cr/v39n1/a40cr193.pdf>>. Acesso em: 10 ago. 2014.

MCMAHON, M. J.; KELLY, J. W. Anatomy and pigments of chrysanthemum leaves developed under spectrally selective filters. **Scientia Horticulturae**, v. 64, p. 203-209, 1995.

METCALFE, C. R.; CHALK, L. **Anatomy of the dicotyledons**. Oxford: Clarendon Press, 1957.

NII, N.; WATANABE, T.; YAMAGUCHI, K.; NISHIMURA, M. Changes of anatomical features, photosynthesis and ribulose biphosphate carboxylase-oxygenase content of mango leaves. **Annals of Botany**, v. 76, n. 6, p. 649-656, 1995.

PAULA, S. M.; NAVES, E. R.; FRANCO, I. M.; PADUA, K. J.; SILVA, K. R.; FERNANDES, W. P.; OLIVEIRA, D. C.; LEMOS-FILHO, J. P.; MOREIRA, A. S. F. P. Desempenho fotossintético de folhas jovens e maduras de *Vochysia cinnamomea* (Vochysiaceae) em áreas de cerrado rupestre intactas e pós-queimada. **Bioscience Journal**, v. 31, n. 2, p. 591-600, 2015. Disponível em: <file:///C:/Users/Usu%C3%A1rio/Downloads/23474-116318-1-PB.pdf>. Acesso em: 15 dez. 2015.

REIS, A. L. E.; SILVA, D. S.; SILVA, K. L. F.; CHAGAS, D. B. Caracterização anatômica e histoquímica de raízes e folhas de plântulas de *Anacardium occidentale* L. (Anacardiaceae). **Revista Árvore**, v. 38, n. 2, p. 209-219, 2014. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rarv/v38n2/01.pdf>>. Acesso em: 15 dez. 2015.

ROSSATTO, D. R.; KOLB, R. M. *Gochnatia polymorpha* (Less.) Cabrera (Asteraceae) changes in leaf structure due to differences in light and edaphic conditions. **Acta Botanica Brasilica**, v. 24, n. 3, p. 605-612, 2010. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/259738348_Gochnatia_polymorpha_Less_Cabrera_Asteraceae_changes_in_leaf_structure_due_to_differences_in_light_and_edaphic_conditions>. Acesso em: 08 fev. 2014.

ROSSATTO, D. R.; TAKAHASHI, F. S. C.; SILVA, L. C. R.; FRANCO, A. C. Características funcionais de folhas de sol e sombra de espécies arbóreas em uma mata de galeria no Distrito Federal, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 24, n. 3, p. 640-647, 2010. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/abb/v24n3/v24n3a07.pdf>>. Acesso em: 08 fev. 2014.

SANTOS, J. P.; SANTANA, C. V. S.; SILVA, M. A.; ROCHA, R. C. Emergência e taxa de poliembrionia em sementes de mangueira (*Mangifera indica*), cultivar manguita e espada, com e sem tegumento. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 4, n. 4, p. 49-53, 2009. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/278004100_EMERGENCIA_E_TAXA_DE_POLIEMBRIONIA_EM_SEMENTES_DE_MANGUEIRA_Mangifera_indica_CULTIVAR_MANGUITA_E_ESPADA_COM_E_SEM_TEGUMENTO>. Acesso em: 10 set. 2015.

SILVA, M. G. C. **Florescimento e frutificação de mangueira (*Mangifera indica* L.) Cv. rosa promovidos por diferentes doses de paclobutrazol**. 2006, 66 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista, 2006.

SILVA, D. M.; BATALHA, M. A. Defense syndromes against herbivory in a cerrado plant community. **Plant Ecology**, v. 212, n. 2, p. 181-193, 2011.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant Physiology**. Sunderland, Massachusetts: Ed. Sinauer Associates, 2010, 782 p.

VOGELMANN, T. C.; JOHN, N. N.; SMITH, W. K. Leaves and light capture: light propagation and gradients of carbon fixation within leaves. **Trends in plant science**, v. 1, n. 2, p. 65-70, 1996. Disponível em: <[http://www.cell.com/trends/plant-science/abstract/S1360-1385\(96\)80031-8](http://www.cell.com/trends/plant-science/abstract/S1360-1385(96)80031-8)>. Acesso em: 04 dez. 2015.

VOLTAN, R. B. Q.; FAHL, J. I.; CARELLI, M. L. C. Variação na anatomia foliar de cafeeiros submetidos a diferentes intensidades luminosas. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 4, n. 2, p. 99-105, 1992.

ZUANAZZI, J. A. S.; MONTANHA, J. A. Flavonóides. In. SIMÕES, C. M. O.; SCHENKEL, E. P.; GOSMANN, G.; MELLO, J. C. P.; MENTZ, L. A.; PETROVICK, P. R. (Eds.). **Farmacognosia da planta ao medicamento**. 2. Ed. Porto Alegre/Florianópolis: Editora da UFRGS/ Editora da UFSC, p. 577-614, 2003.

Histórico editorial:

Submetido em: 25/05/2016.

Aceito em: 10/11/2016.

Como citar:

ABNT

AZEREDO, R. M. A. de; MENDES, M. A.; JOKO, C. Y.; DELGADO, M. N. Effect of expansion time and sunlight radiation on the functional and anatomical traits of mango tree leaves. **Revista Agrogeoambiental**, Pouso Alegre, v. 9, n. 4, p. 69-81, out./dez. Doi: <http://dx.doi.org/10.18406/2316-1817v9n420171007>

APA

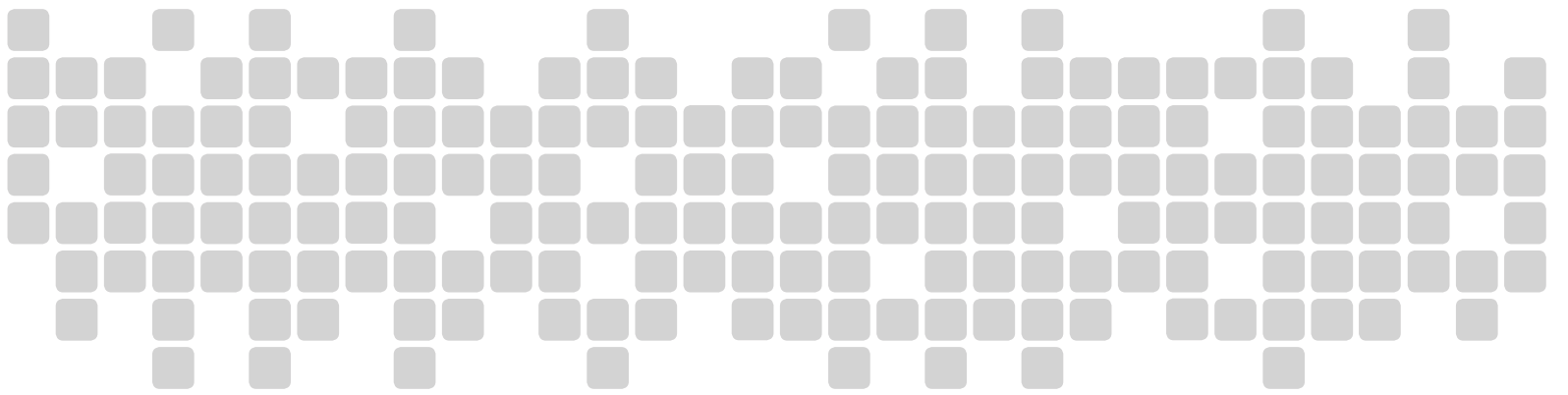
AZEREDO, R. M. A. de, MENDES, M. A., JOKO, C. Y., DELGADO, M. N. (2017). Effect of expansion time and sunlight radiation on the functional and anatomical traits of mango tree leaves. *Revista Agrogeoambiental*, 9 (4), 69-81. Doi: <http://dx.doi.org/10.18406/2316-1817v9n420171007>

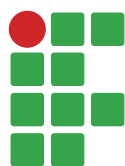
ISO

AZEREDO, R. M. A. de; MENDES, M. A.; JOKO, C. Y. e DELGADO, M. N. Effect of expansion time and sunlight radiation on the functional and anatomical traits of mango tree leaves. *Revista Agrogeoambiental*, 2017, vol. 9, n. 4, pp. 69-81. Eissn 2316-1817. Doi: <http://dx.doi.org/10.18406/2316-1817v9n420171007>

VANCOUVER

Azeredo RMA de, Mendes MA, Joko CY, Delgado MN. Effect of expansion time and sunlight radiation on the functional and anatomical traits of mango tree leaves. *Rev agrogeoambiental*. 2017 out/dez; 9(4): 69-81. Doi: <http://dx.doi.org/10.18406/2316-1817v9n420171007>





Uso do solo e conservação de matas ciliares da Bacia Hidrográfica do Rio Eleutério no município de Monte Sião, Minas Gerais

Magno Pereira Silva¹

Lilian Vilela Andrade Pinto²

Resumo

O presente estudo visou classificar o relevo, determinar o número de nascentes e seu estágio de conservação, quantificar as APPs das nascentes e dos cursos d'água e mensurar a vegetação nativa da Bacia Hidrográfica do Rio Eleutério no município de Monte Sião (MG). Para a realização do levantamento foram utilizados os softwares ArcGIS 10.0, Autocad 2015, cartas topográficas referentes aos municípios de Águas de Lindoia (SP) e Ouro Fino (MG), imagem do Basemap obtida do Arcmap extensão do ArcGIS e o Modelo Digital de Elevação TOPODATA do INPE. O banco de dados foi composto por mapas da rede de drenagem, vegetação nativa, uso e ocupação do solo, classes de relevo (Plano, Suave-Ondulado, Ondulado, Forte-Ondulado, Montanhoso e Escarpado), áreas de preservação permanentes e classificação das nascentes quanto ao estágio de conservação (conservadas, perturbadas e degradadas). A área em estudo apresenta aproximadamente 70 % de sua área com relevo suave-ondulado a ondulado, o que indica que práticas conservacionistas (incorporação de restos de culturas, rotação de cultura, construção de terraços e barraginhas) devem ser introduzidas. Das 276 nascentes da área em estudo, 26 (9,42 %) encontram-se conservadas, 115 (41,67%) perturbadas e 135 (48,91%) degradadas ao ser considerada a presença da vegetação nativa na APP das nascentes. As APPs das nascentes e dos cursos d'água, conforme o estabelecido pela Lei 12.651/2012, somaram 216,77 ha e 1.814,80 ha, respectivamente, e encontram-se muito degradadas. Observou-se o não cumprimento da legislação ambiental nas APPs o que mostra a necessidade de recuperação de 151,35 ha (69,82 %) das áreas das nascentes e de 1.368,09 ha (75,39 %) das áreas dos cursos d'água, o que totalizam 1.519,44 ha, uma vez que a ausência da mata ciliar e usos incorretos dos solos refletem diretamente na conservação da bacia hidrográfica.

Palavras-chave: Sistemas de Informações Geográficas. Nascente. Áreas de Proteção Ambiental.

Introdução

O comportamento hidrológico de uma bacia hidrográfica depende de suas características geomorfológicas (forma, relevo, área, geologia, rede de drenagem, solo, dentre outros), do tipo da cobertura vegetal (LIMA, 1986), clima e manejo do solo (DONADIO; GALBIATTI; PAULA, 2005).

O conhecimento da topografia ou relevo de uma bacia hidrográfica é importante para o ordenamento do uso da terra (ROSTAGNO, 1999) e também por influenciar as respostas hidrológicas da bacia hidrográfica mais do que a forma (arredondada ou alongada) dessa, uma vez que

1 Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais, discente em Gestão Ambiental (Especialização). magnopereira1990@hotmail.com.

2 Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais, professora. lilian.vilela@ifsuldeminas.edu.br. Praça Tiradentes, 416. Centro Inconfidentes, MG. CEP 37576-000.

a velocidade de escoamento superficial depende em grande parte da declividade das vertentes (LINSLEY; KOHLER; PAULHUS, 1958), assim como a infiltração, a umidade do solo, o deflúvio (LIMA, 1986) e a capacidade erosiva (IPT, 1991). O relevo também tem grande contribuição quanto ao potencial poluidor por influenciar principalmente a velocidade com que determinado poluente chega à rede de drenagem e sua taxa de infiltração (VILLELA; MATTOS, 1975).

As áreas de preservação permanente (APP) no entorno das nascentes e cursos d'água têm como funções ambientais a preservação da paisagem, proteção dos recursos hídricos, viabilização do fluxo gênico da fauna e flora, proteção do solo por atuar como dissipadora de energia erosiva e assegurar o bem-estar das populações humanas (BRASIL, 2012), sendo de suma importância o conhecimento do estado de conservação das APPs para a gestão de bacias hidrográficas de modo a estabelecer ações prioritárias de manejo que busquem melhorias quali-quantitativas do recurso hídrico.

Durante o ano de 2014 e 2015, assim como na maior parte do Brasil, o município de Monte Sião (MG) passou por um processo de falta de água para abastecimento da população devido à escassez de chuva. Assim, foram criados pelo município vários programas de conscientização da população, de modo que evitasse o desperdício e fizesse economia do uso da água e planos para preservação dos cursos d'águas e nascentes que terão como ponto de partida o diagnóstico realizado por este estudo.

Uma forma de realizar o levantamento da declividade e do uso da terra de uma determinada área é fazer uso do geoprocessamento, pois propicia facilidades quanto à confecção de mapas. A geração de mapas temáticos necessita de outros mapas como base e tem como objetivo básico fornecer uma representação dos fenômenos existentes sobre a superfície terrestre e faz uso de uma simbologia específica (FITZ, 2008).

Com o exposto, o presente estudo propôs a utilização de geoprocessamento para classificar o relevo, determinar o número de nascentes e seu estágio de conservação, de modo a considerar a presença da vegetação nativa na APP das nascentes, quantificar as APPs das nascentes e dos cursos d'água e mensurar a vegetação nativa presente nelas.

Material e métodos

Caracterização da área

A área em estudo encontra-se limitada nas coordenadas 22°25'60" de latitude e 46°34'20" de longitude oeste de Greenwich, situada no município de Monte Sião, na região sul do estado de Minas Gerais. Totaliza-se uma área de 13.732,56 ha e abrange todos os tributários que deságuam no Rio Eleutério, que corta o município acima do ponto de captação de água do município. O município de Monte Sião (MG) possui uma área de 291,594 km², clima cwb, conforme a classificação climática Köppen, 857 m de altitude média, e o Rio Eleutério como principal curso d'água do município.

A área foi definida pelo responsável da área de meio ambiente da Prefeitura de Monte Sião (MG) para a implantação de um projeto para a proteção de nascentes no município a serem recuperadas com o intuito de garantir o abastecimento de água. A área em estudo abrange os Bairros Perobal, Almeidas, Furrier, Batinga, Mococa, Farias e Três Cruzes.

Obtenção dos Dados

Os dados da rede de drenagem e das nascentes foram obtidos das cartas topográficas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) referente aos municípios de Águas de Lindoia (SP) (Folha SF-23-Y-A-III-4) e Ouro Fino (MG) (Folha SF-23-Y-B-I-3), do ano de 1972, na escala 1:50.000, adquiridas em 28 de abril de 2015 do site do IBGE. O uso e ocupação do solo foi obtido manualmente da imagem do Basemap localizada no Arcmap, ferramenta do ArcGIS. O mapa de declividade foi obtido do TOPODATA Modelo Digital de Elevação (MDE), adquirido do site do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), folha 22S48_ZN e folha 22S465_SN.

Processamento de dados

Cartas topográficas e TOPODATA

As cartas topográficas dos municípios de Águas de Lindoia (SP) e Ouro Fino (MG) foram georreferenciadas no software Autocad 2015 no sistema de projeção UTM, Datum Sirgas 2000 Zona 23S.

O Modelo Digital de Elevação (MDE) TOPODATA foi preparado no ArcGIS 10.0, reprojetoado para o Datum SIRGAS 2000 projeção UTM Zona 23S com a ferramenta Projections and Transformations e redefinido para números inteiros não sinalizados por meio da ferramenta Copy Raster do ArcToolbox. Com isso foi feito o mosaico das duas folhas a partir da ferramenta Image Analysis do ArcGIS 10.0.

Delimitação das nascentes e da rede de drenagem

A delimitação da rede de drenagem foi feita manualmente pela ferramenta polyline no software Autocad 2015 a partir das cartas topográficas georreferenciadas e mosaicadas referentes aos municípios de Águas de Lindoia (MG) (Folha SF-23-Y-A-III-4) e Ouro Fino (Folha SF-23-Y-B-I-3).

Cada início dos tributários do Rio Eleutério foi considerado nascente, identificadas com um ponto e exportado para o software Arcgis 10.0.

Uso e ocupação do solo

O mapa de uso e ocupação do solo foi elaborado manualmente, a partir da imagem do basemap do ArcGIS, por meio da ferramenta Start Editing.

O uso e ocupação do solo foi dividido em cinco classes: vegetação nativa, solo exposto, culturas diversas, pastagens e lagos e/ou represas.

Delimitação das Áreas de Preservação Permanente (APP)

Para a delimitação da Área de Preservação Permanente (APP) no entorno das nascentes e dos cursos d'água considerou-se a condição ótima estabelecida pela Lei 12.651/2012, ou seja, uma proteção de 50 metros de raio no entorno das nascentes e de 30 metros às margens dos cursos d'água com até 10 metros de largura, situação apresentada na rede hidrográfica em estudo.

A partir do centro de cada nascente foi dado um buffer de 50 metros e a partir da rede de drenagem foi inserido um buffer de 30 metros em cada lado dos cursos d'água. Essas ações possibilitaram contabilizar a quantidade de nascentes e a área em m² da APP das nascentes e dos cursos d'água.

Por meio da vegetação nativa delimitada no mapa de uso e ocupação do solo junto com os buffer das nascentes e dos cursos d'água foi possível contabilizar a quantidade de vegetação nativa em cada classe de APP (nascentes e cursos d'água) pela ferramenta Intersect do ArcGIS.

Classificação das nascentes

As nascentes foram classificadas em conservadas, perturbadas e degradadas e seguiu a metodologia do estudo “Prognóstico das matas ciliares nas nascentes do município de Inconfidentes (MG)” realizado por Santos (2013). A autora define as nascentes conservadas como aquelas que apresentam 100 % de sua área de preservação permanente com vegetação nativa; como nascentes perturbadas aquelas que apresentaram entre 30 e 99 % de sua área de preservação permanente com vegetação nativa; como nascentes degradadas aquelas que apresentam ausência de vegetação nativa na sua área de preservação permanente ou apresentaram até 30 % de sua área de preservação permanente com vegetação nativa.

Mapa de declividade

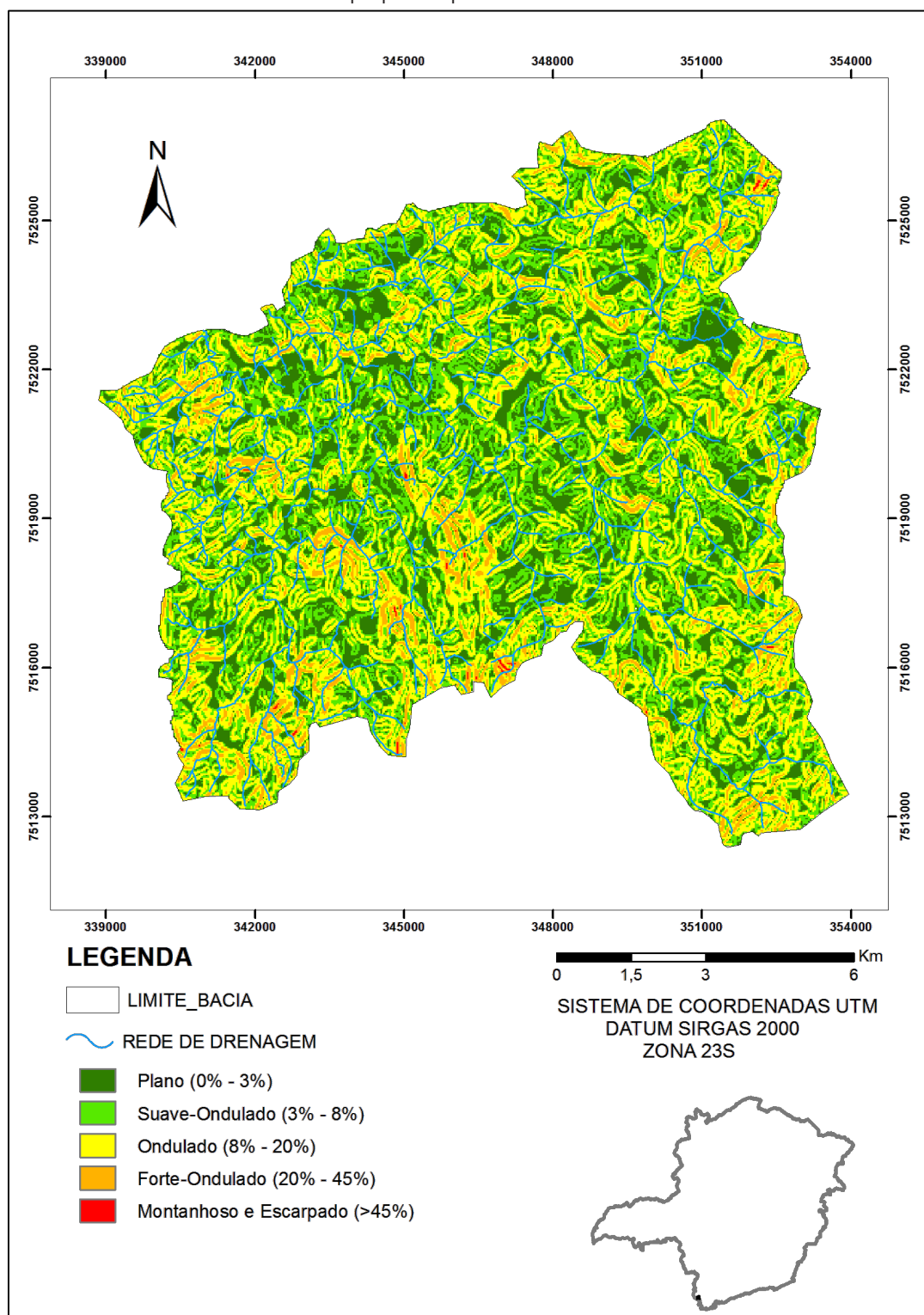
O mapa de declividade foi elaborado fazendo uso do Modelo Digital de Elevação (MDE) TOPODATA do INPE no software ArcGIS 10.0 a partir da ferramenta Slop do ArcToolbox. Para classificação do relevo, seguiram-se as classes de relevo propostas pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) do ano de 2006, que classifica o relevo em Plano (0 a 3 % de declividade), Suave-Ondulado (3 a 8 % de declividade), Ondulado (8 a 20 % de declividade), Forte-Ondulado (20 a 45 % de declividade), Montanhoso (45 a 75 % de declividade) e Escarpado (acima de 75 % de declividade).

Resultados e discussões

Para conhecer a influência das classes de declividade e do uso do solo nos processos hidrológicos, em especial no escoamento superficial e na infiltração, na área em estudo da Bacia Hidrográfica do Rio Eleutério no município de Monte Sião (MG) foram gerados os mapas temáticos de declividade (Figura 1) e uso e ocupação do solo (Figura 2).

A área da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Eleutério em estudo é de 137,33 Km², o que representa 47,1 % da área do município de Monte Sião (MG), com perímetro de 69,48 km. Apresenta altitude entre 788 m e 1160 m metros e relevo plano (0-3 %) em 3.292,33 ha (23,97 %), suave-ondulado (3-8 %) em 4.701,02 ha (34,24 %), ondulado (8-20 %) em 4.847,02 ha (35,30 %), forte-ondulado (20-45 %) em 879,03 ha (6,40 %), montanhoso (45-75 %) em 12,15 ha (0,09 %) e escarpado (acima de 75 %) em 0,18 ha (0,001 %) (Figura 1).

Figura 1. Mapa de declividade com classificação do relevo da Bacia Hidrográfica do Rio Eleutério, Monte Sião (MG), de acordo com as classes de relevo propostas pela EMBRAPA no ano de 2006.

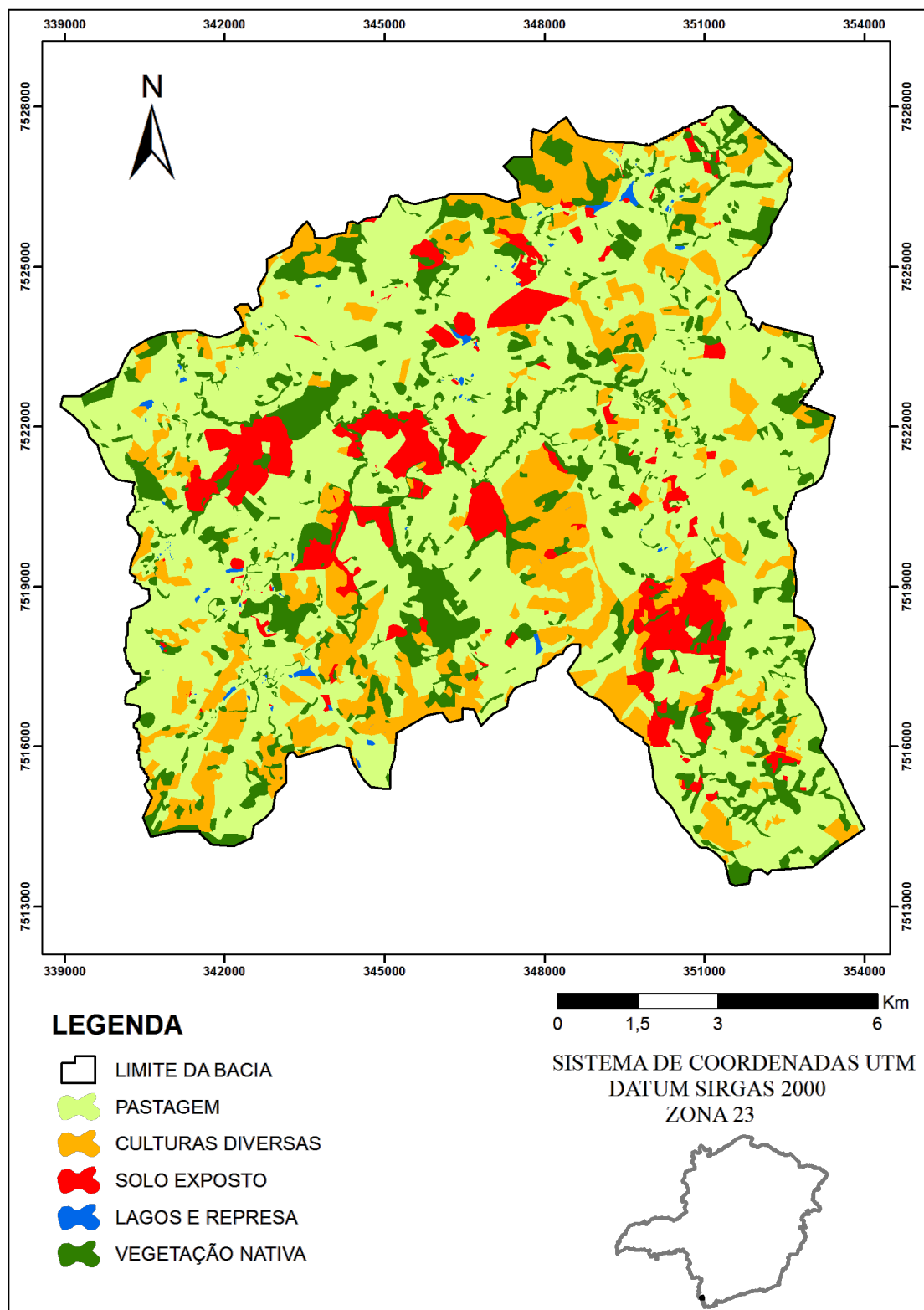


Fonte: Elaboração dos autores (2016)

Aproximadamente 70 % da área da bacia hidrográfica apresenta relevo suave-ondulado a ondulado (de 3 a 20 % de declividade). Essas características não apresentam restrições à infiltração da água da chuva (SERRA, 1993) quando práticas conservacionistas simples, como a incorporação de

restos de culturas e rotação de culturas (DUARTE et al., 2004), construções de terraços e bacias de captação de águas pluviais (ROSTAGNO, 1999), são introduzidas na área de modo a possibilitar o abastecimento dos aquíferos subterrâneos na bacia hidrográfica.

Figura 2. Mapa de uso e ocupação do solo da Bacia Hidrográfica do Rio Eleutério, Monte Sião (MG).



Fonte: Elaboração dos autores (2016)

Ao analisar o mapa de uso e ocupação do solo, verifica-se que o uso predominante da bacia hidrográfica é a pastagem (58,48 %) (Figura 2). Esta cobertura vegetal, quando bem cuidada, protege o solo durante o ano e reduz a velocidade do escoamento superficial, quando comparado com culturas agrícolas, que deixam o solo exposto durante o preparo das áreas agricultáveis (PINTO et al., 2005). Destaca-se que a cobertura vegetal e outras medidas conservacionistas (bacias de captação de águas pluviais e terraços) diminuem o escoamento superficial e promovem a infiltração de água no solo, processo hidrológico que, segundo Lima (1986), é importante para a recarga dos aquíferos, regularidade do deflúvio anual e menores picos de vazão de cheia.

Além da pastagem, as classes de uso do solo contabilizadas foram culturas diversas (17,78 %), vegetação nativa (15,19 %), solo exposto (8,07 %) e lagos e represas (0,48 %) (Figura 2).

O conhecimento da área ocupada por floresta na bacia hidrográfica é bastante relevante, visto que as áreas florestadas promovem maiores taxas de infiltração das águas da chuva no solo, aumentando o nível do lenço freático (LIMA, 1986) e a alimentação das nascentes (PINTO et al., 2004). Casermeiro et al. (2004) e Bartley et al. (2006) afirmam que a retirada do dossel vegetal torna a superfície do solo mais exposta à ação direta das gotas de água, bem como ao livre movimento da água na superfície, o que diminui a infiltração e conseqüentemente promove o aumento no escoamento superficial.

De acordo com Ribeiro et al. (2009), a Mata Atlântica abrangia uma área equivalente a 1.315.460 km² do território brasileiro. Hoje ao considerar os remanescentes acima de 100 ha, tem-se 8,5 % da vegetação deste bioma e, somando-se os fragmentos de floresta nativa acima de 3 ha, o bioma Mata Atlântica está atualmente com 12,5 % do que existia originalmente.

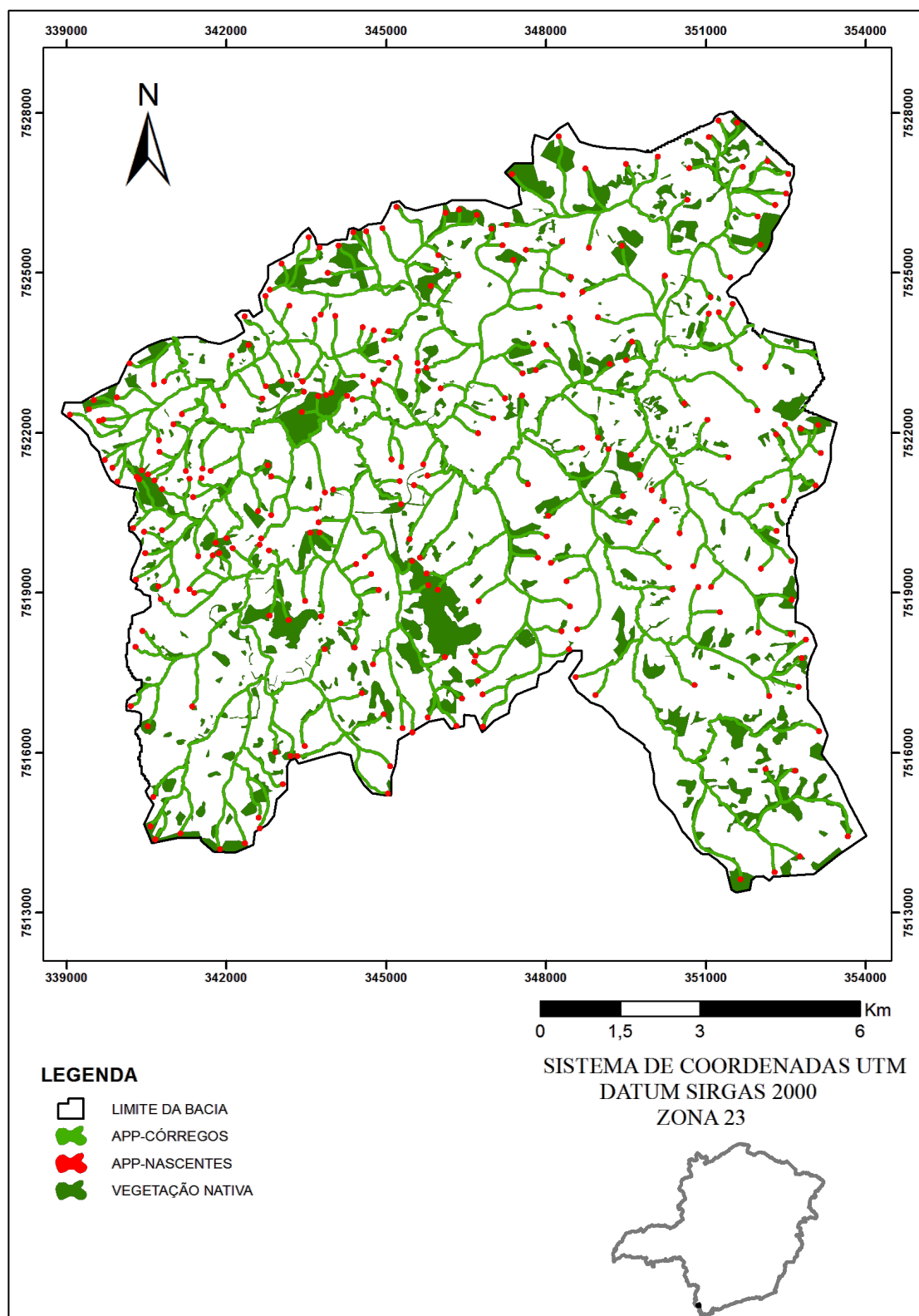
O valor percentual da área de vegetação nativa (15,19 %) foi pouco superior ao valor de 12,5 % do bioma mata atlântica ainda existente (FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA, 2014), aos valores de vegetação nativa observados por Nascimento et al. (2006) na Bacia Hidrográfica do Rio Alegre no município de Alegre, no extremo sul do Espírito Santo (14,30 % da área total de 20.819,8 ha) e por Amaral et al. (2012) na Bacia Hidrográfica do Alto Rio Piedade no oeste de Minas Gerais (14,27 % da área total de 87.645,55 ha); e inferior ao observado por Pinto et al. (2005) na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Santa Cruz em Lavras (MG) (25,74 % da área total de 8.699 ha).

As áreas de preservação permanente (APP) das nascentes e dos cursos d'água da Bacia Hidrográfica do Rio Eleutério em estudo totalizam 2.031,57 ha, 14,79 % da área total. Dos 216,77 ha de APP das nascentes, apenas 65,42 ha (30,18 %) possuem vegetação nativa, e dos 1.814,80 ha de APP de cursos d'água, apenas 446,71 ha (24,61 %) estão cobertos por vegetação nativa (Figura 3).

Com os resultados obtidos, percebe-se o não cumprimento da legislação ambiental nas APPs, tanto das nascentes quanto dos cursos d'água, portanto há a necessidade de recuperação dessas áreas, sendo 151,35 ha (69,82 %) das áreas das nascentes e 1.368,09 ha (75,39%) das áreas dos cursos d'água, que totalizam 1.519,44 ha. Observa-se ainda que as nascentes, locais onde afloram a água subterrânea, formam e mantêm a regularidade dos cursos d'água ao longo do ano, mesmo no período de estiagem e, pelo fato de ter ocorrido recarga dos aquíferos no período chuvoso, encontram-se mais degradadas. Assim, no entorno das nascentes devem ocorrer as primeiras ações de restauração da bacia hidrográfica de modo a garantir a perenidade dos cursos d'água.

Entre as conseqüências do desmatamento das matas ciliares, pode-se citar a perda da biodiversidade da flora e fauna (CADERNOS DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL, 2014), a alteração na hidrologia local com a redução da infiltração e aumento do escoamento superficial e o desencadeamento do processo erosivo, uma vez que pode provocar mudanças consideráveis na estruturação do solo (MARÇAL; GUERRA, 2001). As perdas de solo por erosão causam assoreamento dos corpos d'água e reservatórios e deterioração da qualidade destes.

Figura 3. Mapa de distribuição das Áreas de Preservação Permanentes (APP) e da vegetação nativa da Bacia Hidrográfica do Rio Eleutério, Monte Sião (MG).



Fonte: Elaboração dos autores (2016)

Estudos realizados por Pinto et al. (2012) e Freitas (2010) permitiram concluir que melhores qualidades da água são observadas em nascentes que apresentaram maior cobertura florestal em suas áreas de APP, o que revela a importância da restauração dessas áreas.

Outra consequência provocada pelo assoreamento e que merece destaque é a promoção de enchentes (FORTE..., 2012) e a perda da capacidade de armazenamento d'água, o que gera problemas de abastecimento (RODÍZIO..., 2014), fato observado no município de Monte Sião no período de 2014-2015.

A vegetação nativa encontra-se localizada principalmente próxima aos cursos d'água (Figura 3), o que representa uma importância fundamental no controle de erosão, sedimentação, lixiviação excessiva de nutrientes e na recarga do lençol freático (POESTER et al. 2012).

A localização da vegetação nativa predominantemente próxima aos cursos d'água também foi observada nos estudos de Lanza et al. (2011), Lucas et al. (2013), Santos (2013) e Pinto et al. (2004). Esses resultados revelam a importância da legislação ambiental (Lei 12.651/2012), que tem como um dos princípios a "compatibilização e harmonização entre o uso produtivo da terra e a preservação da água, do solo e da vegetação". As nascentes foram classificadas perante seu grau de conservação da vegetação nativa na APP em conservada, perturbada e degradada (Tabela 1). Foi identificado um total de 276 nascentes, das quais 9,42 % encontram-se conservadas (26), 41,67 % perturbadas (115) e 48,91 % degradadas (135). Os resultados observados revelam um diagnóstico crítico para conservação do recurso hídrico da bacia hidrográfica do Rio Eleutério, Monte Sião (MG), assim como observado em outros municípios de Minas Gerais como pode ser verificado no trabalho de Santos (2013) no município de Inconfidentes (MG), que identificou 233 nascentes, das quais apenas 9 (4 %) apresentam-se conservadas, 41 (17 %) perturbadas e 187 (79 %) degradadas; de Pinto et al. (2004) na Bacia do Ribeirão Santa Cruz em Lavras (MG), que estudaram 177 nascentes perenes, das quais 26 (14,69 %) presenciaram-se conservadas, 107 (60,45 %) perturbadas e 44 (24,86 %) degradadas; e de Costa (2004) na Bacia do Ribeirão Jaguará, localizada à margem direita do Rio Grande entre os municípios de Nazareno e São João Del Rei, que identificou 104 nascentes, das quais 64 (61,54 %) encontram-se degradadas, 40 (38,46) perturbadas e nenhuma nascente conservada.

Tabela 1. Classificação das nascentes da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Eleutério, Monte Sião (MG) quanto ao estágio de conservação.

Estádio de conservação das nascentes							
Conservada		Perturbada		Degradada		Total	
Qtde	%	Qtde	%	Qtde	%	Qtde	%
26	9,42	115	41,67	135	48,91	276	100

Fonte: Elaboração dos autores (2016)

A área de vegetação nativa presente na bacia em estudo (15,19 %) (Figura 2) é muito próxima ao valor da APP no entorno dos cursos d'água e nascentes (14,79 %) e observou-se que a localização da vegetação nativa encontra-se principalmente próxima da rede de drenagem (Figura 3), não sendo suficiente para a conservação das matas ciliares da bacia, tão importantes para conservação quali-quantitativa do recurso hídrico, destacada anteriormente.

Conclusão

Aproximadamente 70 % da área em estudo apresenta relevo suave-ondulado a ondulado, o que indica que práticas conservacionistas (incorporação de restos de culturas, rotação de cultura,

construção de terraços e bacias de captação de águas pluviais) devem ser introduzidas nas áreas sob a orientação da secretaria de meio ambiente do município.

Das 276 nascentes da área em estudo, 26 (9,42 %) encontram-se conservadas, 115 (41,67 %) perturbadas e 135 (48,91 %) degradadas, considerando a presença da vegetação nativa na APP das nascentes.

As APPs no entorno de nascentes e cursos d'água encontram-se muito degradadas, sendo que apenas 25,21 % destas encontram-se cobertas por vegetação nativa.

Há a necessidade urgente de restauração de 1.519,44 ha localizados nas áreas de preservação permanente das nascentes e cursos d'água de modo a se ter melhoria quali-quantitativa no recurso hídrico da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Eleutério, Monte Sião (MG).

Agradecimentos

À FAPEMIG por meio do apoio dos pesquisadores do projeto APQ -01455-14.

Landing use and conservation of riparian forests of Eleutério River in Monte Sião, Minas Gerais state

Abstract

This present study aimed to classify the terrain relief to determine the number of water springs and their conservation status, quantify Permanent Preservation Area (PPA) of springs and streams, as well as evaluating the amount of native vegetation in Eleutério river basin of the city of Monte Sião (MG). In order to carry out the survey, Softwares ArcGIS 10.0, Autocad 2015, topographic maps of the cities of Águas de Lindoia (SP) and Ouro Fino (MG), Basemap image obtained from the Arcmap extension of the ArcGIS, and the Digital Elevation Model TOPODATA, from the National Statistical Research Institute (INPE), were used. Databank comprised maps of the draining chain, native vegetation, use and occupation of soil, relief classes (plain, softly wavy, wavy, strongly wavy, mountainous and steep), permanent preservation areas and classification of water springs as for conservation status (conserved, disturbed, and degraded). 70 % of the area under study features softly corrugated to corrugated relief, which indicates that conservation practices (incorporation of culture leftovers, culture rotation, construction of terraces and small barrages) should be introduced. From the 276 springs in the studied area, 26 (9,42 %) are conserved, 115 (41,67%) disturbed and 135 (48,91 %) degraded, when considering the presence of native vegetation in the springs PPA. Springs and streams PPAs amounted to 216,77 ha and 1.814,80 ha, respectively, and are in seriously degraded state. Environmental laws are not being obeyed in the PPA, which calls for a re-composition plan for the vegetation in these areas, which should be 151,35 ha (69,82%) in the springs PPA and 1.368,09 ha (75,39%) in the streams PPA, amounting to 1519,44 ha, since the absence of riparian forests and the incorrect use of the soils reflect directly on conservation of hydrographic basin water.

Keywords: Geographic Information Systems. Water springs. Environmental protection area.

Referências

AMARAL, A. B.; RIOS, A. S. Geoprocessamento: Mapeamento do uso e Ocupação do Solo no Alto Curso do Rio Piedade, **Revista Geografia**, v. 2, n. 1, p. 1-8, 2012. Disponível em: <<http://www.ufjf.br/revistageografia/files/2012/10/GEOPROCESSAMENTO-MAPEAMENTO-DO-USO-E-OCUPA%C3%87%C3%83O-DO-SOLO-NO-ALTO-CURSO-DO-RIO-PIEDADE.pdf>>. Acesso em: 9 jun. 2016.

BARTLEY, R.; ROTH, C. H.; LUDWIG, J.; MACJANNET, D.; LIEDLOFF, A.; CORFIELD, J.; HAWDON, A.; ABBOTT, B. Runoff and erosion from Australian's tropical semi-arid rangelands. Influence of ground cover for differing space and time scale. **Hydrological Processes**, v. 20, p. 3.317-3.333, 2006. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=000115&pid=S1415-4366201300030001000006&lng=en>. Acesso em: 10 jun. 2016.

BRASIL. Lei Federal nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Institui o Novo Código Florestal Brasileiro. **Diário oficial [da] República Federativa do Brasil**. 28 mai. 2012. Sessão 1, p. 1. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm>. Acesso em: 10 jun. 2016.

CASERMEIRO, M. A.; MOLINA, J. A.; CARAVACA, M. T. D. L.; COSTA, J. H.; MASSANET, M. I. H.; MORENO, P. S. Influence of scrubs on runoff and sediment loss in soils of Mediterranean climate. **Catena**, v. 57, n. 1, p.91-107, jun./2004. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0341816203001607?via%3Dihub>>. Acesso em: 14 jun. 2016.

DONADIO, N. M. M.; GALBIATTI, J. A.; PAULA, R. C. Qualidade da água de nascentes com diferentes usos do solo na bacia hidrográfica do córrego rico, São Paulo, Brasil. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 25, n. 1, p. 115-125, jan./abr. 2005. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/eagri/v25n1/24877.pdf_>. Acesso em: 9 jun. 2016.

DUARTE, S. M. A.; SILVA, I. F.; MEDEIROS, B. G. S.; ALENCAR, M. L. S. Levantamento de solo e declividade da microbacia hidrográfica Timbaúba no Brejo do Paraibano, através de técnicas de fotointerpretação e Sistema de Informações Geográficas. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 4, n. 2, p. 1-9, 2004. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=50040204>>. Acesso em: 17 mai. 2016.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, DF: Serviço de Produção, 2006. Disponível em: <<http://www.agrolink.com.br/downloads/sistema-brasileiro-de-classificacao-dos-solos2006.pdf>>. Acesso em: 9 jun. 2016.

FITZ, P. R. Geografia Tecnológica. In: _____ **Geoprocessamento sem complicação**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. cap. 4, p. 19-29.

Forte chuva causa prejuízos em Monte Sião, no Sul de Minas. Reportagem do dia 16/01/2012. Disponível em: <<http://g1.globo.com/minas-gerais/noticia/2012/01/forte-chuva-causa-prejuizos-em-monte-siao-no-sul-de-minas.html>>. Acesso em: 10 dez. 2017.

FREITAS, A. D. **Macroinvertebrados Bentônicos como Indicadores de Qualidade de Água de Nascentes em Diferentes Estágios de Conservação**. 2010. 40 f. Monografia. (Graduação em Gestão Ambiental) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas, Inconfidentes, 2010.

FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA. **Relatório anual 2014 da SOS Mata Atlântica**. Disponível em: <https://www.sosma.org.br/link/relatorio_anual_sosma_2014/index.html>. Acesso em: 1 jun. 2016.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS (IPT). **Manual de Ocupação de Encostas**. CUNHA, M. A. (Coord.). Publicação IPT n.1831. 1991. 216p.

LANZA, D. S.; OLIVEIRA, D. L.; VAL, M. C. Mapeamento temporal do Uso e Cobertura do Solo das microbacias contribuintes com a represa de Ibitité-MG utilizando imagens de alta resolução. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO - SBSR, 15., 2011, Curitiba, PR, Brasil. **Anais...** Curitiba: INPE, 2011. p. 6270. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/sbsr2011/files/p0582.pdf>>. Acesso em: 9 jun. 2016.

LIMA, W. P. O papel hidrológico da floresta na proteção dos recursos hídricos. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 5., 1986, Olinda. **Anais...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura, 1986. p. 59-62.

LINSLEY JUNIOR, R. K.; KOHLER, M. A. Runoff Relation. In: _____ **Hydrology for engineers**. New York: McGraw-Hill, 1958. cap. 6, p. 162-192. (McGraw-Hill Series in Water Resources and Environmental Engineering).

LUCAS, E. A. L.; BRANCO, V. T. A.; RICHA, C. H.; MOREIRA, D. M.; SCHAFER, A. G. **Mapeamento do uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do Rio Negro-RS utilizando imagens de satélite do sensor oli/landsat 8**. Disponível em: <http://www.cartografia.org.br/cbc/trabalhos/4/715/CT04-139_1404418845.pdf>. Acesso em: 9 jun. 2016.

MARÇAL, M. S.; GUERRA, A. J. T. Processo de urbanização e mudanças na paisagem da cidade de Açailândia (Maranhão). In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S.B. **Impactos ambientais urbanos no Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 2001. p. 21-46.

NASCIMENTO, M. C.; SOARES, V. P.; RIBEIRO, C. A. A. S.; SILVA, E. Mapeamento dos fragmentos de vegetação florestal nativa da bacia hidrográfica do Rio Alegre, Espírito Santo, a partir de imagens do satélite Ikonos II. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 30, n. 3, p. 389-398, 2006. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rarv/v30n3/a09v30n3.pdf>>. Acesso em: 9 jun. 2016.

PINTO, L. V. A.; BOTELHO, S. A.; DAVIDE, A. C.; FERREIRA, E. Estudo das nascentes da bacia hidrográfica do Ribeirão Santa Cruz – Lavras – MG. **Revista: Scientia Forestalis**, n. 65, p. 197-206, jun. 2004. Disponível em: <<http://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr65/cap19.pdf>>. Acesso em: 9 jun. 2016.

PINTO, L. V. A.; FERREIRA, E.; BOTELHO, S. A.; DAVIDE, A. C. Caracterização física da bacia hidrográfica do Ribeirão Santa Cruz – Lavras – MG e uso conflitante da terra em suas áreas de preservação permanente. **Cerne**, Lavras, v. 11, n. 1, p. 49-60, jan./mar. 2005. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/pdf/744/74411106.pdf>>. Acesso em: 8 jun. 2016.

PINTO, L. V. A.; ROMA, T. R.; BALIEIRO, K. R. C. Avaliação qualitativa da água de nascentes com diferentes uso do solo em seu entorno. **Cerne**, Lavras, v. 18, n. 3, p. 495-505, jul./set. 2012. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cerne/v18n3/a18v18n3.pdf>>. Acesso em: 8 jun. 2016.

POESTER, G. C.; CASTRO, D.; MELLO, R. S. P.; BERGAMIN, R. S.; ZANINI, K. J.; MULLER, S. C.; DIAS, A. S. S. **Práticas para restauração da mata ciliar**. Porto Alegre: Catarse – Coletivo de Comunicação, 2012. p. 06-16. Disponível em: <http://www.onganama.org.br/pesquisas/Livros/Livro_Praticas_Restauracao_Mata_Ciliar.pdf>. Acesso em: 9 jun. 2016.

RIBEIRO, M. C.; METZGER, J. P.; MARTENSEN, A. C.; PONZONI, F. J.; HIROTA, M. M. The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. **Biological Conservation**, 142, 1141-1153. 2009. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0006320709000974>>. Acesso em: 9 jun. 2016.

Rodízio ou racionamento de água já atinge 26 cidades no Sul de Minas. Reportagem do dia 24/10/2014. Disponível em: <<http://g1.globo.com/mg/sul-de-minas/noticia/2014/10/mais-de-20-cidades-fazem-rodizio-ou-racionamento-no-sul-de-minas.html>>. Acesso em: 6 jun. 2016.

ROSTAGNO, L. S. C. da. **Caracterização de uma paisagem na área de influência do Reservatório da Usina Hidrelétrica do Funil, Ijaci-MG**. 1999. 66 f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 1999.

SANTOS, A. B. **Prognóstico das matas ciliares nas nascentes do município de Inconfidentes – MG**. 2013. 41 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação- Tecnólogo em Gestão Ambiental) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul de Minas Gerais, Campus Inconfidentes-MG, 2013. Disponível em: <http://www.ifs.ifsuldeminas.edu.br/images/tcc/TCC_-_Amanda_Bueno_Santos_-_TGA.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2016.

SERRA, E. L. **Avaliação da degradação ambiental de três microbacias hidrográficas no município de Lavras, MG**. 1993 153 f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de plantas) – Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, MG, 1993.

VILLELA, S. M.; MATTOS, A. Infiltração. In: _____. **Hidrologia aplicada**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975. cap.4, p.69-80.

Histórico editorial:

Submetido em: 16/06/2016.

Aceito em: 23/11/2016.

Como citar:

ABNT

SILVA, M. P.; PINTO, L. L. A. Uso do solo e conservação de matas ciliares da Bacia Hidrográfica do Rio Eleutério no município de Monte Sião, Minas Gerais. **Revista Agrogeoambiental**, Pouso Alegre, v. 9, n. 4, p. 83-96, out./dez. Doi: <http://dx.doi.org/10.18406/2316-1817v9n420171020>

APA

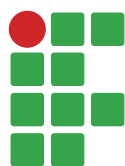
SILVA, M. P. & PINTO, L. L. A. (2017). Uso do solo e conservação de matas ciliares da Bacia Hidrográfica do Rio Eleutério no município de Monte Sião, Minas Gerais. *Revista Agrogeoambiental*, 9 (4), 83-96. Doi: <http://dx.doi.org/10.18406/2316-1817v9n420171020>

ISO

SILVA, M. P. e PINTO, L. L. A. Uso do solo e conservação de matas ciliares da Bacia Hidrográfica do Rio Eleutério no município de Monte Sião, Minas Gerais. *Revista Agrogeoambiental*, 2017, vol. 9, n. 4, pp. 83-96. Eissn 2316-1817. Doi: <http://dx.doi.org/10.18406/2316-1817v9n420171020>

VANCOUVER

Silva MP, Pinto LLA. Uso do solo e conservação de matas ciliares da Bacia Hidrográfica do Rio Eleutério no município de Monte Sião, Minas Gerais. *Rev agrogeoambiental*. 2017 out/dez; 9(4): 83-96. Doi: <http://dx.doi.org/10.18406/2316-1817v9n420171020>



Profitability and efficiency of fertilization in a corn/soybean/corn system in a Latosol with improved fertility

Clério Hickmann¹

Álvaro Vilela de Resende²

Carlos Alberto Silva³

Julian Junio de Jesus Lacerda⁴

Silvino Guimarães Moreira⁵

Otávio Prates Conceição⁶

Abstract

Currently, there are some doubts regarding fertilization dimensioning that aims at a high grain yield in soils with improved fertility in a crop rotation system. Thus, the objective of this study was to evaluate the yield and profitability resulting from different combinations of NPK fertilization and the efficiency of these nutrients in sequential crops of corn/soybean/corn, in a Latosol with improved fertility, in a farm located in the region of Campo das Vertentes, Minas Gerais State, Brazil. Four doses of sowing fertilization and topdressing were compared, corresponding to approximate proportions of 25, 50, 100 and 150 % of the doses usually applied by farmers. Nutrients sources varied according to the inputs used in the farm for each crop. In a soil with improved fertility, corn is more responsive to fertilization than soybean, with higher grain yield gains associated with N and K supply, while P is less limiting. The most profitable nutrients combination for this system involves increasing the amounts of N and K and reducing the amount of P in relation to the standard fertilization employed on the farm, providing a 14.3 % higher profit and higher average nutrient use efficiency.

Keywords: Fertilizer use efficiency. Crop rotation. High grain yield. High-investment agriculture.

Introduction

The intensive use of technologies in grain crops, such as the development of new cultivars, application of liming and fertilizers, mechanization, and crop rotation, has made some regions of Minas Gerais State, Brazil stand out among the areas with the greatest productive potential in the country. Recently, the mesoregion of Campo das Vertentes has been considered as one of the most important grain production centers in the state.

In this region, the use of early soybean cultivars with indeterminate growth habit is a promising option for rotation with corn under no-tillage system (NTS) and makes it possible the use of other crops in the second crop. In addition, soybean is associated with nitrogen-fixing bacteria (N),

1 Universidade do Oeste de Santa Catarina, professor. cleriah@gmail.com. CEP 89900-000, São Miguel do Oeste, SC, Brasil.

2 Embrapa Milho e Sorgo, pesquisador. alvaro.resende@embrapa.br.

3 Universidade Federal de Lavras, professor. csilva@dcs.ufla.br.

4 Universidade Federal do Piauí, professor. julianlacerda@gmail.com.

5 Universidade Federal de Lavras, professor. silvinomoreira@dag.ufsj.br.

6 Universidade Federal de Lavras, estudante de Mestrado. otavio_prates@hotmail.com.

aggregating this nutrient to the straw, which, when decomposed, supplies the N to the successive crop (ALMEIDA et al., 2008; TORRES; PEREIRA; FABIAN, 2008). Long-term studies have demonstrated higher corn yield in rotation with soybeans, even under restricted nutrients availability, when compared with monocultures with adequate nutritional supply (KATSVAIRO; COX, 2000; STANGER; LAUER, 2008).

The advance in the consolidation of production systems in Brazilian soils was only possible with the introduction of soil management practices that involve acidity amendments and fertilizer application to improve fertility. By prioritizing soil fertility improvement and maintenance fertilization throughout successive crops, the residual fertilizer has generated considerable nutrients reserves, particularly in clayey soil (ALMEIDA et al., 2005; GATIBONI et al., 2007). In this scenario, the introduction of NTS provided an additional advantage, including the greater conservation and possible increase of the stocks of soil organic matter, benefiting the chemical, physical, and biological characteristics of the soil. These factors have increased the productive potential of growing environments (RESENDE et al., 2012). Production stands with clayey soils usually present levels of phosphorus (P - Mehlich1) and potassium (K) above 15 and 120 mg dm⁻³, respectively, which characterizes high fertility, very close to that of corn production areas in the United States. Therefore, soil analysis interpretation and fertilization recommendation become more complex due to the lack of research data on the response of the crops to the application of fertilizers aiming at high yield in these soils with improved fertility. Several farmers simply increase fertilization with fixed NPK formulas, which can result in low fertilizer use efficiency.

Yield expectation, previous crop history, or previous cover crop, soil organic matter content, and the crops used in the crop rotation system are the criteria for the definition of the N doses to be applied to crops (AMADO; MIELNICZUK; AITA, 2002). Yield responses of soils with P and K content above the critical level are not expected to generate economic gains for corn and soybean due to the increase in fertilizer doses during maintenance fertilization. It is enough to replace the amount of nutrients exported with the crop (SOUSA; LOBATO, 2004; PAULETTI et al., 2010). According to Alvarez et al. (1999), the critical P and K levels in clayey soils of Minas Gerais are 12 and 70 mg dm⁻³, respectively.

Therefore, more specific geological studies are required to identify fertilization levels that reconcile high grain yield, fertilizer use efficiency and soil fertility maintenance over time. The objective of this work was to evaluate the yield and profitability of different combinations of NPK fertilization and nutrient use efficiency in sequential corn/soybean/corn crops in a clayey Latosol, in a farm located in the region of Campos das Vertentes, Minas Gerais State, Brazil.

Material and methods

The study was carried out at Fazenda Santa Helena, located in the municipality of Nazareno, mesoregion of Campo das Vertentes, MG (lat. 21°15'40" S; long. 44°30'30" W; at 1,020 m asl). The soil was classified as a Clayey Dystrophic Red-Yellow Latosol. Table 1 presents the soil chemical attributes and texture, according to Silva (2009). The degree of soil fertility at the beginning of the experiment was considered as intermediate to high, according to the classification of Alvarez et al. (1999). The area had been cultivated for about twenty years and the history of the last ten years is characterized by high technological investment. The soil is managed under no-tillage system over consecutive corn crops, with fallow in the off-season. In this period, only in one year (2007) sunflower was cultivated as a second crop.

Table 1. Chemical attributes, texture, and density of the Red-Yellow Latosol, at the 0 to 20 cm depth layer, before the experiment implantation.

pH _{water}	P*	K	S _{sulfate}	Zn	Al	P-rem.	V	Ca	Mg	H+Al	CTC at pH 7
			----- mg dm ⁻³ -----			mg L ⁻¹	%			----- cmol _c dm ⁻³ -----	
6.1	13	117	34	5	0.1	7.5	48	2.5	0.7	3.8	7.4
	Sand		Silt		Clay		Organic matter			Apparent density	
			----- dag kg ⁻¹ -----							----- g cm ⁻³ -----	
	17		25		58		4.0			1.1	

* Extracted with the Mehlich-1 solution. The methodologies used for the analysis of all attributes were based on Silva (2009).

Source: Elaborated by the authors (2017)

Three crops were evaluated in the corn/soybean/corn rotation system, under rainfed conditions, in the 2010/2011, 2011/2012 and 2012/2013 agricultural years, with fallow between crops. Cultivars Down 2B587 Hx, Nidera NA5909 RR, and Pioneer P30F53 H were used for the respective crops, with a spacing of 0.6 m between rows. Sowing was carried out on 11/03/2010 (corn), 10/21/2011 (soybean) and 15/10/2012 (corn). Phytosanitary treatments were performed when necessary, according to the farm's protocol. The estimated plant populations in the respective crops were 73,000, 380,000 and 75,000 plants ha⁻¹.

The experiment consisted of a randomized block design with three replications, in a 4 x 4 factorial scheme, combining the application of fertilizers at four doses in sowing fertilization and four doses in topdressing, as described in Table 2. In the sowing fertilization, nutrients were applied in the furrow in the plots, while topdressing treatments were applied in strips between rows, constituting the subplots. The reference for the definition of fertilizer doses was the fertilization typically used on the farm, which corresponded to the third dose (sowing and topdressing) of the interval tested in each crop (Table 2). The other doses were used to evaluate crop's response to fertilizer increment/reduction practiced on the farm. The sources of nutrients varied in each crop, depending on the fertilizers used by the farmer. Topdressing was carried out at the V3-V4 stage of corn and V2 stage of soybean. The subplots consisted of nine 10 m rows. Yield was evaluated by harvesting three 4 m rows in the subplots central area (7.2 m²).

Table 2. Amounts of fertilizers applied at sowing (SOW) and topdressing (TOP) and total nutrients supplied to each crop, according to the fertilization treatments*.

Corn – 2010/2011			Soybean – 2011/2012			Corn – 2012/2013		
SOW	TOP	Total N-P ₂ O ₅ -K ₂ O	SOW	TOP	Total N-P ₂ O ₅ -K ₂ O	SOW	TOP	Total N-P ₂ O ₅ -K ₂ O
Fertilizer NPK 10-30-10	Fertilizer NPK 30-00-20		Fertilizer NPK 02-30-10	Fertilizer KCl		Fertilizer NPK 18-38-00	Fertilizer NPK 22-00-20	
..... kg ha ⁻¹								
0	0	0-0-0	0	0	0-0-0	0	0	0-0-0
0	210	63-0-42	0	25	0-0-15	0	300	66-0-60
0	420	126-0-84	0	50	0-0-30	0	600	132-0-120
0	630	189-0-126	0	75	0-0-45	0	900	198-0-180
240	0	24-72-24	193	0	4-58-19	155	0	28-59-0
240	210	87-72-66	193	25	4-58-34	155	300	94-59-60
240	420	150-72-108	193	50	4-58-49	155	600	160-59-120
240	630	213-72-150	193	75	4-58-64	155	900	226-59-180
386	0	39-116-39	315	0	6-95-32	316	0	57-120-0
386	210	102-116-81	315	25	6-95-47	316	300	123-120-60
386	420	165-116-123	315	50	6-95-62	316	600	189-120-120
386	630	228-116-165	315	75	6-95-77	316	900	255-120-180
570	0	57-171-57	485	0	10-146-49	462	0	83-176-0
570	210	120-171-99	485	25	10-146-64	462	300	149-176-60
570	420	183-171-141	485	50	10-146-79	462	300	215-176-120
570	630	246-171-183	485	75	10-146-94	462	900	281-176-180

*The third dose used in sowing fertilization and topdressing for each crop corresponds to the dose used on the farm.

Source: Elaborated by the authors (2017)

Grain yield was determined by adjusting the moisture content to 130 g kg⁻¹. Yield data of each crop were subjected to analysis of variance, using the SISVAR software (FERREIRA, 2011). Yield regression analyses and the cumulative responses of the three crops were performed according to the nutrient doses applied at sowing and topdressing for each crop. Maximum technical efficiency (DMTE) and maximum economic efficiency (DMEE) doses of fertilizer were estimated. DMEE was obtained considering the amount of fertilizer that provided grain yield corresponding to 90 % of the maximum yield (WENDLING et al., 2008). The efficiency of the use of the nutrients applied as fertilizers was calculated for each crop, also considering the cumulative data, according to the following equation (FAGERIA; SANTOS; CUTRIM, 2007): $NUE = [YWN - YWON] / ANA$; at which $NUE =$ nutrient use efficiency (kg kg⁻¹), $YWN =$ grain yield with the nutrient (kg), $YWON =$ grain yield without the nutrient (kg), and $ANA =$ amount of nutrient applied (kg).

The comparative economic evaluation of the fertilization treatments used the operational production cost of the farm, considering the variations of costs related to the doses of fertilizers. Fixed costs were not included in the calculations. The revenue was calculated based on the yield per treat-

ment and the market price of the grains. The profit was obtained by the difference between the gross revenue and the final cost per treatment. All the calculations were based on the basic operational production cost per hectare of the farm in the 2012/2013 agricultural year, which was R\$ 1,964.00 for corn and R\$ 1,569.00 for soybean, not including the costs of fertilizers. These costs were determined based on the prices of regional suppliers in July 2013, being R\$1,312.00; R\$ 1,238.70; R\$ 1,210.00; R\$ 1,380.00; R\$ 1,120.00; R\$ 1,326.00 per ton, respectively, for the fertilizers NPK 10-30-10, NPK 30-00-20, NPK 02-30-10, NPK 18-38-00, NPK 22-00-20, and potassium chloride (KCl). Revenues were calculated based on prices quotes of July 2013, which were R\$ 65.23 and R\$ 24.22 per bag (60 kg) for soybean and corn, respectively. As a reference, the US dollar exchange rate on July 25, 2013 was R\$ 2,251 (CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA - ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA LUIZ DE QUEIRÓZ - CEPEA/ESALQ, 2013).

Results and discussion

In the three crops of the experiment, no statistically significant interaction was observed between sowing fertilization and topdressing for grain yield (Table 3). Significant isolated effects were observed in the sowing fertilization and topdressing for the two corn crops and only in the topdressing for the soybean crop.

Table 3. Summary of analysis of variance for grain yield in function of fertilization doses applied at sowing and topdressing in corn/soybean/corn rotation.

Source of variation	DF	Mean square		
		Corn 2010/2011	Soybean 2011/2012	Corn 2012/2013
Block	2	57,911	227,756	41,475
Fertilizer doses at sowing (SOW)	3	4,274,885*	708,589 ^{ns}	12,170,035*
Error 1	6	218,209	154,208	602,712
Fertilizer doses in topdressing (TOP)	3	35,241,145*	575,309*	22,571,806*
SOW x TOP	9	3,700,81 ^{ns}	36,214 ^{ns}	735,078 ^{ns}
Error 2	24	176,872	82,411	475,828
Total	47	-	-	-
CV 1 (%)	-	5.0	11.1	6.5
CV 2 (%)	-	4.5	8.1	5.8

* Significant at 5 % probability by the F test. ^{ns} not significant. SOW = NPK doses applied at sowing fertilization. TOP = NK and K doses applied at topdressing for corn and soybean, respectively.

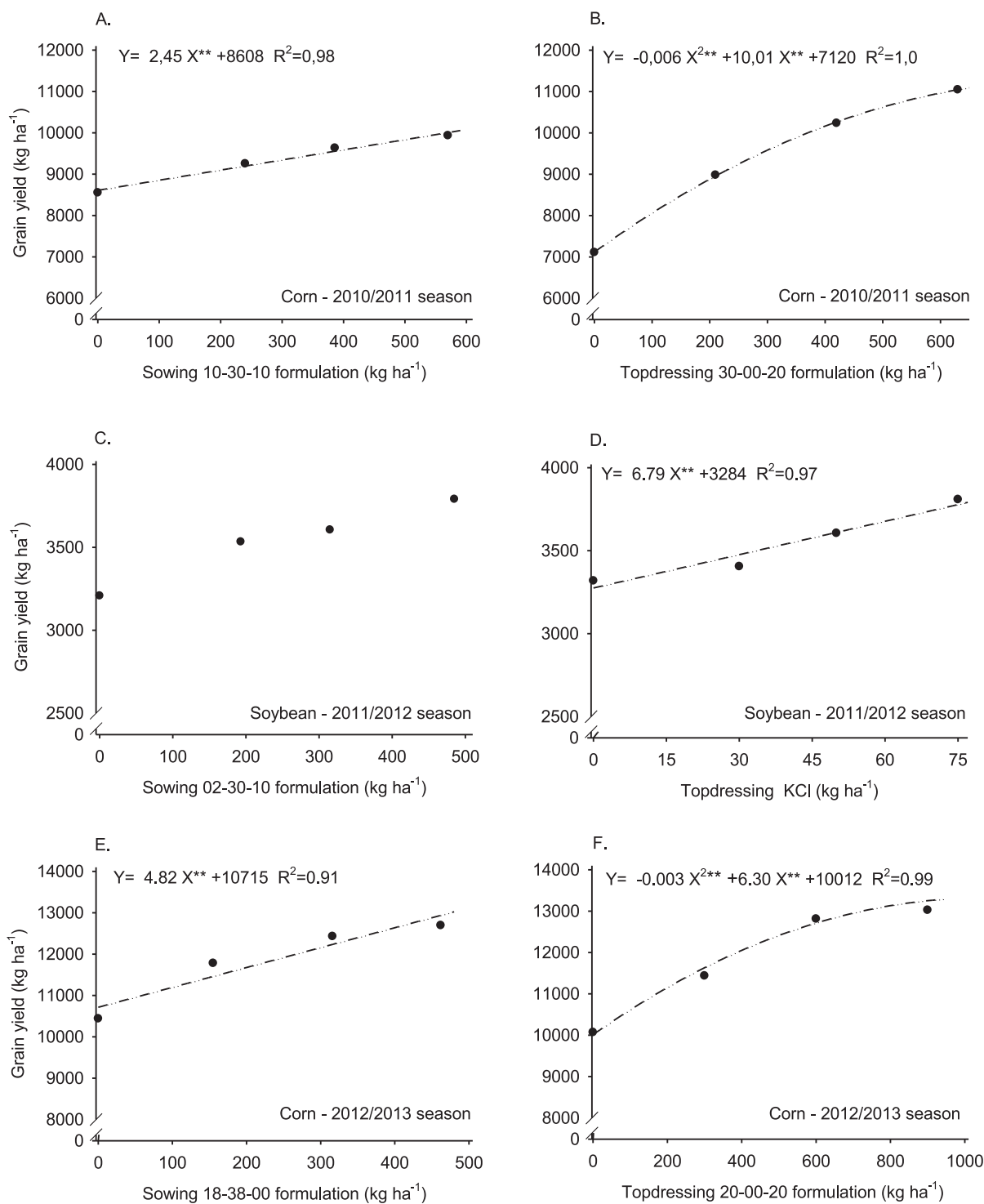
Source: Elaborated by the authors (2017)

In general, significant yield was reported even in the treatments without sowing fertilization or topdressing in the three crops evaluated in this study (Figure 1), confirming the existence of a substantial soil nutrient stock (Table 1). No water restriction was reported during the crop cycle; rainfall was well-distributed over the seasons of the experiment.

In absolute terms, corn yield in the 2010/2011 agricultural year ranged from 5,810 to 11,573 kg ha⁻¹, depending on the combination of sowing fertilization and topdressing treatments. The lowest yield was reported for the treatment without any fertilization, even though the value was above the

national mean estimated for the crop (4,100 kg ha⁻¹) (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB, 2013), confirming the good soil fertility resulting from previous fertilization in the area. However, results revealed a linear increase in yield in function of the NPK doses applied as sowing fertilization and quadratic response to NK doses applied as topdressing (Figures 1A and 1B).

Figure 1. Corn grain yield in the 2010/2011 (A and B) and 2012/2013 (E and F) agricultural years, and soybean grain yield in the 2011/2012 (C and D) agricultural year, in function of sowing fertilization and topdressing. **Significant at 1 % probability.



Source: Elaborated by the authors (2017)

According to the response to topdressing, the dose for maximum economic efficiency, corresponding to 90 % of maximum yield, is 400 kg ha⁻¹ of NPK 30-00-20 fertilizer. The better response of corn to NK fertilization in topdressing indicates that phosphorus availability was the least limiting factor to that crop since the response to sowing fertilization starts with a yield of 8,608 kg ha⁻¹ (Figure 1A). Taking into account the good initial reserve of P and K in the soil (Table 1), which were above the critical levels established for annual crops (ALVAREZ et al., 1999; SOUSA; LOBATO; REIN, 2004; VILELA; SOUSA; SILVA, 2004), it can be inferred that nitrogen was the nutrient that most contributed to corn yield gains with fertilization.

In the second crop (soybean), no significant effect was observed for sowing fertilization. However, yield gain was observed with potassium applied as topdressing (Figures 1C and 1D). Grain yield varied between 3,032 and 4,098 kg ha⁻¹, depending on the treatment, which is well above the Brazilian average of 2.600 kg ha⁻¹ estimated for that crop (CONAB, 2013).

The lack of response of soybeans to sowing fertilization is owing to the greater rusticity of this crop when compared with corn. In this way, the former is less sensitive to differences in nutrient availability (AMADO et al., 2007), presenting lower yield variation due to fertilization treatments. This behavior is reasonable when considering that the clayey soil (58 dag kg⁻¹ clay) of the experimental area, which had been used in no-tillage systems, and fertilized for many years, must present a high degree of buffering, which was favorable to the conservation of high levels of nutrients and organic matter at the beginning of the experiment (Table 1). The buffering might also contribute to increasing fertilizer use efficiency (CUBILLA et al., 2007; RESENDE et al., 2012) so that moderate doses are sufficient to meet the demand for a soybean crop in this soil with improved fertility.

Similarly to the first crop, a linear response of corn to sowing fertilization and quadratic response to topdressing was observed in the 2012/2013 agricultural year (Figures 1E and 1F), and the fertilizer used at sowing did not contain potassium. According to the model obtained in function of topdressing, 384 kg ha⁻¹ of the fertilizer used correspond to the dose for maximum economic efficiency. Again, phosphorus appears as the least limiting nutrient since yield was close to 10,500 kg ha⁻¹ in the absence of sowing fertilization.

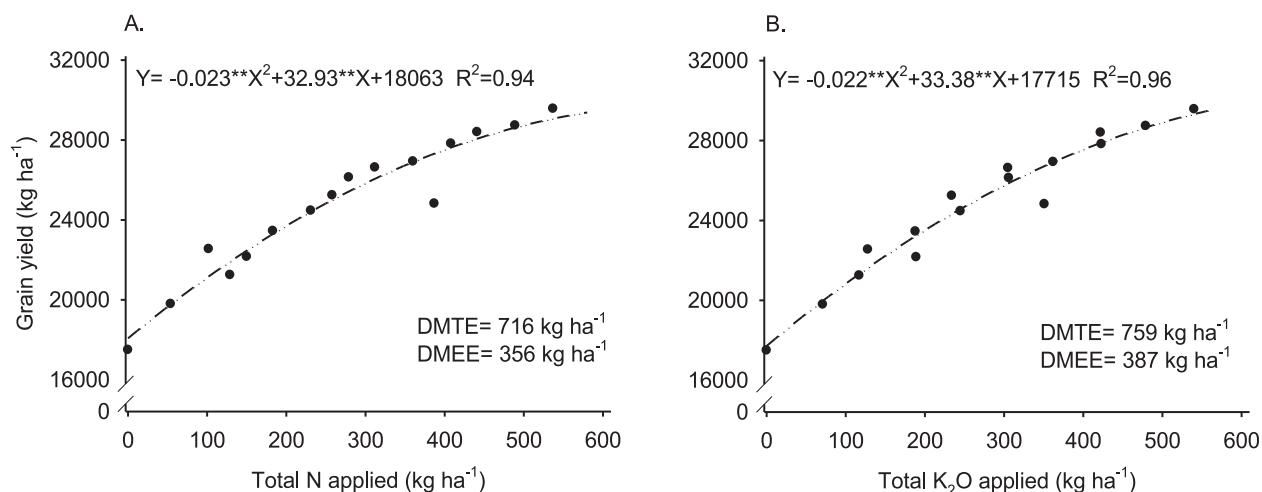
Corn yield in the 2012/2013 agricultural year was higher than in the 2010/2011 agricultural year, varying from 8,496 to 13,898 kg ha⁻¹ according to the treatment. Even in the treatment that did not receive fertilization for three sequential crops, 2,686 kg ha⁻¹ more grains were produced in relation to the first corn crop. Since high productive potential hybrids were used, this difference in yield is due to the combined effect of factors that favored the second crop, such as the best final stand and the introduction of soybean rotation in the 2011/2012 agricultural year. The final stand was estimated at 73,000 plants ha⁻¹ in the 2010/2011 agricultural year, and at 75,000 in the 2012/2013 agricultural year. The use of rotation with soybean with a history of successive corn crops certainly contributed to increasing the productive potential in that environment. The benefits of crop rotation and no-tillage in grain production have been intensively described in the literature (LOPES et al., 2004), mainly regarding the benefits of biological activity and greater buffering in nutrient dynamics and availability. The use of soybeans in a rotation system promotes corn yield gains by providing higher N uptake to the system due to the biological nitrogen fixation, and subsequent straw mineralization (ALVES et al., 2006).

Considering the yield cumulative data and the total N inputs in the different combinations of sowing fertilization and topdressing treatments, the adjusted model allowed estimating a maximum

grain yield of 29,850 kg ha⁻¹ in the three crops (Figure 2A). The N dose associated with the maximum technical efficiency was 716 kg ha⁻¹, while the N dose associated with the maximum economic efficiency, corresponding to 90 % of maximum yield, was estimated at 356 kg ha⁻¹. Since there is no need to apply nitrogen in soybean crops, it can be assumed that the economic dose for the corn/soybean/corn system in the studied field is equivalent to the supply of 178 kg ha⁻¹ of N to each corn crop. This dose is consistent with that suggested by Resende et al. (2012), who recommend the use of 150 to 210 kg ha⁻¹ of N for a corn yield expectation between 10,000 and 12,000 kg ha⁻¹, which is a range that includes the maximum economic yield of 10,166 and 11,988 kg ha⁻¹ estimated in the present study for the agricultural years of 2010/2011 and 2012/2013, respectively.

A maximum yield of 30,377 kg ha⁻¹ was estimated for the response to the cumulative potassium supplied as sowing fertilization and topdressing in the three crops (Figure 2B). The K₂O dose for maximum economic efficiency in the system is 387 kg ha⁻¹, corresponding to the mean application of 129 kg ha⁻¹ in each crop (corn/soybean/corn). This optimum amount of potassium estimated for the system corroborates the recommendations reported in the literature. Resende et al. (2012) suggest the use of 140 to 170 kg ha⁻¹ of K₂O for a corn yield between 12,000 and 14,000 kg ha⁻¹ in soils with K levels close to 80 mg dm⁻³. In the soybean crop, Sousa and Lobato (2004) recommend applying between 40 and 50 kg ha⁻¹ of K₂O for the initial availability of K above 80 mg dm⁻³, which would result in a grain yield between 3,000 and 4,000 kg ha⁻¹.

Figure 2. Cumulative grain yield of corn/soybean/corn crops in function of cumulative N doses (A) and K₂O doses (B) applied to the system. DMTE = dose for maximum technical efficiency; DMEE = dose for maximum economic efficiency. **Significant at 1 % probability.



Source: Elaborated by the authors (2017)

Since phosphorus was supplied only as sowing fertilization, the cumulative response model was based on only four doses, presenting a linear adjustment for yield in function of the P supply ($Y = 8.4**X + 22,507$; $R^2 = 0.96$). Despite being linear, the response to phosphorus starts with a grain yield of 22,507 kg ha⁻¹, contrasting with the standard response identified for N and K, whose absence in fertilization resulted in higher yield of 18,063 and 17,715 kg ha⁻¹, respectively (Figure 2). Thus, N and K supplies were more critical to guarantee the productive potential of the growing environment during the experiment. This fact is certainly due to the history of P accumulation in the clayey soil, as a consequence of corrective and maintenance fertilization, creating a reserve that can significantly supply part of the crop's demand during some agricultural years.

Due to the saturation of P adsorption sites with fertilizers applied over time, the intensity of the response to phosphate fertilization decreases in soils that have already reached adequate average levels of this nutrient, which is required in lesser amounts by the crops when compared with N and K (SOUSA; LOBATO; REIN, 2004; CERETA et al., 2005; GATIBONI et al., 2007). The P stock available in the soil depends on the initial and historical fertilization content, being favored in no-tillage soils, with crop rotation and organic matter maintenance or input (CUBILLA et al., 2007; COSTA et al., 2009). These factors increase the use efficiency of phosphate fertilizers, which can be recovered by the plant in up to 67 % over the years (SOUSA; LOBATO; REIN, 2004).

In the economic evaluation, even without fertilizer application, the corn/soybean/corn rotation system in the studied field resulted in a profit greater than R\$ 3,600.00 ha⁻¹, without deducting the fixed costs (Table 4). Different proportions of N, P₂O₅, and K₂O resulted in similar profitability when compared with each other, but with distinct mean nutrient use efficiency. The cumulative application of fertilizers that generated the highest economic revenue in the system (R\$ 5,884.70 ha⁻¹) corresponded to 443, 189, and 394 kg ha⁻¹ of N, P₂O₅, and K₂O, respectively. This profit was 14.3 % higher than that obtained for the standard fertilization used in the farm, with 360, 330 and 305 kg ha⁻¹ of N, P₂O₅, and K₂O. Comparing with the farm's management, the most profitable treatment involved increasing the amounts of N and K₂O and reducing the amount of P₂O₅, which provided higher mean nutrient use efficiency. According to the doses applied to the crops (Table 2), N/P₂O₅/K₂O ratios of 1.0/0.3/0.8 and 0.1/1.0/1.1 were supplied to the corn and soybean crops, respectively.

Table 4. Profitability and nutrient use efficiency (NUE) in the cumulative response to the supply of N, P₂O₅, and K₂O in the corn/soybean/corn rotation system.

Nutrients applied			Cumulative yield	Cost ⁽¹⁾	Gross revenue ⁽²⁾	Profit	NUE ⁽³⁾			
N	P ₂ O ₅	K ₂ O					N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Mean
----- kg ha ⁻¹ -----					R\$ ha ⁻¹		----- kg kg ⁻¹ -----			
0	0	0	17,496	5,497.00	9,167.60	3,670.60	-	-	-	-
129	0	117	21,249	6,150.40	10,561.36	4,410.96	29	-	32	20
258	0	234	25,239	6,803.80	12,321.24	5,517.44	30	-	33	21
387	0	351	24,822	7,457.20	12,200.00	4,742.80	19	-	21	13
56	189	43	19,798	6,137.83	10,136.00	3,998.17	41	12	54	36
185	189	160	23,451	6,791.23	11,760.40	4,969.17	32	32	37	34
314	189	277	26,628	7,444.63	13,044.12	5,599.49	29	48	33	37
443	189	394	28,400	8,098.03	13,982.76	5,884.73	25	58	28	37
102	330	71	22,548	6,819.89	11,291.76	4,471.87	50	15	71	45
231	330	188	24,471	7,473.29	12,141.88	4,668.59	30	21	37	29
360	330	305	26,932	8,126.69	13,275.20	5,148.51	26	29	31	29
489	330	422	28,733	8,780.09	14,174.44	5,394.35	23	34	27	28
150	493	106	22,165	7,468.11	11,235.80	3,767.69	31	9	44	28
279	493	223	26,130	8,121.51	12,918.36	4,796.85	31	18	39	29
408	493	340	27,824	8,774.91	13,816.96	5,042.05	25	21	30	25
537	493	457	29,569	9,428.31	14,614.24	5,185.93	22	24	26	24

Corn - 2010/2011 agricultural year: price per kg of NPK 10-30-10 (sowing fertilization) = R\$ 1.31; and NPK 30-00-20 (topdressing) = R\$ 1.24. Soybean - 2011/2012 agricultural year: price per kg of NPK 02-30-10 (sowing fertilization) = R\$ 1.21; and KCl (topdressing) = R\$ 1.31. Corn - 2012/2013 agricultural year: price per kg of NPK 18-38-00 (sowing fertilization) = R\$ 1.38; and NPK 22-00-20 (topdressing) = R\$ 1.20. Final operational cost per hectare, without considering the costs with fertilizer used in the corn crop = R\$ 1,964.00 and soybean crop = R\$ 1,569.00. (2) Price of a 60 kg bag for corn = R\$ 24.22 and soybean = R\$ 65.23. (3) Nutrient use efficiency: $NUE = (\text{grain yield with the nutrient} - \text{grain yield without the nutrient})/\text{amount of nutrient applied}$.

Source: Elaborated by the authors (2017)

In general, higher doses of fertilizers resulted in lower profitability and nutrient use efficiency (Table 4). Fertilization in the studied farm tended to supply phosphorus at doses above that necessary to meet the demand for the three crops evaluated. Conversely, an economic response was reported for the additional N and K supply. At the soil fertility condition of the studied field, it is certainly possible to improve NPK fertilizer management to reconcile greater profitability and fertilizer use efficiency. In the case of phosphorus and potassium, this possibility should be related to periodic monitoring with soil analysis, so that the available stocks in the system are not compromised.

Conclusions

In soils with improved fertility, corn is more responsive to fertilization than soybeans; the highest grain yield gains are associated with N and K supply, whereas P is less limiting in a corn/soybean/corn.

The most profitable combination of cumulative nutrient doses for the system involves increasing the N and K doses and reducing the P dose in relation to the farm's standard fertilization, providing a 14.3 % higher profit and a higher mean nutrient use efficiency.

Acknowledgment

To FAPEMIG and CNPq, for the financial support and scholarships. To the owners and workers at Fazenda Santa Helena, for providing the experimental area and inputs, and for assisting in the experiment.

Rentabilidade e eficiência da adubação em um sistema milho/soja/milho em Latossolo de fertilidade construída

Resumo

Atualmente existem dúvidas quanto ao dimensionamento da adubação visando altas produtividades de grãos em solos de fertilidade construída com sistemas de culturas rotacionadas. Neste sentido, objetivou-se avaliar a produtividade e a rentabilidade resultantes de diferentes combinações de adubação NPK e a eficiência de uso desses nutrientes em safras consecutivas de milho/soja/milho, em um Latossolo de fertilidade construído em Fazenda dos Campos das Vertentes (MG). Foram comparados quatro níveis de adubação de semeadura e de cobertura, correspondendo a proporções aproximadas de 25, 50, 100 e 150 % da dose normalmente aplicada pelo agricultor. As fontes de nutrientes variaram conforme os insumos empregados na fazenda a cada safra. Na condição de solo com fertilidade construída, o milho é mais responsivo à adubação do que a soja, sendo os maiores ganhos de produtividade de grãos associados ao fornecimento de N e K, enquanto o P mostra-se menos limitante. A combinação mais rentável de nutrientes para o sistema envolve incremento nas quantidades de N e K e redução no P em relação à adubação padrão da fazenda, proporcionando lucro 14,3 % superior e maior eficiência média de uso dos nutrientes fornecidos.

Palavras-chave: Uso eficiente de fertilizantes. Rotação de culturas. Alta produtividade de grãos. Agricultura de alto investimento.

References

ALMEIDA, J. D.; BERTOL, I.; LEITE, D.; AMARAL, A. D.; ZOLDAN JR, W. A. Propriedades químicas de um Cambissolo Húmico sob preparo convencional e semeadura direta após seis anos de cultivo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, n. 3, p. 437-445, 2005. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/%0D/rbcs/v29n3/25744.pdf>>. Acesso em: 01 jul. 2016.

ALMEIDA, V. P.; ALVES, M. C.; SILVA, E. C.; OLIVEIRA, S. P. Rotação de culturas e propriedades físicas e químicas em latossolo vermelho de cerrado sob preparo convencional e semeadura direta em adoção. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 3, p. 1227-1237, 2008. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v29n3/25744.pdf>>. Acesso em: 01 jul. 2016.

ALVAREZ, V. V. H.; NOVAIS, R. F.; BARROS, N. F.; CANTARUTTI, R. B.; LOPES, A. S. Interpretação dos resultados das análises de solo. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V. V. H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. 5ª aproximação. Viçosa, MG, 1999. p. 25-32.

ALVES, B. J. R.; ZOTARELLI, L.; FERNANDES, F. M.; HECKLER, J. C.; MACEDO, R. A. T.; BODDEY, R. M.; JANTALIA, C. P.; URQUIAGA, S. Fixação biológica de nitrogênio e fertilizantes nitrogenados no balanço de nitrogênio em soja, milho e algodão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 3, p. 449-456, 2006. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/pab/v41n3/29116.pdf>>. Acesso em: 01 jul. 2016.

AMADO, T. J. C.; MIELNICZUK, J.; AITA, C. Recomendação de adubação nitrogenada para o milho no RS e SC adaptada ao uso de culturas de cobertura do solo, sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, n. 1, p. 241-248, 2002. Disponível em: <<http://sbcs.solos.ufv.br/solos/revistas/v26n1a25.pdf>>. Acesso em: 01 jul. 2016.

AMADO, T. J. C.; PONTELLI, C. B.; SANTI, A. L.; VIANA, J. H. M.; SULZBACH, L. A. S. Variabilidade espacial e temporal da produtividade de culturas sob sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 8, p. 1101-1110, 2007. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/pab/v42n8/a06v42n8.pdf>>. Acesso em: 01 jul. 2016.

CERETTA, C. A.; BASSO, C. J.; PAVINATO, P. S.; TRENTIN, E. E.; GIROTTI, E. Produtividade de grãos de milho, produção de matéria seca e acúmulo de nitrogênio, fósforo e potássio na rotação aveia preta/milho/nabo forrageiro com aplicação de dejetos líquidos de suínos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 6, p. 1287-1295, 2005. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cr/v35n6/a10v35n6>>. Acesso em: 01 jul. 2016.

CEPEA/ESALQ – **Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiróz**. Disponível em: <<http://www.cepea.esalq.usp.br/soja/>>. Acesso em: 31 jul. 2013.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 31 jan. 2014.

COSTA, S. E. V. G.; SOUZA, E. D. D.; ANGHINONI, I.; FLORES, J. P. C.; CAO, E. G.; HOLZSCHUH, M. J. Phosphorus and root distribution and corn growth as related to long-term tillage systems and fertilizer placement. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, p.1237-1247, 2009. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v33n5/v33n5a17.pdf>>. Acesso em: 01 jul. 2016.

CUBILLA, M. M.; AMADO, T. J. C.; WENDLING, A.; ELTZ, F. L. F.; MIELNICZUK, J. Calibração visando à fertilização com fósforo para as principais culturas de grãos sob sistema plantio direto no Paraguai. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, n. 6, p. 1463-1474, 2007. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v31n6/23.pdf>>. Acesso em: 01 jul. 2016.

FAGERIA, N. K.; SANTOS, A. B.; CUTRIM, V. A. Produtividade de arroz irrigado e eficiência de uso do nitrogênio influenciadas pela fertilização nitrogenada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 7, p. 1029-1034, 2007. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/%0D/pab/v42n7/16.pdf>>. Acesso em: 01 jul. 2016.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cagro/v35n6/a01v35n6.pdf>>. Acesso em: 01 jul. 2016.

GATIBONI, L. C.; KAMINSKI, J.; RHEINHEIMER, D. D. S.; FLORES, J. P. C. Biodisponibilidade de formas de fósforo acumuladas em solo sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n. 4, p. 691-699, 2007. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v31n4/a10v31n4.pdf>>. Acesso em: 01 jul. 2016.

KATSVAIRO, T. W.; COX, W. J. Tillage x rotation x management interactions in corn. **Agronomy Journal**, v. 92, n. 3, p. 493-500, 2000. Disponível em: <<https://dl.sciencesocieties.org/publications/aj/abstracts/92/3/493>>. Acesso em: 01 jul. 2016.

LOPES, A. S.; WIETHOLTER, S.; QUILHERME, L. R. G.; SILVA, C. A. **Sistema plantio direto: bases para o manejo da fertilidade do solo**. São Paulo: Associação Nacional para Difusão de Adubos - ANDA, 2004. 110p.

PAULETTI, V.; SERRAT, B. M.; MOTTA, A. C. V.; FAVARETTO, N.; ANJOS, A. D. Yield response to fertilization strategies in no-tillage soybean, corn and common bean crops. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 53, n. 3, p. 563-574, 2010. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/babt/v53n3/a09v53n3.pdf>>. Acesso em: 01 jul. 2016.

RESENDE, A. V.; COELHO, A. M.; SANTOS, F. C.; LACERDA, J. J. J. **Fertilidade do solo e manejo da adubação NPK para alta produtividade de milho no Brasil Central**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2012. 12p. Circular Técnica, n. 181, Disponível em: <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/951901/1/circ181.pdf>>. Acesso em: 01 jul. 2016.

SANTOS, L. P. D.; AQUINO, L. A.; NUNES, P. H. M. P.; XAVIER, F. O. Doses de nitrogênio na cultura do milho para altas produtividades de grãos. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 12, n. 3, p. 270-279, 2013. Disponível em: <http://rbms.cnpms.embrapa.br/index.php/ojs/article/view/449/pdf_76>. Acesso em: 01 jul. 2016.

SILVA, F. C. da (Ed.). **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009. 627p.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. Calagem e adubação para culturas anuais e semiperenes. In: SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. (Eds.). **Cerrado: Correção do solo e adubação**. 2 ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. p. 283-315.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E.; REIN, T. Adubação com fósforo. In: SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. (Eds.). **Cerrado: Correção do solo e adubação**. 2 ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. p. 147-168.

STANGER, T. F.; LAUER, J. G. Corn grain yield response to crop rotation and nitrogen over 35 years all. **Agronomy Journal**, v. 100, n. 3, p. 643-650, 2008. Disponível em: <<https://dl.sciencesocieties.org/publications/aj/abstracts/100/3/643>>. Acesso em: 01 jul. 2016.

TORRES, J. L. R.; PEREIRA, M. G.; FABIAN, A. J. Produção de fitomassa por plantas de cobertura e mineralização de seus resíduos em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 3, p. 421-428, 2008. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/pab/v43n3/a18v43n3.pdf>>. Acesso em: 01 jul. 2016.

VILELA, L.; SOUSA, D. M. G.; SILVA, J. E. Adubação potássica. In: SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. (Eds.). **Cerrado: Correção do solo e adubação**. 2 ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. p. 169-183.

WENDLING, A.; ELTZ, F. L. F.; CUBILLA, M. M.; AMADO, T. J. C.; MIELNICZUK, J. Recomendação de adubação potássica para trigo, milho e soja sob sistema plantio direto no Paraguai. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 5, p. 1929-1939, 2008. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v32n5/14.pdf>>. Acesso em: 01 jul. 2016.

Histórico editorial:

Submetido em: 01/07/2016.

Aceito em: 20/12/2016.

Como citar:

ABNT

HICKMANN, C.; RESENDE, A. V. de; SILVA, C. A.; LACERDA, J. J. J.; MOREIRA, S. G.; CONCEIÇÃO, O. P. Profitability and efficiency of fertilization in a corn/soybean/corn system in a Latosol with improved fertility.

Revista Agrogeoambiental, Pouso Alegre, v. 9, n. 4, p. 97-110, out./dez.

Doi: <http://dx.doi.org/10.18406/2316-1817v9n420171037>

APA

HICKMANN, C., RESENDE, A. V. de, SILVA, C. A., LACERDA, J. J. J., MOREIRA, S. G. & CONCEIÇÃO, O. P. (2017). Profitability and efficiency of fertilization in a corn/soybean/corn system in a Latosol with improved fertility. *Revista Agrogeoambiental*, 9 (4), 97-110.

Doi: <http://dx.doi.org/10.18406/2316-1817v9n420171037>

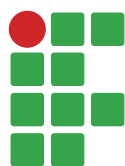
ISO

HICKMANN, C.; RESENDE, A. V. de; SILVA, C. A.; LACERDA, J. J. J.; MOREIRA, S. G. e CONCEIÇÃO, O. P. Profitability and efficiency of fertilization in a corn/soybean/corn system in a Latosol with improved fertility. *Revista Agrogeoambiental*, 2017, vol. 9, n. 4, pp. 97-110. Eissn 2316-1817.

Doi: <http://dx.doi.org/10.18406/2316-1817v9n420171037>

VANCOUVER

Hickmann C, Resende AV de, Silva CA, Lacerda JJJ, Moreira SG, Conceição OP. Profitability and efficiency of fertilization in a corn/soybean/corn system in a Latosol with improved fertility. *Rev agrogeoambiental*. 2017 out/dez; 9(4): 97-110. Doi: <http://dx.doi.org/10.18406/2316-1817v9n420171037>



Vespas sociais (*Hymenoptera, Vespidae*) em cultura de bucha vegetal *Luffa aegyptiaca* Mill.

João Batista Dalló¹

Marcos Magalhães Souza²

Evando Luiz Coelho³

Angela Gomes Brunismann⁴

Resumo

O cultivo de bucha vegetal *Luffa aegyptiaca* M. (Cucurbitaceae) é importante fonte de renda para pequenos proprietários rurais, com destaque para o sul do estado de Minas Gerais, contudo, ocorrem perdas de produção significativas ocasionadas por diferentes pragas agrícolas, que poderiam ser atenuadas pelo controle biológico, utilizando, por exemplo, as vespas sociais. Apesar do alto potencial desses insetos em outras cucurbitáceas, bem como seu papel como polinizadores, pouco se conhece sobre as vespas sociais no cultivo de bucha. Nesse sentido, o objetivo deste trabalho foi registrar a riqueza de vespas sociais na cultura da bucha, bem como dados etológicos. O estudo foi conduzido em uma área de cultivo no sul de Minas Gerais, no período de novembro de 2014 a março de 2016, nos diferentes estágios da cultura, totalizando 22 dias de amostragem. Foram registradas 17 espécies de cinco gêneros e seis atos comportamentais, sendo o mais frequente a visitação floral. Não houve registro de danos à cultura pelas vespas sociais, que de fato têm alto potencial como polinizadores efetivos, portanto, o manejo dessa cultura deve incorporar práticas que permitam a manutenção das populações desses insetos na área de cultivo.

Palavras-chave: Cucurbitaceae. Marimbondos. Polinização.

Introdução

Várias espécies de Cucurbitaceae são cultivadas no Brasil e representam uma parcela significativa do agronegócio brasileiro, entre elas a bucha vegetal *Luffa aegyptiaca* (FERREIRA; DINIZ, 2007). Ainda que essa cultura represente menor expressão econômica, quando comparada a outras espécies da família, a bucha é a mais cultivada em áreas de agricultura familiar (FERREIRA; DINIZ, 2007; FERREIRA et al., 2008; LIRA et al., 2011).

O estado de Minas Gerais é o maior produtor brasileiro, com 50 % da produção nacional de bucha vegetal (GLOBO RURAL, 2013). A bucha é comercializada de duas maneiras: na confecção de artesanato para o comércio em feiras; em supermercados, após serem beneficiadas, ou seja, limpas e embaladas. Além disso, na indústria, as fibras são empregadas na fabricação de estofamentos, de dispositivos de filtragem e de isolamentos acústicos e térmicos, entre outras aplicações (FERREIRA; DINIZ, 2007).

1 Instituto Federal do Sul de Minas – IFSULDEMINAS, *Campus* Inconfidentes, Minas Gerais, Brasil, graduado em Licenciatura em Ciências Biológicas, joao.b.dallo@hotmail.com.

2 Instituto Federal do Sul de Minas – IFSULDEMINAS, *Campus* Inconfidentes, professor, marcos.souza@ifsuldeminas.edu.br.

3 Instituto Federal do Sul de Minas – IFSULDEMINAS, *Campus* Inconfidentes, professor, evando.coelho@ifsuldeminas.edu.br.

4 Instituto Federal do Sul de Minas – IFSULDEMINAS, *Campus* Inconfidentes, graduada em Licenciatura em Ciências Biológicas, angelabrunismann@gmail.com.

A produção de bucha no Brasil, contudo, sofre perdas anuais provocadas por diferentes pragas agrícolas, entre elas insetos, o que afeta negativamente a economia, sobretudo familiar (LEITE et al., 2011).

Entretanto, a entomofauna associada à bucha, especialmente insetos predadores e polinizadores, ainda é pouco estudada, bem como informações etológicas (KOUL; BHAGAT, 1994; VASCONCELOS et al., 2005), como exemplo, informações relacionadas a interações entre *Luffa aegyptiaca* e vespas sociais, insetos da ordem Hymenoptera, família Vespidae, conhecidos popularmente como marimbondos e que são predadores de diferentes pragas agrícolas (SOUZA; ZANUNCIO, 2012).

O estudo da etologia é relevante, pois permite compreender, descrever e propor explicações plausíveis aos diversos fenômenos comportamentais realizados por um táxon em cativeiro ou em seu habitat natural, como o repertório comportamental realizado por um inseto como visitante floral ou polinizador (DELCLARO, 2014).

Alguns estudos mostram que as vespas sociais são visitantes florais de diferentes famílias vegetais como Asteraceae, Combretaceae, Myrtaceae e Melastomataceae (SILVA-PEREIRA; SANTOS, 2006; CLEMENTE et al., 2012; MECCHI, 1996, 2005; HERMES; KÖHLER, 2006; ZANETTE et al., 2005; SANTOS et al., 2006; MELLO, 2007), e também podem efetivamente ser polinizadores (VIEIRA; SHEPEHERD, 1999; QUIRINO; MACHADO, 2001; MELLO, 2007), porém não há informações do papel de vespas sociais como visitantes florais ou polinizadores na cultura de bucha.

Considerando que existe uma lacuna no conhecimento sobre a entomofauna associada ao cultivo da bucha vegetal, o presente estudo tem por objetivo avaliar a riqueza de vespas sociais, bem como registrar dados etológicos realizados na cultura da bucha.

Material e métodos

O trabalho foi conduzido em uma área de cultivo de bucha vegetal no Sítio Monjolo, zona rural do município de Inconfidentes (Lat. 22° 19' 01" S, Long. 46° 19' 40" W), 869 m de altitude, no sul do estado de Minas Gerais, clima Tropical de Altitude do tipo Cbw, segundo a classificação de Köppen. A área de cultivo tem aproximadamente três hectares com espaçamento de 3 x 3 metros entre plantas (Figura 1).

Figura 1. Área de cultivo de *Luffa aegyptiaca* no sul de Minas Gerais.



Fonte: João Batista Dalló (2016)

As coletas de espécimes de vespas sociais e observações etológicas, como visitação floral e predação, foram realizadas no período de novembro de 2014 a març o de 2016, com dois dias de campo mensais, nos diferentes estágios da cultura: plantio, floração, frutificação e colheita, totalizan-

do 22 dias de amostragem. Para coleta dos espécimes foi utilizado o método de busca ativa (SOUZA; PREZOTO, 2006), com o uso de rede entomológica, no horário de maior atividade forrageadora de vespas sociais, entre 10 e 15 horas, segundo PREZOTO et al. (2008). Também foram realizadas observações nos fragmentos florestais do entorno do cultivo, aproximadamente no raio de 150 metros.

Para a obtenção dos dados etológicos foi utilizado o método *ad libitum* (DEL-CLARO, 2010), que consiste no registro de todas as ocorrências comportamentais exibidas pelas diferentes espécies de vespas sociais na cultura da bucha.

As vespas sociais foram identificadas com auxílio das chaves taxonômicas propostas por Richards (1978) e Carpenter (2004).

Resultados e discussão

Foram coletadas 17 espécies de cinco gêneros, sendo *Polybia paulista* a mais frequente (Tabela 1), com três colônias em fragmentos próximos à área de cultivo, distantes de 50 a 150 metros. Isso explica a frequência elevada dessa espécie na área em função da atividade de forrageio de vespas sociais ocorrer entre 150 e 300 metros, como já elucidado para as espécies *Polybia scutellaris*, *P. occidentalis* e *P. sericea* (MACHADO; PARRA, 1984; SANTOS et al., 2000; BICHARA-FILHO, 2003).

Tabela 1. Número de visitas registradas, comportamentos observados por espécie de vespa social nas diferentes etapas do cultivo da bucha vegetal *Luffa aegyptiaca*, no Sul de Minas Gerais, no período de 2015 a 2016.

Espécies de vespa social	Plantio e crescimento	Floração, frutificação e colheita	Comportamentos observados					
			C 01	C 02	C 03	C 04	C 05	C 06
<i>Polybia ignobilis</i> (Haliday, 1836)	26	86	62	09	15	-	+	+
<i>Polybia paulista</i> H. von Ihering 1896	32	191	171	62	58	+	+	-
<i>Polybia sericea</i> (Olivier, 1791)	06	30	19	06	05	-	+	-
<i>Polybia scutellaris</i> (white, 1841)	07	38	29	03	06	+	+	-
<i>Polybia jurinei</i> (Saussure, 1854)	05	05	04	0	01	-	-	-
<i>Polybia fastidiosuscula</i> (Saussure, 1854)	03	55	28	16	11	+	+	-
<i>Polybia occidentalis</i> (Olivier, 1971)	03	44	34	04	06	+	+	-
<i>Polybia platycephala slyvestris</i> Richards,	0	03	03	0	0	-	-	-
<i>Brachygastra lecheguana</i> (Latreille, 1824)	01	01	0	0	01	-	-	-
<i>Polistes simillimus</i> Zikán, 1951	03	08	04	02	02	-	+	-
<i>Mischocyttarus cerberus styx</i> (Richards, 1940)	0	02	01	0	01	-	-	-
<i>Protonectarina sylveirae</i> (Saussure, 1854)	01	09	05	0	04	+	+	+
<i>Agelaia pallipes</i> (Olivier, 1791)	0	01	01	0	0	+	-	-
<i>Agelaia multipicta</i> (Haliday, 1836)	0	04	03	0	01	-	-	-
<i>Agelaia vicina</i> (Saussure, 1854)	06	139	74	37	28	-	+	-
<i>Synoeca cyanea</i> (Fabricius, 1775)	01	03	01	0	02	-	-	-
<i>M. cassununga</i> (R. von Ihering, 1903)	0	02	01	0	01	-	-	+
Total de visitas registradas	94	621	440	139	142	-	-	-

+ Presença e – Ausência; C01 visitação floral; C02 visitação à glândula extra-floral; C03 repouso na área foliar; C04 antagonismo com *Trigona spinipes*; C05 antagonismo com a *Apis mellifera*; C06 Predação.

Fonte: Elaboração dos autores (2016).

Uma colônia de *Mischocyttarus cassununga* foi registrada no interior da área de cultivo, além de *Agelaia pallipes* e *Polistes ferreri* nos fragmentos florestais adjacentes ao cultivo. A presença de fragmentos florestais associados a monoculturas afeta positivamente a riqueza e abundância de espécies de vespas sociais, o que explicaria a riqueza observada neste estudo (FREITAS et al., 2015) e atesta a importância de fragmentos florestais para a manutenção de insetos úteis para a lavoura (ALTIERI; SILVA, 2003).

Foram observados seis atos comportamentais descritos a seguir:

Comportamento 01: visitação floral - a vespa social pousa sobre a flor e se direciona para o interior dela, buscando o guia nectário e promovendo o contato do seu corpo com os estames ou os estigmas.

Comportamento 02: visitação à glândula extrafloral - a vespa pousa no pecíolo da folha e se direciona para glândula, tocando-a com o aparelho bucal.

Comportamento 03: repouso na área foliar - as vespas pousam nas folhas e permanecem em repouso por tempo variável.

Comportamento 04: antagonismo com *Trigona spinipes* (Fabricius, 1793) - as vespas sociais entram em disputa em voo, afugentando ou sendo afugentadas na flor.

Comportamento 05: antagonismo com a *Apis mellifera* L., 1758 – as vespas entram em disputa em voo ou pousadas na flor, normalmente sendo afugentadas pelas abelhas.

Comportamento 06: predação - a vespa social domina a presa e providencia a retirada dos apêndices, pernas, asas etc, formando uma massa compacta usando suas mandíbulas.

O comportamento mais frequente foi a visitação floral (01) (Figura 2), que está relacionado com a alta concentração de açúcares no néctar e a disponibilidade desse néctar concentrado ao longo do dia (MALERBO-SOUZA; NOGUEIRA COUTO, 1998), evidenciando a necessidade de manejo adequado da cultura de bucha para manutenção das vespas sociais, em função do potencial como agente polinizador desses insetos, como já elucidado em estudos realizados com outras espécies vegetais em áreas de Cerrado (MECHI, 1996 e 2005), Caatinga (SANTOS et al., 2006), Mata de Araucária (HERMES; KÖHLER, 2006) e em áreas urbanas (ZANNETE et al., 2005; CLEMENTE, 2015).

Figura 2. *Polybia sericea* visitando a flor feminina de *Luffa aegyptiaca* em área de cultivo no sul de Minas Gerais.



Fonte: João Batista Dalló (2016)

Outro fator a ser considerado é o fato de as vespas sociais apresentarem peças bucais curtas, mais adaptadas para a visitação de flores abertas e com corolas rasas (HEITHAUS, 1979), carac-

terísticas típicas em flores de Cucurbitaceae que são ligeiramente tubular, porém rasas, com cinco pétalas, fundidas apenas na base, de cores amarelas ligeiramente esverdeadas (McGREGOR, 1976; MOHR, 1986; DELAPLANE; MAYER, 2000).

O segundo comportamento mais frequente foi o C02 (visitação à glândula extrafloral). Segundo Evans (1970), a maioria das vespas sociais apresentam aparelho bucal curto e plano que pode ser usado apenas para lamber o néctar, sendo as flores com nectários extraflorais abertos as mais visitadas.

O comportamento antagônico entre vespas sociais e abelhas registrado no presente estudo deve-se à alta frequência de *Trigona spinipes* juntamente com *Apis mellifera* em flores de Cucurbitaceae, como já registrado por outros estudos (AMARAL; MITIDIARI, 1966; LOPES; CASALI, 1982; ÁVILA, 1987; GOMES, 1991). Os conflitos ocorrem em função do comportamento agressivo e monopolista das espécies de *Trigona*, bem como a estratégia de forragear em grandes grupos (JOHNSON; HUBBELL, 1974; HUBBELL; JOHNSON, 1977; ALMEIDA; LAROCA, 1988; SAZIMA; SAZIMA, 1989).

O cultivo na área de estudo não apresentou danos provocados por insetos fitófagos, porém houve registro da predação por vespas sociais de uma lagarta, larva de lepidóptera e ácaros no presente estudo. Essa ação predatória já foi observada em outras culturas, como já elucidado na literatura (MARQUES; CARVALHO, 1993; PREZOTO; MACHADO, 1999; RICHTER, 2000; CARPENTER; MARQUES, 2001; ELISEI et al., 2005; PREZOTO et al., 2006; SOUZA; TORRES, 2007; BICHARA et al., 2009; ELISEI et al., 2010; SOUZA; ZANUNCIO, 2012).

A partir dos dados obtidos, entende-se que são necessários novos trabalhos para melhor avaliação do uso de vespas sociais como ferramenta no controle de pragas na cultura da bucha.

Conclusão

As vespas sociais são insetos frequentes em cultivo de bucha e têm alto potencial como polinizadores efetivos. O manejo dessa cultura deve incorporar práticas que impedem a destruição das colônias, visando à manutenção das vespas sociais na área de cultivo.

Agradecimentos

Aos proprietários do Sítio Monjolo, ao IFSULDEMINAS, *Campus* Inconfidentes, aos alunos Alan Prandini, Luan Oliveira e Lucas Rocha Millani, que auxiliaram no trabalho de campo.

Social wasps (Hymenoptera, Vespidae) in loofah culture *Luffa aegyptiaca* Mill.

The loofah cultivation *Luffa aegyptiaca* M. (Cucurbitaceae) is an important source of income for small farmers, especially in the southern state of Minas Gerais, however, there are significant production losses caused by different agricultural pests, which can be controlled through biological control, using, for example, social wasps. Despite the high potential of these insects in other cucurbitaceae, as well as their role as pollinators, little is known about the social wasps in the loofah cultivation. In this sense, the objective of this work was to register the wealth of social wasps in the loofah crop, as well as ethological data. The study was conducted in a farming area in the south of Minas Gerais, from november 2014 to march 2016, at various stages of culture, totalizing twenty-two days of sampling. 17 species of five genera and six behavioral acts were recorded, and it was found that floral visitors were the most frequent of them. There were no reports of damage to the culture by social

wasps, which indeed have high potential as effective pollinators; therefore, the management of this culture should incorporate practices that allow the maintenance of the populations of these insects in the cultivation area.

Keywords: Cucurbitaceae. Marimbondos. Pollination.

Referências

ALMEIDA, M. C.; LAROCA, S. *Trigona spinipes* (Apidae, Meliponinae): Taxonomia, bionomia e relações tróficas em áreas restritas. **Acta Biologica**, v. 17, n. 1, p. 67-108, 1988. Disponível em: <<http://revistas.ufpr.br/acta/article/view/803/644>>. Acesso em: 05 dez. 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/abpr.v17i0.803>

ALTIERI, M. A.; SILVA, E. N. N. **O papel da biodiversidade no manejo de pragas**. São Paulo: Holos Editora, 2003. 215 pp.

AMARAL, E.; MITIDIERI, J. Polinização da aboboreira. **Escola Superior Agrícola Luiz de Queiroz**, v. 23, p. 121-128, 1966, Piracicaba. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0071-12761966000100012>. Acesso em: 29 jun. 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0071-12761966000100012>

ÁVILA, C. J. **Polinização e polinizadores na produção de frutos e sementes híbridas de abóbora (*Cucurbita pepo* L. var. melopepo)**. 1987. 68 f. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1987.

BARRETO, L. S.; LEAL, S. M.; ANJOS, J. C.; CASTRO, M. S. Tipos polínicos dos visitantes florais do umbuzeiro (*Spondias tuberosa*, Anacardiaceae) no Território Indígena Pankararé, Raso da Catarina, Bahia, Brasil. **Candombá, Revista Virtual**, v. 2, n. 2, p. 80-85, 2006. Disponível em: <<http://revistas.unijorge.edu.br/candomba/2006-v2n2/pdfs/LilianBarreto2006v2n2.pdf>>. Acesso em: 05 dez. 2017.

BICHARA, C. C.; SANTOS, G. M. M.; RESENDE, J. J.; CRUZ, D. J.; GOBBI, N.; MACHADO, V. L. L. Foraging behavior of the swarm-founding wasp, *Polybia (Trichothorax) sericea* (Hymenoptera, Vespidae): Prey capture and load capacity. **Sociobiology**, California, v. 53, n. 1, p. 61-69, 2009. Disponível em: <http://www2.uefs.br/lent/professores/prof_gilberto/publicacoes/bichara_presas.pdf>. Acesso em: 05 dez. 2017.

BICHARA FILHO, C. C. **Aspectos da biologia e ecologia de *Polybia (Trichothorax) sericea* (Oliver, 1791) (Hymenoptera: Vespidae: Polistinae) no semiárido baiano**. 2003. 120 f. Tese (Doutorado). Universidade de São Paulo, Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto, 2003.

CARPENTER, J. M. Synonymy of the genus Marimbonda Richards 1978, with *Leipomeles Mobius*, 1856 (Hymenoptera: Vespidae; Polistinae), and a new key to the genera of paper wasps of the New World. **American Museum Novitates**, v. 3465, p. 1-16, 2004. Disponível em: <[http://www.bioone.org/doi/abs/10.1206/0003-0082\(2004\)465%3C0001:SOTGMR%3E2.0.CO%3B2](http://www.bioone.org/doi/abs/10.1206/0003-0082(2004)465%3C0001:SOTGMR%3E2.0.CO%3B2)>. Acesso em: 05 dez. 2017. DOI: [https://doi.org/10.1206/0003-0082\(2004\)465%3C0001:SOTGMR%3E2.0.CO;2](https://doi.org/10.1206/0003-0082(2004)465%3C0001:SOTGMR%3E2.0.CO;2)

CARPENTER, J. M.; MARQUES, O. M. **Contribuição ao estudo dos vespídeos do Brasil (Insecta, Hymenoptera, Vespidae, Vespidae)**. Cruz das Almas, Universidade Federal da Bahia. Série Publicações Digitais, v. 2, 2001. CD-ROM.

CLEMENTE, M. A. **Diversidade de vespas sociais (Hymenoptera, Vespidae) em diferentes fitofisionomias do Centro-Leste do Estado de São Paulo**. 2015. 219 f. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências de Rio Claro, Rio Claro, 2015. Disponível em: <<https://repositorio.unesp.br/handle/11449/134074>>. Acesso em: 05 dez. 2017.

CLEMENTE, M. A.; LANGE, D.; DEL-CLARO, K.; PREZOTO, F.; CAMPOS, N. R.; BARBOSA, B. C. Flower-Visiting Social Wasps and Plants Interaction: Network Pattern and Environmental Complexity. **Psyche: Journal of Entomology**, v. 2012, p. 1-10, 2012. Disponível em: <<https://www.hindawi.com/journals/psyche/2012/478431/>>. Acesso em: 24 nov. 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1155/2012/478431>

DELAPLANE, K. S.; MAYER, D. F. **Crop pollination by bees**. Cambridge: CABI, 2000. 344 p.

DEL-CLARO, K. **Introdução à Ecologia Comportamental: um manual para estudo do comportamento animal**. Technical Books, 2010. 128p.

ELISEI, T.; NUNES, J. V.; RIBEIRO JÚNIOR, C.; FERNANDES JÚNIOR, A.; PREZOTO, F. Uso da vespa social *Polistes versicolor* no controle de eucalipto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Embrapa, v. 45, p. 958-964, 2010. Disponível em: <<http://seer.sct.embrapa.br/index.php/pab/article/view/8202>>. Acesso em: 05 dez. 2017.

ELISEI, T.; RIBEIRO JÚNIOR, C.; GUIMARÃES, D. L.; PREZOTO, F. Foraging activity and nesting of swarm-founding wasp *Synoecca cyanea* (Fabricius, 1775) (Hymenoptera Vespidae, Epiponini). **Sociobiology**, California, v. 46, n. 1, p. 317-327, 2005. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Fabio_Prezoto/publication/269332937_Foraging_Activity_and_Nesting_of_Swarm-Founding_Wasp_Synoecca_cyanea_Hymenoptera_Vespidae_Polistinae/links/54899fb90cf2d1800d7a9663/Foraging-Activity-and-Nesting-of-Swarm-Founding-Wasp-Synoecca-cyanea-Hymenoptera-Vespidae-Polistinae.pdf>. Acesso em: 05 dez. 2017.

EVANS, H. E.; WEST-EBERHARD, M. J. **The wasps**. Ann Arbor: The University of Michigan Press, 1970. 265 p.

FERREIRA, I. C. P. V.; CASTRO, C. E.; CARVALHO JÚNIOR, W. G. O.; ARAUJO, A. V.; COSTA, C. A. Caracterização morfológica de acessos de bucha vegetal (*Luffa* spp.). In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 5., Natal. **Anais...** Natal: Sociedade Botânica do Brasil, 2008. p. 143- 143.-

FERREIRA, M. A.; DINIZ, F. **Rede de pesquisa vai incrementar a produção de cucurbitáceas em áreas de agricultura familiar e assentamentos**. 2007. Disponível em: <http://www.infobibos.com/artigos/2007_3/cucurbitaceas/index.htm>. Acesso em: 24 nov. 2017.

FREITAS, J. L.; PIRES, E. P.; OLIVEIRA, T. T. C.; SANTOS, N. L.; SOUZA, M. M. Vespas sociais (Hymenoptera: Vespidae) em lavouras de *Coffea arabica* L. (Rubiaceae) no Sul de Minas Gerais. **Revista Agrogeoambiental**, v. 7, p. 67-77, 2015. Disponível em: <<http://agrogeoambiental.ifsuldeminas.edu.br/index.php/Agrogeoambiental/article/view/684>>. Acesso em: 05 dez. 2017.

GOMES, M. F. F. **Polinização entomófila na produção de sementes híbridas (*Cucurbita maxima* x *Cucurbita moschata*)**. 1991. 60 f. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Viçosa, 1991.

HEITHAUS, E. R. Community structure of neotropical flower visiting bees and wasps: diversity and phenology. **Ecology**, v.1, n. 60, p. 190-202, 1979. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.2307/1936480/full>>. Acesso em: 05 dez. 2017.

HERMES, M. G.; KÖHLER, A. The flower-visiting wasps (*Hymenoptera, Vespidae, Polistinae*) in two areas of Rio Grande do Sul State, southern Brazil. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 50, p. 268-274, 2006. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0085-56262006000200008&script=sci_abstract>. Acesso em: 24 nov. 2017.

HUBBELL, S. P.; JOHNSON, L. K. Competition and nest spacing in a tropical stingless bee community. **Ecology**, v. 58, n. 5, 949-963, p. 1977. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.2307/1936917/full>>. Acesso em: 05. dez. 2017. DOI: 10.2307/1936917.

JOHNSON, L. K.; HUBBELL, S. P. Aggression and competition among stingless bees: field studies. **Ecology**, v. 55, n. 1, p. 120-127, 1974. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.2307/1934624/full>>. Acesso em: 05 dez. 2017. DOI: 10.2307/1934624.

KOUL, V. K.; BHAGAT, K. C. Effect of host plants on the developmental stages of the fruit fly, *Dacus cucurbitae* Coquillet. **Annals of Plant Protection Sciences**, v. 2, n. 2, p. 8-11, 1994.

LEITE, G. L. D.; MOREIRA, E. D. S.; MOTA, V. A.; FERREIRA, I. C. P. V.; COSTA, C. A. **Chilean Journal of Agricultural Research**, v. 71, n. 3, 2011.

LIRA, I. C. S. A.; SANTOS, A. P. G.; SENA, E. M. N.; SANTOS, D. S. S.; FERREIRA, MAJD. Seleção participativa de variedades locais de bucha vegetal. In: LI CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 2011, Viçosa. **Anais...** Viçosa: Universidade de Viçosa, 2011.

LOPES, J. F.; CASALI, V. W. D. Produção de sementes de cucurbitáceas. **Informe Agropecuário**, v. 8, n. 85, p. 65-68, 1982.

MACHADO, V. L. L.; PARRA, J. R. P. Capacidade de retorno ao ninho de operarias de *Polybia (Myraptera) scutellaris* (White, 1841) (*Hymenoptera:Vespidae*). **Anais da Sociedade Entomologica do Brasil**, v. 13, n. 1, p. 3-18. 1984. Disponível em: <<http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US201302052938>>. Acesso em: 05 dez. 2017.

MALERBO-SOUZA, D. T.; NOGUEIRA-COUTO, R. H. Efeitos de atrativos e repelentes sobre o comportamento da abelha (*Apis mellifera*, L.). **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 55, n. 3, p. 388-394, 1998.

MARQUES, O. M. Vespas sociais (*Hymenoptera, Vespidae*): características e importância em agrossistemas. **Insecta**, Cruz das Almas, v. 5, n. 2, p. 18-39, 1996.

MARQUES, O. M.; CARVALHO, A. L. Hábitos de nidificação de vespas sociais (*Hymenoptera:Vespidae*) no município de Cruz das Almas, Estado da Bahia. **Insecta**, Cruz das Almas, v. 2, n. 1, p. 23-40, 1993.

McGREGOR, S. E. **Insect Pollination of Cultivated Crop Plants**. Washington: United States Department of Agricultural Research Service, 1976. 496 p.

MECHI, M. R. Comunidade de vespas Aculeata (Hymenoptera) e suas fontes florais. In: PIVELLO, V. R.; VARANDA, E. M. **O Cerrado Pé-de-Gigante: ecologia e conservação** - Parque Estadual Vassununga. São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente, 2005. p. 312.

MECHI, M. R. **Levantamento da fauna de vespas Aculeata na vegetação de duas áreas de cerrado**. 1996. 237 f. Tese (Doutorado) -Universidade de São Carlos, São Carlos, 1996.

MELLO, S. C. M.; ÁVILA, Z. R.; BRAÚNA, L. M.; PÁDUA, R. R.; GOMES, D. Cepas de *Trichoderma* para el control biológico de *Sclerotium rolfii* Sacc. **Fitosanidad**, v. 11, n. 1, p. 3-9, 2007. Disponível em: < <http://www.redalyc.org/html/2091/209116144001/>>. Acesso em: 05 dez. 2017.

MOHR, H. C. Watermelon Breeding. In: BASSETT, M. J. (Ed.). **Breeding vegetable crops**. Connecticut: AVI Publishing, 1986. p. 37-66.

PREZOTO, F.; MACHADO, L. L. Ação de *Polistes (Aphanilopterus) simillimus* Zikán (Hymenoptera, Vespidae) no controle de *Spodoptera frugiperda*, (Smith) (Lepidoptera, Noctuidae). **Revista Brasileira de Zoologia**, Curitiba, v. 16, p. 841-851, 1999. Disponível em: <<https://zoociencias.ufjf.emnuvens.com.br/zoociencias/article/view/303/303>>. Acesso em: 05 dez. 2017.

PREZOTO, F. H. H.; PREZOTO, H. S.; MACHADO, V. L. L.; ZANUNCIO, J. C. Ação de *Polistis (Aphanilopterus) simillimus* Zikán (Hymenoptera, vespidae) no controle de *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepdoptera, Noctuidae). **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 35, p. 707-709, 2006.

PREZOTO, F.; RIBEIRO JÚNIOR, C.; GUIMARÃES, D. L.; ELISEI, T. Vespas Sociais e o controle biológico de pragas: Atividade forrageadora e manejo das colônias. In: VILELA, E. F.; SANTOS, I. A.; SCHOEREDER, J. H.; SERRÃO, J. E. O.; CAMPOS, L. A. O.; LINO-NETO, J. **Insetos Sociais: da Biologia à Aplicação**.Viçosa: Editora da UFV, 2008, v. 1, p. 413-427.

PRODUÇÃO maior derruba o preço da bucha vegetal em Minas Gerais. 2013. **Globo Rural**, 03 jun. Disponível em: <<http://g1.globo.com/economia/agronegocios/noticia/2013/06/producao-maior-derruba-o-preco-da-bucha-vegetal-em-minas-gerais.html>>. Acesso em: 24 nov. 2017.

QUIRINO, Z. G.; MACHADO, I. C. Biologia da polinização e da reprodução de três espécies de *Combretum* Loefl. (Combretaceae). **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 58, p. 181-193, 2001. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbb/v24n2/a08v24n2>>. Acesso em: 05 dez. 2017.

RICHARDS, O. W. **The social Wasps of the Americas, Excluding the Vespinae**. London: British Museum, Natural History, 1978. p. 580.

RICHTER, M. R. Social wasp (Himenoptera: Vespidae) foraging behavior. **Annual Review of Entomology**, v. 45, n. 1, p. 121-150, 2000. Disponível em: < <http://www.annualreviews.org/doi/abs/10.1146/annurev.ento.45.1.121>>. Acesso em: 05 dez. 2017.

SANTOS, G. M. M.; AGUIAR, C. M. L.; GOBBI, N. Characterization of the social wasp guild (Hymenoptera: Vespidae) visiting flowers in the caatinga (Itatim, Bahia, Brazil). **Sociobiology**, v. 47, n. 2, p. 483-494, 2006. Disponível em: <http://www2.uefs.br/lent/professores/profa_candida/Arquivos/PDF12_Santos_etal_2006.pdf>. Acesso em: 05 dez. 2017.

SANTOS, G. M. M.; SANTANA-REIS, V. P. G.; RESENDE, J. J.; MARCO, P. D.; BICHARA-FILHO, C. C. Flying capacity of swarm - founding wasp *Polybia occidentalis occidentalis* Oliver, 1791 (Hymenoptera, Vespidae). **Revista Brasileira de Zociências**, v. 2, n. 2, p. 33–39, 2000. Disponível em: <<https://zoociencias.ufjf.emnuvens.com.br/zoociencias/article/view/269/256>>. Acesso em: 05 dez. 2017.

SAZIMA, I.; SAZIMA, M. Mamangavas e irapuás (Hymenoptera, Apoidea): visitas, interações e conseqüências para polinização do maracujá (*Passifl oraceae*). **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 33, n. 1, p. 109-118, 1989.

SILVA-PEREIRA, V.; SANTOS, G. M. M. Diversity in bee (Hymenoptera, Apoidea and social wasps (Himenoptera, Vespidea) community in Campos Rupestres, Bahia, Brasil. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 35, n. 2, p. 165-174, 2006. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1519-566X2006000200003&script=sci_arttext>. Acesso em: 05 dez. 2017.

SOUZA, M. M.; PREZOTO, F. Diversity of social wasps (Hymenoptera: Vespidae) in semideciduous forest and cerrado (Savanna) regions in Brazil. **Sociobiology**, v. 47, n. 1, p.135-147, 2006. Disponível em: < https://www.researchgate.net/profile/Fabio_Prezoto/publication/289329514_Diversity_of_social_wasps_Hymenoptera_Vespidae_in_semideciduous_forest_and_cerrado_Savanna_regions_in_Brazil/links/58ebc1cbaca272bd2875f7dd/Diversity-of-social-wasps-Hymenoptera-Vespidae-in-semideciduous-forest-and-cerrado-Savanna-regions-in-Brazil.pdf>. Acesso em: 05 dez. 2017.

SOUZA, M. M. de; ZANUNCIO, J. C. **Marimbondos**: vespas sociais (Hymenoptera: Vespidae). Viçosa: Editora UFV, 2012. p. 79.

SOUZA, M. M.; TORRES, L. C. Ocorrência de predação de *Aleurothrixus floccosus* (Maskell, 1896) (Hemiptera: Aleyrodidae) por vespas sociais (Himenoptera: vespidae) em *Citrus medica* L. (Rutaceae). In: SIMPÓSIO DE CONTROLE BIOLÓGICO, 10, 2007. **Anais SINCOBIOL**, 2007. p. 165.

VASCONCELOS, G. J. N.; SILVA, F. R.; BARBOSA, D. G. F.; CORREA, M. G.;

MORAES, G. J. Ocorrência de Eriophyoidea, Tenuipalidae, Tarsonemidae e Tulerellidae (Acari) em fruteiras no Estado de Pernambuco, Brasil. **Caatinga**, Mossóro, v. 18, n. 2, p. 98-104, 2005. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/pdf/2371/237121137006.pdf>>. Acesso em: 05 dez. 2017.

VIEIRA, M. F.; SHEPHERD, G. J. Pollinators of *Oxypetalum*(Asclepiadaceae) in Southeastern Brazil. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 59, n. 4, 693-704, 1999. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=s0034-71081999000400018&script=sci_arttext>. Acesso em: 05 dez. 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0034-71081999000400018>.

ZANETTE, L. R. S.; MARTINS, R. P.; RIBEIRO, S. P. Effects of urbanization on Neotropical wasp and bee assemblages in a Brazilian metropolis. **Landscape and Urban Planning**, v. 71, p. 105-121, 2005. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169204604000325>>. Acesso em: 05 dez. 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2004.02.003>

Histórico editorial:

Submetido em: 15/07/2016.

Aceito em: 05/01/2017.

Como citar:

ABNT

DALLÓ, J. B.; SOUZA, M. M.; COELHO, E. L.; BRUNISMANN, A. G. Vespas sociais (Hymenoptera, Vespidae) em cultura de bucha vegetal *Luffa aegyptiaca* Mill. **Revista Agrogeoambiental**, Pouso Alegre, v. 9, n. 4, p. 111-122, out./dez. Doi: <http://dx.doi.org/10.18406/2316-1817v10n120181043>

APA

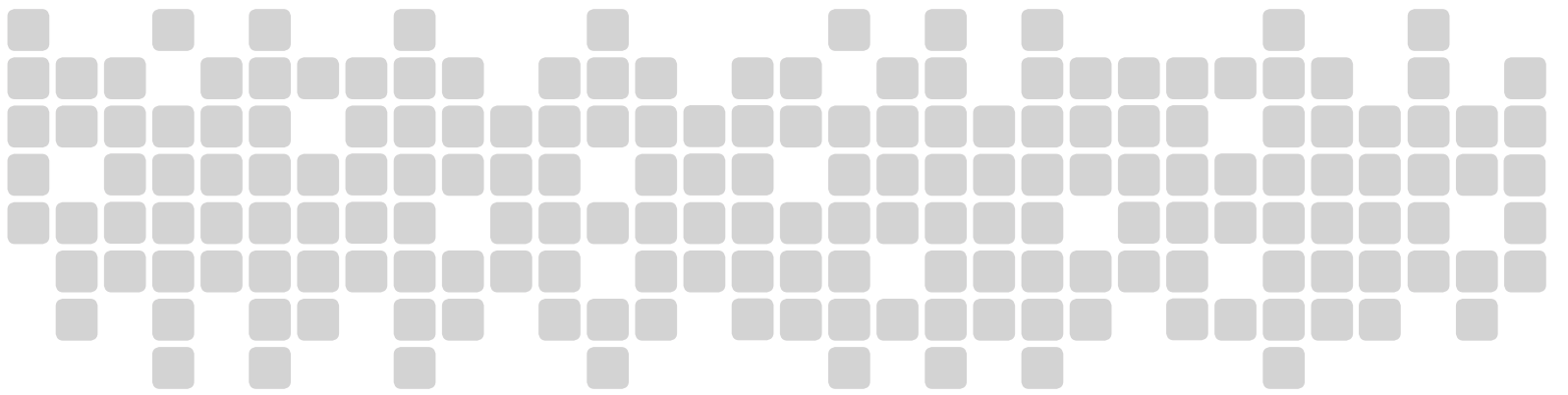
DALLÓ, J. B., SOUZA, M. M., COELHO, E. L. & BRUNISMANN, A. G. (2017). Vespas sociais (Hymenoptera, Vespidae) em cultura de bucha vegetal *Luffa aegyptiaca* Mill. *Revista Agrogeoambiental*, 9 (4), 111-122. Doi: <http://dx.doi.org/10.18406/2316-1817v10n120181043>

ISO

DALLÓ, J. B.; SOUZA, M. M.; COELHO, E. L. e BRUNISMANN, A. G. Vespas sociais (Hymenoptera, Vespidae) em cultura de bucha vegetal *Luffa aegyptiaca* Mill. *Revista Agrogeoambiental*, 2017, vol. 9, n. 4, pp. 111-122. Eissn 2316-1817. Doi: <http://dx.doi.org/10.18406/2316-1817v10n120181043>

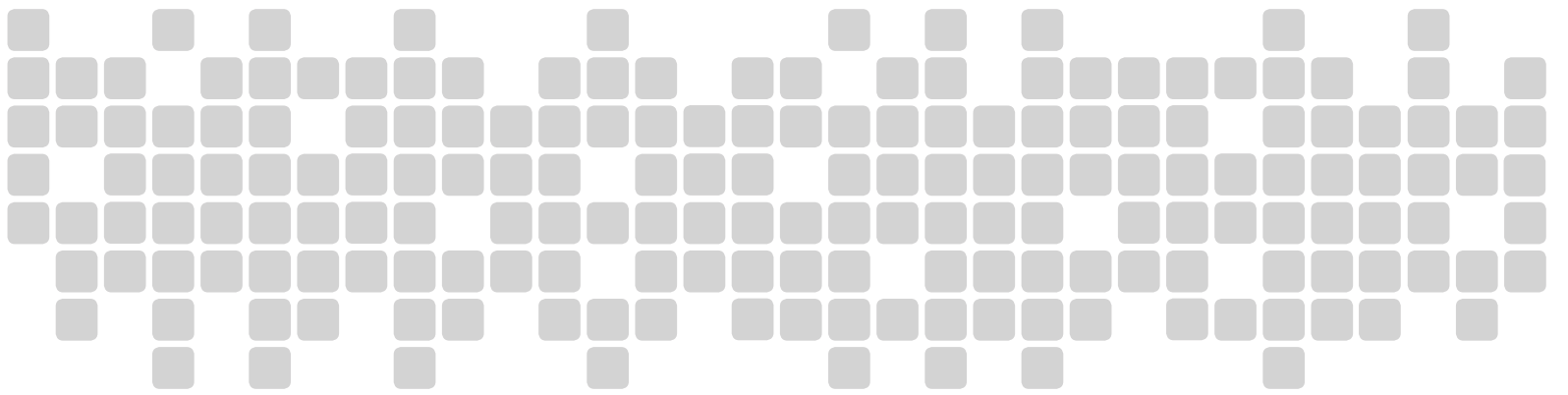
VANCOUVER

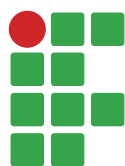
Dalló JB, Souza MM, Coelho EL, Brunismann AG. Vespas sociais (Hymenoptera, Vespidae) em cultura de bucha vegetal *Luffa aegyptiaca* Mill. *Rev agrogeoambiental*. 2017 out/dez; 9(4): 111-122. Doi: <http://dx.doi.org/10.18406/2316-1817v10n120181043>





Revisão de Literatura





Biossólido de lodo de esgoto na agricultura: desafios e perspectivas

Manoel Victor Borges Pedrosa¹

Wallace Luís de Lima²

Atanásio Alves do Amaral³

Arnaldo Henrique de Oliveira Carvalho⁴

Resumo

Objetivou-se com este trabalho fazer uma revisão de literatura sobre o uso de resíduos de esgoto em sistemas de produção agroecológicos. O resíduo de esgoto é comumente chamado de lodo de esgoto e é um resíduo rico em matéria orgânica, originado durante o tratamento das águas residuárias nas Estações de Tratamento de Esgotos (ETEs). Sua aplicabilidade na agricultura deve ser muito bem planejada, pois em sua constituição, além da matéria orgânica que traz benefícios diversos para o solo e as culturas, há a presença de metais pesados, elementos químicos de peso específico maior do que $5\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ ou número atômico maior que 20 e microrganismos patogênicos, que podem desenvolver doenças para o seu hospedeiro, quando em condições adequadas para sua sobrevivência e multiplicação. Com isso, a Resolução nº 375, de 29 de agosto de 2006, define que não é permitido o uso do lodo de esgoto para as olerícolas, pastagens, tubérculos e raízes, bem como seus derivados. Essa recomendação estende-se a todas as culturas em que suas partes comestíveis estão em contato com o solo. Caso haja a aplicação em uma determinada área, o período de espera para uma possível utilização para pastagem é de 24 meses. No caso de tubérculos, olerícolas, raízes e demais culturas, o período mínimo é de 48 meses. As melhores aplicabilidades do lodo de esgoto são o seu uso para recuperação de áreas degradadas e formulação de substratos para mudas de espécies florestais.

Palavras-chave: Lodo. Matéria orgânica. Áreas degradadas. Substratos.

Introdução

Um dos grandes problemas ambientais vivido atualmente refere-se à contaminação dos cursos d'água. Ao realizar o descarte de esgoto doméstico, sem qualquer tipo de tratamento, ocorre a contaminação da água que consumimos, bem como a degradação para os animais que ali vivem. Na busca por um planeta mais sustentável, deve-se buscar diminuir a produção de materiais poluidores, neste caso, a solução mais viável é o tratamento do esgoto (RANGEL et al., 2004).

Ao realizar o tratamento do esgoto, gera-se um resíduo sólido, rico em matéria orgânica, que pode apresentar teores satisfatórios de nitrogênio, fósforo, zinco, cobre, ferro, manganês e molibdênio. Esse material contribui para um grave problema ambiental, devido à falta de um local adequado para sua disposição. As opções para a disposição final do lodo são a deposição florestal e oceânica, incineração, aterro sanitário e, na agricultura, como fertilizante orgânico. Entre essas alternativas, o

1 Instituto Federal do Espírito Santo - *Campus* de Alegre, pós-graduando em Agroecologia. victorpedrosa2009@hotmail.com. Rod Br 482, Km 48, s/n - Rive, Alegre ES, 29520-000.

2 Instituto Federal do Espírito Santo - *Campus* de Alegre, professor-doutor. wallace@ifes.edu.br.

3 Instituto Federal do Espírito Santo - *Campus* de Alegre, professor-doutor. atanasio.ifes@gmail.com.

4 Instituto Federal do Espírito Santo - *Campus* de Ibatiba, professor-mestre. arnaldohenrique.carvalho@gmail.com.

uso na agricultura se mostra como a opção mais economicamente viável, devido à redução do uso de insumos (RIGO et al. 2014).

Estudos vêm demonstrando que a utilização do lodo de esgoto traz diversos benefícios à agricultura, como a incorporação dos macronutrientes (nitrogênio e fósforo) e dos micronutrientes (zinco, cobre, ferro, manganês e molibdênio). Com essas características nutricionais, pode-se dizer que, de modo geral, o lodo de esgoto é um atributo relevante a ser utilizado como adubação em algumas culturas (BETTIOL et al., 2004).

Segundo a Norma Brasileira (NBR) 10.004 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT, 2004), o lodo de esgoto pode ser classificado em duas classes. A classe I inclui os resíduos perigosos à saúde humana e ao meio ambiente, contendo metais pesados e possuem características de inflamabilidade, corrosividade e toxicidade. A classe II inclui os resíduos com a possível presença de patógenos. Existe ainda uma subclassificação dentro da classe II, a classe II A para os materiais não inertes, e a classe II B para os inertes.

Por conta de suas características, como fonte de metais pesados, compostos orgânicos persistentes e de patógenos em concentrações nocivas à saúde e ao meio ambiente, foi criada a Resolução nº 375, de 29 de agosto de 2006, que “define critérios e procedimentos para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados e dá outras providências” (CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA, 2006).

O uso do lodo de esgoto em sistemas de produção agroecológicos é uma ótima opção para o reúso desse material; entretanto, seu planejamento deverá ser minucioso, pois apresenta potencial de contaminação por metais pesados que, caso ocorra, fará com que haja prejuízos na prática agrícola, podendo causar danos maiores do que a adubação mineral. Com isso, objetivou-se realizar uma revisão de literatura sobre o uso do lodo de esgoto, descrevendo suas características gerais, bem como seus modos de utilização.

Atributos nutricionais do lodo de esgoto

A realidade brasileira no que tange ao tratamento de seus resíduos domésticos é precária. O saneamento básico não está presente em todas as cidades brasileiras, deixando muitas pessoas em condições subumanas. Quando ele ocorre, gera um resíduo, o lodo de esgoto, que, apesar de ser um material descartado no tratamento do esgoto, tem potencial agrônomo, possibilitando ao produtor uma boa fonte de matéria orgânica para o solo (CATOLICO et al., 2015).

O uso planejado do lodo de esgoto pode trazer benefícios para o meio ambiente, pois dá uma funcionalidade para o resíduo e melhora a qualidade do solo, assim como para o produtor, com o aumento da produtividade agrícola. Com a elevação da matéria orgânica no solo, as plantas cultivadas terão melhores condições nutricionais, com isso, um melhor crescimento e desenvolvimento. Além disso, haverá uma economia financeira com a inserção desse adubo na unidade produtiva, preterindo os fertilizantes químicos (SANTOS et al. 2014).

Entretanto, não se recomenda sua utilização em culturas com ciclo de vida curto, por apresentar composição de elementos tóxicos e agentes patogênicos ao homem (BETTIOL; CAMARGO, 2006). Faz-se necessário que o lodo de esgoto seja devidamente higienizado e manejado e existem diversos procedimentos para o seu tratamento. Os métodos mais utilizados para a sua estabilização são: processos biológicos (aeróbicos e anaeróbicos), estabilização química e compostagem (oxidação aeróbica).

Não se permite o lodo de esgoto para as olerícolas, pastagens, tubérculos e raízes, bem como seus derivados. Essa recomendação estende-se a todas as culturas em que suas partes comestíveis estão em contato com o solo. Caso haja a aplicação em uma determinada área, o período de espera para uma possível utilização para pastagem é de 24 meses. No caso de tubérculos, olerícolas, raízes e demais culturas, o período mínimo é de 48 meses (CONAMA, 2006).

Sobre a composição dos nutrientes presentes no lodo de esgoto, o United State Department of Agriculture (USDA, 1980) relata que um lodo de esgoto típico tem em média 40 kg¹ de N, 20 de P, 4 de K e 250 de C-orgânico ou 43 % de matéria orgânica. Na Tabela 1, visualiza-se a concentração de nutrientes em um lodo de esgoto, em comparação com a exigência nutricional de algumas culturas.

Tabela 1. Concentração de nutrientes do lodo de esgoto, em comparação com a exigência nutricional de algumas culturas

Nutrientes	Teores de nutrientes do lodo de esgoto (g.kg ⁻¹)*	Exigências nutricionais da alface (g.kg ⁻¹)**	Exigências nutricionais do eucalipto (g.kg ⁻¹) ***	Exigências nutricionais da roseira (g.planta.ano ⁻¹)****	Exigências nutricionais do café (g.kg ⁻¹)*****
N	27,4	30 – 50	28 – 40	7,8	33
P	18	4 – 7	2,5 – 4	1,6	1,3
K	18	50 – 80	15 – 30	2,9	18
Ca	11	15 – 25	5 – 7	2,1	8
Mg	2	4 – 6	2 – 3	0,8	3
Fe	21,75	50 – 150	101 – 220	81,1	0,070
Mn	0,582	30 – 150	250 – 500	51,6	0,035
Zn	1,09	30 – 100	30 – 60	15,7	0,015

Fonte: *Backes (2013); **Trani e Raji (1997); ***Higashi et al. (2000); ****Haag et al. (1989); *****Costa e Bragança (1996).

Garcia et al. (2009) utilizaram o lodo de esgoto da estação de tratamento de efluentes de Jerônimo Monteiro (ES) (Tabela 2) nas doses de 0, 25, 50, 75 e 100 ton. ha⁻¹, buscando a recuperação de um solo degradado. Ao comparar o lodo de esgoto com outras fontes orgânicas presentes na literatura, como esterco de galinha, esterco bovino, vinhaça e composto de lixo urbano, observa-se que este é superior em N, Ca, Mg e S a todos os outros compostos orgânicos. O fósforo é inferior apenas ao do esterco bovino e o potássio apresenta um dos menores resultados, o que pode ser devido ao fato de ser muito solúvel em água, sendo perdido no processo de tratamento do esgoto.

Tabela 2. Teor de macronutrientes no lodo da ETE de Jerônimo Monteiro em comparação com outros materiais orgânicos

Descrição das concentrações	Elemento					
	N	P	K	Ca	Mg	S
	-----% em peso seco -----					
Lodo da ETE de Jerônimo*	2,17	0,50	0,60	17,13	1,88	1,54
Esterco bovino**	1,50	1,20	0,70	2,00	0,60	0,20
Esterco de galinha**	1,40	0,80	2,10	2,30	0,50	0,20
Vinhaça**	0,06	0,01	0,30	0,10	0,04	0,05
Composto de lixo urbano**	0,60	0,20	0,30	1,10	0,10	0,20

Fonte: *Garcia et al. (2009); **Khiehl (1985).

Carvalho et al. (2015) verificaram a composição química da fração orgânica de cinco tipos de lodo de esgoto, buscando identificar qual método possibilitava um produto final com melhores teores nutricionais para o uso na agricultura. Os materiais se diferenciaram quanto às etapas subsequentes de condicionamento químico, sendo três referentes ao processo anaeróbico e dois de modo aeróbico. Os materiais com tratamento aeróbico possibilitam um composto mais indicado para condicionamento do solo, enquanto o anaeróbico para fertilizante orgânico.

No trabalho de Fidalski e Chaves (2010), no qual se realizou aplicação superficial de diversos tipos de resíduos orgânicos na cultura do *Coffea arabica* L. (lodo de esgoto bruto, lodo de esgoto bruto com cal virgem, esterco bovino, esterco de galinha, palha de café, cama de frango, bagaço de cana-de-açúcar, bagaço de cana-de-açúcar com esterco de galinha e esterco de suínos, torta de filtro de cana-de-açúcar, leucena, matéria seca de mucuna cinza, guandu, braquiária, sorgo forrageiro, amendoim forrageiro, bagaço de laranja, chorume de suínos e sulfato de amônio), verifica-se a ação do lodo de esgoto bruto e lodo de esgoto bruto com cal virgem sobre a fertilidade do solo. O lodo com cal virgem possibilita melhorias nos teores de Ca^{2+} e Mg em amostras de solo na profundidade de 0 – 40 cm. Tais resultados estão relacionados com a concentração desses elementos na cal virgem. Com isso, o lodo de esgoto se torna um adubo mais rico em nutrientes.

Contaminação por metais pesados no lodo de esgoto

Os metais pesados e agentes patogênicos são a preocupação que se tem ao aplicar o lodo de esgoto na cultura de interesse agrônômico. Os metais pesados, elementos químicos com peso específico maior que 5 g cm^{-3} e/ou número atômico maior que 20 (Malavolta, 1994), podem causar sérios problemas de saúde, tais como: problemas respiratórios, fadiga crônica, doenças mentais, entre outros.

Nascimento et al. (2014a) avaliaram os teores de metais pesados (Zn, Cu, Ni, Cd, Pb e Cr) em lodo de esgoto tratados com os seguintes processos de estabilização: solarizado, compostado, vermicompostado e caleado e verificaram que em todos os casos não houve contaminação do material, estando esses bem abaixo da concentração máxima permitida. Na Tabela 3, visualizam-se os limites de metais pesados permitidos por lei e as concentrações dos diferentes tipos de lodo de esgoto (LE).

Tabela 3. Limites de metais pesados permitidos pela legislação e as concentrações dos diferentes tipos de lodo de esgoto (LE)

Metais	LE solarizado (kg. ha^{-1})*	LE compostado (kg. ha^{-1})*	LE vermicompostado (kg. ha^{-1})*	LE caleado (kg. ha^{-1})*	Legislação (mg. kg^{-1} , base seca)**
Zn	3,21	15,02	7,17	22,89	2800
Cu	0,49	2,35	1,36	3,58	1500
Ni	0,28	1,73	0,82	1,58	420
Cd	0,007	0,05	0,02	0,13	39
Pb	0,56	4,36	2,29	14,38	300
Cr	4,28	33,54	16,29	41,60	1000

Fonte: *Nascimento et al. (2014a); **Brasil (2006).

No trabalho de Nascimento et al. (2014b), foi estudada a possibilidade de passagem de metais pesados para o solo e para plantas de girassol, pela prática da adubação química e adubação com o lodo de esgoto. Foram aplicadas as concentrações de: 0; 4,84; 9,68; 19,36 e 29,04 mg ha^{-1} , em

base seca, referentes à exigência de nitrogênio da cultura. Foi observado que os níveis de Zn são superiores na planta e no solo para os tratamentos com lodo de esgoto. Verificou-se ainda que a planta apresenta aumento de Zn, Cu e Mn e queda de Pb, com o acréscimo da quantidade de lodo de esgoto aplicada.

Lobo e Grassi Filho (2015) também trabalharam com a cultura do girassol e avaliaram as aplicações nas concentrações de 25, 50, 75 e 100 Kg ha⁻¹ do lodo de esgoto. Nas condições do experimento em questão, o lodo se mostra como uma boa opção para trabalhar a fertilidade da cultura, pois não há a presença de metais pesados nos teores foliares e nas sementes. Também não há a presença de elementos-traços no solo.

Silva et al. (2014) avaliaram a presença de metais pesados no solo e em plantas de soja após a aplicação de lodo de esgoto biodigerido nas doses de 0, 2, 4 e 8 mg ha⁻¹. Em relação ao solo, os elementos Ni, Cd, Pb e Zn têm seus teores aumentados com o uso de lodo de esgoto biodigerido.

A possível contaminação de metais pesados na cultura do milho foi estudada por Gonçalves Junior et al. (2015), sendo avaliada em uma única aplicação, com e sem a presença de adubação mineral nas doses de 0; 10,0; 20,0; 40,0 e 60,0 mg ha⁻¹ de lodo de esgoto. Entre os elementos estudados, apenas o Zn eleva suas taxas com o emprego do lodo de esgoto, independente da presença do adubo mineral (Tabela 4).

Tabela 4. Valores médios dos teores de Zn, Fe, Mn e Pb no tecido vegetal das plantas de milho em função das doses de biossólido utilizadas no experimento

Metais	Doses em Mg ha ⁻¹				
	0	10	20	40	60
	-----% Mg Kg ⁻¹ -----				
Zn	13,25 c	17,94 b	16,69 b	19,50 ab	21,62 a
Fe	183,50	102,50 b	132,06 ab	114,25 b	137,31 ab
Mn	54,25	42,31 b	44,50 b	45,38 ab	44,12 b
Pb	2,49	1,17 b	1,13 b	1,15 b	1,23 b

Para cada elemento, na linha, médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

Fonte: Gonçalves Junior et al. (2015).

Contaminação por patógenos no lodo de esgoto

O lodo de esgoto é dividido em duas classes, de acordo com a concentração de patógenos presentes na solução. O lodo Classe A apresenta coliformes termotolerantes < 10³ NMP/g de sólidos totais; ovos viáveis de helmintos < 0,25 ovo/g de sólidos totais; vírus < 0,25 UFP ou UFF/g de sólidos totais e inexistência de Salmonella em 10 g de sólidos totais. O lodo classe B possui coliformes termotolerantes < 10⁶ NMP/g de sólidos totais; ovos viáveis de helmintos < 10 ovo/g de sólidos totais (BRASIL, 2006).

A classificação dos tipos de lodo indica suas possíveis utilizações. De acordo com a Resolução CONAMA nº 375 (2006), o lodo de esgoto considerado classe A não pode ser trabalhado na fertilização do solo de pastagens, tubérculos, olerícolas, culturas inundadas e de raízes, assim como todas as outras culturas que possuam contato de sua parte comestível com o solo. O lodo de esgoto classe B apresenta menor restrição, pois não há tanto rigor quanto aos patógenos. Neste caso, pode-se trabalhar restritamente com a cafeicultura, silvicultura e produção de fibras e óleos.

Para a obtenção de um material, que esteja de acordo com as exigências sanitárias previstas por lei, tanto para o lodo de esgoto classe A, quanto para o classe B, faz-se necessário que este passe por uma higienização. Esse procedimento de eliminação de patógenos pode ser realizado por meio de diversas técnicas, sendo elas: pasteurização; caleação (inertização pela cal); secagem térmica; digestão aeróbica e anaeróbica; hipercloração; compostagem; vermicompostagem, entre outras (SINHÁ et al. 2010).

Entre as técnicas mencionadas acima, a compostagem apresenta capacidade de viabilizar o lodo de esgoto por meio da redução dos ovos de helminto nesse material. Segundo Corrêa et al. (2007), a compostagem, com poda de árvores, serragem e lodo de esgoto contribuem de forma significativa para qualidade do material, haja vista a queda de 4,7 ovos viáveis de helmintos por grama para 0,34 ovos por grama. Após a compostagem, realizou-se ainda a vermicompostagem, por meio da inoculação do composto maduro com minhocas. Essa técnica tornou o material livre de ovos de helmintos.

A eficácia da eliminação de ovos viáveis de helmintos na solução de lodo de esgoto pela aplicação de cal pode ser observada nos resultados do experimento de Rossmann et al. (2014), no qual foi constatada a presença de 27,99 ovos viáveis no lodo de esgoto sem o uso da cal; 1,75 com caleação por duas horas; 0,19 com caleação por 72 horas. Pode-se, então, classificar o lodo de esgoto caleado por duas horas, em classe A ($<0,25$ ovos.g⁻¹ de sólidos totais) e o lodo caleado por 72 horas, em classe B (<10 ovos.g⁻¹ de sólidos totais).

A técnica de secagem térmica é observada no estudo de Fologari et al. (2012), em que se testaram as temperaturas de 45, 50, 55, 60 e 65 °C para a eliminação de *Escherichia coli* no lodo de esgoto. A partir de 55 °C, há uma descontaminação do material com demanda de menor tempo, sendo essa a metodologia mais indicada.

O tratamento aeróbico de eliminação de agentes patogênicos pode ser observado no trabalho de Silva et al. (2009), com compostos com 0, 10, 20 e 30 % de lodo de esgoto. Ao final do experimento, há um produto com descontaminação total aos 14, 28, 35 e 63 dias, respectivamente.

Dores-Silva et al. (2011) trabalharam com a vermicompostagem para a obtenção de lodo de esgoto sem a presença de agentes patogênicos (Tabela 5). Três diferentes formulações foram estudadas, sendo estas: 100 % lodo de esgoto; 75 % lodo de esgoto e 25 % solo; 50 % lodo de esgoto e 50 % solo. Foram realizadas sete coletas do vermicomposto em intervalos de 15 dias. Observa-se que a partir da sexta coleta, nos três tipos de lodo, os valores estão abaixo de 0,25 ovos.g⁻¹ de sólidos totais, classificando-o como lodo de esgoto classe A.

Tabela 5. Variação na concentração de ovos viáveis de helmintos (resultados expressos em base seca)

Coletas	A Ovos*	B Ovos*	C Ovos*
1 ^a	10,00	4,00	3,00
2 ^a	8,00	3,00	1,00
3 ^a	< 0,25	< 0,25	< 0,25
4 ^a	< 0,25	< 0,25	< 0,25
5 ^a	< 0,25	1,00	< 0,25
6 ^a	< 0,25	< 0,25	< 0,25
7 ^a	< 0,25	< 0,25	< 0,25

*4g de amostra seca

Fonte: Dores-Silva et al. (2011).

Lodo de esgoto na produção de alimentos

A utilização do lodo de esgoto como fertilizante apresenta potencial para suprir as necessidades nutricionais das plantas de forma igualitária à adubação mineral ou, até mesmo, superando seus rendimentos. O produtor, ao utilizar o lodo, terá ganhos em produtividade e economia com insumos químicos. Contudo, existem riscos ao se praticar a agricultura com esse resíduo sólido, pois além do potencial nutricional, este possui risco de contaminação dos alimentos, com patógenos e metais pesados (RIBEIRO; MELO, 2008).

Quando há a presença de contaminantes do lodo no solo, estes podem ter diferentes destinos, todos gerando danos ambientais de uma determinada forma. Os possíveis destinos são: lixiviação de nutrientes para cursos d'água, volatilização, degradação química e biológica, assimilação pelas plantas e bioacumulação em organismos que consumiram alimentos (vegetal ou animal) contaminados (SAITO, 2008).

A eficácia do uso do lodo de esgoto foi analisada na cultura da mamoneira em relação ao seu desenvolvimento inicial. As doses usadas foram: 0, 4, 8, 16 e 32 mg ha⁻¹. Os resultados referentes à altura de plantas e fitomassa seca indicam uma resposta linear às doses de lodo de esgoto, podendo inferir que, ao aumentar as doses de lodo de esgoto, esses valores seriam acrescidos (BACKES et al., 2009).

O lodo de esgoto contribui significativamente para a cultura do feijoeiro, com o fornecimento de nitrogênio para a cultura, que é um dos nutrientes mais limitantes para a sua produção. Segundo Prado e Cunha (2011), observa-se um aumento de 5 % de nitrogênio em plantas de feijoeiro, ao se aplicar 42 mg.ha⁻¹ de lodo de esgoto no solo. Essa resposta apresenta um comportamento linear, podendo-se alcançar maiores valores de nitrogênio ao aumentar a dose de lodo de esgoto.

Em relação à produtividade do feijoeiro, a utilização do lodo de esgoto pode contribuir para um aumento no número de grãos, sendo que ao aplicar 0; 10.000; 20.000; 30.000 e 40.000 kg ha⁻¹ de lodo de esgoto, obtêm-se os valores de 1.823; 2.297; 2.426; 2.537; 2.622 e 2.865 kg ha⁻¹ de feijão, respectivamente (LOBO et al. 2015).

A produtividade do milho também sofre influência positiva da aplicação de lodo de esgoto. O emprego de doses de 0; 7,7; 15,4; 29,7; 45,1 e 60,5 t ha⁻¹ de lodo de esgoto gera aumento na produção até a dose de 26 t ha⁻¹. Os elementos Ca, Mg, Cu, Mn e Zn apresentam-se em boas concentrações nas folhas de milho, de modo a satisfazer as necessidades nutricionais da planta (GOMES et al. 2007).

A influência do lodo de esgoto na produtividade também foi o foco do estudo de Nogueira et al. (2006) na consorciação de milho e feijão. Foram aplicados diferentes tipos de lodo, sendo estes: 16,7 t/ha de lodo não higienizado; 13,8 t/ha de lodo higienizado + extrato de nim (*Azadirachta indica*); 33,2 t/ha de lodo tratado + cal; composto orgânico de Ipomea + lodo compostado nas doses de 28,1 e 30,6 t/ha. Para esse último, houve a adição de 2 % de fosfato natural reativo no início da compostagem e lodo compostado + fosfato natural nas doses de 13,1; 14,1 e 31,8 t/ha. Nesse experimento, não foi verificada influência do uso do lodo em nenhuma das análises da produtividade, tanto no milho quanto no feijão.

O uso do lodo de esgoto geralmente propicia aumento em alguns elementos na planta, de modo a não contemplar todos os nutrientes necessários para o bom crescimento e desenvolvimento das plantas. Com base nisso, Chueiri et al. (2007) utilizaram doses de 0; 2,5; 5,0; 7,5 e 10,0 mg ha⁻¹ de lodo de esgoto alcalinizado como suplemento para a adubação mineral na cultura do trigo. Os teores de K, N, Mg, Cu e Zn são melhorados com o uso do lodo de esgoto.

A prática do lodo de esgoto pode ainda ser realizada com outras práticas agroecológicas. Lobo et al. (2012) estudaram o uso do lodo de esgoto no cultivo da soja nas doses de 0, 10, 20, 30, 40 t ha⁻¹, juntamente com a inoculação de bactéria fixadora de nitrogênio (*Bradyrhizobium Japonic*), avaliando o teor de N foliar, massa seca de nódulos e número de nódulos da planta no florescimento. O resultado da união entre essas técnicas foi superior à utilização do lodo sozinho. Esse ainda teve queda nos resultados com o aumento das doses de lodo.

Singh e Agrawal (2010) estudaram a possível translocação de teores de metais pesados em grãos de arroz com lodo de esgoto nas doses de 0; 3; 4,5; 6; 9; 12 kg m⁻². Os elementos: Ni, Cd, Cu, Cr, Zn, Pb e Mn têm seus teores aumentados proporcionalmente com os teores de lodo. Para o níquel e o cádmio, a partir de 4,5 kg m⁻², seus valores superam o limite permitido por lei; tal comportamento é semelhante para o chumbo, na dose de 9 kg m⁻². Os demais elementos não alcançam os limites permitidos em grãos de arroz.

A utilização do lodo de esgoto como componente de substrato de mudas pode melhorar o crescimento e desenvolvimento das plantas, de acordo com Freitas e Melo (2010), que testaram o uso do lodo de esgoto proveniente de uma Estação de Tratamento de Esgoto de uma empresa farmacêutica em uma mistura de composto orgânico em mudas de tomateiro nas seguintes formulações: solo + esterco bovino (3:1), solo + composto (3:1), solo + composto (2:2), composto puro e plantmax (composto comercial). Ao final do experimento, o composto puro obteve os melhores resultados nas avaliações de altura, número de folhas, massa seca da parte aérea e índice total de crescimento.

No estudo de Coelho et al. (2011), avaliou-se o efeito da substituição da adubação mineral pelo lodo de esgoto no desempenho agrônômico da bananeira cv. IAC 2001, em relação à demanda de nitrogênio da cultura. Ao avaliar os teores de nutrientes das folhas de bananeiras, nota-se que os elementos N, P, K, Mg, S, B, Fe, Zn apresentam valores semelhantes ao da adubação mineral, mostrando a possibilidade de aplicação do lodo de esgoto como fertilizante para a cultura.

A substituição da adubação mineral pelo uso do lodo de esgoto também foi realizada na cultura da laranjeira no trabalho de Romeiro et al. (2014). As doses de 0, 6, 12, 18, 24 e 30 kg planta⁻¹ de lodo de esgoto possibilitam valores crescentes nos teores de N, P e Ca. Os resultados referentes ao K e Mg são inferiores aos da adubação mineral.

Trabalho semelhante foi realizado em tangerineiras 'Ponkan' enxertadas em citrumeleiro 'Swingle'. Nota-se que as folhas das plantas adubadas com lodo de esgoto apresentam valores superiores à adubação convencional nos teores de N, P, Ca e S. Os valores de K e Mg não são influenciados pelo lodo de esgoto. Quanto aos teores de As, Cd, Cr e Hg, não há toxidez (SANTOS et al. 2011).

O uso do lodo de esgoto para fertilização do solo na emergência e desenvolvimento inicial do maracujazeiro doce foi estudado por Oliveira et al. (2009), com a aplicação de doses de 5 t ha⁻¹ e corrigido até 60 % da saturação de bases com 5 t ha⁻¹, em Argissolo vermelho e Latossolo vermelho. A aplicação de lodo em Latossolo amarelo melhora a emergência do maracujazeiro doce. A inserção do lodo de esgoto adiciona elementos-traços nas plantas, todavia sem atingir níveis tóxicos.

A produtividade da cultura da bananeira com lodo de esgoto foi avaliada no trabalho de Melo e Ligo (2006) nas proporções de 9, 18 e 36 t.ha⁻¹. Efeitos positivos são encontrados, como por exemplo o aumento da produtividade na dose de 9 t.ha⁻¹. Entretanto, foi detectado atraso no florescimento e época de colheita para essa cultura em comparação à adubação convencional. Cabe ressaltar que as frutas não acumularam metais pesados pela adubação com lodo de esgoto.

Uso de lodo de esgoto na produção de mudas

A produção de mudas exige um substrato de qualidade, que propicie boa aeração, drenagem e absorção de água, de modo que a germinação ocorra com sucesso. O substrato na produção de mudas garante o desenvolvimento de uma planta com qualidade, em curto período de tempo e baixo custo. O substrato, ao apresentar boas características químicas e físicas, possibilita a disponibilidade de nutrientes às plantas, bem como a retenção de umidade, de modo satisfatório às necessidades da planta (CUNHA et al., 2006).

Caldeira et al. (2014) testaram o lodo de esgoto na composição de substratos para produção de mudas de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden (eucalipto). Os tratamentos consistiram na mistura de lodo de esgoto com resíduos orgânicos, palha de café in natura e fibra de coco, em diferentes concentrações. O substrato que apresenta melhores resultados é a combinação de 80 % de lodo de esgoto + 20 % de palha de café in natura, tendo em vista que alcançam os maiores valores para o crescimento em altura, massa seca total, da parte aérea e radicular e diâmetro do coleto.

Na produção de muda da espécie florestal *Sesbania virgata* (cambaí-amarelo), verifica-se que o lodo de esgoto foi benéfico ao crescimento inicial das plantas quando consorciadas com palha de café e/ou composto orgânico (esterco bovino e palha de café, proporção de 1:1) em diferentes combinações. Verificam-se ganhos em altura, massa seca da parte aérea, diâmetro do coleto, massa seca das raízes nas mudas com aplicação de lodo de esgoto. Nota-se ainda que a melhor proporção de material para substrato é de 40 % de lodo de esgoto + 60 % composto orgânico (DELARMELENA et al., 2013).

A utilização do lodo de esgoto como substrato para produção de mudas também pode ser visualizada no trabalho de Scheer et al. (2012), em mudas de *Lafoensia pacari* (dedaleiro). O substrato de lodo de esgoto é superior ao substrato comercial, na concentração convencional, com melhores resultados para os parâmetros: altura, diâmetro, biomassa, índice de qualidade de Dickson (fórmula matemática utilizada para calcular a qualidade das mudas), quantidade e eficiência do uso de nutrientes.

A espécie *Schinus terebinthifolius* Raddi (aroeira-pimenteira) teve seu desenvolvimento inicial analisado com o uso de lodo de esgoto e casca de arroz carbonizado na formulação de seu substrato (TRIGUEIRO; GUERRINI, 2014). Os tratamentos utilizados foram: substrato comercial (controle), e as proporções de 80/20, 70/30, 60/40, 50/50 e 40/60 de lodo de esgoto e casca de arroz carbonizado, respectivamente. Os resultados obtidos indicam que os tratamentos com lodo de esgoto não proporcionam acréscimos nos valores de diâmetro do colo e altura da planta. Em relação à parte nutricional das plantas, tanto para a parte aérea, quanto para a raiz, observam-se ganhos nutricionais com o uso do lodo de esgoto. Na parte aérea, há concentrações superiores de N, P, K, Fe, Ca, Cu, S, Mn e Zn. Resultado semelhante para o sistema radicular, excluindo o K e Ca.

A aplicação de lodo de esgoto pode aumentar os teores de alguns elementos na planta. Silva et al. (2015), com doses de 0; 2,0; 4,0; 6,0 g/dm³ de lodo de esgoto, nas proporções de 1:1; 1:2; 1:3 de lodo e resíduos oriundos da agroindústria de palmito, respectivamente, verificaram melhorias nos teores de nitrogênio da parte aérea de mudas de juçara. Testou-se ainda a presença de fósforo e potássio, entretanto, não há diferença significativa para a testemunha.

Trazzi et al. (2014) também apresentaram resultados positivos para a concentração de nutrientes da parte aérea de mudas de *Tectona grandis* (teca) com substratos à base de lodo de esgoto. O substrato com 80 % de lodo de esgoto e 20 % de casca de arroz carbonizada possibilita os melhores resultados para nitrogênio, cálcio e magnésio. A proporção de 20 % de lodo de esgoto e 80 % de casca de arroz carbonizada proporciona os maiores valores de fósforo e potássio para as mudas.

Uso de lodo de esgoto na recuperação de áreas degradadas

A utilização do lodo de esgoto contribui para a qualidade do solo em suas propriedades físicas, químicas e biológicas. A aplicação do lodo de esgoto possibilita um acréscimo nos teores de matéria orgânica no solo, o que torna o solo mais propício para o desenvolvimento de culturas agrícolas (MAIO et al., 2011). A melhoria na propriedade química do solo é percebida com a inserção de nutrientes presentes na matéria orgânica do lodo de esgoto, assim como o aumento na saturação de bases e capacidade de troca de cátions. A matéria orgânica age de forma significativa na física do solo, por meio de uma melhor agregação do solo, promovendo uma menor densidade, maior aeração e melhor absorção de água do solo (NAKAYAMA et al., 2014), entre outros.

Tendo em vista os benefícios proporcionados ao solo pela aplicação de lodo de esgoto, surge a sua utilização para a recuperação de áreas degradadas. Segundo Garcia et al. (2009), em seu trabalho com aplicação de lodo de esgoto visando melhorias das propriedades químicas de um solo degradado, o lodo de esgoto estabilizado com cal possibilitou acréscimos significativos no teores de P, Na, Ca, CTC total e efetiva, pH, matéria orgânica.

Campos e Alves (2008) corroboram a premissa da utilização do lodo de esgoto para recuperação de área degradada em trabalho realizado em Selvíria (MS), em um solo degradado com cultivo de eucalipto e braquiária durante 2,5 anos. O lodo de esgoto, nas doses de 30 e 60 Mg ha⁻¹, contribuiu para a recuperação dessa área com melhorias na propriedade física do solo, além de contribuir para maiores rendimentos na massa da braquiária e crescimento mais acentuado do eucalipto.

Kitamura et al. (2008) também utilizaram o lodo de esgoto para retomar a produtividade de uma área. Os autores avaliaram métodos para acelerar a formação do horizonte A do solo, que teve sua fração totalmente perdida nessa área. O lodo de esgoto esteve presente em um dos tratamentos testados, com aplicação de 60 Mg ha⁻¹ + *Astronium fraxinifolium* + *Brachiaria decumbens*. A física e química do solo do horizonte A são melhoradas com o uso do lodo de esgoto, demonstrando o efeito da matéria orgânica presente no lodo de esgoto quando aplicados em solos degradados ou de baixa fertilidade natural.

Bonini et al. (2015) testaram a influência de lodo de esgoto nas doses de 30 e 60 mg ha⁻¹ na reestruturação de um solo degradado; com a adição do lodo de esgoto, observa-se uma melhoria nos atributos físicos (aumento na macroporosidade e porosidade; diminuição da resistência à penetração e densidade do solo) e químicos (melhoria nos teores de matéria orgânica, K e saturação por bases) do solo em questão, após quatro anos de cultivo de eucalipto e braquiária.

A matéria orgânica presente no lodo de esgoto pode ser mineralizada após um tempo no solo. No trabalho de Sampaio et al. (2012), avaliaram-se características físicas de solo de área degradada com aplicação de lodo de esgoto nas doses de 0; 2,5; 5; 10; 15 e 20 t ha⁻¹. Foram testados os períodos de seis, doze e dezoito meses. Os valores de agregados e porosidade do solo são mais insinuantes na época de seis meses de avaliação, tendo aos 12 meses valores intermediários. Aos 18 meses, não se verifica influência do lodo de esgoto nessas propriedades do solo.

Os atributos químicos do solo também são influenciados pela aplicação de lodo de esgoto. Bittencourt et al. (2012) avaliaram o uso de lodo de esgoto (77 Mg.ha⁻¹ Sólidos Totais) juntamente com lodo de estação de tratamento de água (24, 37 e 61 Mg.ha⁻¹) em uma área degradada. Com o emprego desse material, obtêm-se melhorias nos teores de Ca, Mg, P e saturação de bases no solo da área em estudo.

Considerações finais

O tratamento do esgoto busca a disposição de um efluente sem contaminantes e que não traga prejuízos ao meio ambiente. Nesse processo obtém-se o lodo de esgoto, no qual ficam presentes grandes quantidades de elementos químicos que, após tratamentos adequados, podem ser utilizados na agricultura como uma forma orgânica de adubo. A agricultura se mostra como uma saída para o uso desse resíduo, entretanto, deve haver um planejamento adequado, pois o lodo apresenta quantidades satisfatórias de alguns elementos, podendo ser necessária a utilização de outros adubos para o fornecimento dos elementos em déficit. O lodo de esgoto pode ser utilizado como adubo na agricultura, porém com cuidados referentes à presença de patógenos e metais pesados para a manutenção da saúde humana. Faz-se necessária a realização de pesquisas que especifiquem melhor as possibilidades de uso do lodo nas culturas de interesse agrônômico, buscando a criação de metodologias específicas para cada cultura.

Sewage sludge biosolids in agriculture: challenges and prospects

Abstract

The objective of this study was to conduct a literature review on the use of sewage waste in agroecological production systems. The sewage waste is commonly called sewage sludge, it is a residue rich in organic matter, originated during the treatment of wastewater in Sewage Treatment Plants (STPs). Its applicability in agriculture should be well planned, because in its constitution, in addition to organic matter that brings many benefits to soil and crops, there is the presence of heavy metals, specific chemicals greater than $5\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ weight or greater than 20 atomic number and pathogenic microorganisms which may develop disease to its host, when in appropriate conditions for their survival and multiplication. Thus, Resolution nº 375, of 29 August 2006, states that sewage sludge should not be used for vegetable crops, pastures, tubers and roots, as well as its derivatives. This recommendation extends to all cultures that are in contact with the ground. If there is the application in a particular area, the waiting period for possible use for grazing is 24 months. For tubers, vegetable crops, roots and other crops, the minimum period is 48 months. Therefore, the best applicability of sewage is to recover degraded areas and to develop substrates for forest species seedlings.

Keywords: Sludge. Organic matter. Degraded areas. Substrates.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 1004- Resíduos sólidos:** classificação. Rio de Janeiro. ABNT, 2004.

BACKES, C.; LIMA, C. P. de; FERNANDES, D. M.; GODOY, L. J. G. de; KIIHL, T. A. M.; VILLAS BÔAS, R. L. Efeito do lodo de esgoto e nitrogênio na nutrição e desenvolvimento inicial da mamoneira. **Bioscience Journal**, v. 25, n. 1, p. 90-98, 2009. Disponível em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/viewFile/6797/4489>>. Acesso em: 13 abr. 2016.

BACKES, C.; SANTOS, A. J. M.; GODOY, L. J. G. de; BÔAS, R. L. V.; OLIVEIRA, M. R. de; OLIVEIRA, F. C. de. Doses de lodo de esgoto compostado em produção de tapete de grama esmeralda imperial. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 37, n. 5, p. 1402-1414, 2013. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v37n5/29.pdf>>. Acesso em: 9 de abril de 2016.

BETTIOL, W. Effect of sewage sludge on the incidence of corn stalk rot caused by *Fusarium*. **Summa Phytopathologica**, v. 30, n. 1, p. 16-22, 2004. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/111951/1/2004AP001.pdf>>. Acesso em: 10 abr. 2016.

BETTIOL, W.; CAMARGO, O. A. Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto. Jaguariúna: **Embrapa Meio Ambiente**, 2006. p. 259-268. Disponível em: <<http://www.cnpma.embrapa.br/download/LivroLodoEsgoto.pdf>>. Acesso em: 13 abr. 2016.

BITTENCOURT, S.; SERRAT, B. M.; AISSE, M. M.; MARIN, L. M. K. S.; SIMÃO, C. C. Aplicação de lodos de estações de tratamento de água e de tratamento de esgoto em solo degradado. **Engenharia Sanitária Ambiental**, v. 17, n. 3, p. 315-324, 2012. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/esa/v17n3/v17n3a08>>. Acesso em: 14 abr. 2016.

BONINI, C. S. B.; ALVES, M. C.; MONTANARI, R. Recuperação da estrutura de um Latossolo vermelho degradado utilizando lodo de esgoto. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**. Recife, v. 10, n. 1, p. 34-42, 2015. Disponível em: <http://www.agraria.pro.br/ojs-2.4.6/index.php?journal=agraria&page=article&op=view&path%5B%5D=agraria_v10i1a4513&path%5B%5D=3675>. Acesso em: 13 abr. 2016.

CALDEIRA, M. V. W.; GONÇALVES, E. O.; TRAZZI, P. A.; DELARMINA, W. M.; ROCHA, R. L. F. Crescimento de mudas de *Eucalyptus grandis* utilizando lodo de esgoto, fibra de coco e palha de café *in natura*. **Floresta**, v. 44, n. 2, p. 195 - 206, 2014. Disponível em: <<http://revistas.ufpr.br/floresta/article/view/30170/22774>>. Acesso em: 9 abr. 2016.

CAMPOS, F. S.; ALVES, M. C. Uso de lodo de esgoto na reestruturação de solo degradado. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 32, n. 4, p. 1389-1397, 2008. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v32n4/a03v32n4.pdf>>. Acesso em: 15 abr. 2016.

CARVALHO, C. S.; RIBEIRINHO, V. S.; ANDRADE, C. A. de; GRUTZMACHER, P.; PIRES, A. M. M. Composição química da matéria orgânica de lodos de esgoto. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 10, n. 3, p. 413-419, 2015. Disponível em: <http://www.agraria.pro.br/sistema/index.php?journal=agraria&page=article&op=view&path%5B%5D=agraria_v10i3a5174&path%5B%5D=1861>. Acesso em: 13 abr. 2016.

CATOLICO, A. C. C.; CARVALHO, L. C. G.; JARQUE, N. A. Aproveitamento de resíduos do saneamento básico na fabricação de cerâmica vermelha. **XI Fórum Ambiental da Alta Paulista**, v. 11, n. 9, p. 79-96, 2015. Disponível em: <http://www.amigosdanatureza.org.br/publicacoes/index.php/forum_ambiental/article/view/1173/1196>. Acesso em: 11 abr. 2016.

CHUEIRI, W. A.; SERRAT, B. M.; BIELE, J.; FAVARETTO, N. Lodo de esgoto e fertilizante mineral sobre parâmetros do solo e de plantas de trigo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, v. 11, n. 5, p. 502-508, 2007. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v11n5/v11n05a09.pdf>>. Acesso em: 13 abr. 2016.

COELHO, H. A.; GRASSI FILHO, H.; ROMIERO, J. C. T.; POMPERMAYER, G. V.; BARBOSA, R. D.; LOBO, T. F. Desempenho agrônômico do lodo de esgoto como fonte de nitrogênio em bananeiras. **Revista Agrarian**, v. 4, n. 13, p. 172-181, 2011. Disponível em: <<http://ojs.ufgd.edu.br/index.php/agrarian/article/view/1222/757>>. Acesso em: 9 abr. 2016.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). **Resolução nº 375, de 29 de agosto de 2006**. Define critérios e procedimentos, para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados, e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res06/res37506.pdf>>. Acesso em: 14 abr. 2016.

CORRÊA, R. S.; FONSECA, Y. M. F.; CORRÊA, A. S. Produção de biossólido agrícola por meio da compostagem e vermicompostagem de lodo de esgoto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, v. 11, n. 4, p. 420-426, 2007. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v11n4/v11n04a12.pdf>>. Acesso em: 11 abr. 2016.

CUNHA, A. M.; CUNHA, G. M.; SARMENTO, R. A.; CUNHA, G. M.; AMARAL, J. F. T. Efeito de diferentes substratos sobre o desenvolvimento de mudas de acacia sp. **Revista Árvore**, v. 30, n. 2, p. 207-214, 2006. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rarv/v30n2/a07v30n2>>. Acesso em: 11 abr. 2016.

DELARMELINA, W. M.; CALDEIRA, M. V. W.; FARIA, J. C. T.; GONÇALVES, E. de. O Uso de lodo de esgoto e resíduos orgânicos no crescimento de mudas de *Sesbania virgata* (Cav.) Pers. **Revista Agro@mbiente On-line**, v. 7, n. 2, p. 184-192, 2013. Disponível em: <<https://revista.ufr.br/agroambiente/article/view/888/1148>>. Acesso em: 8 abr. 2016.

DORES-SILVA, P. R.; LANDGRAF, M. D.; REZENDE, M. O. Acompanhamento químico da vermicompostagem de lodo de esgoto doméstico. **Química Nova**, v. 34, n. 6, p. 956-961, 2011. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/qn/v34n6/08.pdf>>. Acesso em: 12 abr. 2016.

FIDALSKI, J.; CHAVES, J. C. D. Respostas do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) IAPAR-59 à aplicação superficial de resíduos orgânicos em um Latossolo vermelho distrófico típico. **Coffee Science**, Lavras, v. 5, n. 1, p. 75-86, 2010. Disponível em: <<http://www.coffeescience.ufla.br/index.php/Coffeescience/article/view/274/pdf>>. Acesso em: 17 abr. 2016.

FOLOGARI, O.; REIS, C. Z. dos; PHILLIPPI, L. S. Determinação de parâmetros cinéticos da inativação térmica de *Escherichia coli* em lodo de esgoto. **Engenharia Sanitária Ambiental**, v. 17, n. 3, p. 255-262, 2012. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/esa/v17n3/v17n3a01.pdf>>. Acesso em: 15 abr. 2016.

FREITAS, R. X. A.; MELO, G. A. Avaliação do uso de biocomposto de lodo de esgoto como substrato para produção de mudas. **Remoa**, v. 12, n. 12, p. 2665-2673, 2013. Disponível em: <<https://periodicos.ufsm.br/remoa/article/view/7992/pdf>>. Acesso em: 16 abr. 2016.

GARCIA, G. O.; GONÇALVES, I. Z.; MADALÃO, J. C.; NAZÁRIO, A. A.; BRAGANÇA, H. N. Características químicas de um solo degradado após aplicação de lodo de esgoto doméstico. **Revista Verde**, v. 4, n. 2, p. 01-12, 2009. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/277810554_CHARACTERISTICAS_QUIMICAS_DE_UM_SOLO_DEGRADADO_APOS_APLICACAO_DE_LODO_DE_ESGOTO_DOMESTICO>. Acesso em: 11 abr. 2016.

GOMES, S. B. V.; NASCIMENTO, C. W. A.; BIONDI, C. M. Produtividade e composição mineral de plantas de milho em solo adubado com lodo de esgoto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, v. 11, n. 5, p. 459–465, 2007. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v11n5/v11n05a02.pdf>>. Acesso em: 13 abr. 2016.

GONÇALVES JUNIOR, A. C.; NACKE, H.; SCHWANTES, D.; COELHO, G. F.; SOUSA, R. F. B. de; PARIZOTTO, A. A. Fitodisponibilidade de metais em milho (*Zea mays*) cultivado com aplicação de biossólido. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 38, n. 1, p.71-78, 2015. Disponível em: <<http://www.scielo.mec.pt/pdf/rca/v38n1/v38n1a11.pdf>>. Acesso em: 10 abr. 2016.

HAAG, H. P.; MINAMI, K.; TUCCI, M. L. Recrutamento de nutrientes pela roseira. In: HAAG, H. P. (Coord.), MINAMI, K.; LIMA, A. M. L. P. **Nutrição mineral de algumas espécies ornamentais**. Campinas: Fund. Cargill, 1989. p. 288.

HIGASHI, E. N.; SILVEIRA, R. L. V. A.; GONÇALVES, A. N. Monitoramento nutricional e fertilização em macro, mini e microjardim clonal de *Eucalyptus*. In: GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETTI, V. **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, 2000. p.192-215.

LOBO, T. F.; GRASSI FILHO, H. Efeito de elementos tóxicos em função do lodo de esgoto na cultura do girassol. **Revista Verde**, v. 10, n. 1, p. 136-142, 2015. Disponível em: <<http://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RVADS/article/view/2818/2977>>. Acesso em: 11 abr. 2016.

LOBO, T. F.; GRASSI FILHO, H.; BÜLL, L. T.; SOUZA, F. L. P. de. Efeito do nitrogênio e do lodo de esgoto na nutrição do feijoeiro. **Revista Verde**, v. 10, n. 2, p. 33 - 41, 2015. Disponível em: <<http://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RVADS/article/view/2662/2976>>. Acesso em: 12 abr. 2016.

LOBO, T. F.; GRASSI FILHO, H.; CARDOSO, E. J. B. N.; ALMEIDA, L. S.; NOMIYAMA JUNIOR, N. Crescimento e fixação biológica do nitrogênio em soja cultivada com doses de lodo de esgoto compostado. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 33, n. 4, p. 1333-1342, 2012. Disponível em: <<https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/6344/WOS000314513600009.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 14 abr. 2016.

KITAMURA, A. E.; ALVES, M. C.; SUZUKI, L. G. A. S.; GONZALEZ, A. P. Recuperação de um solo degradado com a aplicação de adubos verdes e lodo de esgoto. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 32, n. 1, p. 405-416, 2008. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v32n1/38.pdf>>. Acesso em: 11 abr. 2016.

MAIO, M. M.; SAMPAIO, R. A.; NASCIMENTO, A. L.; PRATES, F. B. S.; RODRIGUES, M. N.; SILVA, H. P. da; DIAS, A. N.; FREITAS, C. E. S. Atributos físicos do solo, adubado com lodo de esgoto e silicato de cálcio e magnésio. **Revista Ceres**, v. 58, n. 6, p. 823-830, 2011. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rceres/v58n6/21.pdf>>. Acesso em: 14 abr. 2016.

MALAVOLTA, E. **Fertilizantes e seu impacto ambiental**: micronutrientes e metais pesados, mitos, mistificação e fatos. São Paulo, PRODUQUÍMICA, 1994. 153p.

MELO, L. A. S.; LIGO, M. A. V. Uso de lodo de esgoto em bananicultura: efeitos de doses no primeiro ano de aplicação. **Revista Científica Rural**, v. 11, n. 2, p. 33-38, 2006. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/125725/1/2006AP-034.pdf>>. Acesso em: 11 abr. 2016.

NAKAYAMA, F. T.; OLIVEIRA, C. L. B. de; PERDONÁ, M. J. Recuperação de solo degradado com a aplicação de lodo de esgoto e plantas de cobertura. **X Fórum Ambiental da Alta Paulista**, v. 10, n. 7, p. 28-38, 2014. Disponível em: <http://amigosdanatureza.org.br/publicacoes/index.php/forum_ambiental/article/view/826/850>. Acesso em: 16 abr. 2016.

NASCIMENTO, A. L.; SAMPAIO, R. A.; CRUZ, S. F. da; ZUBA JUNIOR, G. R.; BARBOSA, C. F.; FERNANDES, L. A. Metais pesados em girassol adubado com lodo de esgoto submetido a diferentes processos de estabilização. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, v. 18, n. 7, p. 694-699, 2014a. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v18n7/v18n07a04.pdf>>. Acesso em: 12 abr. 2016.

NASCIMENTO, A. L.; SAMPAIO, R. A.; ZUBA JUNIOR, G. R.; CARNEIRO, J. P.; FERNANDES, L. A.; RODRIGUES, M. N. Teores de metais pesados no solo e em girassol adubado com lodo de esgoto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, v. 18, n. 3, p. 294-300, 2014b. Disponível em: <<http://www.agriambi.com.br/revista/v18n03/v18n03a08.pdf>>. Acesso em: 14 abr. 2016.

NOGUEIRA, T. A. R.; SAMPAIO, R. A.; FERREIRA, C.; FONSECA, I. M. Produtividade de milho e de feijão consorciados adubados com diferentes formas de lodo de esgoto. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 6, n. 1, 2006. Disponível em: <<http://www.scielo.cl/pdf/rcsuelo/v6n1/art06.pdf>>. Acesso em: 9 abr. 2016.

OLIVEIRA, J. P. B.; LOPES, J. C.; ALEXANDRE, R. S.; JASPER, A. P. S.; SANTOS, L. N. S.; OLIVEIRA, L. B. Concentração de metais pesados em plantas de maracujá doce cultivadas em dois solos tratados com lodo de esgoto. **Engenharia Ambiental**, v. 6, n. 2, p. 217-223, 2009. Disponível em: <<http://ferramentas.unipinhal.edu.br/engenhariaambiental/viewarticle.php?id=244>>. Acesso em: 10 abr. 2016.

PRADO, A. K.; CUNHA, M. E. T. Efeito da aplicação de lodo de esgoto e curtume nas características físico-químicas do solo e na absorção de nitrogênio por feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). **Unopar Científica Ciências Exatas e Tecnológicas**, v. 10, n. 1, p. 37-41, 2011. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/313495382_Efeito_da_aplicacao_de_lodo_de_esgoto_e_curtume_nas_caracteristicas_fisico-quimicas_do_solo_e_na_absorcao_de_nitrogenio_por_feijoeiro_Phaseolus_vulgaris_L. Acesso em: 12 abr. 2016.

RANGEL, O. J. P.; SILVA, C. A.; BETTIOL, W.; GUILHERME, L. R. G.; DYNIA, J. F. Acúmulo de Cu, Mn, Ni, Pb e Zn em Latossolo vermelho adubado com fontes de lodo de esgoto e cultivado com milho. **Ciência Agrotécnica**, v. 28, n. 1, p. 15-23, 2004. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cagro/v28n1/a02.pdf>>. Acesso em: 8 abr. 2016.

RIBEIRO, E. M. P.; MELLO, P. B. A utilização do adubo de resíduos de apara de couro como fonte de nitrogênio no solo agrícola com ganhos energéticos e ambientais. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 28. Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro, 2008. Disponível em: <<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/31415/000678818.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 15 abr. 2016.

RIGO, M. M.; RAMOS, R. R.; CERQUEIRA, A. A.; SOUZA, P. S. A.; MARQUES, M. R. C. Destinação e reúso na agricultura do lodo de esgoto derivado do tratamento de águas residuárias domésticas no Brasil. **Gaia Scientia**, v. 8, n. 1, p. 174-186, 2014. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/278026813_Destinacao_e_reuso_na_agricultura_do_lodo_de_esgoto_derivado_do_tratamento_de_aguas_residuarias_domesticas_no_Brasil>. Acesso em: 6 abr. 2016.

ROMEIRO, J. C. T.; GRASSI FILHO, H.; MOREIRA, L. L. Q. Absorção de N, P, K, Ca e Mg por laranjeiras 'Pêra' fertilizadas com lodo de esgoto compostado em substituição à adubação nitrogenada mineral. **Irriga**, v. 19, n. 1, p. 82-93, 2014. Disponível em: <<http://revistas.fca.unesp.br/index.php/irriga/article/view/531>>. Acesso em: 5 abr. 2016.

ROSSMANN, M.; VIEIRA, D. B.; AVELAR, F. F.; MATOS, A. T. de. Redução da viabilidade de ovos de helmintos em lodo de esgoto doméstico caledado. **Engenharia na Agricultura**, v. 22, n. 1, p. 43-49, 2014. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/314833087_Reducacao_da_Viabilidade_de_Ovos_de_Helmintos_em_Lodo_de_Esgoto_Domestico_Caleado>. Acesso em: 6 abr. 2016.

SAITO, M. L. **O uso do lodo de esgoto na agricultura**: precauções com os contaminantes orgânicos. Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, 2007. 35 p.

SAMPAIO, T. F.; GUERRINI, I. A.; BACKES, C.; HELIODORO, J. C. A.; RONCHI, H. S.; TANGANELLI, K. M.; CARVALHO, N. C. de; OLIVEIRA, F. C. Lodo de esgoto na recuperação de áreas degradadas: efeito nas características físicas do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, n. 5, p. 1637-1645, 2012. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v36n5/28.pdf>>. Acesso em: 8 abr. 2016.

SANTOS, C. H.; GRASSI FILHO, H.; SANTOS, J. C.; PENTEADO, B. B. Fertilidade do solo e nutrição de tangerineiras 'Ponkan' manejados com resíduos sólidos e adubação química. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, v. 15, n. 1, p. 75-83, 2011. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v15n1/a11v15n01.pdf>>. Acesso em: 15 abr. 2016.

SANTOS, F. E. V.; KUNZ, S. H.; CALDEIRA, M. V. W.; AZEVEDO, C. H. S.; RANGEL, O. J. P. Características químicas de substratos formulados com lodo de esgoto para produção de mudas florestais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, v. 18, n. 9, p. 971-979, 2014. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v18n9/v18n09a14.pdf>>. Acesso em: 14 abr. 2016.

SCHEER, M. B.; CARNEIRO, C.; BRESSAN, O. A.; SANTOS, K. G dos. Crescimento e nutrição de mudas de *Lafoensia pacari* com lodo de esgoto. **Floresta e Ambiente**, v. 19, n. 1, p. 55-65, 2012. Disponível em: <<http://www.floram.org/files/v19n1/v19n1a7.pdf>>. Acesso em: 12 abr. 2016.

SILVA, F. A. M.; SOUZA, I. V. de; ZANON, J. A.; NUNES, G. M.; SILVA, R. B. da; FERRARI, S. Produção de mudas de juçara com resíduos agroindustriais e lodo de esgoto compostados. **Brazilian Journal of Biosystems Engineering**, v. 9, n. 2, p. 109-121, 2015. Disponível em: <<http://seer.tupa.unesp.br/index.php/BIOENG/article/view/259/230>>. Acesso em: 7 abr. 2016.

SILVA, M. A. G. da; BÜLL, L. T.; MIGGIOLARO, A. E.; ANTONANGELO, J. A.; MUNIZ, A. S. Fito-disponibilidade de metais utilizando ácidos orgânicos após sucessiva aplicação de resíduos no solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, v. 18, n. 12, p. 1287-1295, 2014. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v18n12/a13v18n12.pdf>>. Acesso em: 8 abr. 2016.

SILVA, M. M. P. da; SOUSA, J. T. de; CEBALLOS B. S. O.; FEITOSA, W. B. S.; LEITE, V. D. Tratamento aeróbio conjugado de lodos de tanques sépticos e resíduos sólidos orgânicos domiciliares. **Ambiente e Água**, v. 4, n. 3, p. 123-143, 2009. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Jose_Sousa29/publication/307778472_Treatment_aerobic_conjugate_of_sludges_of_septic_tanks_and_household_organic_solid_wastes/links/584722d308aeda6968227b22/Treatment-aerobic-conjugate-of-sludges-of-septic-tanks-and-household-organic-solid-wastes.pdf?origin=publication_list>. Acesso em: 8 abr. 2016.

SINGH, R. P.; AGRAWAL, M. Variations in heavy metal accumulation, growth and yield of rice plants grown at different sewage sludge amendment rates. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 73, n. 1, p. 632-641, 2010. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0147651310000345>>. Acesso em: 9 abr. 2016.

SINHA, R. K.; HERAT, S.; BHARAMBE, G.; BRAHAMBHATT, A. Vermistabilization of sewage sludge (biosolids) by earthworms: converting a potential biohazard destined for landfill disposal to a pathogen-free, nutritive and safe biofertilizer for farms. **Waste Management & Research**, v. 28, n. 10, p. 872-881, 2010. Disponível em: <<http://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/0734242X09342147>>. Acesso em: 10 abr. 2016.

TRANI, P. E.; RAIJ, B. van. Hortaliças. In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de Adubação e Calagem para o Estado de São Paulo**, 2. ed. rev. ampl. Campinas: Instituto Agrônomo & Fundação IAC, 1997. 285p.

TRAZZI, P. A.; DELARMELINA, W. M.; CALDEIRA, M. V. W. Concentração e quantidade de nutrientes em mudas de Teca produzidas em substratos orgânicos. **Ecologia e Nutrição Florestal**, v. 2, n. 1, p. 19-31, 2014. Disponível em: <<https://periodicos.ufsm.br/enflo/article/view/15279/pdf>>. Acesso em: 7 abr. 2016.

TRIGUEIRO, R. M.; GUERRINI, I. A. Utilização de lodo de esgoto na produção de mudas de aroeira-pimenteira. **Revista Árvore**, v. 38, n. 4, p. 657-665, 2014. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rarv/v38n4/09.pdf>>. Acesso em: 7 abr. 2016.

UNITED STATE DEPARTMENT OF AGRICULTURE (USD). **Report and recommendation on organic farming**. Washington, US Government, 1980. 94p.

Histórico editorial:

Submetido em: 16/05/2016.

Aceito em: 20/10/2016.

Como citar:

ABNT

PEDROSA, M. V. B.; LIMA, W. L. de; AMARAL, A. A. do; CARVALHO, A. H. O. Biossólido de lodo de esgoto na agricultura: desafios e perspectivas. **Revista Agrogeoambiental**, Pouso Alegre, v. 9, n. 4, p. 125-142, out./dez. Doi: <http://dx.doi.org/10.18406/2316-1817v9n42017999>

APA

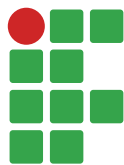
PEDROSA, M. V. B., LIMA, W. L. de, AMARAL, A. A. do & CARVALHO, A. H. O. (2017). Biossólido de lodo de esgoto na agricultura: desafios e perspectivas. *Revista Agrogeoambiental*, 9 (4), 125-142. Doi: <http://dx.doi.org/10.18406/2316-1817v9n42017999>

ISO

PEDROSA, M. V. B.; LIMA, W. L. de; AMARAL, A. A. do e CARVALHO, A. H. O. Biossólido de lodo de esgoto na agricultura: desafios e perspectivas. *Revista Agrogeoambiental*, 2017, vol. 9, n. 4, pp. 125-142. Eissn 2316-1817. Doi: <http://dx.doi.org/10.18406/2316-1817v9n42017999>

VANCOUVER

Pedrosa MVB, Lima WL de, Amaral AA do, Carvalho AHO. Biossólido de lodo de esgoto na agricultura: desafios e perspectivas. *Rev agrogeoambiental*. 2017 out/dez; 9(4): 125-142. Doi: <http://dx.doi.org/10.18406/2316-1817v9n42017999>



Diretrizes para autores

A Revista Agrogeoambiental publica apenas trabalhos originais e inéditos, que não estejam aguardando avaliação, revisão ou publicação por outro periódico. O trabalho pode ser submetido em qualquer época do ano através da plataforma on-line e, se aprovado, poderá ser publicado em uma das edições regulares da revista, que são disponibilizadas nos meses de março, junho, setembro e dezembro.

Tipos de trabalho

Artigo Científico: Trata-se de um relato completo de trabalho experimental. O texto deve representar processo de investigação científica coeso e propiciar seu entendimento, com exposição coerente das informações, de modo a possibilitar a reprodução do experimento. Deve ter entre 11 e 15 páginas.

Short Communication: Trata-se de um relato completo, porém mais conciso. Deve possuir os mesmos critérios de qualidade e relevância que o artigo científico e representar uma contribuição significativa para as áreas de abrangência do periódico. Deve ter entre 08 e 10 páginas.

Revisão bibliográfica: Trata-se da abordagem do estado da arte ou visão crítica de assuntos de interesse e relevância para a comunidade científica da área de abrangência do periódico. As discussões devem abordar os trabalhos mais relevantes e atuais da área. As submissões estão temporariamente suspensas.

Apresentação

- Documento odt (Open Document) ou doc (Microsoft Word 1997-2003).
- Páginas em tamanho A4.
- Todas as margens de 3 cm. Não numerada, sem cabeçalhos e/ou rodapés.
- Fonte Times New Roman, corpo 12, espaçamento simples entre linhas.
- O texto deve ser escrito em uma única coluna.

Estrutura e Organização

As seções mais comuns que compõem o artigo científico estão especificadas abaixo

- Título: Máximo de quinze palavras em letras minúsculas (exceto pela primeira letra).
- Subtítulos: Margem esquerda, com destaque em negrito, a numeração é opcional.
- Autoria: Serão aceitos, no máximo, seis autores por artigo e a Indicação de Autoria deve ser feita, conforme o modelo abaixo:

Nome completo do autor. Instituição, vínculo com a instituição (se houver). Cidade, estado e país de atuação profissional. E-mail. Telefone. Endereço para correspondência.

(Em trabalhos com dois ou mais autores, especificar a instituição, o vínculo institucional e o e-mail dos coautores.)

- **Resumo:** Com no máximo 250 palavras, deve ser coerente e apresentar o objetivo do trabalho.

- **Palavras-chave:** De três a seis palavras-chave, separadas por ponto final.

- **Introdução:** Deve apresentar a justificativa para a realização do trabalho, situar a importância do problema científico a ser solucionado e estabelecer sua relação com outros trabalhos publicados sobre o assunto.

- **Material e métodos:** Deve apresentar a descrição do local, a data, o delineamento do experimento, indicar os tratamentos, o número de repetições e o tamanho da unidade experimental. Devem ser descritos de modo que outro pesquisador possa repetir o experimento.

- **Resultados e discussão:** Todos os dados apresentados em tabelas ou figuras devem ser discutidos. As novas descobertas devem ser confrontadas com o conhecimento anteriormente obtido.

- **Conclusão:** Deve apresentar as novas descobertas da pesquisa, sem comentários adicionais com verbos no presente do indicativo.

- **Agradecimentos:** Se houver, devem ser claros e objetivos, contendo o motivo do agradecimento.

- **Referências:** Devem seguir a NBR 6023:2002 da ABNT.

- **Normas bibliográficas:** Organize o artigo conforme as seguintes normas da ABNT:

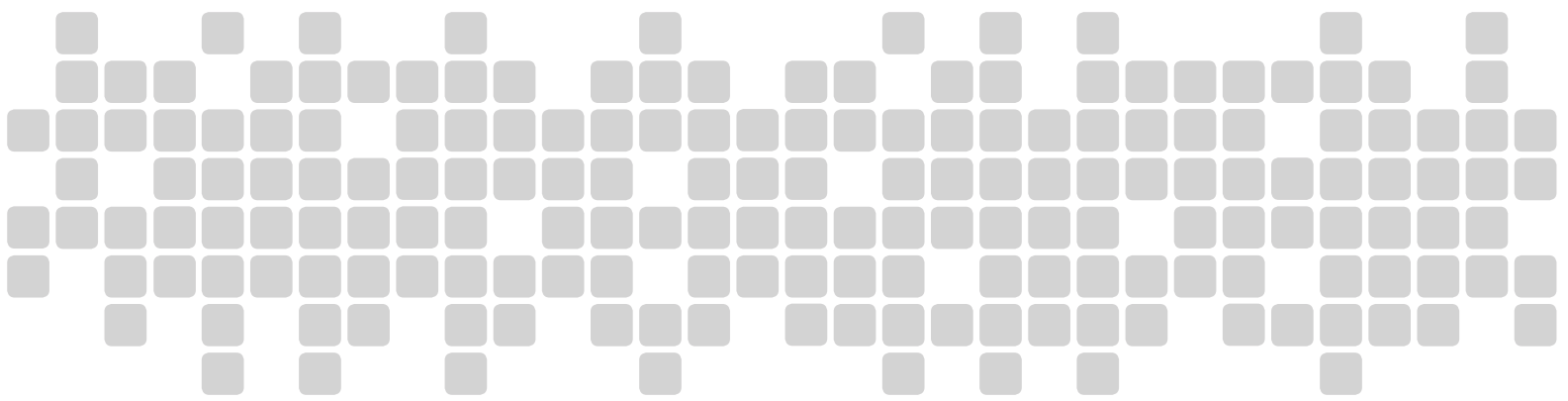
- > NBR 6023:2002 a referências bibliográficas.

- > NBR 10520:2002 a sistema autor/data de citação no corpo do texto de referências bibliográficas.

- Optional

- > NBR 6028:2003 a como elaborar resumos.

Para informações mais detalhadas acesse: <http://agrogeoambiental.ifsuldeminas.edu.br>



DIAGRAMAÇÃO, IMPRESSÃO E ACABAMENTO:



Assis - SP
Fone: (18) 3322-5775
Fone/Fax: (18) 3324-3614
vendas@graficatriunfal.com.br
www.graficatriunfal.com.br