



**CRESCIMENTO, APORTE DE NUTRIENTES E
TROCAS GASOSAS DE LEGUMINOSAS
ASSOCIADAS À *Vitis vinifera***

THAISI CAROLINE TAVARES DE OLIVEIRA

2012

THAISI CAROLINE TAVARES DE OLIVEIRA

**CRESCIMENTO, APORTE DE NUTRIENTES E TROCAS GASOSAS
DE LEGUMINOSAS ASSOCIADAS À *Vitis vinifera***

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Fitotecnia, para obtenção do título de “Mestre”.

Orientadora:
DSc. Sylvana Naomi Matsumoto

Co-orientadores:
DSc. Cícero Antônio de Souza Araújo
DSc. Anselmo Eloy Silveira Viana
DSc. Felizarda Viana Bebé

VITÓRIA DA CONQUISTA
BAHIA - BRASIL
2012

O52c

Oliveira, Thaisi Caroline Tavares de.

Crescimento, aporte de nutrientes e trocas gasosas de leguminosas associadas à *Vitis vinífera* / Thaisi Caroline Tavares de Oliveira , 2011. 93f.: il.

Orientador (a): Sylvana Naomi Matsumoto.

Co-orientador(a): Cícero Antônio de Souza Araújo.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Vitória da Conquista, 2012.

Referências: f. 103 - 107.

1. Plantas de cobertura. 2. Adubação verde. 3. *Vitis vinífera*
I. Matsumoto, Sylvana Naomi. II. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Programa de Pós- Graduação em Agronomia. III. T.

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA – UESB
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
Área de Concentração em Fitotecnia

Campus de Vitória da Conquista - BA

DECLARAÇÃO DE APROVAÇÃO

**Título: "CRESCIMENTO, APORTE DE NUTRIENTES E TROCAS
GASOSAS DE LEGUMINOSAS ASSOCIADAS À *Vitis vinifera*"**

Autora: Thaisi Caroline Tavares de Oliveira

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de
MESTRE EM AGRONOMIA, ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM
FITOTECNIA, pela Banda Examinadora:



Prof. Sylvana Naomi Matsumoto, D.Sc., UESB

Presidente



Prof. Alcebiadés Rebouças São José, D.Sc., UESB



Prof. Fábio Freire de Oliveira, D.Sc., IFSertão - PE

Data de realização: 16 de março de 2012.

Estrada do Bom Quezer, Km 4 – Caixa Postal 95 – Telefone: (77) 3425-9383 – Fax: (77)
3424-1059 – Vitória da Conquista – BA – CEP: 45031-900
e-mail: mestradoagronomia@uesb.edu.br

A Deus, primeiramente, pela capacitação a mim concedida, sem a qual não poderia ter sido realizada esta pesquisa, assim como, à força e à luz que me ilumina para que eu possa seguir com determinação pelos meus ideais.

Aos meus pais, Walter Filho e Selma, fonte de inspiração e exemplo de esforço e dedicação. Minha eterna gratidão e respeito.

Com carinho, dedico.

AGRADECIMENTOS

"Agradeço a todas as dificuldades que enfrentei; não fosse por elas, eu não teria saído do lugar. As facilidades nos impedem de caminhar. Mesmo as críticas, nos auxiliam muito." (Chico Xavier)

A DEUS, pela constante presença em minha vida, e, pela permissão em concluir mais esta etapa da vida profissional, o que traz muita alegria e realização.

À Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - UESB, pela digna recepção e oportunidade de poder realizar mais um sonho, e a todos que a fazem, principalmente, ao corpo docente, que tive a oportunidade de conhecer, e que nos prepara para enfrentar desafios e buscar novas oportunidades;

Ao Curso de Pós-graduação em Agronomia - Área de concentração em Fitotecnia, pela oportunidade concedida de aprimoramento dos meus conhecimentos nessa área;

Ao Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano - IF SERTÃO-PE, instituição que tenho muito respeito e carinho pela seriedade que direciona os seus trabalhos e pela forma que acolhe os discentes; e que, muito gentilmente, cedeu a área para instalação do experimento;

À Capes, pela concessão da bolsa de estudo durante o curso;

À professora Dr^a. Sylvana Naomi Matsumoto, pelo profissionalismo humanizado, que acolheu-me com afetividade, e por, nos momentos de dúvidas, conduzir-me com firmeza e sabedoria pelos caminhos que levam à vitória;

Ao professor Dr. Cícero Antônio de Sousa Araújo, pela amizade, incentivo, paciência, e pelos valiosos comentários dados ao trabalho, além dos conhecimentos fundamentais a esta pesquisa. Serei eternamente grata;

Aos professores, Anselmo Eloy Viana e Felizarda Bebé, por todas as orientações durante este trabalho;

À professora Dr^a. Flávia Cartaxo Ramalho Villar, com a qual encontrei apoio e orientação em momentos de tomada de decisão, seja pessoal ou profissional; por seus ensinamentos e por sempre ter acreditado em mim;

Aos professores Fábio e Alcebíades, pela aceitação para compor a banca de defesa;

À família, em especial, tia Rosana, avó Maria do Carmo e à Cleuzinha, pela credibilidade e incentivo em busca de crescimento pessoal e profissional, e às minhas irmãs, Thamires e Mariana, pelo carinho e o incentivo sempre demonstrados;

Ao meu noivo Uelton, pela compreensão, incentivo e paciência durante minhas ausências;

Às amigas, Joyce e Maria do Socorro, que sempre estiveram disponíveis para ajudar nos momentos de sufoco, minha gratidão e carinho;

Aos colegas da Pós Graduação, em especial, Leilane Lopes, Gabriela Luz e Marcela Frois;

A todos aqueles que, cada qual a sua maneira e importância, contribuíram de forma direta ou indireta para que esta pesquisa se concretizasse.

EPÍGRAFE

“Cada dia a natureza produz o suficiente para nossa carência. Se cada um tomasse o que lhe fosse necessário, não haveria pobreza no mundo e ninguém morreria de fome.” (Mahatma Gandhi)

RESUMO

OLIVEIRA, T.C.T. **CRESCIMENTO, APORTE DE NUTRIENTES E TROCAS GASOSAS DE LEGUMINOSAS ASSOCIADAS À *Vitis vinifera*.** Vitória da Conquista – BA: UESB, 2011. 93p. (Dissertação – Mestrado em Agronomia, Área de Concentração em Fitotecnia).*

O objetivo do trabalho foi analisar as características nutricionais, fisiológicas e do efeito de cobertura vegetal de leguminosas associadas à *Vitis vinifera*, no Vale do São Francisco. Os tratamentos foram resultantes do arranjo fatorial 4x2x3, constituído de quatro espécies de leguminosas: feijão de porco (*Canavalia ensiformis*), feijão guandu (*Cajanus cajan*), labe labe (*Dolichos lab lab*) e calopogônio (*Calopogonium mcunoides*) com dois espaçamentos entre fileiras (0,25 e 0,50 m) e três densidades de plantas por metro linear (5, 10 e 15 plantas), com três repetições. As avaliações da taxa de cobertura do solo foram realizadas a cada sete dias até a cobertura total do solo de uma área de um m². Após 90 dias da semeadura, as leguminosas foram avaliadas quanto à fotossíntese e os seus componentes, sendo realizado o corte da parte aérea das plantas, determinando-se a massa fresca e seca, e o teor e acúmulo de nutrientes (C, N, P e K). Houve influência da densidade de plantas por metro linear na taxa de cobertura do solo, matéria seca, acúmulo de N, transpiração, condutância estomática e na eficiência do uso da água das leguminosas. Maiores índices de cobertura do solo e do acúmulo de matéria fresca e seca da parte aérea das plantas foram verificados para o feijão de porco, independentemente do espaçamento. Para a fotossíntese líquida (A_{liq}), transpiração (E), condutância estomática (Gs), relação A/Ci, menores valores foram verificados para a espécie labe labe, indicando a presença de um mecanismo de fechamento estomático mais sensível em comparação às demais.

PALAVRAS-CHAVE: plantas de cobertura, adubação verde, videira.

*Orientadora: Sylvana Naomi Matsumoto, D.Sc. - UESB e co-orientadores: Cícero Antônio de S. Araújo, D.Sc. - IF-SERTÃO PERNAMBUCANO; Anselmo Eloy Silveira Viana, D.Sc. – UESB; Felizarda Viana Bebé, D.Sc. - IF-BAIANO.

ABSTRACT

OLIVEIRA, T.C.T. **GROWTH, NUTRIENT CONTRIBUTION OF LEGUMES AND GAS EXCHANGE ASSOCIATED WITH *Vitis vinifera***. Vitória da Conquista - BA: UESB, 2011. 93p. (Dissertation - Master of Agronomy, Phytotechny Area of Concentration).*

The objective of this study was evaluate the nutritional and physiological effects of legume cover associated to *Vitis vinifera*, the São Francisco Valley. The trial was organized in 4x2x3 factorial arrangement, composed by four legume species: jack bean (*Canavalia ensiformis*), faba bean (*Cajanus cajan*), lab lab (*Dolichos lab lab*) and calopo (*Calopogonium mcunoides*), two row spacings (0,25 and 0,50 m) and three plant densities per meter (5, 10 and 15 plants) with three replications. To evaluation of floor covering, the data were taken at seven days periods till to full cover of one square meter of soil. After 90 days of sowing, the parameters of aerials parts of plant gas exchange were evaluated and the cut of shoot was taken to determining the fresh and dry matter, and the nutrients content and accumulation (C, N, P and K). The density per meter was a factor that affects the rate of soil covering, dry matter, N accumulation, transpiration, stomatal conductance and water use efficiency. Higher rates of soil cover and the accumulation of shoot fresh and dry matter were verified for jack bean, independently of the spacing. For net photosynthesis (Aliq), transpiration (E), stomatal conductance (Gs), the A / Ci, lower values were observed for the species lab lab, indicating the presence of a mechanism of stomatal closure more sensitive compared to the other.

Keywords: cover crops, green manure, vine.

*Orientadoar: Sylvana Naomi Matsumoto, D.Sc. - UESB e co-orientadores: Cícero Antônio de S. Araújo, D.Sc. - IF-SERTÃO PERNAMBUCANO; Anselmo Eloy Silveira Viana, D.Sc. – UESB; Felizarda Viana Bebé, D.Sc. - IF-BAIANO.

LISTA DE TABELAS

ARTIGO 1: COBERTURA DO SOLO DE LEGUMINOSAS EM DIFERENTES ARRANJOS POPULACIONAIS NO VALE DO SÃO FRANCISCO.....	21
Tabela 1. Valores das variáveis climáticas observadas durante o período experimental	25
Tabela 2. Características químicas da camada superficial do solo na área experimental	30
Tabela 3. Resumo da análise de variância da 1 ^a , 2 ^a , 3 ^a , 4 ^a , 5 ^a e 6 ^a semana das taxas de cobertura do solo da parte aérea de quatro leguminosas, em função do espaçamento (Esp) e do número de plantas por metro linear (Dens), consorciadas com <i>Vitis vinifera</i> , no Submédio São Francisco	38
ARTIGO 2: PRODUÇÃO DE FITOMASSA E ACÚMULO DE NUTRIENTES DE ADUBOS VERDES NO VALE DO SÃO FRANCISCO	41
Tabela 1. Valores das variáveis climáticas observadas durante o período experimental	46
Tabela 2. Características químicas da camada superficial do solo na área experimental	47
Tabela 3. Resumo da análise de variância da matéria fresca (MF) e seca (MS); dos teores de carbono (C), nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K); da relação C/N da parte aérea de quatro leguminosas, em função do espaçamento (Esp) e do número de plantas por metro linear (Dens), consorciadas com <i>Vitis vinifera</i> , no Submédio São Francisco	51
Tabela 4. Resumo da análise de variância dos acúmulos de carbono (AC), nitrogênio (AN), fósforo (AP) e potássio (AK) da parte aérea de quatro leguminosas, em função do espaçamento (Esp) e do número de plantas por metro linear (Dens), consorciadas com <i>Vitis vinifera</i> , no Submédio São Francisco	52

Tabela 5. Matéria fresca (MF) e seca (MS) da parte aérea de quatro leguminosas, em função de dois espaçamentos entre sulcos de plantio, consorciadas com <i>Vitis vinifera</i> , no Submédio São Francisco	54
Tabela 6. Teores de carbono (C) e nitrogênio (N) e relação C/N da parte aérea de quatro leguminosas, consorciadas com <i>Vitis vinifera</i> , no Submédio São Francisco	60
Tabela 7. Teor de fósforo (P) e potássio (K) da parte aérea de quatro leguminosas, em função de dois espaçamentos entre sulcos de plantio, consorciadas com <i>Vitis vinifera</i> , no Submédio São Francisco	62
Tabela 8. Teor de fósforo (P) e potássio (K) em função de dois espaçamentos entre sulcos de plantio e das três densidades de plantio da parte aérea de quatro leguminosas, consorciadas com <i>Vitis vinifera</i> , no Submédio São Francisco	64
Tabela 9. Acúmulo de carbono (C) e fósforo (P) da parte aérea de quatro leguminosas, consorciadas com <i>Vitis vinifera</i> , no Submédio São Francisco	66
Tabela 10. Acúmulo de nitrogênio (N) e potássio (K) da parte aérea de quatro leguminosas, em função de dois espaçamentos entre sulcos de plantio, consorciadas com <i>Vitis vinifera</i> , no Submédio São Francisco	68
ARTIGO 3: TROCAS GASOSAS E CONDUTÂNCIA ESTOMÁTICA EM DISTINTAS ESPÉCIES DE LEGUMINOSAS COMO ADUBO VERDE	75
Tabela 1. Valores das variáveis climáticas observadas durante o período experimental	80
Tabela 2. Características químicas da camada superficial do solo na área experimental	81

Tabela 3. Resumo da análise de variância da temperatura da folha (TF), concentração interna de CO ₂ (Ci), transpiração (E) e da condutância estomática (GS) da parte aérea de quatro leguminosas, em função do espaçamento (Esp) e do número de plantas por metro linear (Dens), consorciadas com <i>Vitis vinifera</i> , no Submédio São Francisco	84
Tabela 4. Resumo da análise de variância da fotossíntese líquida (A _{liq}), eficiência do uso da água (EUA), A/Ci e índice SPAD da parte aérea de quatro leguminosas, em função do espaçamento (Esp) e do número de plantas por metro linear (Dens), consorciadas com <i>Vitis vinifera</i> , no Submédio São Francisco	85
Tabela 5. Condutância estomática (Gs), transpiração (E), fotossíntese (A _{liq}), A/Ci e índice SPAD da parte aérea de quatro leguminosas consorciadas com <i>Vitis vinifera</i> , no Submédio São Francisco	86
Tabela 6. Índice SPAD da parte aérea de quatro leguminosas consorciadas com <i>Vitis vinifera</i> , no Submédio São Francisco	88
Tabela 7. Concentração interna de CO ₂ (Ci) da parte aérea de quatro leguminosas, em função de dois espaçamentos entre sulcos de plantio, consorciadas com <i>Vitis vinifera</i> , no Submédio São Francisco	90
Tabela 8. Eficiência do uso da água (EUA) da parte aérea de quatro leguminosas, em função de dois espaçamentos entre sulcos de plantio, consorciadas com <i>Vitis vinifera</i> , no Submédio São Francisco	91

LISTA DE FIGURAS

ARTIGO 1: COBERTURA DO SOLO DE LEGUMINOSAS EM DIFERENTES ARRANJOS POPULACIONAIS NO VALE DO SÃO FRANCISCO	21
Figura 1. Cobertura do solo da parte aérea de quatro leguminosas, em função do espaçamento e de diferentes números de plantas por metro linear, consorciadas com <i>Vitis vinifera</i> , no Submédio São Francisco	31
Figura 2. Cobertura do solo promovida por quatro leguminosas (A: labe labe; B: feijão de porco; C: calopogônio; D: feijão guandu) em função de diferentes densidades, consorciadas com <i>Vitis vinifera</i> , no Submédio São Francisco	34
Figura 3. Cobertura do solo promovida por leguminosas dispostas em espaçamento de 0,25m (A) e 0,50m (B), em função de diferentes densidades, consorciadas com <i>Vitis vinifera</i> , no Submédio São Francisco	36
ARTIGO 2: PRODUÇÃO DE FITOMASSA E ACÚMULO DE NUTRIENTES DE ADUBOS VERDES NO VALE DO SÃO FRANCISCO	42
Figura 1. Matéria seca (MS) da parte aérea de quatro leguminosas, em função de diferentes números de plantas por metro linear, consorciadas com <i>Vitis vinifera</i> , no Submédio São Francisco	58
Figura 2. Teor de fósforo (P) da parte aérea de quatro leguminosas, em função de diferentes números de plantas por metro linear, consorciadas com <i>Vitis vinifera</i> , no Submédio São Francisco	65
Figura 3. Acúmulo de nitrogênio (N) de quatro leguminosas, em função de diferentes números de plantas por metro linear, consorciadas com <i>Vitis vinifera</i> , no Submédio São Francisco	67

ARTIGO 3: TROCAS GASOSAS E CONDUTÂNCIA ESTOMÁTICA EM DISTINTAS ESPÉCIES DE LEGUMINOSAS COMO ADUBO VERDE 75

Figura 1. Transpiração, E (A), condutância estomática, Gs, (B) e eficiência do uso da água (EUA, A/GS) (C) da parte aérea de quatro leguminosas, em função de diferentes números de plantas por metro linear, consorciadas com *Vitis vinifera*, no Submédio São Francisco. 88

LISTA DE SIGLAS

A_{liq}	Taxa de Fotossíntese Líquida ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)
AC	Acúmulo de carbono (Kg ha^{-1})
AK	Acúmulo de potássio (Kg ha^{-1})
AN	Acúmulo de nitrogênio (Kg ha^{-1})
AP	Acúmulo de fósforo (Kg ha^{-1})
C_i	Concentração interna de CO_2 ($\mu\text{mol mol}^{-1}$)
DAS	Dias após semeadura
DENS	Densidade (m^{-1})
E	Transpiração ($\text{mol H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$)
EL	Espaçamento entre linhas (m)
EP	Espécie
EUA	Eficiência do uso da água ($\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)
Gs	Condutância estomática ($\mu\text{mol mol}^{-1}$)
L	Linha de cultivo
MF	Matéria fresca (t ha^{-1})
MS	Matéria seca (t ha^{-1})
PREC.	Precipitação (mm)
TF	Temperatura da folha ($^{\circ}\text{C}$)
T. MÁX.	Temperatura máxima ($^{\circ}\text{C}$)
T. MÍN.	Temperatura mínima ($^{\circ}\text{C}$)
T. MÉD.	Temperatura média ($^{\circ}\text{C}$)
RFA	Radiação Fotossinteticamente Ativa

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL.....	17
REFERÊNCIAS	20
ARTIGO 1: Cobertura do solo de leguminosas em diferentes arranjos populacionais no Vale do São Francisco	21
RESUMO.....	22
ABSTRACT.....	22
INTRODUÇÃO.....	23
MATERIAL E MÉTODOS.....	24
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	29
CONCLUSÕES.....	37
REFERÊNCIAS.....	39
ARTIGO 2: Produção de fitomassa e acúmulo de nutrientes de adubos verdes no Vale do São Francisco	41
RESUMO.....	42
ABSTRACT.....	42
INTRODUÇÃO.....	43
MATERIAL E MÉTODOS.....	45
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	49
CONCLUSÕES.....	69
REFERÊNCIAS.....	71
ARTIGO 3: Trocas gasosas e condutância estomática em distintas espécies de leguminosas como adubo verde	75
RESUMO.....	76
ABSTRACT.....	76
INTRODUÇÃO.....	77
MATERIAL E MÉTODOS.....	79
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	83
CONCLUSÕES.....	91
REFERÊNCIAS.....	90

INTRODUÇÃO GERAL

O desenvolvimento da vitivinicultura na região Semiárida do Nordeste brasileiro é recente e tem adquirido importância pelo potencial para produção de uvas para vinho de elevada qualidade. O Vale do São Francisco é o segundo maior pólo vitivinícola do Brasil, com um volume de produção que mantém 15% da produção nacional de vinhos finos (IBRAVIN, 2008). Essa região tem potencial para exportação devido à adesão aos programas de sustentabilidade de produção, fator muito valorizado pelos países importadores.

Segundo os preceitos da “revolução verde”, o aumento da produtividade de alimentos se dá através do uso intensivo da terra com altas doses de fertilizantes e pesticidas, assim como, o manejo intensivo do solo por meio de máquinas e implementos. Esses sistemas de produção têm contribuído para a degradação dos solos (erosão, destruição dos agregados, perda da matéria orgânica e compactação), mananciais e também contaminação e esgotamento de lençóis freáticos.

Paralelamente a este cenário, o sistema de produção de alimentos orgânicos tem sido desenvolvido, promovendo questionamentos nas mais variadas esferas de socialização de conhecimentos. Dessa forma, esta reflexão implica em práticas de campo com um equilíbrio salutar entre a necessidade da inserção da produção de alimentos em cadeias produtivas de sucesso econômico e bem estar social e ambiental. De acordo com a Associação de Agricultura Orgânica (2010), o êxito desse sistema resulta de práticas baseadas no melhoramento da qualidade do solo, como o uso de plantas de cobertura de solo. Para tal fim, as leguminosas são as espécies mais utilizadas, pois além da alta capacidade de fixação de nitrogênio atmosférico (N_2), obtida através da relação simbiótica com bactérias do gênero *Rhizobium*, promovem melhoria na qualidade física, química e biológica do solo.

Os adubos verdes também promovem a proteção do solo através da redução de erosão, que pode ser provocada pelo vento ou pela água, assim como, contra os impactos das chuvas; a incidência direta dos raios solares; o rompimento de camadas adensadas e compactadas ao longo do tempo; o incremento da capacidade de infiltração e retenção de água no solo; promoção do resgate de camadas subsuperficiais de nutrientes lixiviados; extração e mobilização de nutrientes nas camadas mais profundas do solo, tais como P, K e micronutrientes; extração do fósforo fixado; e a inibição da germinação e do crescimento de plantas espontâneas, seja por efeitos alelopáticos ou pela competição por luz (VON OSTERROHT, 2002; FARIA e outros 2004, CARVALHO E AMABILE, 2006).

O potencial de leguminosas com finalidade de cobertura do solo pode ser avaliado pelo potencial de produção de matéria fresca e seca, bem como a concentração de nutrientes aportados por estas. Neste contexto, a organização espacial dessas plantas em arranjos populacionais, por meio de diferentes espaçamentos e densidade de plantio, pode afetar características ecológicas relacionadas à disponibilidade de água, radiação solar e nutriente, considerado como fatores limitantes ao estabelecimento de algumas espécies.

O uso de leguminosas para cobertura do solo em vinhedos resulta em vantagens como redução da erosão, melhoria das qualidades físicas e químicas, controle de plantas espontâneas, constituindo-se em um importante nicho para inimigos naturais, reduzindo a infestação de pragas (OLIVEIRA e outros, 2004; OVALE e outros, 2007; BOTTON e outros, 2010).

Devido à elevada diversidade dos fatores bióticos e abióticos das regiões brasileiras, o estudo da interação entre as espécies de leguminosas de cobertura e as condições edafoclimáticas locais é de essencial importância (GUERRA e outros, 2007).

Para a melhor compreensão da interação entre a disposição em diferentes arranjos espaciais de quatro espécies leguminosas com o cultivo de videiras na região do Submédio do Vale do rio São Francisco, aspectos relacionados à capacidade de cobertura do solo, crescimento, concentração de nutrientes e trocas gasosas foram avaliados, organizados e dispostos neste estudo. Desse modo, a partir do desenvolvimento deste estudo, pretende-se contribuir para a construção de uma ampla base de conhecimentos sobre a associação de leguminosas e videiras, fato imprescindível para a sustentabilidade da vitivinicultura na região Semiárida do Submédio São Francisco.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO DE AGRICULTURA ORGÂNICA. **O que é agricultura orgânica**. Disponível em:<<http://www.aao.org.br/historia.asp>>. Acesso em: 25 fev. 2010.

BOTTON, M.; MELO, G. W. B de; OLIVEIRA, O. L. P. de; ONZI, I. Efeito da cobertura vegetal sobre a pérola-da-terra (Hemiptera: Margarodidae) na cultura da videira. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v.32, n.4, dec. 2010.

GUERRA, J. G. M.; ESPINDOLA, J. A. A.; PERIN, A.; TEIXEIRA, M. G.; ALMEIDA, D. L.; ASSIS, R. L. **Desempenho de leguminosas perenes como plantas de cobertura do solo**. Seropédica: Embrapa-Agrobiologia, 2007. 20p. (Boletim de Pesquisa e desenvolvimento, 20).

IBRAVIN, Instituto Brasileiro do Vinho. **A viticultura brasileira: regiões produtoras**, 2008. Disponível em:<<http://www.ibravin.com.br/brasilvitivinicola.php>>. Acesso em: 23 de dezembro de 2011.

OLIVEIRA, O. L. P.; PICCININI, C. S.; PALUDO, M. B.; JUERGEN, J. P. **Manejo do solo e da cobertura verde em videiras visando sustentabilidade**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2004. (Comunicado técnico, 55).

OVALE, C.; DEL POSO, A.; LAVIN, A.; HIRZEL, J. Cubiertas vegetales en vinedos: comportamiento de mezclas de leguminosas forrajeras anuales y efectos sobre la fertilidad del suelo. **Agricultura Técnica**, v.67 n.4, p.384-392, 2007.

VON OSTERROHT, M. O que é uma adubação verde: princípios e ações. **Agroecologia Hoje**, n. 14, p. 9-11, mai/jun 2002.

**ARTIGO 1: COBERTURA DO SOLO POR LEGUMINOSAS EM
DIFERENTES ARRANJOS POPULACIONAIS**

COBERTURA DO SOLO POR LEGUMINOSAS EM DIFERENTES ARRANJOS POPULACIONAIS NO SUBMÉDIO DO SÃO FRANCISCO

Resumo

Este trabalho objetivou determinar as taxas de cobertura do solo de quatro leguminosas utilizadas como adubo verde, em diferentes espaçamentos e densidade de plantas por metro linear. Os tratamentos, resultante do arranjo fatorial de quatro espécies de leguminosas: feijão de porco (*Canavalia ensiformis*), feijão guandu (*Cajanus cajan*), labe labe (*Dolichos lab lab*) e colopogônio (*Calopogonium mucunoides*), dois espaçamentos entre sulcos de plantio (0,25 e 0,50 m) e três densidades de plantas por metro linear (5, 10 e 15 plantas m⁻¹), foram distribuídos em blocos ao acaso, com três repetições. A completa cobertura do solo foi atingida mais rapidamente, aos 42 dias após a semeadura, pelo feijão de porco, sendo verificado que a densidade de plantas tem influência sobre o período de avaliação, variando entre os espaçamentos, independente da espécie.

Palavras-chave: *Canavalia ensiformis*, *Cajanus cajan*, *Dolichos lab lab*, *Calopogonium mucunoides*, adubação verde.

Legumes soil cover in different population arrangements in San Francisco

Valley

Abstract

This study aimed to determine rates of soil cover four legumes used as green manure in different spacing and density of plants per linear meter. The experiment was organized in a factorial arrangement of four species of legumes: jack bean (*Canavalia ensiformis*), faba bean (*Cajanus cajan*), labe labe (*Dolichos lab lab*) and colopo (*Calopogonium mucunoides*), two planting spacings (0,25 and 0,50 m) and three densities of plants per linear meter (5, 10 and 15 plants m⁻¹), distributed in randomized blocks design with three replications. The full cover was reached earlier, at 42 days after sowing, the jack bean, and found that plant density affects the evaluation period ranging between spacings, regardless of species.

Key words: *Canavalia ensiformis*, *Cajanus cajan*, *Dolichos lab lab*, *Calopogonium mucunoides*, soil cover.

1. INTRODUÇÃO

A conservação dos recursos naturais tem sido foco de atenção de muitos temas de pesquisas relacionadas ao desenvolvimento de novas tecnologias de manejo, tendo como objetivo final a sustentabilidade dos sistemas de produção.

A utilização de plantas de cobertura é recomendada para a melhoria da qualidade e conservação dos solos (CARVALHO e AMABILE, 2006). Dessa forma, a utilização de espécies leguminosas na adubação verde é um fator de incremento de matéria orgânica que contribui para a otimização dos atributos físicos, químicos e biológicos do solo.

As leguminosas têm características favoráveis como a elevada capacidade de cobertura do solo, fixação biológica de N_2 , tem sistema radicular profundo e possuem elevada capacidade de extração e ciclagem de nutrientes, o que contribui para o aumento dos teores de N e P disponível no solo.

Para que essas vantagens sejam otimizadas, um dos grandes desafios é a seleção de espécies que possam ser empregadas no local do cultivo (GUERRA et al., 2007). Essas espécies devem ter características como rápido crescimento e elevada produção de matéria fresca e seca, garantindo, assim, eficiência na cobertura e para o fornecimento de nutrientes ao sistema produtivo. Para a região Semiárida do Submédio São Francisco, caracterizada por temperaturas elevadas, irregularidade e baixos índices pluviométricos e com ocorrência de uma estação seca prolongada, as interações entre a espécie e as condições bióticas e abióticas locais são de extrema importância.

Segundo Perin et al. (2000), a seleção prévia de leguminosas para a implantação de coberturas vivas é muito importante, pois as taxas de crescimento das leguminosas perenes são inicialmente lentas, quando comparadas com leguminosas anuais. Guerra et al. (2005) relatam que, para cada espécie existe um tempo mínimo necessário para que ocorra a cobertura total do

solo, verificando que o calopogônio, o cudzu tropical e o amendoim forrageiro requerem 135, 106 e 264 dias, respectivamente, após o plantio, para que este efeito seja visualizado. Esses autores supõem que o desenvolvimento lento do amendoim forrageiro está relacionado à época do seu replantio, com menores temperaturas e precipitações.

A maior velocidade da cobertura do solo pela parte aérea das plantas está relacionada com a capacidade da espécie em apresentar um crescimento inicial mais rápido. Em estudo sobre os adubos verdes e seus efeitos no rendimento da cana-de-açúcar, Duarte Júnior e Coelho (2008) verificaram, em Campos dos Goytacazes (RJ), uma elevada taxa de cobertura inicial para o feijão de porco, cuja taxa de cobertura total do solo foi alcançada aos 70 dias após o plantio.

Entretanto, são poucos os trabalhos relacionados ao comportamento de leguminosas que mostrem a importância dos arranjos populacionais dessas espécies. Perin et al. (2003) mostraram que, para o estabelecimento do amendoim forrageiro (*A. pintoi*), a densidade de 8 plantas por metro linear no espaçamento de 0,50 m entre sulcos de plantio foi mais eficiente para a formação de cobertura viva.

O objetivo deste trabalho foi determinar as taxas de cobertura do solo de quatro leguminosas, em diferentes arranjos populacionais, no Submédio do Vale do São Francisco.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado na cidade de Petrolina, Pernambuco, no campo experimental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão

Pernambucano (IF-Sertão PE), *Campus* Zona Rural, no período de fevereiro a abril de 2011.

Conduzido em um parreiral de uvas de vinho (*Vitis vinifera*), com dez anos de idade, conduzidas em espaldeira com espaçamento de 3,5 x 1,2 m, sob sistema irrigado por microaspersão.

A região foi caracterizada como bioma Caatinga e situada sob as coordenadas 9° 9' Sul, 40° Oeste e 365,5 m de altitude. Conforme a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo BSw'h semiárido quente, com precipitação pluviométrica anual inferior a 800 mm. Na cidade de Petrolina, a média é de 510 mm anuais, distribuídos irregularmente entre os meses de novembro a abril. Nos meses mais frios do ano, as temperaturas são superiores a 18°C, sendo a média anual de 27°C (CODEVASF, 2006). As principais características climáticas do local no período experimental são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Valores acumulado de precipitação (Prec.) e médias mensais de temperatura do ar máxima (T. máx.), média (T. méd.) e mínima (T. min.), umidade relativa do ar (UR) e índice de radiação incidente (Rad) durante o período experimental.

Mês	Prec. (mm)	T. máx. (°C)	T. méd. (°C)	T.min. (°C)	UR (%)	Rad. (cal/cm ² /dia)
Fev.	19,9	33,5	28,0	22,6	63	376,6
Mar.	73,3	33,0	27,6	22,3	72	369,3
Abr.	89,8	32,4	27,1	21,8	67	362,3

Fonte: Estação Agrometeorológica de Bebedouro – EMBRAPA Semiárido - CPATSA. Petrolina, PE

O solo da área experimental foi previamente amostrado na profundidade de 0-20 cm na linha de cultivo da videira e nas entre linhas, classificado como

Neossolo Litólico, apresentando, por ocasião da implantação das espécies de leguminosas, as seguintes características químicas, conforme metodologia da Embrapa (1997) (Tabela 2).

Tabela 2. Características químicas da camada superficial do solo (0-20 m) classificado como Neossolo Litólico, na linha de cultivo (L) e nas entre linhas (EL) da videira, associadas a quatro diferentes espécies de leguminosas, no campo experimental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano, localizado na cidade de Petrolina, Pernambuco.

Determinações	Unidade	Espécies							
		Labe labe		Feijão de porco		Calopogônio		Feijão guandu	
		Profundidade 0 – 20 cm							
Local de amostragem		L	EL	L	EL	L	EL	L	EL
CE	dS m ⁻¹	0,67	0,66	0,67	0,66	0,67	0,66	0,67	0,66
MO	g Kg ⁻¹	19,69	13,95	17,48	14,59	18,55	14,66	21,96	15,53
pH em H ₂ O	-	6,87	6,51	6,87	6,63	7,14	6,75	7,28	7,09
P	mg dm ⁻³	186,8	29,0	154,6	47,4	215,4	27,9	188,2	42,0
K ⁺	cmol _c dm ⁻³	0,65	0,36	0,56	0,35	0,72	0,38	0,67	0,42
Ca ⁺²	cmol _c dm ⁻³	2,7	2,8	2,3	2,6	2,4	2,6	2,6	2,9
Mg ⁺²	cmol _c dm ⁻³	1,47	1,26	1,43	1,18	1,46	1,24	1,53	1,34
Na ⁺	cmol _c dm ⁻³	0,03	0,05	0,02	0,05	0,02	0,03	0,05	0,04
Al ⁺³	cmol _c dm ⁻³	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Al+H	cmol _c dm ⁻³	0,86	0,76	0,82	0,79	0,84	0,77	0,87	0,76
S	cmol _c dm ⁻³	4,85	4,47	4,31	4,18	4,24	4,25	4,85	4,70
CTC	cmol _c dm ⁻³	5,68	5,18	5,11	4,92	5,42	4,99	5,67	5,42
Sat. de base	%	85,39	86,29	84,34	84,96	78,23	85,17	85,54	86,72

Os 24 tratamentos resultantes da combinação fatorial de quatro espécies de leguminosas: feijão de porco (*Canavalia ensiformis*), feijão guandu (*Cajanus cajan*), labe labe (*Dolichos lab lab*) e calopogônio (*Calopogonium mcunoides*), com dois espaçamentos entre sulcos de plantio (0,25 e 0,50 m) e três densidades de plantio por metro linear linear (5, 10 e 15 plantas) foram dispostos em blocos casualizados, com três repetições. A parcela experimental constituiu-se de quatro plantas de videira, no espaçamento 3,5 x 1,2 m, perfazendo uma área de 16 m².

A área foi preparada com uma aração, apenas para efeito de limpeza, seguida da marcação das parcelas experimentais e abertura dos sulcos previamente definidos. Efetuou-se a semeadura manual à distância de 0,50 m da fileira da videira, por metro linear, com adicional de 100% da sua densidade de semente. O desbaste foi realizado após sete dias da emergência das plântulas, estabelecendo os estandes anteriormente descritos.

As plantas foram monitoradas, até a cobertura total do solo, por meio de imagens fotográficas aos 7, 14, 21, 28, 35, 42 e 49 dias após a semeadura (DAS). O local de tomada das fotografias foi demarcado com piquetes de madeira para que todas as avaliações fossem realizadas sempre na mesma área.

A câmara fotográfica digital, com resolução de 16.1 megapixels, foi suspensa por um tripé, de modo que as fotografias foram registradas em condição de posicionamento perpendicular ao solo, a uma altura de 1,60 m da superfície do terreno. Cada fotografia abrangeu uma área de um m² de varredura, sendo determinada entre às 7h30 e 9h, de modo a atenuar efeitos adversos de sombra, conforme metodologia descrita por Perin et al. (2003).

Essas fotografias foram avaliadas através do software SisCob, desenvolvido pela Embrapa - Centro Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento de Instrumentação Agropecuária, determinando-se, assim, as taxas de cobertura do solo (%).

Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey, a $p > 0,05$. Estes dados não atenderam ao pressuposto de normalidade e homogeneidade, sendo então submetidos à transformação antes de serem analisados (BANZATTO e KRONKA, 2008). Os GL relativos às densidades, quando significativos, foram desdobrados em análise de variância da regressão, utilizando-se o programa de estatística SAEG 9.1, sendo definidos os modelos em função do significado biológico e maior R^2 ajustado.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foi verificado efeito das espécies de leguminosas, do espaçamento (Esp), dos números de plantas por metro linear (Dens) e de suas interações (Tabela 3).

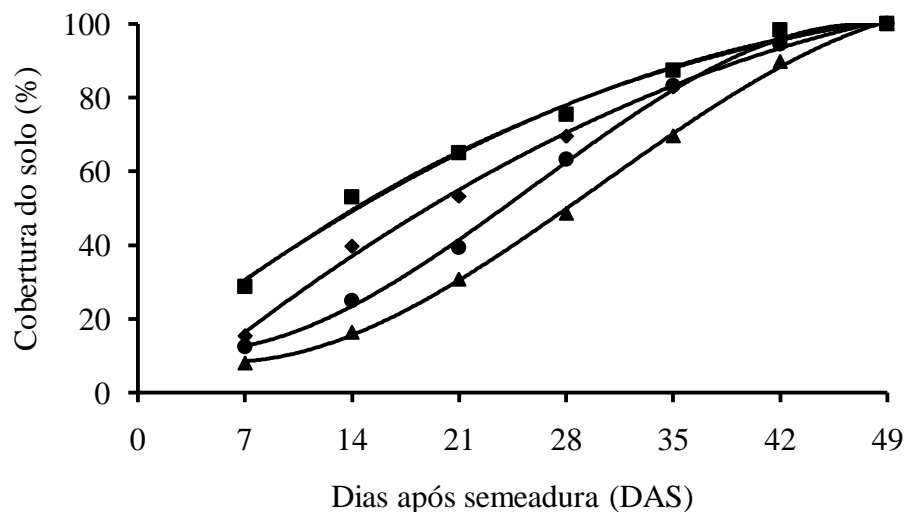
Tabela 3. Resumo da análise de variância das taxas de cobertura do solo da parte aérea de quatro leguminosas, avaliadas aos 7, 14, 21, 28, 35 e 42 DAS, em função da espécie (SP), espaçamento (EL) e densidade (DENS) consorciadas com *Vitis vinifera*, no Submédio São Francisco.

Fontes de variação	Gl	Quadrado médio					
		7 DAS ¹	14 DAS ¹	21 DAS ¹	28 DAS ¹	35 DAS ¹	42 DAS ¹
Bloco	2	0,0099*	0,0008 ^{ns}	0,0037 ^{ns}	0,0150 ^{ns}	0,0436**	0,1508**
SP	3	0,2614**	0,5662**	0,4443**	0,2728**	0,1561**	0,1405**
EL	1	0,0008 ^{ns}	0,0095 ^{ns}	0,0843**	0,0122 ^{ns}	0,0016 ^{ns}	0,0011 ^{ns}
DENS	2	0,0222**	0,0161*	0,0002 ^{ns}	0,0139 ^{ns}	0,0460**	0,06320**
SP * EL	3	0,0068 ^{ns}	0,0234*	0,0240**	0,0238**	0,0129 ^{ns}	0,0426**
SP * DENS	6	0,0155**	0,0194***	0,0191**	0,0170**	0,0145 ^{ns}	0,0244 ^{ns}
DENS * EL	2	0,0078 ^{ns}	0,0203**	0,0021 ^{ns}	0,0183*	0,0332*	0,0014 ^{ns}
SP * DENS * EL	6	0,0125**	0,0413**	0,0475**	0,0260**	0,0198*	0,0283*
Resíduo	46	0,0030	0,0040	0,0046	0,0051	0,0082	0,0115
CV(%)		13,74	10,47	8,97	7,67	8,03	7,71

¹Dados transformados para Arc sen (\sqrt{x})

^{ns}, **, *, ° = não significativo, significativo a p<0,01, p<0,05, p<0,10, respectivamente, pelo teste F

Para o labe labe e o feijão de porco, foi definido o modelo polinomial de segunda ordem, caracterizando elevações contínuas para a relação entre a porcentagem de cobertura do solo em função do número de dias após semeadura (DAS) (Figura 1). O comportamento das espécies feijão guandu e calopogônio determinou o ajuste do modelo polinomial de terceira ordem, caracterizado, inicialmente, por suaves aumentos, seguido de elevação do ritmo de acréscimos até atingir novamente estabilização, na fase de cobertura total do solo (Figura 1).



◆ = Labe labe; ■ = Feijão de porco; ▲ = Calopogônio; ● = Feijão guandu

$$\blacksquare \hat{Y}^* = 9,2597 + 3,2417x - 0,0281x^2 \quad (R^2 = 0,992)$$

$$\blacklozenge \hat{Y}^* = -7,0075 + 3,5087x - 0,0266x^2 \quad (R^2 = 0,997)$$

$$\bullet \hat{Y}^* = 13,578 - 1,1627x + 0,1628x^2 - 0,0021x^3 \quad (R^2 = 0,999)$$

$$\blacktriangle \hat{Y}^* = 12,545 - 1,5582x + 0,1492x^2 - 0,0016x^3 \quad (R^2 = 0,999)$$

**, ° significativo ($p < 0,01$, $p < 0,10$, respectivamente), pelo teste F

Figura 1. Cobertura do solo de quatro leguminosas, em função do espaçamento e de diferentes densidades de plantas por metro linear, consorciadas com *Vitis vinifera*, no Submédio São Francisco.

Para as quatro espécies avaliadas, foi verificado que a completa cobertura do solo pelas leguminosas ocorreu de modo precoce, aos 42 DAS, para

o feijão de porco e o labe labe, e, 49 DAS, para o feijão guandu e o calopogônio. Inferindo-se que as condições climáticas da região foram favoráveis e determinantes quanto à velocidade de cobertura do solo para as espécies estudadas. Elucidando que tais resultados foram positivos em condição de semiárido, uma vez que a cobertura do solo em um menor tempo resulta em uma proteção do solo mais efetiva, principalmente, no que diz respeito aos impactos no solo, quando causados pelo vento e a água (na forma de precipitação pluviométrica ou até mesmo pelo sistema de irrigação que possa ser utilizado na área), que podem ocasionar a desestruturação dos agregados das partículas do solo.

Por meio de um modelo quadrático, Duarte Júnior e Coelho (2008) também verificaram que o feijão de porco tem elevada taxa de cobertura inicial, entretanto, a espécie proporcionou 100% de cobertura somente aos 70 DAS, enquanto que, neste trabalho, para esta mesma espécie, ocorreu aos 42 DAS.

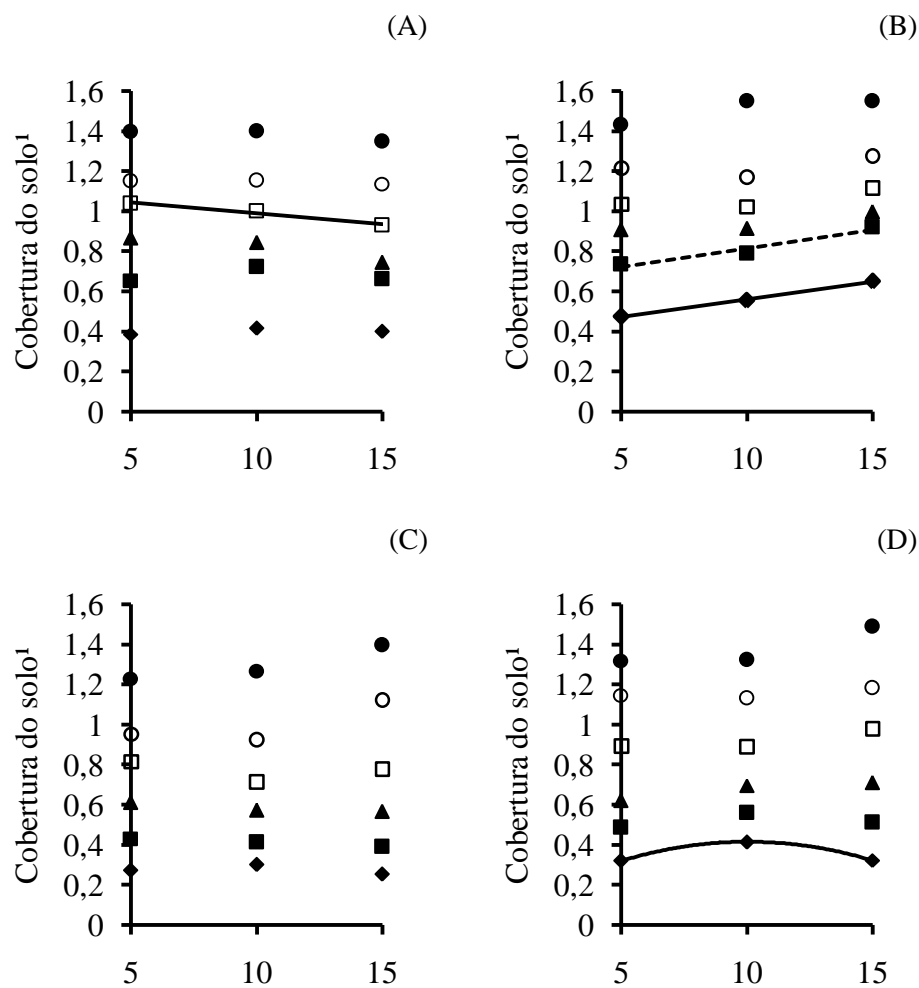
Segundo Alvarenga et al. (1995), o feijão de porco é uma espécie que oferece maior proteção em menor período de tempo com capacidade de cobrir todo o solo aos 50 dias após a emergência. Carvalho e Amabile (2006) relatam que a rápida cobertura do solo do feijão de porco se dá pelo crescimento acelerado e as amplas folhas cotiledonares favorecem também a um eficiente controle de plantas espontâneas. Amim et al. (2010), estudando o efeito das plantas de cobertura do solo sobre a comunidade de plantas daninhas também verificaram que o feijão de porco tem um crescimento inicial rápido limitando os fatores de produção para as plantas espontâneas.

Resultado semelhante foi verificado por Favero et al. (2001) que avaliaram o comportamento de diferentes leguminosas anuais quanto à velocidade de cobertura do solo em diferentes épocas de avaliação. Esses autores observaram que o feijão de porco atingiu uma cobertura de solo de 60% aos 30 dias após semeadura, seguido pelo labe labe.

Resultados inferiores aos encontrados neste estudo também foram relatados por Teodoro et al. (2011) que, avaliando a taxa de cobertura do solo de leguminosas herbáceas volúveis, observaram que o feijão de porco atingiu a cobertura total do solo aos 60 dias após plantio. Para o labe labe, os referidos autores verificaram menor velocidade em relação ao feijão de porco.

Os resultados deste estudo foram semelhantes aos de Perin et al. (2000), que relataram que as leguminosas perenes apresentaram inicialmente menor vigor de crescimento, quando comparadas às leguminosas anuais, tornando-se necessários cuidados iniciais durante a fase de estabelecimento dessas espécies de leguminosas, evitando a competição com plantas espontâneas.

Quando a interação entre as espécies e densidades foi analisada, foi possível o ajuste de modelos para as espécies de leguminosas, exceto para calopogônio (Figura 2).



Densidade (número de plantas m⁻¹)

◆ = 7 DAS; ■ = 14 DAS; ▲ = 21 DAS; □ = 28 DAS; ○ = 35 DAS; ● = 42 DAS

A (Labe labe): $\hat{Y}^{\circ} = 1,0979 - 0,109x$ ($r^2 = 0,972$)

B (Feijão de porco): $\hat{Y}^{**} = 0,3843 + 0,0176x$ ($r^2 = 0,997$)

C (Calopogônio): $\hat{Y} = 0,72$

D (Feijão guandu): $\hat{Y}^{**} = 0,0404 + 0,0744x - 0,0037x^2$ ($R^2 = 1,00$)

¹Dados destransformados de Arc sen (\sqrt{x})

** , ° significativo ($p < 0,01$, $p < 0,10$, respectivamente), pelo teste F

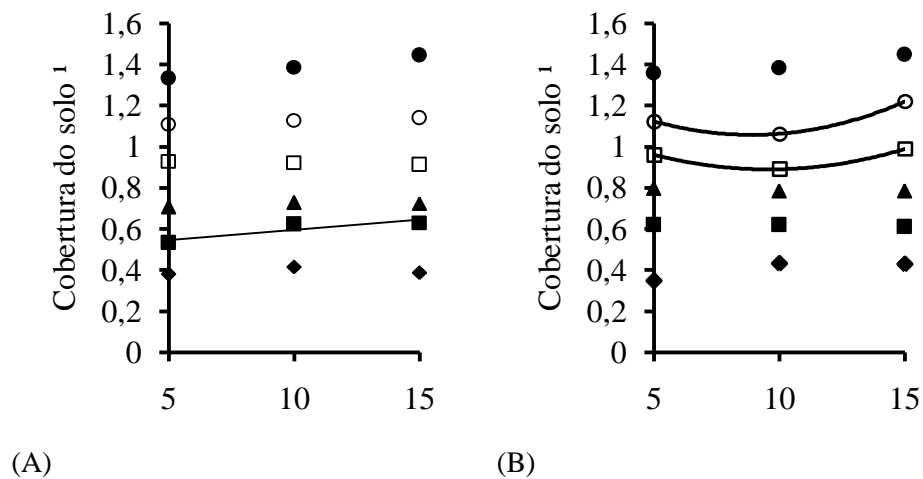
Figura 2. Cobertura do solo promovida por quatro leguminosas (A: Labe labe; B: Feijão de porco; C: Calopogônio; D: Feijão guandu) em função de diferentes densidades, consorciadas com *Vitis vinifera*, no Submédio São Francisco.

Para o labe labe, aos 28 DAS, foi possível estabelecer o modelo linear decrescente em relação a cobertura vegetal e o aumento da densidade de plantas. Diferentemente, a definição de modelos para o feijão de porco e o feijão guandu foi verificada apenas nas avaliações iniciais. O modelo linear crescente foi ajustado para o feijão de porco e o modelo polinomial de segunda ordem foi delineado para o feijão guandu.

Em nenhuma das avaliações realizadas foi possível determinar ajustes para a relação entre cobertura vegetal e densidade de plantas do calopogônio. Estes resultados evidenciam que as distintas espécies deste estudo têm comportamentos diferenciados quanto à cobertura do solo.

Segundo Fernandes et al. (1999), elevada densidade de plantio para o calopogônio promove menor período livre de competição, devido ao efeito de sombreamento entre as plantas, reduzindo, dessa forma, o efeito negativo da competição por fatores de crescimento. Kolling et al. (2008) também verificaram comportamento semelhante para a mucuna cinza, observando um crescimento inicial lento e que o aumento na velocidade do crescimento se dá aos 35 DAS.

Para cada situação de espaçamento, a taxa de cobertura do solo foi influenciada pela densidade de plantas, de modo diferenciado em cada período de avaliação (Figura 3).



Densidade (número de plantas m^{-1})
 ◆ = 7 DAS; ■ = 14 DAS; ▲ = 21 DAS; □ = 28 DAS; ○ = 35 DAS; ● = 42 DAS
A: ■ $\hat{Y}^{\circ} = 0,4952 + 0,0099x$ ($r^2 = 0,816$)
B: □ $\hat{Y}^{\circ} = 1,2017 - 0,065x + 0,0034x^2$ ($R^2 = 1,00$)
 ○ $\hat{Y}^{\circ} = 1,4043 - 0,0783x + 0,0044x^2$ ($R^2 = 1,00$)

¹Dados de-transformados de Arc sen (\sqrt{x})

^osignificativo ($p < 0,10$), pelo teste F

Figura 3. Cobertura do solo promovida por leguminosas nos espaçamentos de 0,25 m (A) e 0,50 m (B), em função do de diferentes densidades, consorciadas com *Vitis vinifera*, no Submédio São Francisco.

Para o espaçamento de 0,25 m, o modelo linear foi definido apenas aos 14 DAS, não sendo possível o delineamento de comportamento em função da densidade nas demais datas. De modo contrastante, o modelo polinomial de segunda ordem foi ajustado para o espaçamento de 0,50 m, somente nas datas finais de avaliação.

Aventando-se a hipótese de que a ocorrência do comportamento linear crescente no início do ciclo, verificado para o menor espaçamento entre linhas, foi relacionado ao estímulo de direcionamento de fotoassimilados e consequente

alongamento e expansão dos órgãos da parte aérea da planta. Desse modo, os acréscimos de cobertura do solo ocorreram de modo crescente com a elevação da densidade.

Tal estímulo foi alterado pela condição de maior espaçamento nas entrelinhas, havendo um maior desenvolvimento radicular em detrimento da expansão da parte aérea das plantas. Desse modo, o aumento da densidade de plantas resultou em decréscimos da porcentagem de solo coberto pelas leguminosas, até o mínimo de 8,89 e 9,56 %, respectivamente, para as avaliações realizadas aos 28 e 35 DAS.

Os acréscimos de coberturas que ocorreram posteriormente, em função dos aumentos da densidade de plantio na linha, decorrem dos mecanismos de competição por luz, que induzem a alterações como maior alongamento do caule e maiores taxas de expansão da área foliar.

Segundo Perin et al. (2003), em estudo sobre a cobertura do solo pelo amendoim forrageiro (*Arachis pintoi*), a taxa de cobertura do solo não é afetada pelo espaçamento entre os sulcos de plantio, entretanto, estas foram influenciadas pela densidade, sugerindo que a combinação mais adequada para esta espécie seja a densidade de 8 plantas m^{-1} no espaçamento de 0,50 m entre sulcos de plantio.

4. CONCLUSÕES

1. Foi verificada elevada capacidade de cobertura de solo, em relação ao tempo, para a espécie feijão do porco, atingindo 50% da cobertura do solo após 15 dias a partir da semeadura;

2. As espécies feijão de porco e labe labe têm maior competência para a proteção física do solo e restrição da competição com as plantas daninhas, quando comparadas ao feijão guandu e calopogônio;
3. Os espaçamentos e as densidades de plantio afetaram as taxas de cobertura do solo de todas as espécies estudadas.

5. REFERÊNCIAS

ALVARENGA, R. C.; COSTA, L. M.; MOURA FILHO, W.; REGAZZ, A. J. Características de alguns adubos verdes de interesse para a conservação e recuperação de solos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.30, n.2, p.175-185, fev. 1995.

AMIM, R. T.; HUZIWARA, E.; FREITAS, I. L. J.; FREITAS, S. P.; OGLIARI, J.; PAES, H. M. F.; MILHEM, L. M. A. **Efeito das plantas de cobertura do solo sobre a comunidade de plantas daninhas**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 27. 2010, Ribeirão Preto, SP. In: CD Rom dos anais do XXVII Congresso Brasileiro das Ciências das Plantas Daninhas, 2010.

BANZATTO, D. A.; KRONKA, S. N. **Experimentação agrícola**. 4.ed. Jaboticabal: FUNEP, p.237, 2008.

CARVALHO, A. M.; AMABILE, R. R. **Cerrado: adubação verde**. Embrapa Cerrados, Planaltina (DF), 369p. 2006.

CODEVASF. Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Paranaíba. **Vale do São Francisco: regiões fisiográficas**, 2006. Disponível em:<[http://www.codevasf.gov.br/osvales/vale-do-sao francisco/recus/submedio-sao-francisco](http://www.codevasf.gov.br/osvales/vale-do-sao-francisco/recus/submedio-sao-francisco)>. Acesso em: 03de janeiro de 2011.

DUARTE JUNIOR, J. B. e COELHO, F. C. Adubos verdes e seus efeitos no rendimento da cana-de-açúcar em sistema de plantio direto. **Bragantia**, Campinas, v.67, n.3, p.723-732. 2008.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1997. 212 p. (EMBRAPA-CNPS).

ESPINDOLA, J. A. A.; GUERRA, J. G. M.; ALMEIDA, D. L. de. Uso de leguminosas herbáceas para adubação verde. In: AQUINO, A. M. de.; ASSIS, R. L. de (Ed.). **Agroecologia: princípios e técnicas para uma agricultura orgânica sustentável**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. p.435-451.

FAVERO, C.; JUCKSCH, I.; ALVARENGA, R. C.; COSTA, L. M. da. Modificações na população de plantas espontâneas na presença de adubos verdes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.36, n.11, p.1355–1362, 2001.

FERNANDES, M. F.; BARRETO, A. C.; FILHO, J. E. Fitomassa de adubos verdes e controle de plantas daninhas em diferentes densidades populacionais de leguminosas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, n.9, p.1593-1600, set. 1999.

KOLLING, D. F.; SCHAGLE, E. G.; SORDI, A.; BUSNELLO F.; FRANCESCHI, J.; MATTIAS, J.L.; DENARDIN R. B. N.; WILDNER, L. P. Curva de crescimento, cobertura de solo, produção de fitomassa e absorção de nitrogênio da mucuna cinza. In: Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas, 28, 2008, Londrina. FertBio: desafios para o uso do solo com eficiência e qualidade ambiental: **Anais...** Londrina: Embrapa Soja: SBCS: IAPAR: UEL, 2008. (CD-ROM).

PERIN, A.; TEIXEIRA, M. G.; GUERRA, J. G. M. Desempenho de algumas leguminosas com potencial para utilização como cobertura viva permanente de solo. **Agronomia**, Seropédica, v. 34, n.1/2, p.38-43, jan./dez. 2000.

PERIN, A; GUERRA, J. G. M.; TEIXEIRA, M. G. Cobertura do solo e acumulação de nutrientes pelo amendoim forrageiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.38, n.7, 2003.

TEODORO, R. B.; OLIVEIRA, F. L. de; SILVA, D. M. N. da; FÁVERO, C.; QUARESMA, M. A. L. Leguminosas herbáceas perenes para utilização como coberturas permanentes de solo na Caatinga Mineira. **Revista Ciência Agronômica**, v.42, n.2, p.292-300, abr./jun. 2011.

**ARTIGO 2: PRODUÇÃO DE FITOMASSA E CONCENTRAÇÃO
DE NUTRIENTES DE ADUBOS VERDES NO VALE DO SÃO
FRANCISCO**

PRODUÇÃO DE FITOMASSA E ACÚMULO DE NUTRIENTES DE ADUBOS VERDES NO VALE DO SÃO FRANCISCO

Resumo

O objetivo do trabalho foi quantificar a matéria fresca e seca e o acúmulo de nutrientes de leguminosas utilizadas como adubo verde, em diferentes arranjos populacionais, no Submédio do Vale do São Francisco. O experimento foi realizado no campo experimental do IF-SERTÃO PE, em Petrolina (PE). Os tratamentos, resultante do arranjo fatorial de quatro espécies de leguminosas: feijão de porco (*Canavalia ensiformis*), feijão guandu (*Cajanus cajan*), labe labe (*Dolichos lab lab*) e colopogônio (*Calopogonium mucunoides*), dois espaçamentos entre sulcos de plantio (0,25 e 0,50 m) e três densidades de plantas por metro linear (5, 10 e 15 plantas m⁻¹), foram distribuídos em blocos ao acaso, com três repetições. Avaliaram-se a matéria fresca e seca, os teores e acúmulos de C, N, P e K. Utilizou-se de modelos matemáticos para descrever o comportamento das plantas em função da densidade. O feijão de porco e o labe labe foram as espécies que apresentaram as maiores produções de matéria fresca e seca e teor de N, sendo os maiores valores obtidos no espaçamento de 0,50 m para o feijão de porco e no espaçamento de 0,25 m para o labe labe. O maior acúmulo de C ocorreu para o feijão guandu, e um menor de P para o colopogônio; N e K foram afetados pelo espaçamento com os melhores resultados para o feijão de porco, no espaçamento de 0,50 m. A densidade de plantas afetou a produção de matéria seca e os acúmulos de nitrogênio e fósforo com melhor rendimento na densidade de 12 plantas m⁻¹, independente da espécie utilizada.

Palavras-chave: *Canavalia ensiformis*, *Cajanus cajan*, *Dolichos lab lab* e *Calopogonium mucunoides*, videira.

Production of biomass and nutrient accumulation of green manure in the Valley of San Francisco

Abstract

The objective of this study was to quantify the fresh and dry, and nutrient accumulation of legumes used as green manure in different arrangements of population in the São Francisco Valley. The treatments, resulting in a factorial

arrangement of four species of legumes: beans jack (*Canavalia ensiformis*), faba bean (*Cajanus cajan*), lab lab (*Dolichos lab lab*) and colopo (*Calopogonium mucunoides*), two planting spacings (0,25 and 0,50 m) and three densities of plants per linear meter (5, 10 and 15 plants m⁻¹), distributed in a randomized blocks design with three replications. Evaluations of fresh and dry, the contents and accumulation of C, N, P and K. We used mathematical models to describe the behavior of plants as a function of density. Beans jack and labe labe were the species that had produced the highest fresh and dry matter and N content, and the highest values obtained at 0,50 m spacing for beans jack and the spacing of 0,25 m for the labe labe. The greater C accumulation was verified to faba bean, and a smaller P for calopo. N and K were affected by the spacing with the best results for the bean jack, with spacing of 0,50 m. The plant density affected the dry matter production and N and P accumulation with better performance at a density of 12 plants m⁻¹ independent of the species.

Key words: *Canavalia ensiformis*, *Cajanus cajan*, *Dolichos lab lab* e *Calopogonium mucunoides*, vine.

1. INTRODUÇÃO

O uso de adubos verdes ou plantas de cobertura proporciona a sustentabilidade dos agrossistemas.

As plantas mais utilizadas para este fim são da família das leguminosas, devido à capacidade de formar associação simbiótica com bactérias do gênero *Rhizobium*, fixadoras de nitrogênio atmosférico (PERIN et al., 2003). Tendo estas como objetivo principal, a manutenção e/ou melhoria da qualidade do solo, atuando como condicionadores físicos, químicos e biológicos (CARVALHO e AMABILE, 2006).

A adição de biomassa da parte aérea de leguminosas ao solo promove o incremento da matéria orgânica, favorecendo maior agregação do solo (FARIA et al. 2004a; CUNHA et al., 2011) e incremento de nitrogênio. Estes fatores estão relacionados à espécie de leguminosas, à relação C/N, aos constituintes recalcitrantes (ligninas, alguns compostos fenólicos, ceras), à eficiência dos

rizóbios, à qualidade do solo e aos fatores climáticos (CARVALHO e PIRES, 2008).

De forma geral, a identificação de espécies de leguminosas adequadas para as condições edafoclimáticas de cada região é essencial para garantir a eficiência dessas plantas de cobertura (GUERRA et al., 2007).

As vantagens do uso de leguminosas como adubo verde podem ser avaliadas pelo rendimento da fitomassa da parte aérea e pelo acúmulo de nutrientes essenciais. Vários estudos foram realizados com uso de leguminosas como cobertura do solo, entretanto, na região do Semiárido nordestino, há escassez de pesquisas com plantas de cobertura, principalmente em culturas de maior valor comercial.

Faria et al. (2004b) avaliaram o efeito da adubação verde consorciada com uva de mesa na região Semiárida nordestina e observaram que a adubação verde proporcionou uma melhoria nas características químicas do solo, aumentando os teores da MO e do Ca trocável e o valor da CTC. Estes autores concluíram que a produção máxima do feijão de porco foi obtida no terceiro ciclo produtivo, com $6,5 \text{ t ha}^{-1}$.

Nesta mesma região, Ferreira et al. (2007) verificaram em coquetéis vegetais para adubação verde, com espaçamento de 0,50 m entrelinhas, consorciadas com manga, que a produção máxima de matéria fresca das espécies feijão de porco, labe labe e feijão guandu foi de 26,66; 19,81 e $11,57 \text{ t ha}^{-1}$, e de matéria seca 25,22; 19,11 e $11,16 \text{ t ha}^{-1}$, respectivamente. Tais informações são de extrema importância para esta região, entretanto, devido à ocorrência de competição interespecífica, estudos relacionados ao comportamento isolado das espécies são relevantes para a construção de uma base científica sólida.

As diferenças na produção de matéria seca e no acúmulo de nutrientes por área cultivada estão associadas, dentre outros fatores, a diferentes arranjos populacionais. Por isso, Machado et al. (2005), em estudo com amendoim

forrageiro (*Arachis pintoi*), em arranjos de 25, 50, 75 e 100 cm, observaram que a redução na densidade de plantio promoveu redução linear no rendimento de matéria seca, de proteína bruta e no acúmulo de fósforo e potássio. A maior produção de matéria seca da parte aérea (7, 13 t ha⁻¹) e acúmulo de P e K (14,59 kg ha⁻¹ e 80,10 kg ha⁻¹, respectivamente) ocorreram no espaçamento de 25 x 25 cm entre plantas e entre linhas. Outros resultados foram obtidos por Duran et al. (2010) em que o feijão de porco e o feijão guandu, semeados com 0,50 m de espaçamento entrelinhas, no Mato Grosso do Sul, produziram 2,1 e 1,2 t ha⁻¹, respectivamente.

Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi definir a melhor espécie de leguminosa em diferentes arranjos populacionais a partir da quantificação da matéria fresca e seca, e o acúmulo de nutrientes dessas leguminosas utilizadas como adubo verde, no Submédio São Francisco.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido, no período de fevereiro a abril de 2011, no campo experimental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano (IF-SERTÃO PE), *Campus Zona Rural*, em Petrolina (PE), sob as coordenadas 9° 9' Sul, 40° Oeste e 365,5 m de altitude.

O clima da região é do tipo BSw'h semiárido quente, segundo a classificação de Köppen, sendo a média de precipitação pluviométrica (em Petrolina) de 510 mm anual, entre os meses de novembro a abril, com temperatura média de 27°C. Nos meses mais frios, as temperaturas do ano são superiores a 18°C (CODEVASF, 2006). Os valores das variáveis climáticas são descritas na tabela 1.

Tabela 1. Valores acumulado de precipitação (Prec.) e médias mensais de temperatura do ar máxima (T. máx.), média (T. méd.) e mínima (T. min.) e umidade relativa do ar (UR) e índice de radiação incidente (Rad) durante o período experimental.

Mês	Prec. (mm)	T. máx. (°C)	T. méd. (°C)	T.min. (°C)	UR (%)	Rad. (cal/cm ² /dia)
Fev.	19,9	33,5	28,0	22,6	63	376,6
Mar.	73,3	33,0	27,6	22,3	72	369,3
Abr.	89,8	32,4	27,1	21,8	67	362,3

Fonte: Estação Agrometeorológica de Bebedouro – EMBRAPA Semiárido - CPATSA. Petrolina, PE

Conduzido em um parreiral de uvas de vinho (*Vitis vinifera*), com dez anos de idade, conduzidas em espaldeira com espaçamento de 3,5 x 1,2 m, sob sistema irrigado por microaspersão.

Antes da implantação do experimento, foram coletadas amostras de solo, em dois locais distintos, na camada de 0-20 cm na linha de cultivo da videira e nas entre linhas, classificando-o como Neossolo Litólico. As características químicas foram determinadas conforme metodologia da Embrapa (1997) e os resultados estão na Tabela 2.

Tabela 2. Características químicas da camada superficial do solo (0-20 m) classificado como Neossolo Litólico, na linha de cultivo (L) e nas entre linhas (EL) da videira, associadas a quatro diferentes espécies de leguminosas, no campo experimental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano, localizado na cidade de Petrolina, Pernambuco.

Determinações	Unidade	Espécies							
		Labe labe		Feijão de porco		Calopogônio		Feijão guandu	
		Profundidade 0 – 20 cm							
Local de amostragem		L	EL	L	EL	L	EL	L	EL
CE	dS m ⁻¹	0,67	0,66	0,67	0,66	0,67	0,66	0,67	0,66
MO	g Kg ⁻¹	19,69	13,95	17,48	14,59	18,55	14,66	21,96	15,53
pH em H ₂ O	-	6,87	6,51	6,87	6,63	7,14	6,75	7,28	7,09
P	mg dm ⁻³	186,8	29,0	154,6	47,4	215,4	27,9	188,2	42,0
K ⁺	cmol _c dm ⁻³	0,65	0,36	0,56	0,35	0,72	0,38	0,67	0,42
Ca ⁺²	cmol _c dm ⁻³	2,7	2,8	2,3	2,6	2,4	2,6	2,6	2,9
Mg ⁺²	cmol _c dm ⁻³	1,47	1,26	1,43	1,18	1,46	1,24	1,53	1,34
Na ⁺	cmol _c dm ⁻³	0,03	0,05	0,02	0,05	0,02	0,03	0,05	0,04
Al ⁺³	cmol _c dm ⁻³	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Al+H	cmol _c dm ⁻³	0,86	0,76	0,82	0,79	0,84	0,77	0,87	0,76
S	cmol _c dm ⁻³	4,85	4,47	4,31	4,18	4,24	4,25	4,85	4,70
CTC	cmol _c dm ⁻³	5,68	5,18	5,11	4,92	5,42	4,99	5,67	5,42
Sat. de base	%	85,39	86,29	84,34	84,96	78,23	85,17	85,54	86,72

Foram estabelecidos 24 tratamentos, constituídos de quatro espécies de leguminosas: feijão de porco (*Canavalia ensiformis*), feijão guandu (*Cajanus cajan*), labe labe (*Dolichos lab lab*) e calopogônio (*Calopogonium mucunoides*) dois espaçamentos entre sulcos de plantio (0,25 e 0,50 m) e três densidades de plantas por metro linear (5, 10 e 15 plantas), distribuídos em arranjo fatorial 4 x 2 x 3 em blocos casualizados, com três repetições. A unidade experimental constituiu-se de uma área de 16 m², composta de quatro videiras, e com as leguminosas de acordo cada espaçamento. Para o espaçamento de 0,25 m entre linhas de plantio, totalizou-se 12 linhas de leguminosas; enquanto o espaçamento de 0,50 m entre linhas de plantio foi constituído de 8 linhas de leguminosas. A área útil foi composta de duas videiras e duas linhas de leguminosas, dispostas em cada lado da videira.

A área foi preparada com uma aração, apenas para efeito de limpeza, seguida da marcação das parcelas experimentais e abertura dos sulcos com os espaçamentos previamente definidos.

A semeadura manual, por metro linear, foi realizada a 0,5 m da videira, utilizando em cada sulco o dobro de sementes da densidade prevista por tratamento. O desbaste foi realizado após 7 dias da emergência das plântulas, estabelecendo os estandes de 5, 10 e 15 plantas por metro linear, conforme cada tratamento. O controle da vegetação espontânea, entre as unidades experimentais, foi realizado com roçadeira e dentro das unidades, apenas uma capina após a primeira semana de emergência das plantas.

A produção de matéria fresca foi determinada no estágio de floração das leguminosas, aos 90 dias após o plantio. As amostras foram retiradas em um área de 1 m², definida por uma moldura de madeira, com dimensões internas de 1 x 1 m, cortando-se o material vegetal a 5 cm acima do solo. Em cada unidade experimental foram realizadas duas amostragens, totalizando 2 m² por tratamento. A matéria seca foi obtida a partir de uma subamostra de 500 g e,

posteriormente, acondicionadas em sacos de papel e colocadas em estufa de circulação de ar forçada a 65 - 70°C até massa constante. Após o preparo das amostras (secagem e moagem), foram determinados os teores de C, N, P e K, segundo metodologia recomendada por Tedesco et al. (1995) e Nogueira et al. (2005). O acúmulo destes nutrientes foi calculado multiplicando-se o a matéria seca pelo teor do nutriente.

Foi realizada a poda, a desbrota, desponta, desfolha e eliminação das gavinhas, seguindo o manejo recomendado para a cultura da videira na região. O controle fitossanitário de pragas e doenças foi realizado com aplicações de calda sulfocálcica a 2%, associada com Supermagro a 3%.

Para a análise estatística, os resultados foram submetidos à verificação da normalidade e homogeneidade das variâncias (BANZATTO e KRONKA, 2008), por meio do software SAEG 9.1. Foi realizada a análise de variância, sendo as médias comparadas pelo teste Tukey, a $p > 0,05$. Os GL relativos às densidades, quando significativos, foram desdobrados em análise de variância da regressão, utilizando-se o programa de estatística SAEG 9.1, sendo definidos os modelos em função do significado biológico e maior R^2 ajustado.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve efeito das espécies para a produção de matéria fresca e seca da parte aérea, teor e acúmulo de N e P (Tabela 3 e 4). A densidade de plantas afetou a produção de matéria seca e os acúmulos de nitrogênio e fósforo (Tabela 3 e 4). Não houve efeito isolado do espaçamento para nenhuma das características avaliadas (Tabela 3 e 4). Para a interação espécie e espaçamento, houve diferença para as variáveis: produção de matéria fresca e seca; teor de fósforo e potássio; e os acúmulos de nitrogênio e potássio (Tabela 3 e 4). A

interação espécie e densidade foi verificada apenas para o teor de fósforo (Tabela 3).

Tabela 3. Resumo da análise de variância da matéria fresca (MF) e seca (MS); dos teores de carbono (C), nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) e da relação C/N da parte aérea de leguminosas, em função da espécie (SP), espaçamento (EL) e densidade (DENS), consorciadas com *Vitis vinifera*, no Submédio São Francisco.

Fontes de variação	Gl	Quadrado médio						
		MF	MS	C	N	P	K	C/N
Bloco	2	59,78*	6,48**	17499,43 ^{ns}	161,39 ^{ns}	0,07*	1042,17**	4,24 ^{ns}
SP	3	1263,92**	51,50**	7612,48*	295,20**	0,27**	37,88 ^{ns}	86,79**
EL	1	2,779 ^{ns}	0,14 ^{ns}	222,09 ^{ns}	2,61 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,27 ^{ns}	2,93 ^{ns}
DENS	2	37,87 ^{ns}	4,47**	1292,53 ^{ns}	62,86 ^{ns}	0,05 ^{ns}	8,72 ^{ns}	1,32 ^{ns}
SP * EL	3	56,17*	4,09*	1069,44 ^{ns}	26,38 ^{ns}	0,06*	60,98*	15,03 ^{ns}
SP * DENS	6	12,06 ^{ns}	0,65 ^{ns}	528,63 ^{ns}	73,16 ^{ns}	0,07**	8,60 ^{ns}	7,37 ^{ns}
DENS * EL	2	15,48 ^{ns}	0,87 ^{ns}	1288,32 ^{ns}	19,41 ^{ns}	0,06 ^{ns}	17,98 ^{ns}	3,81 ^{ns}
SP * DENS * EL	6	6,52 ^{ns}	0,37 ^{ns}	869,81 ^{ns}	44,41 ^{ns}	0,09**	25,26 ^{ns}	9,58 ^{ns}
Resíduo	46	15,59	1,02	2327,66	66,23	0,20	19,99	19,75
CV(%)		16,73	18,56	11,42	13,04	19,51	24,01	14,12

^{ns} não significativo; **, ° significativo (p<0,01, p<0,10, respectivamente), pelo teste F

Tabela 4. Resumo da análise de variância dos acúmulos de carbono (AC), nitrogênio (AN), fósforo (AP) e potássio (AK) da parte aérea de leguminosas, em função da espécie (SP), espaçamento (EL) e densidade (DENS), consorciadas com *Vitis vinifera*, no Submédio São Francisco.

Fontes de variação	Gl	Quadrado médio			
		AC	AN	AP	AK
Bloco	2	2928930,00 ^{ns}	1843,13 ^{ns}	8,74 ^{**}	44823,78 ^{**}
SP	3	0,000000001 ^{**}	87798,16 ^{**}	22,99 ^{**}	9550,73 ^{**}
EL	1	11547,32 ^{ns}	64,58815 ^{ns}	1,47 ^{ns}	214,45 ^{ns}
DENS	2	1116721,0 ^{ns}	14943,77 [*]	3,72 ^{ns}	619,93 ^{ns}
SP * EL	3	775354,6 ^{ns}	9718,57 [*]	3,46 ^{ns}	4652,32 ^{**}
SP * DENS	6	96156,84 ^{ns}	3270,87 ^{ns}	1,40 ^{ns}	470,94 ^{ns}
DENS * EL	2	56,823,82 ^{ns}	2569,73 ^{ns}	0,43 ^{ns}	747,19 ^{ns}
SP * DENS * EL	6	47076,55 ^{ns}	1904,81 ^{ns}	4,74 ^{**}	1304,82 ^{ns}
Resíduo	46	288473,8	3649,61	1,27	912,67
CV(%)		23,11	33,54	28,89	31,10

^{ns} não significativo; **, ° significativo (p<0,01, p<0,10, respectivamente), pelo teste F

Com relação ao espaçamento, foi verificado efeito somente para a produção de matéria fresca e seca para as espécies labe labe e feijão de porco (Tabela 5).

Tabela 5. Matéria fresca (MF) e seca (MS) da parte aérea de quatro leguminosas, em função de dois espaçamentos entre sulcos de plantio, consorciadas com *Vitis vinifera*, no Submédio São Francisco.

Espécie	MF		MS			
	t ha ⁻¹					
	Espaçamento (m)					
	---0,25---	---0,50---	Média	---0,25---	---0,50---	Média
Labe labe	26,90 aB	22,97 bB	24,94	5,13 aB	4,16 bC	4,65
Feijão de porco	32,65 bA	36,59 Aa	34,62	6,85 bA	8,06 aA	7,46
Calopogônio	16,31 aC	13,82 aC	15,07	3,88 aC	3,27 aC	3,58
Feijão guandu	19,34 aC	20,24 aB	19,79	6,07 aAB	6,09 aB	6,08
Média	23,12	21,61		5,60	5,13	

Médias, seguidas da mesma letra maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) e Teste F ($p < 0,05$), respectivamente.

Para essas espécies, dentro de cada espaçamento, as maiores produções de matéria fresca e seca foram obtidas pelo feijão de porco, seguida pelo labe labe. O calopogônio obteve os menores valores de matéria fresca e seca, diferindo da maioria das espécies em ambos os espaçamentos, exceto do feijão guandu, para matéria fresca, no espaçamento 0,25 m, e do labe labe, para matéria seca, no de 0,50 m (Tabela 5).

A condição de elevada temperatura da região, assim como a sensibilidade ao fotoperíodo das diferentes espécies em estudo podem ter influenciado na produção de MF e MS das leguminosas. De acordo com Costa et al. (2005) fatores como temperatura e umidade adequadas são essenciais para se atingir uma elevada produtividade vegetal. Estudos no cerrado brasileiro indicaram, quanto ao ciclo, que espécie labe labe apresenta grande sensibilidade ao fotoperíodo, enquanto o feijão de porco tem comportamento inverso; e o feijão guandu, apesar da maioria dos genótipos não responderem ao fotoperíodo, a espécie é altamente sensível à variação de temperatura (CARVALHO e AMABILE, 2006).

O resultado inverso da MF, ou seja, o menor acúmulo de matéria seca pelo labe labe e o feijão de porco em relação ao calopogônio e o feijão guandu, corrobora com a ideia de que estas espécies possuem uma maior quantidade de água nos seus tecidos, resultando em maior produção de MF. Segundo Carvalho e Amabile (2006), espécies que contêm altos teores de água no tecido vegetal, como a crotalária paulina e o nabo forrageiro, mesmo com elevada produção de matéria fresca, não apresentam quantidades elevadas de matéria seca.

O crescimento lento e o hábito rasteiro do calopogônio promoveram menor produção de MF e MS dentro dos dois espaçamentos utilizados. Apesar do baixo rendimento, o calopogônio obteve seus melhores resultados quando foi semeado no espaçamento de 0,25 m. Esta espécie apresentou crescimento lento na fase inicial, que pode ter contribuído para o estabelecimento de plantas

espontâneas, que competem por água, nutrientes e luz. Por isso, o calopogônio cultivado no espaçamento de 0,50 m torna-se inviável, provavelmente, devido à baixa eficiência na cobertura do solo.

Para o feijão guandu, embora tenha sido verificado baixo valor de matéria fresca em relação às demais espécies, foram observados valores intermediários para a MS. Esta alteração de comportamento foi relacionada a elevados teores de hemicelulose e lignina na composição dos tecidos desta espécie, resultando em tecidos com menor teor de água (CARVALHO et al, 2010).

Em alguns registros sobre a adubação verde no Vale do São Francisco, foi identificado que as variações de produção de MF e MS de leguminosas podem ser influenciadas tanto pelos espaçamentos utilizados quanto pela época de plantio.

Freitas (2010), avaliando leguminosas em um vinhedo no Submédio São Francisco, verificou que os espaçamentos entre sulcos de plantio influenciam a produção de matéria fresca e seca para as espécies labe labe e feijão de porco, relatando maior produção de matéria fresca e seca no espaçamento de 25 cm, enquanto para o feijão de porco o rendimento dessas variáveis independe do espaçamento.

Em estudo com coquetéis consorciados com manga, Ferreira et al. (2007), em Petrolina (PE), verificaram um maior rendimento de produtividade, quando as espécies estudadas foram semeadas com espaçamento de 0,50 m entre linhas, e que a mamona e o feijão de porco foram responsáveis por aproximadamente 30% da fitomassa verde e seca produzida em cada tratamento. As espécies feijão de porco, labe labe, feijão guandu e o calopogônio chegaram a uma produção máxima de massa fresca de 26,66; 19,81; 11,57 e 0,0 t ha⁻¹, e, de massa seca 25,22; 19,11; 11,16 e 0,0 t ha⁻¹, respectivamente. E que, ainda, o

calopogônio apresentou desenvolvimento lento, devido condições climáticas de semiaridez do Vale do São Francisco.

Faria et al. (2004a) observaram para o feijão de porco uma menor produção de matéria seca ($3,309 \text{ t ha}^{-1}$) na época mais quente; enquanto que, na época mais fria, há um aumento nesta produção ($6,84 \text{ t ha}^{-1}$). Em outro estudo, Faria et al. (2004b) verificaram, no segundo ano de condução das espécies, que a produção de matéria seca para o feijão de porco foi de $3,0 \text{ t ha}^{-1}$; o labe labe, $12,69 \text{ t ha}^{-1}$; e o feijão guandu, $1,5 \text{ t ha}^{-1}$.

Dentre os fatores que influenciam na produção das leguminosas, as produções de MF e MS também estão associadas ao efeito da sazonalidade. No Mato Grosso do Sul (MS), Gama et al. (2009) observaram que os melhores rendimentos de massa seca do feijão guandu se dá no período chuvoso, em Campo Grande (MS), com $8,3 \text{ t ha}^{-1}$.

Independente da espécie estudada, verificou-se que o aumento da densidade de plantas incrementou a produção de MS, atingindo valor máximo de $5,81 \text{ t ha}^{-1}$ para a densidade de $12 \text{ plantas m}^{-1}$ (Figura 1). A partir deste valor, elevações da densidade resultaram em decréscimo para esta variável.

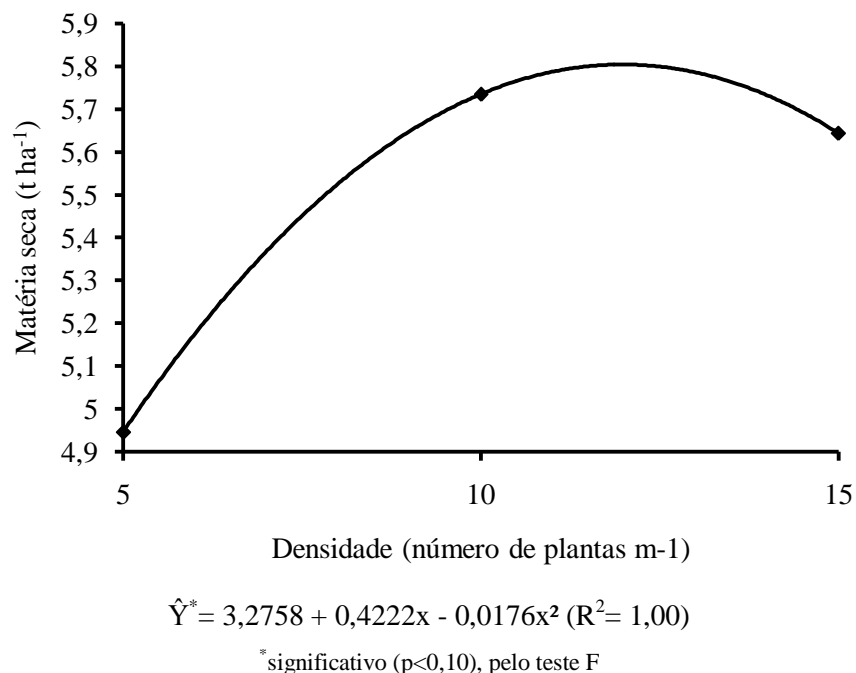


Figura 1. Matéria seca (MS) da parte aérea de quatro leguminosas, em função de diferentes números de plantas por metro linear, consorciadas com *Vitis vinifera*, no Submédio São Francisco.

Em estudo realizado sobre acúmulo de nutrientes utilizando amendoim forrageiro como adubo verde, Perin et al. (2003) verificaram que a competição entre plantas, resultante do aumento da densidade de plantio nas linhas, não limitou a produção de matéria seca.

Resultados superiores a este estudo foram encontrados por Moreira et al. (2003) para a espécie feijão guandu, com 4 e 16 plantas por metro linear, os quais obtiveram 18,67 a 21,38 t ha⁻¹ de matéria seca, entretanto, o experimento foi conduzido em uma região com um clima totalmente diferente ao do Semiárido, com precipitação pluviométrica acima de 1000 mm. Dessa forma,

pode-se concatenar a ideia de que a competição é maior quando se tem um número reduzido desses indivíduos, podendo ter efeitos compensatórios em relação à matéria seca, quando houver o aumento de indivíduos.

Segundo Perin et al. (2007), a matéria seca de leguminosas, em função do número de plantas por metro, é influenciada pela época de plantio, registrando que o feijão de porco teve um melhor rendimento em épocas mais frias, produzindo cerca de 5 t ha⁻¹ de MS, quando utilizado 5 plantas m⁻¹; enquanto que, na época quente, a produção máxima atingida foi de 3 t ha⁻¹, com 6 plantas m⁻¹.

Os trabalhos registrados em literatura divergem quanto aos valores de MS devido às variações das espécies de leguminosas, densidades de plantas por metro e dos tipos de sistemas que podem ser utilizados. Silva et al. (2002), em estudo de 4 anos com leguminosas em pomar de laranjeira, verificaram para o feijão de porco, com 5 plantas m⁻¹, uma produção de 7,53 t ha⁻¹; o labe labe, com 13 plantas m⁻¹, 3,50 t ha⁻¹; e o feijão guandu obteve o dobro dos valores encontrados neste trabalho, de 10,82 t ha⁻¹ com 17 plantas m⁻¹. Quanto ao tipo de sistema de produção, Sodré Filho et al. (2004) verificaram uma produção de massa seca para o feijão guandu, semeado com 20 plantas m⁻¹, de 1,661 t ha⁻¹, quando plantado em sistema de preparo convencional do solo, enquanto que, no sistema de plantio direto, obtiveram uma produção de 1,963 t ha⁻¹.

Mesmo não diferindo do labe labe e do calopogônio, o maior teor de C foi observado para o feijão guandu de 380,69 g Kg⁻¹. Já para o N, os maiores valores foram para o labe labe e o feijão de porco. Entretanto, a relação C/N do calopogônio foi a maior, diferindo apenas do feijão de porco (Tabela 6).

Tabela 6. Teores de carbono (C) e nitrogênio (N) e relação C/N da parte aérea de quatro leguminosas, consorciadas com *Vitis vinifera*, no Submédio São Francisco.

Espécie	C	N	C/N
	----- g Kg ⁻¹ -----		
Labe labe	422,67 AB	35,17 A	12,69 AB
Feijão de porco	398,97 B	34,75 A	11,48 B
Calopogônio	418,61 AB	26,46 B	15,82 A
Feijão guandu	448,96 A	33,24 AB	13,51 AB

Médias, seguidas da mesma letra maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) e Teste F ($p < 0,05$), respectivamente.

Salientando que a relação C/N é um bom indicador das qualidades químicas dos compostos orgânicos, sendo uma ferramenta que nos permite observar como se dá a velocidade de degradação desses resíduos. Quanto menor for a relação C/N, maior será a degradação do resíduo, indicando que este é rico em proteínas, amido, açúcares e celulose, que são compostos de rápida decomposição em relação aos constituídos por ligninas. Estas são moléculas de elevado peso molecular, de alta estabilidade e resistente ao ataque de microorganismos, ou seja, são materiais recalcitrantes de maior dificuldade de decomposição.

Esse maior incremento no teor de C pelo feijão guandu deve-se ao fato da espécie apresentar na sua morfologia caules lenhosos, além de compostos mais recalcitrantes, ou seja, com altos teores de carbono.

Os maiores teores de N observados para o labe labe e o feijão de porco é devido à elevada produção de MS dessas espécies, contribuindo, assim, para maiores conteúdos de nutrientes. O teor de P não foi influenciado pelos espaçamentos, entretanto, foi observado que, entre as espécies estudadas, o labe labe, no espaçamento de 0,25 m, obteve o melhor resultado. Verificou-se que

não foi constatada essa diferença no espaçamento de 0,50 m entre esta mesma espécie e o feijão guandu (Tabela 7).

Quanto ao teor de K, houve efeito dos espaçamentos somente para o labe labe, obtendo-se um melhor rendimento quando esta espécie é semeada com espaçamento de 0,25m (Tabela 7).

Tabela 7. Teor de fósforo (P) e potássio (K) da parte aérea de quatro leguminosas, em função de dois espaçamentos entre sulcos de plantio, consorciadas com *Vitis vinifera*, no Submédio São Francisco.

Espécie	Teor de P			Teor de K		
	g Kg ⁻¹					
	Espaçamento (m)					
	---0,25---	---0,50---	Média	---0,25---	---0,50---	Média
Labe labe	0,92 a A	0,80 a A	0,86	19,85 a A	15,36 b A	17,61
Feijão de porco	0,65 a B	0,55 a C	0,60	15,16 a A	16,93 a A	16,05
Calopogônio	0,65 a B	0,64 a B	0,64	20,02 a A	19,16 a A	19,59
Feijão guandu	0,74 a B	0,86 a A	0,80	15,71 a A	19,79 a A	17,75
Média	0,74	0,71		17,78	18,05	

Médias, seguidas da mesma letra maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) e Teste F ($p < 0,05$), respectivamente.

Na literatura foram verificados que os teores de N foram inferiores aos encontrados neste trabalho, enquanto que os de P foram superiores e os de K compreendeu-se dentro das faixas obtidas por outros autores. Silva et al. (2002) relataram que, em média, para o labe labe, os teores são de 21; 2,6 e 18; para o feijão de porco, 28; 2,2; e 19; e, para o feijão guandu, 21; 1,9; e 16 g kg⁻¹ de N, P e K, respectivamente. Neto et al. (2011) encontraram, para o feijão guandu, teores de N 28,3; P de 2,6; K de 11,0 g kg⁻¹, em 4,7 t ha⁻¹ de MS, resultando numa relação C/N de 30,8.

Valores superiores foram encontrados por Collier et al. (2011) para o feijão de porco, quando esta espécie foi consorciada com milho, com teores de N de 48; P de 3,66; e K de 25,33 g kg⁻¹.

Os valores de K encontrados neste trabalho são superiores aos encontrados em literaturas mais recentes, em que, essa faixa encontra-se entre 12,00 a 17,5 g kg⁻¹ (GAMA-RODRIGUES et al., 2007; MAIOR JÚNIOR et al., 2009).

A maioria das leguminosas tem como uma das suas características marcantes a baixa relação C/N. Em estudo com plantas de cobertura no cerrado brasileiro, Torres e Pereira (2008) compararam gramíneas com leguminosas constatando que as leguminosas apresentam as menores relações C/N, e que o aumento dessa relação pode está relacionado às condições climáticas que podem desfavorecer a fixação biológica do nitrogênio, mostrando, para o feijão guandu, resultados inferiores ao deste trabalho, de 11,3, divergindo dos valores verificados por Sodré Filho et al. (2004), que foram superiores para o caule com uma relação C/N de 35,28 e da folha + flor de 13,02. Para o feijão de porco, Gama Rodrigues et al. (2007) verificaram também valores superiores para o teor de N (38,6 g kg⁻¹) e relação C/N em torno de 9,0.

Handayanto e Sholihah (2010) verificaram para o calopogônio valor superior para a relação C/N em relação às demais espécies avaliadas. É

importante salientar que a taxa de crescimento de leguminosas isoladas é diferente do observado na consorciação, não devido apenas à competição por luz, por água e por nutrientes, mas também por um efeito positivo da complementaridade do uso destes recursos (MIYAZAWA et al., 2011).

A densidade de plantas influenciou no teor de P para as espécies labe labe e feijão guandu, verificando-se que houve diferença entre as espécies na densidade de 10 e 15 plantas m^{-1} , com variação de 0,68 a 0,77 (Tabela 8).

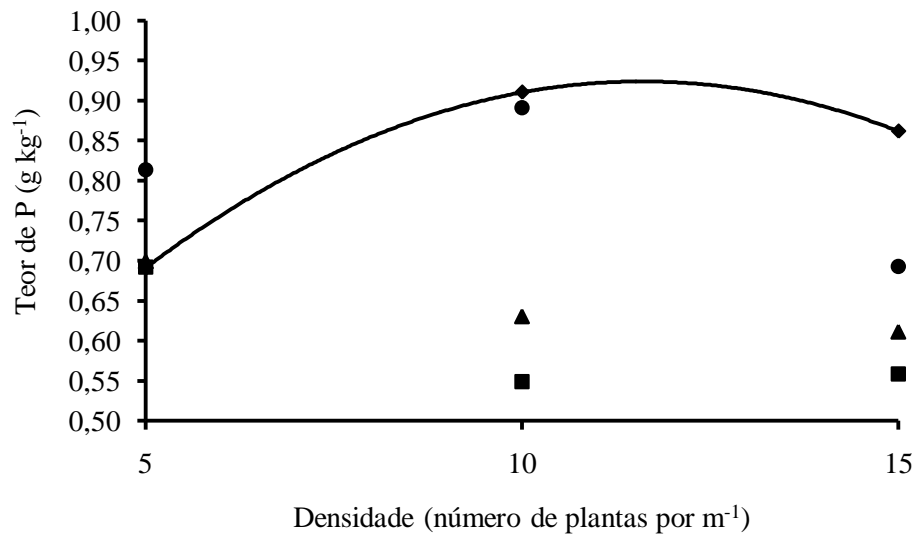
Tabela 8. Teor de fósforo (P) e potássio (K) em função de dois espaçamentos entre sulcos de plantio e das três densidades de plantio da parte aérea de quatro leguminosas, consorciadas com *Vitis vinifera*, no Submédio São Francisco.

Espécie	Teor de P			
	g Kg^{-1}			
	Densidade (número de plantas m^{-1})			
	5	10	15	Média
Labe labe	0,69 A	1,02 A	0,86 A	0,86
Feijão de porco	0,69 A	0,55 B	0,56 B	0,60
Calopogônio	0,70 A	0,63 B	0,61 B	0,65
Feijão guandu	0,81 A	0,89 A	0,69 AB	0,80
Média	0,72	0,77	0,68	

Médias, seguidas da mesma letra maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) e Teste F ($p < 0,05$), respectivamente.

O teor de P mostrou que a densidade de plantas exerce influência sobre as espécies (Figura 2). Entretanto, só foi possível estimar, dentre os modelos de regressão testados, o modelo quadrático, e ainda que este foi significativo somente para a espécie labe labe, verificando-se que essa equação foi crescente até o máximo de 0,92 g Kg^{-1} na densidade de 12 plantas m^{-1} , ou seja, o aumento

da densidade proporcionou aumento no teor de fósforo até certo ponto para esta espécie, ocorrendo um decréscimo a partir deste limite.



◆ = Labe labe; ■ = Feijão de porco; ▲ = Calopogônio; ● = Feijão guandu

$$\hat{Y} = 0,2029 + 0,1245x - 0,0054x^2 \quad (R^2 = 1,00)$$

**, significativo ($p < 0,05$), pelo teste F

Figura 2. Teor de fósforo (P) da parte aérea de quatro leguminosas, em função de diferentes números de plantas por metro linear, consorciadas com *Vitis vinifera*, no Submédio São Francisco.

O feijão guandu apresentou o maior acúmulo de carbono, diferindo das demais espécies, e que apenas o calopogônio foi a espécie que teve diferença quanto ao acúmulo de P, mostrando-se inferior entre as demais (Tabela 9).

Tabela 9. Acúmulo de carbono (C) e fósforo (P) da parte aérea de quatro leguminosas, consorciadas com *Vitis vinifera*, no Submédio São Francisco.

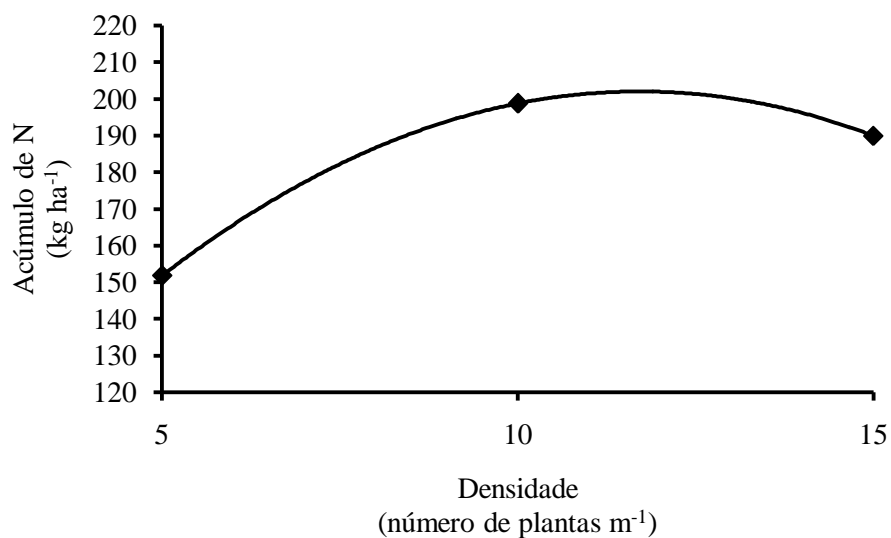
Espécie	Acúmulo de C	Acúmulo de P
	Kg ha ⁻¹	
Labe labe	1919,49 C	4,03 A
Feijão de porco	3398,83 A	4,43 A
Calopogônio	1420,01 C	2,29 B
Feijão guandu	2558,08 B	4,87 A

Médias, seguidas da mesma letra maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) e Teste F ($p < 0,05$), respectivamente.

A superioridade do feijão guandu quanto ao teor de C ocorreu pela constituição dos tecidos, com estrutura celular lignificada, contribuindo para um dos maiores acúmulos desse elemento.

Os maiores valores dos acúmulos de C, N, P e K foram encontrados para as leguminosas feijão de porco e feijão guandu, o que é reflexo dos valores apresentados quanto aos teores desses nutrientes por estas espécies.

Quanto ao acúmulo de N em função da densidade, verificou-se que este teve comportamento semelhante ao da MS, ou seja, mais eficiente quando as leguminosas são plantadas na densidade de 12 plantas m⁻¹, chegando ao máximo de acúmulo de N de 201,99 Kg ha⁻¹, (Figura 3).



$$\hat{Y}^* = 49,094 + 26,112x - 1,1149x^2 \quad (R^2 = 1,00)$$

°significativo ($p < 0,10$), pelo teste F

Figura 3. Acúmulo de nitrogênio (N) de quatro leguminosas, em função de diferentes números de plantas por metro linear, consorciadas com *Vitis vinifera*, no Submédio São Francisco.

Foi verificado que os acúmulos de N e K foram influenciados pelos espaçamentos. Quanto ao acúmulo de N, o feijão de porco diferiu-se das demais espécies, sendo observado maior valor para o espaçamento de 0,50 m. Maiores valores de acúmulo de K foram verificados para as plantas distanciadas de 0,50 m, destacando-se as espécies feijão de porco e feijão guandu (Tabela 10).

Tabela 10. Acúmulo de nitrogênio (N) e potássio (K) da parte aérea de quatro leguminosas, em função de dois espaçamentos entre sulcos de plantio, consorciadas com *Vitis vinifera*, no Submédio São Francisco.

Espécie	Acúmulo de N			Acúmulo de K		
	Kg ha ⁻¹					
	Espaçamento (m)					
	---0,25---	---0,50--	Média	---0,25--	---0,50---	Média
Labe labe	189,66 a A	141,04 a BC	165,35	99,91 a A	67,62 b B	83,77
Feijão de porco	230,05 b A	290,80 a A	260,43	106,57 b A	139,66 a A	123,12
Calopogônio	103,90 a B	82,97 a C	93,44	80,20 a A	65,15 a B	72,68
Feijão guandu	200,75 a A	201,97 a B	201,36	94,95 a A	122,99 a A	108,97
Média	195,21	171,51		97,43	95,31	

Médias, seguidas da mesma letra maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) e Teste F ($p < 0,05$), respectivamente.

Valores inferiores foram registrados por Carvalho et al. (2006), que observaram diferenças nos acúmulos de N, P e K para o calopogônio, na época quente de 19,66 para o N; P de 1,22; e o K de 21,49 Kg ha⁻¹, com 1,02 t ha⁻¹ de matéria seca. Enquanto que, na época fria, esses valores se elevam para o N de 26,04; P de 2,36; e, o K de 12,98 Kg ha⁻¹, com 0,79 t ha⁻¹ de matéria seca.

Os maiores acúmulos de P e K no espaçamento de 0,50 m para o feijão de porco ocorreram, provavelmente, pela maior capacidade de cobertura do solo. Tal fato reduziu as taxas de evapotranspiração, ocasionando a uma menor competição intraespecífica por estes nutrientes. Nessa situação, pode ter ocorrido uma maior exploração pela planta de volume de solo, favorecendo, principalmente, a absorção de íons de pouca mobilização como o P. As maiores taxas de crescimento requerem uma maior exploração de volume do solo pelo sistema radicular (ARAÚJO e MACHADO, 2006).

Em leguminosas perenes, foi verificado por Perin et al. (2004) que os espaçamentos e as densidades de plantio influenciaram a produção de MS e o acúmulo de N, P e K, por ocasião do primeiro corte das plantas. Os referidos autores verificaram que o espaçamento de 0,25 m, na densidade de 10 plantas m⁻¹, determinou condições para rapidez na cobertura do solo, maior produção de matéria seca e acúmulo de N, P e K para o cudzu tropical e galáxia.

4. CONCLUSÕES

1. Maior produção de matéria fresca e seca, teor e acúmulo de nutrientes foi obtida pela espécie feijão de porco, seguida pelo labe labe, feijão guandu e calopogônio;

2. Maior produção de matéria fresca e seca, teor de potássio e acúmulo de N e K ocorreu quando o espaçamento de 0,50 m foi empregado para o feijão de porco;
3. A densidade de 10 plantas m^{-1} conferiu a produção máxima de matéria seca e os acúmulos de nitrogênio e fósforo.

5. REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, A. P. e MACHADO, C. T. T. Fósforo. In: FERNANDES, M. S [Ed.]. **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa: **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, 2006. p. 253-280.
- BANZATTO, D. A.; KRONKA, S. N. **Experimentação agrícola**. 4.ed. Jaboticabal: FUNEP, p.237, 2008.
- CALEGARI, A.; MONDARDO, A.; BULIZANI, E. A.; COSTA, M. B. B.; MIYASAKA, S.; AMADO, T. J. **Aspectos gerais da adubação verde**. In: Adubação verde no sul do Brasil. Coordenação: BALTASAR, M. B. C. 2. Ed., Rio de Janeiro, AS-PTA, p. 1-55, 1993.
- CARVALHO, A. M.; e AMABILE, R. R. (Ed.). **Cerrado: adubação verde**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, p.369, 2006.
- CARVALHO, A. M.; DANTAS, R. de A.; COELHO, M. C.; LIMA, W. M.; SOUZA, J. P. S. P. de; FONSECA, O. P.; JUNIOR, R. G. **Teores de hemiceluloses, celulose e lignina em plantas de cobertura com potencial para sistema de plantio direto no cerrado**. Planaltina: Embrapa Cerrado, 2010, 15p. (Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 290).
- CARVALHO, F. G. de.; BURITY, H. A.; SILVA, V. N. da; SILVA, L. E. de S. F. da; SILVA, A. J. N. da. Produção de matéria seca e concentração de macronutrientes em *Brachiaria decumbens* sob diferentes sistemas de manejo na zona da mata de Pernambuco. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.36, n.2, p.101-106, 2006.
- CARVALHO, G. G. P. e PIRES, A. J. V. Leguminosas tropicais herbáceas em associação com pastagens. **Archivos de Zootecnia**, v.57, p.103-113, 2008.
- COLLIER, L. S.; KIKUCHI, F. Y.; BENÍCIO, L. P. F.; SOUSA, S.A. de. Consórcio e sucessão de milho e feijão-de-porco como alternativa de cultivo sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.41, n.3, p.306-313, jul./set. 2011.
- COSTA, K. A. de P.; ROSA, B.; OLIVEIRA, I. P. de; CUSTÓDIO, D. P.; SILVA, D. C. e; Efeito da estacionalidade na produção de matéria seca e composição bromatológica da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. **Ciência Animal Brasileira**, v.6, n.3, p.187-193, jul./set. 2005.

CUNHA, E. de Q.; STONE, L. F.; MOREIRA, J. A. A.; FERREIRA, E. P. de B.; DIDONET, A.D. e LEANDRO, W. M. Sistemas de preparo do solo e culturas de cobertura na produção orgânica de feijão e milho- I – atributos físicos do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.35, p.589-602, 2011.

DURAN, F. da S.; FEIDEN, A.; XAVIER, M. da S. Produção biomassa de adubos verdes no assentamento Paiolzinho, Corumbá, MS. **Cadernos de Agroecologia**, v.5, n.1, 2010.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1997. 212 p. (EMBRAPA-CNPS).

FARIA, C. M. B. **Comportamento de leguminosas para adubação verde no Submédio São Francisco**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2004a, 22 p. (Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 63).

FARIA, C. M. B.; SOARES, J. M.; LEÃO, P. C. S. Adubação verde com leguminosas em videira no Submédio São Francisco. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, p.641-648, 2004b.

FERREIRA, G. B.; MENDONÇA, C. E. S.; CHAVES, V. C.; MOTTA, E. F.; RIBEIRO, F. N.; SILVA, S. A. B.; SILVA, M. S. L. da. Produção de fitomassa e composição química de plantas utilizadas em coquetéis vegetais para cobertura de solo e adubação verde no Vale do São Francisco. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 31., 2007, Gramado, RS. **Anais...** Viçosa, MG, 2007. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. CD-ROM.

FREITAS, M. DO S. C. **Avaliação do potencial de leguminosas para adubação verde em um vinhedo no Submédio São Francisco. 2010. 46p.** Dissertação (Mestrado em Manejo de Água e Solo) - Universidade Federal da Paraíba, Areia.

GAMA, T. da C. M.; ZAGO, V. C. P.; NICODEMO, M. L. F.; LAURA, V. A.; VOLPE, E.; MORAIS, M. da G. Composição bromatológica, digestibilidade in vitro e produção de biomassa de leguminosas forrageiras lenhosas cultivadas em solo arenoso. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.10, n.3, p.560-572, jul./set. 2009.

GAMA-RODRIGUES, A. C.; GAMA-RODRIGUES, E. F.; BRITO, E. C. Decomposição e liberação de nutrientes em resíduos culturais de plantas de

cobertura em Argissolo vermelho- amarelo na Região Noroeste Fluminense (RJ). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, n.1421-1428, 2007.

HANDAYANTO, E.; SHOLIHAN, A. Nitrogen mineralization by maize from previously added legume residues following addition of new legume residues using N labelling technique. **Journal of Tropical Agriculture**, v.48, n.1-2, p.23-27, 2010.

GUERRA, J. G. M.; ESPINDOLA, J. A. A.; PERIN, A.; TEIXEIRA, M. G.; ALMEIDA, D. L.; ASSIS, R. L. **Desempenho de leguminosas perenes como plantas de cobertura do solo**. Seropédica: Embrapa-Agrobiologia, 2007. 20p. (Boletim de Pesquisa e desenvolvimento, 20).

MACHADO, A. N.; SIEWERDT, L.; ZONTA, E. P.; VAHL, L. C. V.; COELHO, R. W.; FERREIRA, O. G. L.; AFFONSO, A. B. Rendimento do amendoim- forrageiro estabelecido sob diferentes arranjos populacionais de plantas em Planossolo. **Ciência Animal Brasileira**, v.6, n.3, p.151-162, jul./set. 2005.

MAIOR JÚNIOR, S. G. S.; SOUTO, J. S.; SANTOS, R. V.; SOUTO, P. C. Produção de fitomassa do feijão guandu em diferentes arranjos populacionais. **Tecnologia e Ciência Agropecuária**, João Pessoa, v.3, n.1, p.1-5, fev. 2009.

MIYAZAWA, K.; MURAKAMI, T.; TAKEDA, M.; MURAYAMA, T. Intercropping green manure crops—effects on rooting patterns. **Plant and Soil**, v.331, n.1-2, p.231-239, 2011.

MOREIRA, V. F.; PEREIRA, A. J.; GUERRA, J. G. M.; GUEDES, R. E.; COSTA, J. R. **Produção de biomassa de guandu em função de diferentes densidades e espaçamentos entre sulcos de plantio**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, p. 19, nov., 2003. (Comunicado técnico 57).

NETO, J. F.; CRUSCIOL, C. A. C.; SORATTO, R. P.; COSTA, C. H. M. da. Plantas de cobertura, manejo da palhada e produtividade da mamoneira no sistema plantio direto. **Revista Ciência Agronômica**, v.42, n.4, p. 978-985, out/dez. 2011.

NOGUEIRA, A. R. A. et al. Tecido vegetal. In: NOGUEIRA, Ana Rita A.; SOUZA, Gilberto B. de. **Manual de Laboratórios: Solo, água, nutrição vegetal, nutrição animal e alimentos**. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2005. p: 139-175.

PERIN, A.; BERNARDO, J. T.; SANTOS, R. H. S.; FREITAS, G. B. de. Desempenho agrônomo de milho consorciado com feijão-de-porco em duas épocas de cultivo no sistema orgânico de produção. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.31, n.3, p.903-908, 2007.

PERIN, A.; GUERRA, J. G. M.; TEIXEIRA, M. G. Cobertura do solo e acumulação de nutrientes pelo amendoim forrageiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.38, n.7, 2003.

PERIN, A.; GUERRA, J. G. M.; TEIXEIRA, M. G.; ZOTA, E. Cobertura do solo e estoque de nutrientes de duas leguminosas perenes, considerando espaçamentos e densidade de plantio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, p.207-213, 2004.

SALMI, G. P.; SALMI, A. P.; ABOU, A. C. S. Dinâmica de decomposição e liberação de nutrientes de genótipos de guandu sob cultivo de aléias. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, n.4, p.673-678, 2006.

SILVA, J. A. A. da; VITTI, G. C.; STUCHI, E. S. Reciclagem e incorporação de nutrientes ao solo pelo cultivo intercalar de adubos verdes em pomar de laranja pêra. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.24, n.1, p.225-230, abr. 2002.

SODRÉ FILHO, J.; CARDOSO, A. N.; CARMONA, R.; CARVALHO, A. M. Fitomassa e cobertura do solo de culturas de sucessão ao milho na região do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.4, p.327-334, abr. 2004.

TEDESCO, M.J. et al. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2.ed. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. p. 106 -109.

TORRES, J. L. R. e PEREIRA, M. G. Dinâmica do potássio nos resíduos vegetais de plantas de cobertura no cerrado. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v.32, p.1609-1618, 2008.

**ARTIGO 3: TROCAS GASOSAS E CONDUTÂNCIA
ESTOMÁTICA EM DISTINTAS ESPÉCIES DE LEGUMINOSAS
COMO ADUBO VERDE**

TROCAS GASOSAS E CONDUTÂNCIA ESTOMÁTICA EM DISTINTAS ESPÉCIES DE LEGUMINOSAS COMO ADUBO VERDE

Resumo

Este trabalho objetivou avaliar as trocas gasosas e a condutância estomática de quatro leguminosas utilizadas como adubo verde, em diferentes espaçamentos entre sulcos de plantio e número de plantas por metro linear. O experimento foi conduzido em Petrolina (PE), constando-se de leguminosas em consórcio com videiras, constituindo-se com quatro espécies de leguminosas: feijão de porco (*Canavalia ensiformis*), feijão guandu (*Cajanus cajan*), labe labe (*Dolichos lab lab*) e calopogônio (*Calopogonium mucunoides*); dois espaçamentos entre sulcos de plantio (0,25 e 0,50 m); e três densidades de plantas por metro linear (5, 10 e 15 plantas), em blocos casualizados, com três repetições. Avaliou-se a fotossíntese líquida, concentração interna de CO₂, transpiração, condutância estomática, eficiência do uso da água e a relação A/Ci. O labe labe apresentou os menores valores de transpiração, condutância estomática, fotossíntese líquida e relação A/Ci. A densidade de 10 plantas m⁻¹ influenciou o comportamento das espécies, sendo semelhantes para a transpiração e a condutância estomática; e efeito contrário para EUA, nesta mesma densidade. A concentração interna de CO₂ obteve melhor rendimento no espaçamento de 0,25 m, com o labe labe, enquanto que o feijão de porco foi no de 0,50 m. A eficiência do uso da água teve os seus valores mais elevados dentro do espaçamento de 0,50 m, destacando-se a espécie labe labe.

Palavras-chave: *Canavalia ensiformis*, *Cajanus cajan*, *Dolichos lab lab* e *Calopogonium mucunoides*, fotossíntese.

Gas exchange and stomatal conductance in different species of legumes as green manure

Abstract

In this study, gas exchange and stomatal conductance of four legumes in different planting spacings and number of plants per linear meter. The experiment was conducted in Petrolina (PE) consisting of legumes are intercropped with vines constituting four species of legumes: jack bean (*Canavalia ensiformis*), faba bean (*Cajanus cajan*), lab lab (*Dolichos lab lab*) and calopo (*Calopogonium mucunoides*), two planting spacings (0,25 and 0,50

m) and three densities of plants per linear meter (5, 10 and 15 plants) in a randomized block design with three replications. It was evaluated the net photosynthetic rate, intercellular CO₂ concentration, transpiration, stomatal conductance, water use efficiency and the A / Ci. The lowest values of transpiration, stomatal conductance, net photosynthesis and the A / Ci were verified for *Dolichos lab lab*. The density of 10 plants m⁻¹ influenced the behavior of the species, being similar to transpiration and stomatal conductance, and opposite effect for the U.S. in the same density. *Dolichos lab lab* planting in a 0,25 m spacing resulted the higher CO₂ substomathal concentration, while to jack beans had the major values when conducted at 0,50 m. The higher value of water use efficiency was observed to 0.50 m spacing, especially to *Dolichos lab lab*.

Key words: *Canavalia ensiformis*, *Cajanus cajan*, *Dolichos lab lab*, *Calopogonium mucunoides*, photosynthesis.

1. INTRODUÇÃO

O uso da adubação verde ou de plantas condicionadoras de solo de diversas famílias vem sendo utilizada de forma mais frequente nos sistemas de produção. As leguminosas são as mais utilizadas, pois promovem melhoria na qualidade física, química e biológica do solo, em razão da alta capacidade de fixação do nitrogênio atmosférico, além da diversidade em compostos orgânicos e açúcares (KERBAUY, 2004), e um sistema radicular ramificado e profundo, permitindo que estas extraíam nutrientes das camadas mais profundas do solo.

Segundo Faria (2004), quando se adiciona a biomassa da parte aérea das leguminosas ao solo, está se adicionando os nutrientes que foram reciclados do sistema solo-planta e que, ainda, a matéria orgânica do solo é incrementada pelas quantidades de nitrogênio que foram sintetizadas no processo de fixação simbiótica e pelo carbono, o qual foi sintetizado pela fotossíntese das plantas.

Alguns fatores devem ser considerados para o bom desenvolvimento dessas plantas, principalmente, os que possam limitar ou inibir o crescimento e o

desenvolvimento como a temperatura, o CO₂, a disponibilidade de água, a intensidade de luz, a clorofila e também as enzimas que atuam nas reações.

Para García-Plazaola et al. (2000), a indisponibilidade de água é um dos fatores mais limitantes na fotossíntese para a maioria das plantas. Outro fator seria a exposição à alta radiação, o que, segundo Vikas (2011), nesta condição, as plantas translocam os fotoassimilados para as raízes, minimizando o crescimento da parte aérea como uma estratégia de defesa.

A condição de estresse hídrico induz ao fechamento estomático, refletindo na diminuição da fotossíntese, uma vez que os limites do fechamento estomático se dá pela disponibilidade de CO₂ no mesófilo (TAIZ e ZEIGER, 2004). Ocorrendo uma diminuição na concentração interna de CO₂ poderá resultar também numa redução da condutância estomática (CECHIN et al., 2006).

Baligar et al. (2010) verificaram que, sob baixos níveis de radiação solar, o calopogônio (*Calopogonium mucunoides*) e a leucena (*Leucaena leucocephala*) apresentam as maiores taxas de fotossíntese, enquanto que a mucuna cinza (*Mucuna pruriens*), uma menor taxa. E ainda que, o aumento da temperatura promoveu aumento na fotossíntese líquida, na condutância estomática e na transpiração, entretanto, a concentração interna de CO₂ foi diminuída, mostrando uma relação inversa ao aumento da fotossíntese.

Segundo Zanella et al. (2004), os parâmetros de trocas gasosas afetados pelo estresse hídrico podem se recuperar após a reidratação. Durante o estresse, a fotossíntese é afetada significativamente, o que foi comprovada pela diminuição da condutância estomática e da relação A/Ci. Essa recuperação nas trocas gasosas, após a reidratação, pode ser devido aos mecanismos de proteção das plantas em estudo.

O consórcio de adubos verdes com videira vem sendo estudado e recomendado nas regiões produtoras da cultura, entretanto, são escassos estudos

com uma abordagem fisiológica em espécies de leguminosas, fazendo-se necessário o estudo de alguns fatores que possam influenciar o crescimento e desenvolvimento, tanto da cultura principal, quanto dos adubos verdes que possam vir a ser recomendados para a região.

Diante do exposto, este trabalho teve como objetivo avaliar as trocas gasosas e a condutância estomática de quatro leguminosas utilizadas como adubo verde, em diferentes espaçamentos entre sulcos de plantio e densidade de plantas por metro linear.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no campo experimental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano (IF-SERTÃO PE), *Campus Zona Rural*, situado na cidade de Petrolina (PE), sob as coordenadas 9° 9' Sul, 40° Oeste e 365,5 m de altitude, no período de fevereiro a abril de 2011.

Conforme a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo BSw'h semiárido quente, com precipitação pluviométrica anual inferior a 800 mm. Na cidade de Petrolina, a média é de 510 mm anuais, distribuídos irregularmente entre os meses de novembro a abril. Nos meses mais frios do ano, as temperaturas são superiores a 18°C, sendo a média anual de 27°C, e a evapotranspiração é da ordem de 2.700 a 3.000 mm anuais (CODEVASF, 2006). Na Tabela 1 estão descritos os valores das variáveis climáticas durante o período experimental.

Tabela 1. Valores acumulados de precipitação (Prec.) e médias mensais de temperatura do ar máxima (T. máx.), média (T. méd.) e mínima (T. mín.) e umidade relativa do ar (UR) e índice de radiação incidente (Rad) durante o período experimental.

Mês	Prec. (mm)	T. máx. (°C)	T. méd. (°C)	T.min. (°C)	UR (%)	Rad. (cal/cm ² /dia)
Fev.	19,9	33,5	28,0	22,6	63	376,6
Mar.	73,3	33,0	27,6	22,3	72	369,3
Abr.	89,8	32,4	27,1	21,8	67	362,3

Fonte: Estação Agrometeorológica de Bebedouro – EMBRAPA Semiárido - CPATSA. Petrolina, PE

Conduzido em um parreiral de uvas de vinho (*Vitis vinifera*), com dez anos de idade, conduzidas em espaldeira com espaçamento de 3,5 x 1,2 m, sob sistema irrigado por microaspersão.

Preliminarmente, foram coletadas amostras de solo, em dois locais distintos, na camada de 0-20 cm na linha de cultivo da videira e nas entre linhas, classificando-o como Neossolo Litólico. Conforme metodologia da Embrapa (1997), as características químicas foram determinadas e os resultados estão na Tabela 2.

Tabela 2. Características químicas da camada superficial do solo (0-20 m), classificado como Neossolo Litólico, na linha de cultivo (L) e nas entre linhas (EL) da videira, associadas a quatro diferentes espécies de leguminosas, no campo experimental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano, localizado na cidade de Petrolina, Pernambuco.

Determinações	Unidade	Espécies							
		Labe labe		Feijão de porco		Calopogônio		Feijão guandu	
		Profundidade 0 – 20 cm							
Local de amostragem		L	EL	L	EL	E	EL	L	EL
CE	dS m ⁻¹	0,67	0,66	0,67	0,66	0,67	0,66	0,67	0,66
MO	g Kg ⁻¹	19,69	13,95	17,48	14,59	18,55	14,66	21,96	15,53
pH em H ₂ O	-	6,87	6,51	6,87	6,63	7,14	6,75	7,28	7,09
P	mg dm ⁻³	186,8	29,0	154,6	47,4	215,4	27,9	188,2	42,0
K ⁺	cmol _c dm ⁻³	0,65	0,36	0,56	0,35	0,72	0,38	0,67	0,42
Ca ⁺²	cmol _c dm ⁻³	2,7	2,8	2,3	2,6	2,4	2,6	2,6	2,9
Mg ⁺²	cmol _c dm ⁻³	1,47	1,26	1,43	1,18	1,46	1,24	1,53	1,34
Na ⁺	cmol _c dm ⁻³	0,03	0,05	0,02	0,05	0,02	0,03	0,05	0,04
Al ⁺³	cmol _c dm ⁻³	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Al+H	cmol _c dm ⁻³	0,86	0,76	0,82	0,79	0,84	0,77	0,87	0,76
S	cmol _c dm ⁻³	4,85	4,47	4,31	4,18	4,24	4,25	4,85	4,70
CTC	cmol _c dm ⁻³	5,68	5,18	5,11	4,92	5,42	4,99	5,67	5,42
Sat. de base	%	85,39	86,29	84,34	84,96	78,23	85,17	85,54	86,72

Foram estabelecidos 24 tratamentos constituídos de quatro espécies de leguminosas: feijão de porco (*Canavalia ensiformis*), feijão guandu (*Cajanus cajan*), labe labe (*Dolichos lablab*) e calopogônio (*Calopogonium mucunoides*), com dois espaçamentos entre sulcos de plantio (0,25 e 0,50 m) e três densidades de plantas por metro linear (5, 10 e 15 plantas), distribuídos em arranjo fatorial 4 x 2 x 3 em blocos casualizados, com três repetições. Cada unidade experimental constituiu-se de quatro plantas de videira, mais o tratamento, perfazendo uma área de 16 m². Apenas para efeito de limpeza, a área foi preparada com uma aração seguida da marcação das unidades experimentais e abertura dos sulcos com os espaçamentos previamente definidos.

Foi realizada a 0,50 m do colo da videira, a semeadura manual das leguminosas, por metro linear, utilizando em cada sulco o dobro de sementes da densidade prevista por tratamento. Aos 7 dias decorridos da semeadura, foi realizado o desbaste, estabelecendo os estandes de 5, 10 e 15 plantas por metro linear, conforme cada tratamento. A vegetação espontânea foi controlada com roçadeira entre as unidades experimentais, e apenas uma capina dentro das unidades, após a primeira semana de emergência das plantas.

Aos 90 dias após a semeadura (DAS), houve a floração plena de todas as espécies. Em cada unidade, na parte central, foi definida a área útil de 2 m².

Os parâmetros relacionados à capacidade fotossintética líquida nas leguminosas foram avaliados por meio de um analisador de gases no infravermelho (IRGA, LCPro, ADC, Inglaterra, UK). Foram realizadas as avaliações de índices de fotossíntese líquida (A_{liq}), concentração interna de CO₂, transpiração (E), condutância estomática (Gs), eficiência do uso da água (EUA) e da relação A/Ci, no horário entre 9:00 às 12:00h. Foi utilizado o folíolo central da terceira folha totalmente expandida, no sentido basípeto do ramo, com quatro repetições. Nas mesmas folhas em que se procedeu as leituras com o IRGA,

foram determinadas o índice SPAD (teor relativo de clorofila), por meio de medidor clorofilômetro portátil, SPAD 502, Minolta, Japão.

Na análise estatística, foi utilizado o software SAEG 9.1, em que os dados foram inicialmente submetidos à verificação da normalidade e homogeneidade das variâncias (BANZATTO e KRONKA, 2008). Prosseguindo-se com a análise de variância, sendo as médias comparadas pelo teste Tukey, a $p > 0,05$. Os GL relativos às densidades, quando significativos, foram desdobrados em análise de variância da regressão, utilizando-se o programa de estatística SAEG 9.1, sendo definidos os modelos em função do significado biológico e maior R^2 ajustado.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O fator espécie afetou todas as características avaliadas, com exceção da temperatura da folha (Tabela 3 e 4). O efeito da densidade de plantio foi verificado quando foi analisada a transpiração, condutância estomática e EUA; para a interação entre espécie e espaçamento, foi observado efeito para concentração interna de CO_2 e EUA (Tabela 3 e 4). Não houve efeito isolado do espaçamento para nenhuma das características avaliadas (Tabela 3 e 4).

Tabela 3. Resumo da análise de variância da temperatura da folha (TF), concentração interna de CO₂ (Ci), transpiração (E) e da condutância estomática (GS) da parte aérea de leguminosas, em função da espécie (SP), espaçamento (EL) e densidade (DENS), consorciadas com *Vitis vinifera*, no Submédio São Francisco.

Fontes de variação	Gl	Quadrado médio			
		TF	Ci	E	GS
Bloco	2	79,12**	4227,76**	7,45**	0,56**
SP	3	2,22 ^{ns}	1639,31**	8,00**	0,09**
EL	1	4,25 ^{ns}	2,00 ^{ns}	0,34 ^{ns}	0,00 ^{ns}
DENS	2	0,62 ^{ns}	925,26 ^{ns}	2,94**	0,03*
SP * EL	3	4,03 ^{ns}	3102,44**	0,36 ^{ns}	0,01 ^{ns}
SP * DENS	6	0,89 ^{ns}	135,47 ^{ns}	0,34 ^{ns}	0,01 ^{ns}
DENS * EL	2	0,46 ^{ns}	66,54 ^{ns}	0,04 ^{ns}	0,01 ^{ns}
SP * DENS * EL	6	0,38 ^{ns}	277,60 ^{ns}	1,27 ^{ns}	0,02 ^{ns}
Resíduo	46	461,56	435,57	0,65	0,01
CV (%)		3,71	9,70	18,16	29,40

^{ns} não significativo; **, * significativo (p<0,01, p<0,05, respectivamente), pelo teste F

Tabela 4. Resumo da análise de variância da fotossíntese líquida (A_{liq}), eficiência do uso da água (EUA), A/Ci e índice SPAD da parte aérea de leguminosas, em função da espécie (SP), espaçamento (EL) e densidade (DENS), consorciadas com *Vitis vinifera*, no Submédio São Francisco.

Fontes de variação	Gl	Quadrado médio			
		A_{liq}	EUA	A/Ci	SPAD
Bloco	2	2,58 ^{ns}	1011,75**	0,00 ^{ns}	27,07 ^{ns}
SP	3	148,92**	358,08*	0,00*	784,41**
EL	1	12,37 ^{ns}	14,52 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,24 ^{ns}
DENS	2	9,97 ^{ns}	696,95**	0,00 ^{ns}	0,05 ^{ns}
SP * EL	3	9,04 ^{ns}	482,16**	0,00 ^{ns}	10,90 ^{ns}
SP * DENS	6	4,49 ^{ns}	24,69 ^{ns}	0,00 ^{ns}	19,96 ^{ns}
DENS * EL	2	8,78 ^{ns}	0,58 ^{ns}	0,00 ^{ns}	28,02 ^{ns}
SP * DENS * EL	6	15,72 ^{ns}	200,62 ^{ns}	0,00 ^{ns}	26,10 ^{ns}
Resíduo	46	9,01	130,70	0,00	17,15
CV (%)		17,96	20,78	20,67	9,96

^{ns} não significativo; **, * significativo (p<0,01, p<0,05, respectivamente), pelo teste F

Os menores valores de condutância estomática, transpiração, fotossíntese líquida e relação A/Ci foram verificados para a espécie labe labe, quando comparada às demais espécies (Tabela 5).

Tabela 5. Condutância estomática (Gs), transpiração (E), fotossíntese (A_{liq}) e relação A/Ci da parte aérea de quatro leguminosas, consorciadas com *Vitis vinifera*, no Submédio São Francisco.

Espécie	Gs ($\mu\text{mol mol}^{-1}$)	E ($\text{mol H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$)	A_{liq} ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	A/Ci ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)
Labe labe	0,22 B	3,49 B	12,55 B	0,06 B
Feijão de porco	0,38A	4,85 A	19,15 A	0,09 A
Calopogônio	0,37A	4,94 A	17,52 A	0,08 A
Feijão guandu	0,34 A	4,49 A	17,64 A	0,08 A

Médias, seguidas da mesma letra não diferem pelo teste de Tukey ($p < 0,05$)

Em estudo realizado por Baligar et al. (2010), os maiores índices de fotossíntese líquida foram observados para as espécies leucena (*Leucaena leucocephala*) e o calopogônio (*Calopogonium mucunoides*), sendo os valores desta variável semelhantes aos observados no presente ensaio. Entretanto, no presente estudo, os valores de A_{liq} do feijão de porco foram superiores aos verificados por Baligar et al. (2010). Os valores de A_{liq} , Gs e E do feijão de porco, verificados por Nascimento (2007), também foram bastante inferiores aos observados no presente estudo.

De acordo com estudos realizados por Yang et al. (2008), a fotossíntese líquida do feijão guandu é intensamente reduzida sob condição de restrição hídrica, sendo verificadas alterações entre -2,33 a 21,31 $\mu\text{moles de CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, em condição de 6,12% e 8,59% de umidade do solo, respectivamente.

Em condição de restrição hídrica, Yang et al. (2008) verificaram o valor de transpiração de 3,88 $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$, semelhante ao observado para as plantas

de feijão guandu que estavam sob condição irrigada do presente trabalho. Devido à elevada C_i , os valores da eficiência de carboxilação foram bastante inferiores aos verificados no presente ensaio, ocorrendo comportamento inverso para a relação entre A_{liq} e C_i . Diferindo do comportamento descrito por Yang et al. (2008), para as plantas de feijão guandu, foi observada elevação dos índices de A_{liq} em função da elevação de C_i .

Em ensaios realizados com plantas de labe labe, 30 dias após emergência, Singh et al. (2011) verificaram valores de A_{liq} (12 a 14 $\mu\text{moles CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) e C_i (300 a 350 $\mu\text{mol mol}^{-1}$) semelhantes aos definidos para o presente estudo. Observando-se uma discrepância apenas entre os índices de E e G_s , que mantiveram-se menores em relação aos observados por Singh et al. (2011).

A A_{liq} apresentou padrões similares à condutância estomática, podendo-se inferir que a queda da fotossíntese para o labe labe esteja relacionada com o fechamento parcial dos estômatos (BALIGAR et al. 2010) (Tabela 5).

Souza et al. (2001) verificaram em videiras, sob condições de deficiência hídrica, uma redução na taxa fotossintética e que este comportamento estaria associado, principalmente, ao fechamento estomático. Estes mesmos autores verificaram que houve reduções visíveis na relação A/C_i (eficiência de carboxilação). Para o presente estudo, foi observado que a leguminosa labe labe foi a única espécie que diferiu das demais, apresentando menor relação A/C_i (Tabela 5).

Maior gradação quantitativa de valores foi observada para a avaliação de Spad foliar. Os valores mais elevados de Spad foram verificados para folhas do feijão de porco, ocorrendo valores intermediários para o feijão guandu e os menores índices para as espécies labe labe e calopogônio (Tabela 6).

Tabela 6. Índice SPAD da parte aérea de quatro leguminosas consorciadas com *Vitis vinifera*, no Submédio São Francisco.

Espécie	Índice SPAD
Labe labe	38,80 C
Feijão de porco	49,91 A
Calopogônio	36,77 C
Feijão guandu	43,77 B

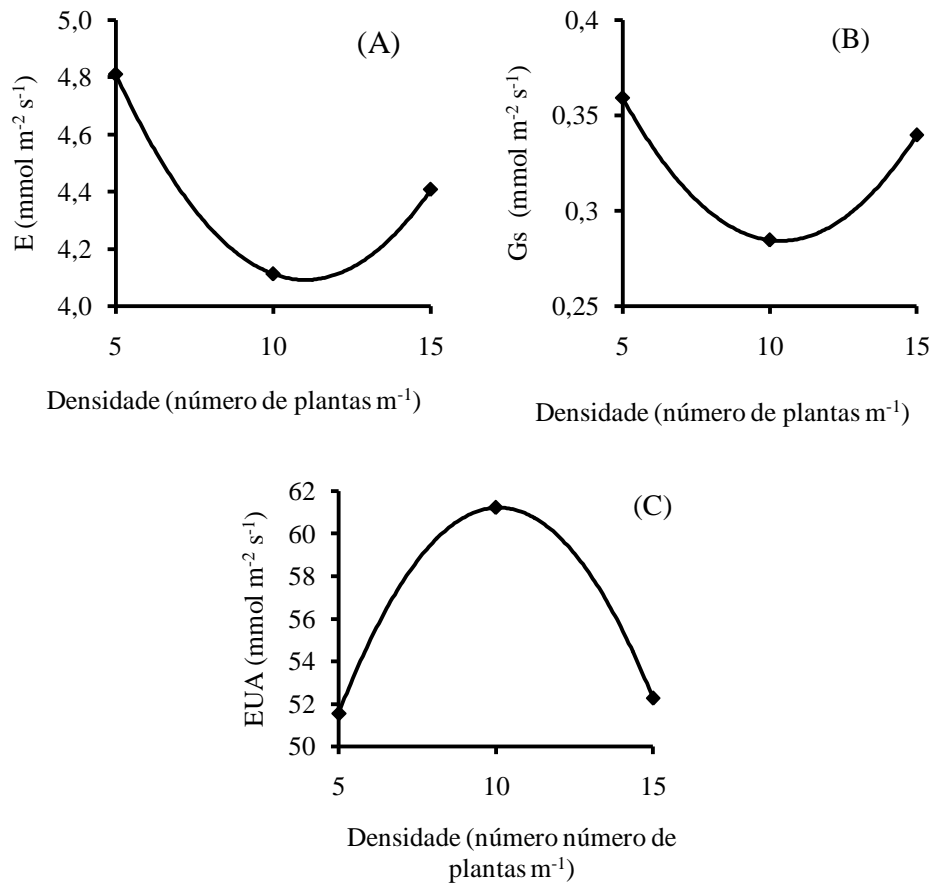
Médias, seguidas da mesma letra não diferem pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Os valores encontrados neste trabalho foram inferiores aos verificados por Ragozo (2005) no estudo sobre a eficiência da utilização de adubos verdes em pomar de laranjeira ‘Pêra’ em dois ciclos dos adubos verdes, verificando para o feijão de porco (74,5), feijão guandu (75, 2) e labe labe (75,3).

Foi definido o modelo polinomial de segunda ordem para E, Gs e EUA em função da densidade de plantas (Figura 1), independente da espécie, ocorrendo comportamento semelhante para E e Gs; para a relação entre EUA e densidade de plantas, foi verificado um valor máximo de $61,50 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, para a densidade de 10 plantas m^{-1} . Para E e Gs, o decréscimo de valores caracterizaram a fase inicial do aumento da densidade de plantas até o valor de 11 e 10, respectivamente. Tal decréscimo foi relacionado ao efeito da competição interespecífica, resultando em restrição de disponibilidade de água, nutrientes e luz. Para valores superiores até o máximo de 15 plantas m^{-1} , o aumento da densidade ocasionou a elevação de valores de E e Gs. Portanto, a partir desse estágio da dinâmica populacional, o efeito da competição interespecífica torna-se secundário, havendo preponderância do efeito das plantas nas alterações do microclima.

Segundo Torres et al. (2006), as plantas de cobertura promovem uma redução na temperatura do solo, concatenando a ideia de que estas

proporcionam um microclima favorável, podendo reduzir a competição interespecífica entre essas plantas, resultando em um melhor rendimento destas.



$$A: \hat{Y}^* = 6,499 - 0,437x + 0,019x^2 \quad (R^2=1,0)$$

$$B: \hat{Y}^* = 0,5634 - 0,0538x + 0,0026x^2 \quad (R^2=1,0)$$

$$C: \hat{Y}^* = 23,252 + 7,5224x - 0,3725x^2 \quad (R^2=1,0)$$

*significativo ($p < 0,10$), pelo teste F

Figura 1. Transpiração, E (A), condutância estomática, Gs, (B) e eficiência do uso da água (EUA, A/GS) (C) da parte aérea de quatro leguminosas, em função de diferentes números de plantas por metro linear, consorciadas com *Vitis vinifera*, no Submédio São Francisco.

Quanto às espécies, o labe labe foi o destaque, verificando-se que, para Ci, esta foi a única espécie que diferiu-se das demais (Tabela 7). Foram observadas diferenças entre os espaçamentos para as espécies labe labe e feijão de porco. O labe labe obteve melhor rendimento no espaçamento de 0,25 m, enquanto que o feijão de porco foi no de 0,50 m (Tabela 7).

Tabela 7. Concentração interna de CO₂ (Ci) da parte aérea de quatro leguminosas, em função de dois espaçamentos entre sulcos de plantio, consorciadas com *Vitis vinifera*, no Submédio São Francisco.

Espécie	Ci		Média
	(μmol mol ⁻¹)		
	Espaçamento (m)		
	---0,25---	---0,50---	
Labe labe	245,56 aA	207,33 bA	226,45
Feijão de porco	196,78 bB	218,56 aA	207,67
Calopogônio	217,56 aB	222,00 aA	219,78
Feijão guandu	201,56 aB	212,22 aA	206,89
Média	209,56	215,56	

Médias, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, não diferem pelo teste de Tukey (p<0,05) e Teste t (p<0,05), respectivamente.

Foi verificado um efeito dos espaçamentos sobre a eficiência do uso da água (EUA). Esta variável obteve os seus valores mais elevados dentro do espaçamento de 0,50 m, destacando-se a espécie labe labe (Tabela 8).

Tabela 8. Eficiência do uso da água (EUA) da parte aérea de quatro leguminosas, em função de dois espaçamentos entre sulcos de plantio, consorciadas com *Vitis vinifera*, no Submédio São Francisco.

Espécie	EUA		Média
	(mmol m ⁻² s ⁻¹)		
	Espaçamento (m)		
	---0,25---	---0,50---	
Labe labe	53,04 bA	66,65 aA	59,85
Feijão de porco	58,06 aA	49,16 aB	53,61
Calopogônio	49,81 aA	49,25 aB	49,53
Feijão guandu	60,95 aA	53,21 aAB	57,08
Média	55,55	51,23	

Médias, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, não diferem pelo teste de Tukey (p<0,05) e Teste F (p<0,05), respectivamente.

Os resultados observados para as variáveis Ci e EUA (Tabela 7 e 8) corroboram com a ideia de Gouveia e Marin (2001), que relatam que as estruturas morfológicas e anatômicas do feijão de porco, como por exemplo, a maior espessura dos tecidos foliares desta espécie, permitem que ocorra uma maior eficiência da água, devido a uma menor Gs.

4. CONCLUSÕES

1. A baixa eficiência na transpiração, condutância estomática, fotossíntese líquida e relação A/Ci ocorreu para o labe labe;
2. A densidade de 10 plantas m⁻¹ proporciona menor transpiração e condutância estomática, resultando em maior eficiência do uso da água pelas leguminosas.

5. REFERÊNCIAS

BALIGAR, V.C.; BUNCE, J.A.; ELSON, M. K.; FAGERIA, N. K. Irradiance, external carbon dioxide concentration and temperature influence photosynthesis in tropical cover crop legumes. **Tropical Grasslands**, v.44, p.24-32. 2010.

BANZATTO, D. A.; KRONKA, S. N. **Experimentação agrícola**. 4. ed. Jaboticabal: Funep, 2008. 237 p.

CECHIN, I; ROSSI, S.C.; OLIVEIRA, V.C.; FUMIS, T.F. Photosynthetic responses and proline content of mature and young leaves of sunflower plants under water deficit. **Photosynthetica**, v.44, n.1, p.143-146, 2006.

CODEVASF. Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Paranaíba. **Vale do São Francisco: regiões fisiográficas**, 2006. Disponível em:<<http://www.codevasf.gov.br/osvales/vale-do-sao-francisco/recus/submedio-sao-francisco>>. Acesso em: 1 de dezembro de 2011.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1997. 212 p. (EMBRAPA-CNPS).

FARIA, C. M. B. de. **Comportamento de leguminosas para adubação verde no Submédio São Francisco**. Petrolina, PE: Embrapa Semi-Árido, 2004. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 63).

GARCÍA-PLAZAOLA, J. I.; HERNÁNDEZ, A.; BECERRIL, J. M. Photoprotective responses to winter stress in evergreen mediterranean ecosystems. **Plant Biology**. v.2, n.5, p.530–535. Set. 2000.

GOUVEIA, M. de; MARÍN, D. C. Comparação agroecológicos de canavalia (*Canavalia ensiformis* (L.) dc) e soja (*Glycine max* (L.) merr.). II. potencial de água, condutividade estomática e distribuição das raízes. **Revista de la Facultad de Agronomía** (LUZ). v.18, p.187-200,2001.

KERBAUY, G.B. **Fisiologia Vegetal**. 1. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004. 452 p.

NASCIMENTO, K. J. L. **Fotossíntese, trocas gasosas e respostas antioxidativas em *Canavalia ensiformis* e *Stilozobium aterrimum* submetidas a níveis tóxicos de arsênio.** 2007. 36p. Dissertação (Mestrado em Fisiologia Vegetal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2007.

RAGOZO, C. R. A. **Eficiência da utilização de adubos verdes em pomar de laranjeira ‘pêra’ (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck.).** 2005. 79p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista “Júlio De Mesquita Filho”, Botucatu, SP. 2005.

SINGH A.; BEVERIDGE, J.; SINGH, N. Decreased CSF Transferrin in sCJD: a potential pre-mortem diagnostic test for prion disorders. **Plos One.** v.6, n.3, p.16804. Mar. 2011.

SOUZA, C. R. de; SOARES, Â. M.; REGINA, M. de A. Trocas gasosas de mudas de videira, obtidas por dois porta-enxertos, submetidas à deficiência hídrica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira,** v.36, p.1221-1230, 2001.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal.** Porto Alegre: Artmed, 2004. 719p.

TORRES, J. L. R.; FABIAN, A. J. ; PEREIRA, M. G.; ANDRIOLI, I. Influência de plantas de cobertura na temperatura e umidade do solo na rotação milho-soja em plantio direto. **Revista Brasileira de Agrociência,** Pelotas, v. 12, n. 1, p. 107-113, 2006.

VIKAS, N. Supplemental UV-B radiation induced changes in growth, pigments and antioxidant pool of bean (*Dolichos lab lab*) under field conditions. **Journal of Environmental Biology.** v.32, p.139-145, mar. 2011.

YANG, Y.; LIAO, C.; SHA, Y.; PAN, Z.; FENG, G.; JI, Z. Photosynthesis characteristics of three species of forages in the arid-hot valleys. **Wuhan University Journal of Natural Sciences.** v.13, n.3, p.309-316. 2008.

ZANELLA, F.; WATANABE, T. M.; LIMA, A. L. da S.; SCHIAVINATO, M.A. Photosynthetic performance in jack bean (*Canavalia ensiformis* (L.) D.C.) under drought and after rehydration. **Brazilian Journal of Plant Physiology,** v.16, n.3, p.181-184, 2004.