

Cobertura do Solo, Acúmulo de Biomassa e de Nutrientes em Leguminosas para Uso Como Adubo Verde



*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Amapá
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

**BOLETIM DE PESQUISA
E DESENVOLVIMENTO
105**

**Cobertura do Solo, Acúmulo de Biomassa
e de Nutrientes em Leguminosas
para Uso Como Adubo Verde**

*Wardsson Lustrino Borges
Daniela Conceição de Jesus Souza
Danielle Miranda de Souza Rodrigues
Rayane da Mota Rios*

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Amapá

Endereço: Rodovia Juscelino Kubitschek, nº 2.600,
Km 05, CEP 68903-419
Caixa Postal 10, CEP 68906-970, Macapá, AP
Fone: (96) 3203-0201
www.embrapa.br
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê Local de Publicações
da Embrapa Amapá

Presidente
Ana Cláudia Lira-Guedes

Secretária-Executiva
Eliane Tie Oba Yoshioka

Membros
*Adelina do Socorro Serrão Belém, Daniela
Loschtschagina Gonzaga, Daniel Marcos de
Freitas Araújo, Elisabete da Silva Ramos,
Leandro Fernandes Damasceno, Silas
Mochiutti, Sônia Maria Schaefer Jordão*

Supervisão editorial e Normalização
bibliográfica
Adelina do Socorro Serrão Belém

Revisão textual
Elisabete da Silva Ramos

Cadastro Geral de Publicações da Embrapa
(CGPE)
Ricardo Santos Costa

Editoração eletrônica
Fábio Sian Martins

Foto da capa
Daniela Conceição de Jesus Souza

1ª edição
Publicação digitalizada (2018)

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte,
constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Amapá

Cobertura do solo, acúmulo de biomassa e de nutrientes em leguminosas para
uso como adubo verde / Wardsson Lustrino Borges...[et al.]- Macapá: Embrapa
Amapá, 2018.

PDF (22 p.) : il. — (Boletim de pesquisa e desenvolvimento / Embrapa Amapá;
ISSN 1517-4867, 105).

1. Adubação verde. 2. Ecologia vegetal. 3. Agroecologia. Cobertura do solo.
4. Nitrogênio. 5. Amazônia. I. Borges, Wardsson Lustrino. II. Souza, Daniela Con-
ceição de Jesus. III. Rodrigues, Danielle Miranda de Souza. IV. Rios, Rayane da
Mota. V. Série.

CDD 631.874

Sumário

Resumo	5
Abstract	6
Introdução.....	7
Material e Métodos	9
Resultados e Discussão	11
Conclusões.....	19
Agradecimentos.....	19
Referências	19

Cobertura do Solo, Acúmulo de Biomassa e de Nutrientes em Leguminosas para Uso Como Adubo Verde

Wardsson Lustrino Borges¹

Daniela Conceição de Jesus Souza²

Danielle Miranda de Souza Rodrigues³

Rayane da Mota Rios³

Resumo - Objetivou-se com este estudo avaliar a capacidade de cobertura do solo, o acúmulo de biomassa e nutrientes na parte aérea de quatro espécies de leguminosas fixadoras de nitrogênio (N): *Mucuna pruriens*, *Crotalaria juncea*, *Crotalaria ochroleuca* e *Cajanus cajan*. O experimento foi realizado em condição de campo, em parcelas de 12 m², no Campo Experimental da Fazendinha, da Embrapa Amapá, em Macapá, AP. A cobertura de solo foi avaliada nove vezes ao longo de 68 dias, por meio de uma grade contendo 100 intersecções. O acúmulo de biomassa e nutrientes foi avaliado em duas coletas, realizadas aos 46 e 68 dias após o plantio. *Mucuna pruriens* promoveu a maior porcentagem de cobertura de solo e a sequência observada, em termos decrescentes, para acúmulo de biomassa foi *C. ochroleuca*, *C. juncea*, *M. pruriens* e *C. cajan*. O acúmulo de N variou de 51,8 a 181,1 kg ha⁻¹, evidenciando o elevado potencial dessas espécies de serem utilizadas como adubos verdes nas condições edafoclimáticas do Amapá. A espécie *C. ochroleuca* proporciona os maiores acúmulos de matéria seca e de nutrientes na parte aérea.

Termos para indexação: agroecologia, fixação biológica de nitrogênio, Amazônia.

¹ Engenheiro-agrônomo, doutor em Ciência do Solo, pesquisador da Embrapa Amapá, Macapá, AP.

² Cientista Ambiental, Universidade Federal do Amapá, Macapá, AP.

³ Engenheira Florestal, mestranda em Biodiversidade Tropical, Universidade Federal do Amapá, Macapá, AP.

Soil Cover, Accumulation of Biomass and Nutrients in Legumes for Use as Green Manure

Abstract-The objective of this study was to evaluate the soil cover capacity, biomass and nutrients accumulation in shoot of the four legume species: *Mucuna pruriens*, *Crotalaria juncea*, *Crotalaria ochroleuca* and *Cajanus cajan*. The experiment was carried out in field condition, in 12 m² plots, at the Fazendinha experimental field, at Embrapa Amapá, in Macapá-AP. Soil cover was evaluated nine times over 68 days, through a grid containing 100 intersections. The accumulation of biomass and nutrients was evaluated in two harvest, carried out at 46 and 68 days after sowing. *Mucuna pruriens* promoted the highest soil cover and the sequence observed in decreasing terms for biomass accumulation was *C. ochroleuca*, *C. juncea*, *M. pruriens* and *C. cajan*. The accumulation of N ranged from 51.8 to 181.1 kg ha⁻¹, evidencing the high potential of these species to be used as green manure in the Amapá soil and climatic conditions. *C. ochroleuca* is the species that provides the largest shoot dry matter and nutrients accumulations.

Index terms: agroecology, biological fixation of nitrogen, Amazon.

Introdução

A adubação verde é uma prática que promove a produtividade das culturas agrícolas e a sua adoção continuada afeta de forma sistêmica o ambiente solo, contribuindo para melhoria dos indicadores dos atributos químicos, físicos e biológicos (Espíndola et al., 2004).

Diversas espécies vegetais são utilizadas como adubos verdes, porém as espécies da família Fabaceae (leguminosas) são as principais plantas utilizadas para essa finalidade. *Calotropis procera* (flor-de-seda), uma espécie não leguminosa, afetou significativamente o rendimento de rabanete (Silva et al., 2017) e a eficiência do consórcio entre alface e rúcula (Almeida et al., 2015), quando utilizada como adubo verde. No primeiro caso, os autores observaram efeito da dose de *C. procera* utilizada e do tempo de sua incorporação como adubo verde, sendo a dose de 15,6 t ha⁻¹ e 22 dias antes da semeadura do rabanete, respectivamente, os tratamentos que promoveram os melhores desempenhos da cultura do rabanete. Já no segundo caso, a maior eficiência do consórcio foi alcançada com a dose de 36,93 t ha⁻¹.

A principal vantagem da utilização de leguminosas para a adubação verde se deve à redução da quantidade de nitrogênio aplicada ao solo por meio da adubação química, pois essas plantas possuem a capacidade de fixar nitrogênio atmosférico, quando em simbiose com bactérias benéficas do solo, genericamente denominadas de rizóbio. Além disso, as espécies de leguminosas são, em sua maioria, adaptadas à condição de baixa precipitação pluviométrica e apresentam sistema radicular profundo, capaz de ciclar grandes quantidades de nutrientes. Como o nitrogênio é o nutriente que mais limita o desenvolvimento das plantas, esse tem sido também o nutriente mais estudado com relação ao efeito da adubação verde.

A dose de adubo verde aplicada afeta tanto a eficiência de recuperação de nitrogênio (Diniz et al., 2017a), quanto a magnitude do efeito residual da adubação verde (Diniz et al., 2017b). A eficiência de recuperação de nitrogênio pela cultura do brócolis foi maior na dose de 3 t ha⁻¹ (37,9%), quando comparado com as doses 6 t ha⁻¹ e 9 t ha⁻¹, 31,91% e 20,49%, respectivamente e, a combinação da aplicação de adubo verde com o composto orgânico mostrou-se vantajosa sobre a aplicação isolada do composto, pois permitiu a

recuperação de maiores quantidades de nitrogênio em relação ao total aplicado (Diniz et al., 2017a, 2017b).

O cultivo consorciado com leguminosas não representa competição por recursos, não afetando o rendimento de colmo, produção de açúcar e qualidade do caldo da cana-de-açúcar (Dantas et al., 2015), promovendo aumento do número de folhas ativas, frutos, pencas e cachos de bananeira (Quaresma et al., 2015), cobertura do solo, controle de ervas espontâneas, redução de temperatura e maiores teores de umidade do solo (Dantas et al., 2015; Quaresma et al., 2017).

O uso eficiente da adubação verde demanda a seleção da espécie e da estratégia de manejo mais adequada para cada condição. Para isso, deve-se considerar a produção de biomassa vegetal, o acúmulo de nutrientes, a qualidade do resíduo vegetal gerado (relação C/N), a compatibilidade de hábito de crescimento do adubo verde com a cultura de interesse comercial e as opções de pré-cultivo, modalidades de cultivo consorciado, incorporação ao solo ou cobertura morta, poda e/ou roçagem.

As condições edáficas, climáticas e fitossanitárias, bem como, a época e o tipo de manejo, afetam a produção de biomassa, o acúmulo de nutrientes e o efeito da adubação verde sobre a cultura de interesse econômico (Amado et al., 2002; Dantas et al., 2015; Puiatti et al., 2015; Quaresma et al., 2017). Puiatti et al. (2015) observaram que para produção de biomassa e acúmulo de nutrientes de crotalaria, o corte ou a poda devem ser realizados entre 135 e 195 dias após a semeadura. Por outro lado, para alcançar a maior produtividade de rizomas de taro (*Colocasia esculenta*), classificados como grandes e comerciais, a poda ou o corte da leguminosa devem ser realizados até 105 dias após o plantio do taro.

A utilização de coquetéis ou consórcios de espécies, leguminosas e/ou não leguminosas, como adubo verde tem sido relatada na literatura como tendo maior potencial de proteção do solo e fornecimento de nutrientes, por produzir resíduos de melhor qualidade (Recalde et al., 2015; Ziech et al., 2015). A qualidade do resíduo vegetal, avaliada pela relação C/N, disponibilidade de nutrientes, teor de lignina e de polifenóis, é uma característica relacionada ao genótipo vegetal (Ortiz et al., 2015), pouco afetada pelo manejo utilizado e, influencia as formas de nitrogênio (N) e fósforo (P) liberadas no solo (Oliveira et al., 2017), a produtividade e a qualidade de raízes de man-

dioca (Moura-Silva et al., 2017) e a produtividade do meloeiro em condição de semiárido (Giongo et al., 2016).

Apesar dos benefícios que a adubação verde proporciona ao solo, o percentual de agricultores que adotam essa tecnologia ainda permanece baixo. Isso se deve ao desconhecimento dos benefícios da prática, as formas de adoção e pela dificuldade de encontrar sementes e mudas das principais espécies de adubos verdes.

No estado do Amapá predominam temperaturas elevadas, alto índice pluviométrico no período chuvoso, déficit hídrico no período seco e elevada radiação solar (Tavares, 2014). Nessas condições, o uso de adubo verde pode promover proteção ao solo, evitando o impacto direto das gotas de água das chuvas e retenção de água no período seco. Assim, neste estudo, objetivou-se avaliar a capacidade de cobertura do solo, acúmulo de biomassa e nutrientes em quatro espécies de leguminosas: feijão guandu (*Cajanus cajan*), mucuna preta (*Mucuna pruriens*), crotalaria juncea (*Crotalaria juncea*) e crotalaria ochroleuca (*Crotalaria ochroleuca*).

Material e Métodos

O experimento foi realizado no Campo Experimental da Fazendinha, pertencente à Embrapa Amapá, localizado no Polo Hortifrutigranjeiro da Fazendinha, Macapá, AP (0°01'01.51"S; 51°06'35.18"W). De acordo com Tavares (2014), o clima da região é do tipo Am, Megatérmico úmido com curta estação seca, segundo a classificação climática de Köppen. A precipitação pluviométrica média anual é de 2.571,5 mm, sendo que 41%; 37,20%; 12,7% e 9% ocorrem no primeiro, segundo, terceiro e quarto trimestres do ano, respectivamente. A temperatura média anual é de 26,5 °C e a umidade relativa média anual é de 83%.

O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso, com quatro repetições, em parcelas de 12 m² (3 m x 4 m). Os tratamentos consistiram de quatro leguminosas: feijão guandu (*Cajanus cajan*), mucuna preta (*Mucuna pruriens*), crotalaria juncea (*Crotalaria juncea*) e crotalaria ochroleuca (*Crotalaria ochroleuca*). O plantio foi realizado no dia 02/10/2014, utilizando 10, 7, 40 e 20 sementes por metro linear para *C. cajan*, *M. pruriens*, *C. ochroleuca* e *C. juncea*, respectivamente. Utilizou-se o espaçamento de

0,5 m entre linhas para as quatro espécies, na ausência de correção da acidez do solo e de adubação. O experimento foi conduzido em uma área de Cerrado, com solo do tipo Latossolo que estava em pousio há pelo menos cinco anos, apresentando as seguintes características: pH em água 4,7; M.O. 30,17 g kg⁻¹; P 7 mg dm⁻³; K⁺ 0,1, Ca²⁺ + Mg²⁺ 1,8 e Al³⁺ 1,1 cmol_c dm⁻³; argila 380, silte 230 e areia 390 g kg⁻¹.

Foram realizadas nove avaliações do percentual de cobertura do solo proporcionada pelas espécies em 1, 15, 22, 29, 36, 43, 53, 57 e 68 dias após o plantio (DAP). As avaliações foram realizadas com auxílio de uma grade de 1 m x 1 m, com 100 interseções (Figura 1). Para isso, a grade foi colocada sobre o estande de plantas e contado o número de interseções em que ocorria contato entre a malha da grade e as plantas (Favero et al., 2001).

As coletas para análise do acúmulo de biomassa vegetal e de nutrientes foram realizadas em duas épocas. A primeira aos 46 DAP e a segunda aos 68 DAP. Na primeira avaliação, coletou-se 1 m linear, da segunda linha de



Foto: Daniela Conceição de Jesus Souza

Figura 1. Grade utilizada para avaliação da taxa de cobertura do solo (1 m x 1 m).

plântio, descartando-se 1 m linear na extremidade da linha, como bordadura. Na segunda avaliação, coletou-se 2 m lineares, sendo 1 m no centro de cada uma das duas linhas centrais. Após a coleta, separou-se folhas e caule para secagem em estufa de circulação forçada de ar, a 65 °C, até atingir massa constante.

As amostras da segunda coleta foram moídas em moinho tipo Willey e analisadas para determinação dos teores dos macronutrientes nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) (Claessen, 1997). Os extratos da matéria seca foram obtidos por digestão nitroperclórica. O P foi determinado por colorimetria; Ca^{+2} e Mg^{+2} por espectrofotometria de absorção atômica; K^{+1} por fotometria de chama e os teores de N foram determinados pelo método micro Kjeldahl.

Os dados foram submetidos à análise de variância (teste F), considerando parcelas subdivididas no tempo e análise de regressão para a cobertura do solo. Para comparação entre as espécies utilizou-se o erro padrão da média e teste de comparações múltiplas (Tukey). Para os dados de acúmulo de nutrientes nas folhas, caule e parte aérea total foi aplicado a transformação $\text{Log}_{10}(Y)$. As análises foram realizadas com auxílio do programa estatístico Sisvar 5.4 (Ferreira, 2011).

Resultados e Discussão

As espécies diferiram significativamente quanto à capacidade de cobertura do solo durante todo o período de avaliação (Figuras 2 e 3). A *M. pruriens* e a *C. ochroleuca* proporcionaram maiores percentuais de cobertura do solo do que *C. juncea* e *C. cajan*. A cobertura do solo para *M. pruriens*, *C. ochroleuca*, *C. cajan* e *C. juncea* aos 36 DAP foi 54,93%, 33,64%, 11,72% e 25,3% e aos 68 DAP foi 99,69%, 58,2%, 24,7% e 36,11%, respectivamente. Foi possível ajustar equações de regressão para cobertura do solo em função do número de dias de crescimento (tempo) para as espécies avaliadas: *M. pruriens* $y = -5,57 + 1,65 x$, $R^2 = 0,98$; *C. cajan* $y = 1,42 + 0,38 x$, $R^2 = 0,74$; *C. juncea* $y = 2,36 + 0,54 x$, $R^2 = 0,91$ e *C. ochroleuca* $y = -6,04 + 1,04 x$, $R^2 = 0,93$.

Em estudo realizado por Nolla et al. (2009), a espécie *C. cajan* apresentou taxa de cobertura menor que *M. pruriens*. Maior porcentagem de cobertura do solo proporcionada por *M. pruriens* e *C. ochroleuca* está associada ao

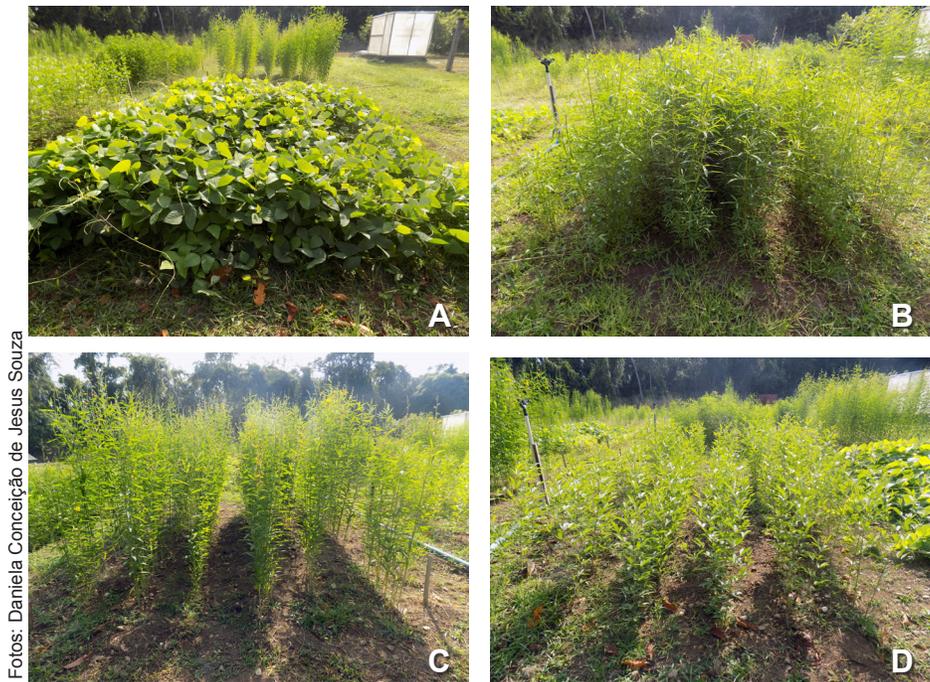


Figura 2. Aspecto geral de crescimento das leguminosas (A) *Mucuna pruriens*, (B) *Crotalaria ochroleuca*, (C) *Crotalaria juncea* e (D) *Cajanus cajan* aos 57 DAP em cultivo no Campo Experimental da Fazendinha da Embrapa Amapá, Macapá, AP.

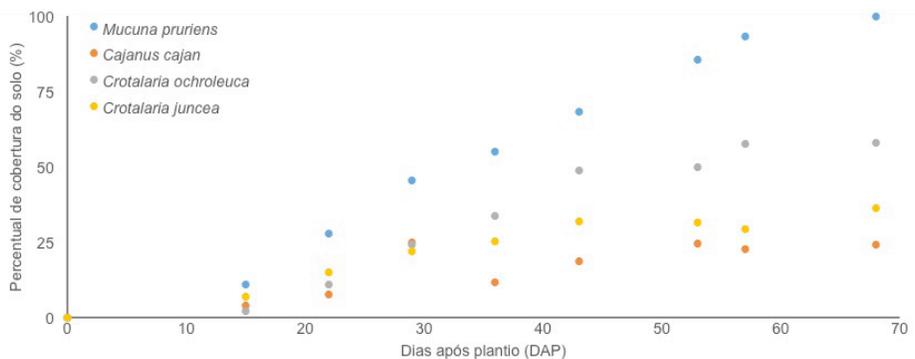


Figura 3. Percentual de cobertura do solo proporcionada pelas espécies de leguminosas *Mucuna pruriens*, *Crotalaria ochroleuca*, *Crotalaria juncea* e *Cajanus cajan* avaliada aos 1, 15, 22, 29, 36, 43, 53, 57 e 68 dias após o plantio (DAP), no Campo Experimental da Fazendinha da Embrapa Amapá, Macapá, AP.

hábito de crescimento prostrado e ao formato das folhas dessas espécies (Missio et al., 2004). O comportamento da *C. juncea* observado neste trabalho, assemelhou-se ao observado por Missio et al. (2004) em que essa espécie apresentou menor percentual de cobertura do solo quando comparado com outras espécies leguminosas no município de Uruguaiana, RS, região Sul do Brasil. Por outro lado, em estudo realizado por Bordin et al. (2003) no município de Jaboticabal, SP, região Sudeste do Brasil, *C. juncea* proporcionou cobertura do solo de 60% aos 70 dias após semeadura, bem superior aos 36,11% observado no presente estudo. Esses resultados evidenciam a necessidade de avaliação das espécies em diferentes condições edafoclimáticas, conforme mencionado por Amado et al. (2002).

As espécies avaliadas diferiram quanto à produção de biomassa seca e acúmulo de nutrientes (Figuras 4 e 5, Tabela 1) e observou-se elevada correlação entre o percentual de cobertura do solo e o acúmulo de biomassa na parte aérea, na razão de 0,98; 0,94; 0,82 e 0,66 para *C. ochroleuca*, *M. pruriens*, *C. cajan* e *C. juncea*, respectivamente.

Crotalaria ochroleuca foi a espécie que apresentou maior produção de biomassa seca (7.322,43 kg ha⁻¹ aos 68 DAP) e acúmulo de nutrientes, enquanto que *C. cajan* foi a espécie que apresentou menor produção de biomassa (2.610,85 kg ha⁻¹ aos 68 DAP) e acúmulo de nutrientes, tanto aos 46 DAP quanto aos 68 DAP.

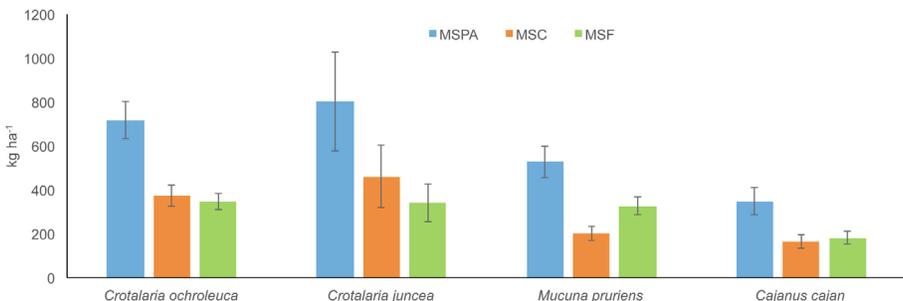


Figura 4. Média e erro padrão da média para acúmulo de biomassa nas folhas (MSF), caule (MSC) e parte aérea total (MSPA), aos 46 dias após plantio (DAP), das espécies de leguminosas *Crotalaria ochroleuca*, *Crotalaria juncea*, *Mucuna pruriens* e *Cajanus cajan* em cultivo no Campo Experimental da Fazendinha da Embrapa Amapá, Macapá, AP.

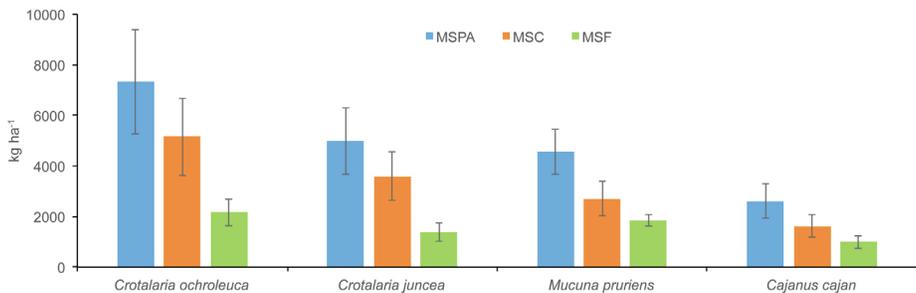


Figura 5. Média e erro padrão da média para acúmulo de biomassa nas folhas (MSF), caule (MSC) e parte aérea total (MSPA), aos 68 dias após plantio (DAP), das espécies de leguminosas *Crotalaria ochroleuca*, *Crotalaria juncea*, *Mucuna pruriens* e *Cajanus cajan* em cultivo no Campo Experimental da Fazendinha da Embrapa Amapá, Macapá-AP.

Cajanus cajan é uma espécie frequentemente utilizada como adubo verde porque é tolerante a solo de baixa fertilidade natural e produz sementes viáveis abundantemente (Ragozo et al., 2006). A menor produção de biomassa do *C. cajan* em relação às outras espécies pode estar relacionada ao seu desenvolvimento inicial lento dessa espécie e ao curto intervalo de tempo avaliado no presente estudo. Alcântara et al. (2000) e Ragozo et al. (2006) verificaram maior produção de biomassa de *C. cajan* quando comparado com outras leguminosas, na região Sudeste do Brasil, quando as plantas foram avaliadas entre 120 DAP e 150 DAP. Amado et al. (2001) e Queiroz et al. (2007) observaram acúmulos de N e K na parte aérea de *C. cajan* superiores aos observados no presente estudo. Outro fator que deve ser considerado em estudos comparativos envolvendo a espécie *C. cajan*, é o fato de que atualmente já existem diversos materiais genéticos distintos dessa espécie utilizados como adubo verde, alimento animal e humano e, na maior parte dos trabalhos esses materiais são genericamente denominados de “guandu”.

Observou-se que *C. juncea* produziu mais matéria seca de parte aérea total que *M. pruriens*, corroborando os resultados alcançados por Fontanétti et al. (2006). No entanto, a produção de matéria seca de folhas de *M. pruriens* foi superior à produção de *C. juncea*. Enquanto *M. pruriens* apresentou relação entre matéria seca de folhas e matéria seca total de 40,58%, *C. juncea*, que é uma espécie de porte ereto com folhas estreitas,

Tabela 1. Acúmulo dos nutrientes N, Ca, Mg, K e P na biomassa de folhas (F), caule (C) e matéria seca total (T) para *Crotalaria ochroleuca*, *Crotalaria juncea*, *Mucuna pruriens* e *Cajanus cajan* em cultivo no Campo Experimental da Fazenda da Embrapa Amapá, Macapá, AP.

Espécie	N kg ha ⁻¹			Ca ⁺² kg ha ⁻¹			Mg ⁺² kg ha ⁻¹		
	F	C	T	F	C	T	F	C	T
<i>C. ochroleuca</i>	112,94 a	68,12	181,1 a	33,74	31,64 ab	65,38	26,02 a	19,31 a	45,51 a
<i>C. juncea</i>	55,57 ab	48,03	103,6 ab	18,97	23,02 ab	41,99	17,41 ab	10,86 ab	28,27 ab
<i>M. pruriens</i>	71,86 ab	28,55	100,4 ab	30,01	33,21 a	63,22	19,63 ab	9,98 ab	26,61 ab
<i>C. cajan</i>	30,14 b	21,72	51,87 b	11,08	11,74 b	22,83	9,01 b	4,94 b	13,95 b
CV ⁽¹⁾	17,56	17,61	12,93	22,58	17,12	15,16	17,54	22,26	14,39
Teste	*	ns	*	ns	*	ns	*	*	*

Espécie	K ⁺¹ kg ha ⁻¹			P kg ha ⁻¹		
	F	C	T	F	C	T
<i>C. ochroleuca</i>	26,19	62,78	88,97	5,55	6,98 a	12,54
<i>C. juncea</i>	17,56	49,08	66,64	4,53	4,52 ab	9,06
<i>M. pruriens</i>	16,42	45,22	61,65	5,02	4,92 ab	9,95
<i>C. cajan</i>	8,15	17,67	25,83	2,05	1,89 b	3,94
CV ⁽¹⁾	22,66	18,26	15,79	44,5	45,66	28,99
Teste	ns	ns	ns	ns	*	ns

⁽¹⁾ CV = Coeficiente de variação (%).

ns Não significativo. * Significativo a 5% de probabilidade.

Médias seguidas pelas mesmas letras, nas colunas, não diferem entre si, a 5% de probabilidade.

apresentou relação de 27,71%. Essa relação tem efeito sobre a velocidade de decomposição dos restos vegetais e liberação de nutrientes no solo quando o adubo verde é manejado. Geralmente a relação C/N nas folhas é menor que no caule, de forma que espécies que apresentam maior percentual de biomassa nas folhas, geralmente liberam mais rapidamente nutrientes ao solo.

No presente estudo, a correlação entre o acúmulo de biomassa e de nutrientes foi de 0,97 para o N e 0,93 para o P, e a sequência observada para acúmulo de biomassa, *C. ochroleuca*>*C. juncea*>*M. pruriens*>*C. cajan*, também foi observada para acúmulo de nutrientes, exceto para Ca^{+2} e P em que *M. pruriens*>*C. juncea*. Segundo Favero et al. (2000), a quantidade de nutrientes acumulada é proporcional à quantidade de biomassa produzida. O acúmulo de Ca^{+2} variou entre 22,83 kg ha⁻¹ e 65,38 kg ha⁻¹; de Mg^{+2} entre 13,95 kg ha⁻¹ e 45,51 kg ha⁻¹; de K^{+1} entre 25,83 kg ha⁻¹ e 88,97 kg ha⁻¹; de P entre 3,9 kg ha⁻¹ e 12,5 kg ha⁻¹ e o acúmulo de N variou de 51,8 kg ha⁻¹ a 181,1 kg ha⁻¹ (Tabela 1), evidenciando a elevada capacidade de fixação biológica de nitrogênio (FBN) dessas espécies, nas condições de cultivo do presente estudo. Segundo Moreira e Siqueira (2006), a FBN é um processo oneroso energeticamente para as plantas, de forma que a capacidade de absorção de P é crucial para manutenção de elevadas taxas de fixação biológica de nitrogênio.

A manutenção dos nutrientes na biomassa vegetal do adubo verde resulta em menores perdas por erosão e lixiviação, do que estando diretamente no solo; portanto, conhecer a quantidade acumulada e as formas que os nutrientes estão presentes nos tecidos é essencial para o manejo dos nutrientes dentro do ciclo de produção para se ter o máximo de aproveitamento (Pittelkow et al., 2012) pela cultura de interesse comercial.

A demanda de nitrogênio pelas culturas é elevada, o que causa alto custo para a produção, devido aos preços elevados dos fertilizantes nitrogenados (Moreira; Siqueira, 2006). Assim, a utilização de leguminosas na adubação verde busca reduzir custos de produção por ser um eficiente método para adicionar nitrogênio ao solo e ciclar outros nutrientes para as culturas.

A contribuição da fixação biológica de nitrogênio para o acúmulo total de nitrogênio nas leguminosas varia em função de diversos fatores, como: espécie, genótipo da espécie, condições edafoclimáticas, eficiência do rizóbio

simbionte, sistema de manejo, etc. (Martins et al., 2003; Perin et al., 2004; Rumjanek et al., 2005). Da mesma forma, diversos são os fatores que interferem na transferência de nitrogênio do adubo verde para a cultura de interesse comercial, como: compatibilidade de hábito de crescimento entre as espécies, sistema de manejo do adubo verde, da cultura e do solo adotado, etc. (Diniz et al., 2017a, Diniz et al., 2017b; Mendonça et al., 2017).

As leguminosas *Callopogonium mucunoides*, *Stylosanthes guianensis*, *C. cajan* e *Dolichos lablab* apresentaram taxa de FBN de 46,1%, 45,9%, 44,4% e 42,9%, respectivamente e, *C. cajan*, *Crotalaria spectabilis* e *C. mucunoides* transferiram 55,8%, 48,8% e 48,1%, respectivamente, do nitrogênio oriundo da FBN para o café cultivado em consórcio (Mendonça et al., 2017). Analisando diversos estudos realizados com o objetivo de quantificar a contribuição da FBN para acúmulo de nitrogênio e a transferência de nitrogênio fixado biologicamente pelas leguminosas para culturas de interesse comercial, Rumjanek et al. (2005) e Diniz et al. (2017a) relataram valores variando entre 40% e 90%, para contribuição da FBN e, valores variando entre 12,45% e 22,9% para o nitrogênio transferido. Para as quatro espécies avaliadas no presente estudo, os percentuais de contribuição da FBN para o acúmulo total de nitrogênio, frequentemente relatados na literatura, se aproximam de 60%. Esses autores reportaram ainda que, aproximadamente, 20% do N total acumulado no adubo verde é absorvido pelas culturas agrícolas.

Relacionando os acúmulos de nitrogênio observados no presente estudo com os resultados prévios pôde-se estimar que a quantidade de nitrogênio proveniente da FBN para *C. ochroleuca*, *C. juncea*, *M. pruriens*, *C. cajan* variou entre 21 kg ha⁻¹ e 163 kg ha⁻¹ e, o potencial de transferência de nitrogênio para uma cultura agrícola variou entre 10 kg ha⁻¹ e 36 kg ha⁻¹ e, entre 3 kg ha⁻¹ e 37 kg ha⁻¹, considerando o nitrogênio total e o nitrogênio fixado biologicamente, respectivamente (Tabela 2).

A combinação da adubação verde com a adubação orgânica (esterco e composto orgânico) pode eliminar parte ou totalmente o uso de fertilizantes nitrogenados, sendo que a adoção continuada da adubação verde pode reduzir a demanda de esterco e compostos orgânicos (Paulino, 2008). Assim, é importante que a adoção das práticas de adubação verde e/ou orgânica seja continuada, ao longo dos anos, para que os efeitos benéficos sejam percebidos de forma mais contundente nos sistemas intensivos de produção.

Tabela 2. Acúmulo de N na biomassa seca total da parte aérea de *Crotalaria ochroleuca*, *Crotalaria juncea*, *Mucuna pruriens* e *Cajanus cajan*, em cultivo no Campo Experimental da Fazenda da Embrapa Amapá, Macapá, AP, e estimativa da potencial quantidade de N transferida para a cultura de interesse econômico em cultivo subsequente.

Espécie de leguminosa avaliada	N total acumulado (kg ha ⁻¹)	Estimativa N derivado da FBN (kg ha ⁻¹)			Estimativa de N transferido para cultura de interesse comercial (kg ha ⁻¹)	Estimativa de N derivado da FBN transferido para cultura de interesse comercial (kg ha ⁻¹)						
		40%	60% ⁽¹⁾	90%		40%	60%	90%	40%	60%	90%	
<i>C. ochroleuca</i>	181,1	72	109	163	36	9	14	20	17	25	37	90%
<i>C. juncea</i>	103,6	41	62	93	21	5	8	12	9	14	21	90%
<i>M. pruriens</i>	100,4	40	60	90	20	5	7	11	9	14	21	90%
<i>C. cajan</i>	51,87	21	31	47	10	3	4	6	5	7	11	90%
												22,90 ⁽²⁾

⁽¹⁾Os percentuais de contribuição da FBN para o acúmulo total de nitrogênio, para as quatro espécies avaliadas no presente estudo, relatados na literatura, frequentemente se aproximam de 60% (Perin et al., 2004).

⁽²⁾Os percentuais de valores N transferidos para cultura de interesse comercial recuperados nos estudos de Castro et al. (2004), Silva et al. (2006), Dimiz et al. (2007) e Scavittaro et al. (2003).

Conclusões

Nas condições adotadas no presente estudo, a espécie *M. pruriens* é a leguminosa que proporciona a maior e mais rápida cobertura do solo.

Considerando 68 dias de cultivo, nas condições edafoclimáticas avaliadas, a espécie *C. ochroleuca* proporciona os maiores acúmulos de biomassa e de nutrientes na parte aérea.

Agradecimentos

Aos empregados da Embrapa Amapá Aluizio da Assunção Lopes, José Luiz Leal Dias, Pedro Paulo Batista Serrão, Raimundo Nonato Teixeira Moura, Edilaldo Santana Nunes, Daniel Marcos de Freitas Araújo e Leandro Fernandes Damasceno, pelo apoio.

Referências

- ALCÂNTARA, F. A.; FURTINI NETO, A. E.; PAULA, M. B. de; MESQUITA, H. A.; MUNIZ, J. A. Adubação verde na recuperação da fertilidade de um Latossolo Vermelho-Escuro degradado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 2, p. 277-288, fev., 2000.
- ALMEIDA, A. E. S.; BEZERRA NETO, F.; COSTA, L. R.; SILVA, M. L.; LIMA, J. S. S.; BARROS JÚNIOR, A. P. Eficiência agrônômica do consórcio alface-rúcula fertilizado com flor-de-seda. **Revista Caatinga**, v. 28, n. 79, p. 79-85, jul./set., 2015.
- AMADO, T. J. C.; BAYER, C.; ELTZ, F. L. F.; BRUM, A. C. R. Potencial de culturas de cobertura em acumular carbono e nitrogênio no solo no plantio direto e a melhoria da qualidade ambiental. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, n. 1, p. 189-197, 2001.
- AMADO, T. J. C.; MIELNICZUK, J.; AITA, C. Recomendação de adubação nitrogenada para o milho no RS e SC adaptada ao uso de culturas de cobertura no solo, sob sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 26, n. 1, p. 241-248, 2002.
- BORDIN, L.; FARINELLI, R.; PENARIOL, F. G.; FORNASIERI FILHO, D. Sucessão de cultivo de feijão-arroz com doses de adubação nitrogenada após adubação verde, em semeadura direta. **Bragantia**, v. 62, n. 3, p. 417-428, 2003.
- CASTRO, M. C. D.; ALVES, B. J. R.; ALMEIDA, D. J.; RIBEIRO, R. L. D. Adubação verde como fonte de nitrogênio para a cultura da berinjela em sistema orgânico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 8, p. 779-785, ago. 2004.

CLAESSEN, M. E. C. (Org.). **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. rev. e atual. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPq, 1997. 212 p. (EMBRAPA-CNPq. Documentos, 1).

DANTAS, R. A.; CARMONA, R.; CARVALHO, A. M.; REIN, T. A.; MALAQUIAS, J. V.; SANTOS JÚNIOR, J. D. G. Produção de matéria seca e controle de plantas daninhas por leguminosas consorciadas com cana-de-açúcar em cultivo orgânico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 50, n. 8, p. 681-689, ago. 2015.

DINIZ, E. R.; VARGAS, T. O.; PEREIRA, W. D.; SANTOS, R. H. S.; URQUIAGA, S.; MODOLO, A. J. Levels of *Crotalaria juncea* on growth, production, recovery and efficiency of the use of N in broccoli. **Horticultura Brasileira**, v. 35, n. 3, jul./set. 2017a.

DINIZ, E. R.; VARGAS, T. O.; GUEDES, A. F.; SANTOS, R. H. S.; URQUIAGA, S.; MODOLO, A. J. Doses of *Crotalaria juncea*: residual effect on zucchini and maize crop in sequence to broccoli. **Revista Ceres**, v. 64, n. 6, p. 600-606, nov./dez. 2017b.

DINIZ, E. R.; SANTOS, R. H. S.; URQUIAGA, S. S.; PETERNELLI, L. A.; BARRELLA, T. P.; FREITAS, G. B. Green manure incorporation timing for organically grown broccoli. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 2, p. 199-206, fev. 2007.

ESPÍNDOLA, J. A. A.; ALMEIDA, D. L.; GUERRA, J. G. M. **Estratégias para utilização de leguminosas para adubação verde em unidades de produção agroecológica**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2004. 14 p. (Embrapa Agrobiologia. Documentos, 174).

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

FAVERO, C.; JUCKSCH, I.; COSTA, L. M.; ALVARENGA, R. C.; NEVES, J. C. L. Crescimento e acúmulo de nutrientes por plantas espontâneas e por leguminosas utilizadas para adubação verde. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, p. 171-177, 2000.

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

FONTANÉTTI, A.; CARVALHO, G. J.; GOMES, L. A. A.; ALMEIDA, K.; MORAIS, S. R. G.; TEIXEIRA, C. M. Adubação verde na produção orgânica de alface americana e repolho. **Horticultura Brasileira**, v. 24, n. 2, p. 146-150, abr./jun. 2006.

GIONGO, V.; SALVIANO, A. M.; SANTANA, M. S.; COSTA, N. D.; YURI, J. E. Soil management systems for sustainable melon cropping in the submedian of the São Francisco valley. **Revista Caatinga**, v. 29, n. 3, p. 537-547, jul./set. 2016.

MARTINS, L. M. V.; XAVIER, G. R.; RANGEL, F. W.; RIBEIRO, J. R. A.; NEVES, M. C. P.; MORGADO, L. B.; RUMJANEK, N. G. Contribution of biological nitrogen fixation to cowpea: a strategy for improving grain yield in the semi-arid region of Brazil. **Biology and Fertility of Soils**, v. 38, n. 6, p. 333-339, Oct. 2003.

MENDONÇA, E. S.; LIMA, P. C.; GUIMARÃES, G. P.; MOURA, W. M.; ANDRADE, F. V. Biological Nitrogen Fixation by Legumes and N Uptake by Coffee Plants. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 41, 2017.

MISSIO, E. L.; DEBIASI, H.; MARTINS, J. D. Comportamento de leguminosas para cobertura do solo, adubação verde e controle de plantas daninhas. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v. 10, n. 1/2, p. 129-136, 2004.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2. ed. atual. e ampl. Lavras: Editora UFLA, 2006. 729 p.

MOURA-SILVA, A.G.; AGUIAR, A. C. F.; JORGE, N.; AGOSTINI-COSTA, T. S.; MOURA, E. G. Food quantity and quality of cassava affected by leguminous residues and inorganic nitrogen application in a soil of low natural fertility of the humid tropics. **Bragantia**, v. 76, n. 3, p. 406-415, 2017.

NOLLA, A.; JUCKSCH, I.; ALVARENGA, R. C. Cobertura do solo proporcionada pelo cultivo consorciado de milho com leguminosas e espécies espontâneas. **Revista Cultivando o Saber**, v. 2, n. 3, p.151-163, 2009.

OLIVEIRA, R. A.; COMIN, J. J.; TIECHER, T.; PICCIN, R.; SOMAVILLA, L. M.; LOSS, A.; LOURENZI, C. R.; KURTZ, C.; BRUNETTO, G. Release of phosphorus forms from cover crop residues in agroecological no-till onion production. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 41, fev. 2017. e0160272.

ORTIZ, S.; MARTIN, T. N.; BRUM, M. S.; NUNES, N. V.; STECCA, J. D. L.; LUDWIG, L. R. Densidade de semeadura de duas espécies de ervilhaca sobre caracteres agrônômicos e composição bromatológica. **Ciência Rural**, v. 45, n. 2, p. 245-251, fev. 2015.

PAULINO, G. M. **Potencial de leguminosas para adubação verde em consórcio com mangueira e gravioleira sob manejo orgânico**. 2008. 137 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes, 2008.

PERIN, A.; SANTOS, R. H. S.; URQUIAGA, S.; GUERRA, J. G. M.; CECON, P. R. Produção de fitomassa, acúmulo de nutrientes e fixação biológica de nitrogênio por adubos verdes em cultivo isolado e consorciado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 1, p. 35-40, jan. 2004.

PITTELKOW, F. K.; SCARAMUZZA, J. F.; WEBER, O. L. S.; MARASCHIN, L.; VALADÃO, F. C. A.; OLIVEIRA, E. S. Produção de biomassa e acúmulo de nutrientes em plantas de cobertura sob diferentes sistemas de preparo do solo. **Revista Agrarian**, v. 5, n. 17, p. 212-222, 2012.

- PUIATTI, M.; OLIVEIRA, N. L. C.; CECON, P. R.; BHERING, A. S. Consorciação de taro e crotalária manejada com corte rente ao solo e poda na altura do dossel. **Revista Ceres**, v. 62, n. 3, p. 275-283, mai./jun. 2015.
- QUARESMA, M. A. L.; OLIVEIRA, F. L.; SILVA, D. M. N. Leguminous cover crops for banana plantations in semi-arid regions. **Revista Caatinga**, v. 30, n. 3, p. 614-621, jul.-set., 2017.
- QUARESMA, M. A. L.; OLIVEIRA, F. L.; SILVA, D. M. N.; COELHO, R. I.; COSTA, E. C. Desempenho de bananeiras cultivar “nanição” sobre cobertura viva de solo no semiárido. **Revista Caatinga**, v. 28, n. 4, p. 110-115, out./dez. 2015.
- QUEIROZ, L. R.; COELHO, F. C.; BARROSO, D. G. Cultivo de milho no sistema de aléias com leguminosas perenes. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, p. 1303-1309, 2007.
- RAGOZO, C. R. A.; LEONEL, S.; CROCCI, A. J. Adubação verde em pomar cítrico. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 28, n. 1, p. 69-72, 2006.
- RECALDE, K. M. G.; CARNEIRO, L. F.; CARNEIRO, D. N. M.; FELISBERTO, G.; NASCIMENTO, J. S.; PADOVAN, M. PARRON. Weed suppression by green manure in na agroecological system. **Revista Ceres**, v. 62, n. 6, p. 546-552, nov./dez. 2015.
- RUMJANEK, N. G.; MARTINS, L. M. V.; XAVIER, G. R.; NEVES, M. C. P. Fixação biológica de nitrogênio. In: FREIRE FILHO, F. R.; ARAUJO LIMA, J. A.; SILVA, P. H. S.; RIBEIRO, V. Q. (Ed.). **Feijão-caupi: avanços tecnológicos**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. p. 279-335.
- SCIVITTARO, W. B.; MURAOKA, T.; BOARETTO, A. E.; TRIVELIN, P. C. O. Transformations of nitrogen from velvet bean and urea used as fertilizers in corn crop. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n. 12, p. 1427-1433, dez. 2003.
- SILVA, A. F. A.; SOUZA, E. G. F.; BARROS JÚNIOR, A. P.; BEZERRA NETO, F.; SILVEIRA L. M. Desempenho agrônômico do rabanete adubado com *Calotropis procera* (Ait.) R. Br. em duas épocas de cultivo. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 48, n. 2, p. 328-336, abr./jun. 2017.
- SILVA, E. C.; MURAOKA, T.; BUZETTI, S.; TRIVELIN, P. C. O. Manejo de nitrogênio no milho em Latossolo Vermelho sob plantio direto com diferentes plantas de cobertura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 3, p. 477-486, mar. 2006.
- TAVARES, J. P. N. Características da climatologia de Macapá-AP. **Caminhos da Geografia**, v. 15, n. 50, p. 138-151, jun. 2014.
- ZIECH, A. R. D.; CONCEIÇÃO, P. C.; LUCHESE, A. V.; BALIN, N. M.; CANDIOTTO, G.; GARMUS, T. G. Proteção do solo por plantas de cobertura de ciclo hibernal na região Sul do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 50, n. 5, p. 374-382, maio, 2015.

Embrapa

Amapá

MINISTÉRIO DA
**AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO**



CGPE 14877