

Fertilidade do solo em agrofloresta após sucessão leguminosas: Consórcio mandioca e caupi, no Sul do Tocantins

Átila Reis da Silva^{1*}, Sergio Alves de Sousa², Djalma Júnior de Almeida Tavares Souza²
Alex Santos Lemos² e Leonardo Santos Collier³

¹Mestrando do Curso de Pós-Graduação em Produção Vegetal; Universidade Federal do Tocantins; 77402-970; Gurupi - TO - Brasil. ²Departamento de Engenharia Agrônômica; Universidade Federal do Tocantins; 77402-970; Gurupi - TO - Brasil. ³Departamento de Engenharia Florestal; Universidade Federal de Goiás; 74001-970; Goiânia - GO - Brasil.

ABSTRACT

Given the need for more sustainable cropping systems in this work is to evaluate changes in chemical properties after cultivation of legumes and the effect on yield of cowpea and cassava in single or consortium cultivated in agroforestry (SAF) in southern state of Tocantins. The study was conducted in a SAF in the experimental field of the Federal University of Tocantins, Gurupi-TO. The experimental design was completely randomized design with four treatments and a control in three replicates. The treatments were: areas with waste *Crotalaria* (CJ), corn (MI), *mucuna preta* (MP), *Crotalaria* and pigeonpea (CJ + FG) and an area with natural vegetation and litter of *teca* (VEG + TEC). For evaluations of soil chemical properties were performed two trials (01.11. 2009 and another 07.03.2010). To follow the decomposition of plant residues were used nylon bags, placed on the surface of the plots over a period of 130 days. One can observe significant increases in the levels of potassium, magnesium and pH in different residues. For root yield of cassava and green matter no difference among tillage systems, but on the different waste materials. The cowpea had the highest yield when grown single.

Key words: Fertility, performance index of area, natural resources

INTRODUÇÃO

Os sistemas de produção de alimentos têm uma preocupação maior em aliar a melhoria de produtividade dos cultivos à manutenção e melhoria da qualidade dos recursos naturais utilizados no processo produtivo. A pressão sócio-ambiental para busca de sustentabilidade atinge sistemas de alto e baixo nível tecnológico ou de maior e menor intensidade de capital.

Da forma que se estabeleceram os sistemas produtivos no bioma Cerrado e, em particular na região de transição para a Floresta Amazônica, o desenvolvimento de sistemas agrícolas sustentáveis ainda é incipiente, embora, existam esforços da pesquisa para tal. As condições climáticas, edáficas e o cultivo convencional dessas áreas, principalmente, vem dificultando a adoção em maior escala de alternativas já conhecidas (Fearnside, 2003), como os sistemas de plantio direto, integração lavoura-pecuária e

agrossilvipastoris, além de sistemas sob manejo orgânico.

Os sistemas agroflorestais (SAF's) aliando a expansão da produção agropecuária e de produtos florestais associados com a preservação ambiental, podem ser definidos como a combinação de cultivos simultâneos e/ou sequenciais de espécies arbóreas nativas e/ou exóticas com culturas agrícolas, hortaliças, fruteiras e, também, da criação de animais (Nair, 1993). Contudo, os SAF's têm vantagens em relação aos sistemas de produção agrícola monoculturais, de ordem econômica, social e ecológica, conforme várias experiências em áreas da floresta Atlântica e Amazônica (Passos e Couto, 1997; Dias-Filho, 2005).

Porém, poucos trabalhos foram realizados no bioma Cerrado, em particular na região de ecótonos, como é a parte Centro-Sul do estado do Tocantins. As experiências de pesquisa iniciadas

Author for correspondence: atilareis@gmail.com

na Universidade Federal do Tocantins, denotam a necessidade de se viabilizar os cultivos de subsistência simultaneamente com os componentes arbóreos de forma a otimizar o uso da área (Silva et al., 2008).

Nos sistemas familiares de produção, os agricultores empregam princípios de utilização sustentável dos recursos naturais a partir dos consórcios; por exemplo, a cultura da mandioca associada ao feijão caupi (Oliveira Jr, et al., 2009). Entretanto, com baixo potencial de fertilidade de boa parte dos solos cultivados pela agricultura família, somente o consórcio ainda não consegue manter os sistemas produtivos por sucessivos ciclos de cultivo no Cerrado.

O uso de leguminosas busca viabilizar sistemas produtivos de baixo nível de insumos, como cobertura do solo e adubação verde, em unidade de produção familiar, visto que confere ao agricultor certa autonomia em relação à disponibilidade de matéria orgânica e nitrogênio da fixação simbiótica, além de outros benefícios dessa ampliação da biodiversidade funcional.

Trabalhos realizados com plantas como feijão-guandu, crotalária e feijão-de-porco demonstram os benefícios para fertilidade do solo (Bokert et al., 2003; Carvalho et al. 2004; Heinrichs et al, 2005); ainda assim, poucos são os trabalhos que associam o uso de leguminosas com culturas tradicionalmente cultivadas como a mandioca (Lima et al., 2007). Collier et al, (2008) obtiveram redução de adubação nitrogenada com o plantio anterior de crotalaria e fosfatada com plantio anterior de feijão de porco, em experimentos no Tocantins.

Diante do exposto, o trabalho proposto pretende introduzir cultivos de mandioca solteira e consorciada com feijão caupi nas entrelinhas de sistema agroflorestal, sobre diferentes históricos de uso do solo, com culturas e resíduos de leguminosas perenes e anuais.

MATERIAL E MÉTODOS

Os trabalhos deste experimento foram conduzidos na estação experimental da Universidade Federal do Tocantins – UFT, no campus universitário de Gurupi, localizado a 11°43'S e 49°04'W, com 280m de altitude, em um Plintossolo Háptico distrófico. Os dados climáticos do período do estudo são apresentados na Figura 1.

Em dezembro de 2004, foi implantado um sistema agroflorestal com espécies arbóreas plantadas no

espaçamento de 4,0 x 4,0m . As espécies arbóreas plantadas foram: leguminosas (acácia, ingá, tamboril, candeia, pau-ferro, paricá, jacarandá caroba) e outras espécies nativas (baru, jatobá, caju, bacaba, ipê, seringueira, urucu), além de essências exóticas (neem, teca,). A área total ocupada por este sistema agroflorestal diversificado é de 2500m².

No final de 2009, foi desenvolvido um trabalho com a combinação de 12 leguminosas anuais, solteiras e consorciadas, avaliando a contribuição para fertilidade do solo. Em seguida, parte desses cultivos foi interrompida para o cultivo do milho e outra parte da área não obteve nenhum cultivo intercalar, sendo ocupada por vegetação espontânea.

Em 2010, nesta área, para continuar as avaliações da viabilidade do sistema agroflorestal, foi implantado um delineamento inteiramente casualizado, com parcelas subdivididas e três repetições.

Os tratamentos consistiram do monocultivo de mandioca (M), feijão-caupi (F) e o consórcio de ambos (MF) nas subparcelas; sendo cada um desses cultivos sobre os seguintes tratamentos como culturas antecessoras na parcela: 1) (VEG+TEC) vegetação espontânea roçada, onde também se encontrou serrapilheira de *Tectona grandis* (Teca); 2) (MI) restos culturais de milho+vegetação espontânea; 3) (CJ) restos culturais de *Crotalaria juncea*; 4) (CJ+FG) restos culturais de crotalaria consorciada com *Cajanus cajan* (feijão guandu); e 5) (MP) restos culturais de *Stizolobium aterrimum* (mucuna - preta).

Cada subparcela teve uma área de 1,33 x 2,0m, onde a mandioca foi plantada espaçada em 1m x 0,50m e nos tratamentos consorciados com o feijão caupi este ficou a 0,5m das fileiras de mandioca e 0,10m na linha.

Para acompanhamento da decomposição dos resíduos das palhadas antecessoras foram utilizadas bolsas de nylon de 0,25x0,25m com malha de 1,0mm. A primeira coleta das bolsas foi aos 15 dias a partir de 10/10/2009, e as demais aos 67 e 130 dias, sendo os resíduos retirados e pesados em balança de precisão descontando-se umidade, de acordo com Schumacher et al, (2003). As bolsas de nylon foram alocadas nas áreas antes do plantio e sofreram pouco ou quase nenhum revolvimento com a operação de plantio, tanto da mandioca quanto do feijão. Para avaliação das alterações nos atributos químicos do solo

relacionados à fertilidade do mesmo, foram coletadas amostras compostas do solo dos tratamentos antes do plantio (01/11/2009) e a segunda coleta realizada após a colheita dos cultivos (03/07/2010). No laboratório de Solos da UFT, foram determinados os níveis de pH em H₂O, Ca, Mg, K, Al trocáveis, H+Al (acidez potencial), P assimilável e C orgânico, de acordo com o manual de métodos de análise de solo (EMBRAPA, 1997).

As parcelas que constituíam tratamentos e que abrigavam o cultivo de leguminosas foram roçadas e os resíduos dispostos no solo sem incorporação. O plantio ocorreu logo em seguida e devido aos tratamentos já realizados e análise do solo atual, não foi realizada adubação nitrogenada, mas foi realizada adubação fosfatada e potássica de plantio na dose de 40 kg.ha⁻¹. Essa é a adubação recomendada para cultura da mandioca perante os níveis de P e K obtidos atualmente.

A mandioca utilizada para cultivo foi a mandioca mansa ou de mesa variedade Cacau, obtida com produtor local. O plantio da mandioca foi realizada nos dias 1 e 2 de novembro de 2009. O material de feijão caupi foi o cultivar BRS Pujante, sendo introduzidos no dia 22 de novembro.

Para facilitar a implantação das culturas de mandioca e caupi, e posterior melhor desenvolvimento, as árvores com maior diâmetro de copa foram podadas, e o material podado foi

disposto nas fileiras de árvores para que não houvesse interferência nas parcelas.

A colheita do feijão foi realizada manualmente, assim como a da mandioca. Foram quantificados os seguintes parâmetros de produção da mandioca: (i) número de raízes por planta; (ii) peso de raízes; e, (iii) peso de massa fresca da parte aérea, incluindo as ramas. Para quantificação dos componentes de produção da mandioca, foram utilizadas 6 plantas. Do feijão somente foi quantificado a produtividade de grãos. A partir dos resultados obtidos com as duas culturas foi calculado o índice de eficiência de área (IEA) que avalia a viabilidade dos consórcios (Gliessman, 2005). O IEA indica a área de terra necessária com as culturas em monocultivo para proporcionar um rendimento equivalente ao obtido com as culturas associadas, considerando-se iguais áreas de terra cultivada. Se AC, AS, BC e BS são os rendimentos das culturas A, consorciada e solteira, e B, consorciada e solteira, respectivamente, o IEA é igual a (AC/AS) + (BC/BS).

Os resultados obtidos para os atributos de solo e parâmetros de produção dos cultivos foram tabulados e submetidos à análise de variância, utilizando o software SISVAR.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não foram observadas diferenças estatísticas para os atributos do solo na segunda análise realizada, exceto para Mg, K e pH (Tabela 1).

Tabela 1. Atributos químicos de solo amostrado nas datas de 01/11/2009 e 03/07/2010, antes e depois do cultivo de mandioca e feijão caupi, em monocultura e consórcio, em Gurupi-TO.

Característica	Situação	CJ		MP		MI		CJ+FG		VEG		CV(%)	
		Antes	Depois	Antes	Depois	Antes	Depois	Antes	Depois	Antes	Depois	1	2
Ca	M	0,83 A	2,46 A	1,34 A	2,73 A	1,13 B	4,80 A	1,44 B	4,46 A	1,02 A	2,83 A	35,19	67,99
	MF	0,83 A	3,16 A	1,34 A	2,56 A	1,13 B	3,60 A	1,44 B	3,13 A	1,02 A	2,26 A		
	F	0,83 A	2,03 A	1,34 A	2,33 A	1,13 A	3,06 A	1,44 B	3,83 A	1,02 A	2,36 A		
Mg	M	0,76 A	1,53 A	0,39 A	1,22 A	0,37 B	1,23 A	0,73 A	2,36 A	0,20 A	0,36 A	60,88	89,02
	MF	0,76 A	1,86 A	0,39 A	1,10 A	0,37 B	2,03 A	0,73 A	1,80 A	0,20 A	0,46 A		
	F	0,76 A	0,90 A	0,39 A	1,73 A	0,37 B	1,93 A	0,73 A	1,80 A	0,20 A	0,63 A		
Al	M	0,13 A	0,03 A	0,16 A	0,13 A	0,21 A	0,08 A	0,13 A	0,06 A	0,26 A	0,05 B	83,98	90,98
	MF	0,13 A	0,03 A	0,16 A	0,00 A	0,21 A	0,06 A	0,13 A	0,01 A	0,26 A	0,07 B		
	F	0,13 A	0,03 A	0,16 A	0,04 A	0,21 A	0,06 A	0,13 A	0,02 A	0,26 A	0,09 A		
H+Al	M	3,07 A	4,80 A	2,21 A	4,16 A	5,06 B	10,40 A	2,72 B	9,66 A	5,21 A	6,16 A	37,1	60,17
	MF	3,07 A	6,13 A	2,21 A	4,76 A	5,06 B	10,00 A	2,72 B	7,63 A	5,21 A	6,40 A		
	F	3,07 A	5,00 A	2,21 A	5,30 A	5,06 B	7,80 A	2,72 B	5,13 A	5,21 A	6,40 A		
M.O (g/dm ³)	M	20,09 A	18,86 A	28,6 A	23,3 A	23,9 A	30,03 A	23,8 A	28,6 A	22,5 A	22,3 A	94,16	99,72
	MF	20,09 A	24,6 A	28,6 A	24,3 A	23,9 A	26,0 A	23,8 A	31,0 A	22,5 A	25,3 A		
	F	20,09 A	26,6 A	28,6 A	24,0 A	23,9 A	25,3 A	23,8 A	29,3 A	22,5 A	22,6 A		
pH (H ₂)	M	5,32 A	6,0 A	5,37 A	5,40 A	5,46 A	5,0 B	5,36 A	5,13 A	5,53 A	5,73 A	69,4	108,42
	MF	5,32 A	5,36 A	5,37 A	5,86 A	5,46 A	5,06 B	5,36 A	5,0 A	5,53 A	5,73 A		
	F	5,32 A	6,0 A	5,37 A	5,56 A	5,46 A	4,96 B	5,36 A	5,06 A	5,53 A	5,80 A		
P (ppm)	M	15,33 A	32,56 A	6,60 A	21,46 A	13,56 B	24,4 A	16,80 B	85,66 A	9,80 A	29,66 A	27,73	22,64
	MF	15,33 B	87,66 A	6,60 A	38,66 A	13,56 B	73,0 A	16,80 A	29,83 A	9,80 A	54,66 A		
	F	15,33 A	49,66 A	6,60 A	57,33 A	13,56 B	67,3 A	16,80 A	36,26 A	9,80 A	29,33 A		
	M	56,02 A	106,4 A	41,84 A	73,36 A	3,76 B	157,70 A	53,66 A	94,23 A	2,42 A	34,80 A		

K (ppm)	MF	56,02 A	129,6 A	41,84A	102,6 A	3,76 B	184,00 A	53,66 A	111,7 A	2,42 A	25,46 A	8,85	4,14
	F	56,02 A	90,96 A	41,84A	71,96 A	3,76 B	143,76 A	53,66 A	157,3 A	2,42 A	39,33 A		

Médias seguidas das mesmas letras dentro de cada resíduo antecessor, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. CJ = cultivo antecessor de crotalaria; MP = cultivo antecessor com mucuna-preta. MI = cultivo antecessor com milho; CJ+FG = cultivo antecessor com consórcio de crotalaria e feijão guandu; e VEG = testemunha com vegetação espontânea e serrapilheira de teca. M = cultivo solteiro de mandioca; MF = cultivo consorciado de mandioca e feijão caupi e F = cultivo solteiro de feijão caupi.

Houve, portanto, diferença estatística para os níveis de Mg entre os tipos de resíduos utilizados, mas somente no monocultivo da mandioca. Os maiores teores de Mg foram encontrados sobre resíduos de CJ+FG e CJ, sendo de 2,36 e 1,53 $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$, respectivamente, que diferem estatisticamente somente do teor encontrado no plantio da mandioca onde os resíduos antecessores são de VEG, com 0,37 $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$. Provavelmente estes maiores teores onde havia resíduos de leguminosas, pode ser devido a capacidade destas espécies de retornar Mg ao solo através da sua biomassa (Alcântara et al., 2000).entre os resíduos antecessores, a aérea de vegetação espontânea foi a que apresentou o menor nível de K, sendo de 25,46 $\text{mg}.\text{dm}^{-3}$, onde houve o cultivo da mandioca com o feijão caupi (Tabela 1). E, o maior teor de K também foi encontrado onde houve consórcio, porém sobre resíduos de MI. Os maiores valores de K encontrados sobre resíduos de MI, possivelmente podem ser explicados pela liberação ocasionada pela intensa decomposição dos resíduos (Figura 2).

De modo geral, houve melhoria para todos os atributos químicos do solo, exceto para H+Al, onde ocorreram acréscimos (Tabela 1). Os teores de Ca foram maiores sobre os resíduos de MI e CJ+FG, havendo diferenças estatísticas entre os valores encontrados. Sobre resíduos de MI, as áreas com cultivo de mandioca solteira e o consórcio, obtiveram os maiores incrementos nos níveis de Ca, atingindo 4,80 e 3,60 $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$, respectivamente. Já sobre os resíduos de CJ+FG, os maiores incrementos e conseqüentemente maiores níveis encontrados, foram sobre os monocultivos de mandioca e feijão, com 4,47 $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$ e 3,83 $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$, respectivamente. Assim como para Ca, os maiores incrementos dos níveis de Mg foram encontrados sobre os resíduos de MI, onde houve o consórcio e o feijão solteiro, diferindo estatisticamente do cultivo solteiro com mandioca.

A acidez potencial foi maior sobre os resíduos de MI e CJ+FG, ambos nos cultivos solteiros de mandioca, diferindo dos demais (Tabela 1). Pode-se observar também que as maiores

produtividades, foram atingidas sobre os resíduos onde a H+Al foi maior, MI, CJ+FG e VEG (Tabela 2), possivelmente devido à rusticidade da mandioca, apresentando assim uma certa resistência a acidez presente no solo.

O maior valor pH encontrado, foi observado onde houve o cultivo solteiro da mandioca e do feijão caupi sobre os resíduos de CJ, sendo o pH de 6,0 (Tabela 1).

Os maiores incrementos de P, foram observados sobre os resíduos de CJ e MI, quando em cultivos consorciados, sendo os teores encontrados de 87,66 e 73,00 $\text{mg}.\text{dm}^{-3}$, respectivamente. (Tabela 1) Embora numericamente tenham sido observados incrementos nos níveis de matéria orgânica, estes não foram significativos estatisticamente (Tabela 1).

Todavia, estes resultados concordam com os encontrados por Torres et al, (2005), que também verificaram maiores taxas de decomposição de gramíneas comparadas às leguminosas em áreas de cerrado. Esta rápida decomposição dos resíduos pode ter sido favorecida pelas condições climáticas iniciais favoráveis, como temperaturas mais altas e precipitações (Figura 1).

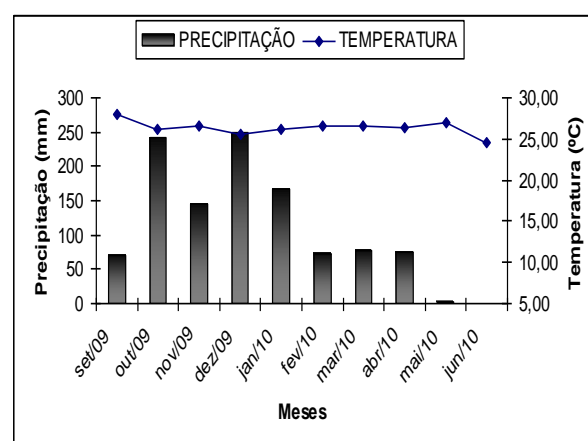


Figura 1- Distribuição das chuvas e temperatura média do ar, no período de setembro de 2009 a junho de 2010, Gurupi - TO (Estação Meteorológica da UFT).

Avaliando a produtividade de raízes de mandioca, não foram observadas diferenças estatísticas entre os cultivos solteiros e consorciados, havendo

somente diferenças entre os resíduos que foram utilizados (Tabela 2). As maiores produtividades encontradas no cultivo solteiro foram observadas sobre resíduos de MI, CJ+FG e VEG, sendo de 10690, 8943 e 8289 kg.ha⁻¹ respectivamente. No cultivo consorciado as maiores produtividades também foram encontradas sobre os resíduos de MI, CJ+FG e VEG, porém diferentemente do cultivo solteiro, as maiores produtividades foram encontradas sobre MI e CJ+FG, com 10161 e 8623 kg.ha⁻¹, respectivamente. Estes resultados estão abaixo dos encontrados por Schons et al. (2009),

em consórcio de mandioca com milho, em arranjos de fileiras simples, como o presente estudo.

As produtividades de matéria verde tiveram comportamento semelhante ao que foi observado na produção de raízes, sendo que os cultivos solteiros e em consórcio sobre resíduos de MI e sobre resíduos de CJ+FG apresentaram as maiores produtividades de matéria verde (Tabela 2); por exemplo, o cultivo solteiro sobre resíduos de MI (13.576 kg.ha⁻¹) e o consórcio sobre resíduos de CJ+FG (13.730 kg.ha⁻¹).

Tabela 2. Valores médios de produtividade de raízes (PR) e matéria verde da parte aérea (MVPA) de mandioca variedade Cacau, cultivada em Sistema Agroflorestal, em monocultivo e consórcios com feijão caupi, Gurupi-TO, 2009/2010.

Resíduos	PR (Kg/ha)		MVPA(Kg/ha)	
	Solteiro	Consórcio	Solteiro	Consórcio
CJ	3944 Ab	4024 Abc	8202 Abc	8879 Abc
CJ+FG	8943 Aa	10161 Aa	12434 Aab	13730 Aa
MI	10690Aa	8623 Aa	13576 Aa	11579 Aab
MP	3400 Ab	3254 Ac	6351 Ac	5995 Ac
VEG	8289 Aa	7174 Aab	12345 Aab	10646 Aab
CV 1(%)	44,7		30,51	
CV 2 (%)	19,25		16,43	

Médias seguidas das mesmas letras minúsculas na coluna e maiúsculas na linha não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. CJ = cultivo antecessor de crotalaria; MP = cultivo antecessor com mucuna-preta. MI = cultivo antecessor com milho; CJ+FG = cultivo antecessor com consórcio de crotalaria e feijão guandu; e VEG = testemunha com vegetação espontânea e serrapilheira de teca. M = cultivo solteiro de mandioca; MF = cultivo consorciado de mandioca e feijão caupi e F = cultivo solteiro de feijão caupi.

Os resíduos de MI e CJ+FG e VG também obtiveram os maiores valores de número de raízes por planta, tanto em monocultivo, quanto em

consórcio, embora para nenhum resíduo tenham ocorrido diferenças estatísticas significativas entre os cultivos solteiros e consorciados (Tabela 3).

Tabela 3. Valores médios de raízes por planta de mandioca variedade Cacau, cultivada em Sistema Agroflorestal, em monocultivo e consórcios com feijão caupi, Gurupi-TO, 2009/2010.

Resíduos	Raízes por planta (Kg/ha)	
	Solteiro	Consórcio
CJ	1,90 Abc	1,33 Ad
CJ+FG	2,90 Aa	3,33 Aa
MI	2,80 Aab	2,70 Aab
MP	1,60 Ac	1,60 Acd
VEG	2,60 Ac	2,30 Abc
CV 1 (%)	12,2	
CV 2 (%)	15,0	

Médias seguidas das mesmas letras minúsculas na coluna e maiúsculas na linha não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. CJ = cultivo antecessor de crotalaria; MP = cultivo antecessor com mucuna-preta. MI = cultivo antecessor com milho; CJ+FG = cultivo antecessor com consórcio de crotalaria e feijão guandu; e VEG = testemunha com vegetação espontânea e serrapilheira de teca. M = cultivo solteiro de mandioca; MF = cultivo consorciado de mandioca e feijão caupi e F = cultivo solteiro de feijão caupi.

Os resíduos de CJ apresentaram inicialmente uma maior velocidade de decomposição da palhada, nos 67 dias iniciais. Entretanto, a avaliação de decomposição dos resíduos das palhadas antecessoras de MI e VEG+TEC apresentou uma queda acentuada de massa seca principalmente no final do período avaliado, dos 67 dias aos 130 dias, contrariando o que era esperado, que seria uma rapidez na decomposição dos resíduos das leguminosas, por normalmente apresentarem relação C/N mais baixa (Figura 2).

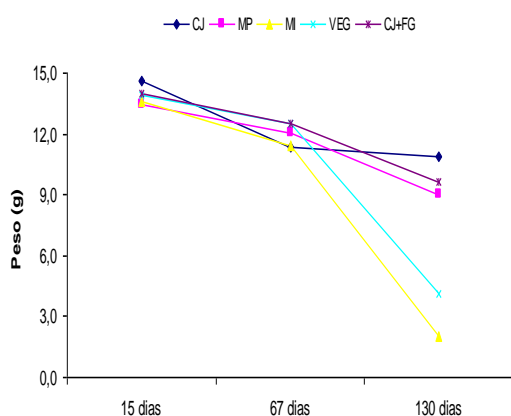


Figura 2- Curva de decomposição ou perda de peso de palhada de cultivos antecessores coletadas aos 15, 67 e 130 dias, após plantio de mandioca em sistema agroflorestal no sul do Tocantins. CJ = cultivo antecessor de crotalaria; MP = Cultivo antecessor com mucuna-preta. MI = Cultivo antecessor com milho; VEG = testemunha com vegetação espontânea e serrapilheira de teca.

Todos os componentes de produção da mandioca se encontram abaixo dos valores encontrados por Devidé et al. (2009), tanto para cultivo solteiro, como para consorciado. Uma possível explicação para os melhores resultados de produção terem ocorrido sobre os resíduos de MI, pode ter sido a rapidez da decomposição dos seus resíduos e assim, liberação dos nutrientes às plantas.

Os rendimentos encontrados pelo feijão caupi (Tabela 4) se encontram a baixo da média nacional. A explicação para estas produtividades deve-se a baixa fertilidade encontrada nestas áreas. Embora tenha ocorrido acréscimo no teor de alguns nutrientes, a acidez discutida anteriormente pode ter prejudicado absorção principalmente de cátions básicos mesmo presentes no solo como foi o Mg.

Tabelas 4. Médias de produtividade de raízes, produtividade de grãos e índice de equivalência em área (IEA) relativos ao consórcio mandioca-feijão cultivados em um Sistema Agroflorestal, Gurupi-TO, 2009/2010.

Resíduos	Mandioca ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$)		Feijão caupi ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$)		IEA
	Solteiro	Consórcio	Solteiro	Consórcio	
CJ	3944 Ab	4024 Abc	247 Aa	141 Ab	1,59
CJ+FG	8943 Aa	10161 Aa	435 Ab	294 Ba	1,69
MI	10690Aa	8623 Aa	619 Aa	357 Ba	1,38
MP	3400 Ab	3254 Ac	221 Ac	194 Ab	1,83
VEG	8289 Aa	7174 Aab	496 Ab	327 Ba	1,52

Médias seguidas das mesmas letras minúsculas na coluna e maiúsculas na linha não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

As maiores produtividades do feijão caupi cultivado solteiro foram obtidas nos tratamentos com resíduos de MI e VEG+TEC (Tabela 4). Os mesmos resultados foram encontrados quando o feijão caupi foi cultivado consorciado com a mandioca. O rendimento do feijão caupi solteiro sobre resíduos de milho foi 42% superior ao consorciado, alcançando $619 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ (Tabela 4). A possível explicação para a obtenção de maiores produtividades com os tratamentos com MI e

VEG+TEC, deve-se ao fato destas áreas apresentarem melhores condições de fertilidade, comparadas aos demais tratamentos, no início do estudo, embora os atributos só tenham apresentado diferença estatística para Mg e K. Os níveis de P e Ca são notadamente superiores aos tratamentos com resíduos de leguminosas.

As produtividades encontradas pelos cultivos do feijão caupi solteiro, foram sempre maiores que as do feijão consorciado, porém só houve diferença

estatística entre cultivos consorciados e solteiros para os tratamentos sobre resíduos de MI e VEG+TEC (Tabela 4).

O feijão caupi sobre resíduos de mucuna-preta foi o que obteve a menor produtividade quando cultivado solteiro, não atingindo 230 kg.ha⁻¹, já quando em consórcio a menor produtividade foi encontrada sobre crotalaria, com 141 kg.ha⁻¹ (Tabela 4).

Os IEAs calculados variaram de 1,38 a 1,83 (Tabela 4). Todos estiveram acima de 1,0, indicando vantagem de rendimento para o consórcio e a presença de interferências positivas entre os componentes (Gliessman, 2005). Possivelmente os restos culturais do feijão-caupi, de ciclo mais curto, tenha beneficiado o restante do ciclo da mandioca (Devide et al., 2009). Esta presença de interferências positivas podem ainda serem comprovadas pelo fato dos IEAs, exceto do cultivo sobre MI, terem dados todos acima de 1,5, o que indica que as interferências negativas são mínimas nas interações do consórcio (Gliessman, 2005). Estes resultados corroboram com os encontrados por Schons et al., (2009), onde a produtividade de raízes da mandioca em consórcio não foi afetada pela presença do milho. (Devide et al., 2009) também não observaram efeito negativo no consórcio de mandioca com feijão caupi.

RESUMO

Diante da necessidade de sistemas de cultivos mais sustentáveis o presente trabalho tem como objetivo avaliar alterações em atributos químicos após cultivo de leguminosas e o efeito sobre o rendimento de feijão caupi e mandioca solteiros ou em consorcio cultivado em sistemas agroflorestais (SAF) no sul do estado do Tocantins. O estudo foi realizado em um SAF, no campo experimental da Universidade Federal do Tocantins, Gurupi-TO. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com quatro tratamentos e uma testemunha, em três repetições. Os tratamentos foram: áreas com resíduos de crotalaria (CJ), milho (MI), mucuna-preta (MP), crotalaria e feijão guandu (CJ+FG) e uma área com vegetação espontânea e serrapilheira de teca (VEG+TEC). Para avaliações dos atributos químicos do solo, foram realizadas duas coletas (dia 01/11/ 2009 e 03/07/2010). Para acompanhamento da decomposição dos resíduos vegetais, foram utilizadas bolsas de nylon, dispostas na superfície das parcelas, num período de 130 dias. Pode-se observar aumentos significativos nos níveis de potássio, magnésio e pH nos diferentes resíduos. Para produtividade de raízes e matéria verde de mandioca não ocorreu diferença entre os sistemas de plantio e sim

sobre os diferentes resíduos utilizados. O feijão caupi obteve as maiores produtividades quando cultivado solteiro.

Palavras-chave: Fertilidade, índice de eficiência de área, recursos naturais

REFERÊNCIAS

- Alcântara, F. A.; Neto, A. E. F.; Paula, M. B.; Mesquita, H. A.; Muniz, J. A. (2000), Adubação verde na recuperação da fertilidade de um Latossolo Vermelho-escuro degradado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, **2**, 277 – 288.
- Borket, C. M.; Gaudêncio, C. A.; Pereira, J. E.; Pereira, L. R.; Oliveira Junior, A. (2003), Nutrientes minerais na biomassa da parte aérea das culturas de cobertura de solo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, **38**, 143-153.
- Carvalho, M. A. C. de; Soratto, R. P.; Athayde, M. L. F.; Arf, O.; Sá, M. E. de. (2004), Produtividade do milho em sucessão a adubos verdes no sistema de plantio direto e convencional. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, **1**, 47-53.
- Collier, L. S.; Correia, M. A. R.; Ramos, L. N.; Prado, R. M.; Flores, R. A.; Nunes, T. V. (2008), Adubação fosfatada no sulco e em faixa sob palhada de leguminosa e produtividade do milho em plantio direto no Tocantins. *Revista Ceres*, **2**, 109-116.
- Devide, A. C. P.; Ribeiro, R. L. D.; Valle, T. L.; Almeida, D. L.; Castro, C. M.; Feltran, J. C. (2009), Produtividade de raízes de mandioca consorciada com milho e caupi em sistema orgânico. *Bragantia*, **1**, 145-153.
- Dias-Filho, M. B. (2005), Degradação de pastagens. Processos, causas e estratégias de recuperação. 2ª.Ed. Belém: Embrapa Amazônia Oriental. 173p.
- Embrapa. (1997), Manual de métodos de análise de solo. 2ª Ed. Rio de Janeiro. CNPS/EMBRAPA. 212p.
- Fearnside, P. M. (2003), Servambientais. Perda de serviços ambientais com o desmatamento e degradação de ecossistemas amazônicos. Relatório de Projeto de pesquisa. INPA. Manaus. 134p.

- Gliessman, S. R. (2005), *Agroecologia: Processos ecológicos em agricultura sustentável*. 3ª Ed. Porto alegre: Editora da UFRGS, 653p.
- Heinrichs, R.; Vitti, G. C.; Moreira, A.; Figueiredo, P. A. M.; Fancelli, A. F.; Corazza, E. J. (2005), Características químicas de solo e rendimento de fitomassa de adubos verdes e de grãos de milho, decorrente do cultivo consorciado. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, **1**, 71-79.
- Lima, S. S.; Leite, L. F. C.; Oliveira, F. C.; Castro, A. A. J. F.; Costa, D. B.; Gualter, R. M. R. (2007), Teores de nutrientes da serrapilheira e do solo sob sistema agroflorestal em área de transição no norte do Piauí. *Revista Brasileira de Agroecologia*, **2**, 1034-1037.
- Nair, P. K. R. (1993), *Introduction to Agroforestry*. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht, 499p.
- Oliveira Júnior, J. O. L.; Barbosa, F. J. V.; Oliveira, F. C.; Nascimento, H. T. S. N.; Neto, R. B. A.; Xavier, M. I. P.; Sousa, L. B. Sistema agrícola consorciado para agricultura familiar no norte do Maranhão. <http://www.cnpat.embrapa.br/sbsp/>, Acesso em 10 de maio de 2009.
- Passos, C. A. M. e Couto, L. (1997), Sistemas agroflorestais potenciais para o Estado do Mato Grosso do Sul. In: SEMINÁRIO SOBRE SISTEMAS FLORESTAIS PARA O MATO GROSSO DO SUL, **1**, Dourados. Resumos. Dourados: EMBRAPA - CPAO, 16-22. (EMBRAPA-CPAO. Documentos, 10).
- Schons, A.; Streck, N. A.; Storck, L.; Buriol, G. A.; Zanon, A. J.; Pinheiro, D. G.; Kraulic, B. (2009), Arranjos de plantas de mandioca e milho em cultivo solteiro e consorciado: crescimento, desenvolvimento e produtividade. *Bragantia*, **1**, 155-167.
- Shumacher, M. V.; Brun, E. J.; Rodrigues, L. M.; Santos, E. (2003), M. Retorno de nutrientes via deposição de serrapilheira em um povoamento de acácia-negra (*Acacia mearnsii* De Wild) no estado do Rio Grande do Sul. *Revista Árvore*, **6**, 791-798.
- Silva, H. R.; Benedeti Neto, H.; Silva, V. V.; Gonçalves, A. R.; Neiva, M. V.; Pereira, A. J.; Collier, L. S. (2008), Produtividade de milho variedade consorciado com leguminosas em sistema agroflorestal. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 17. Rio de Janeiro. Anais. Rio de Janeiro: Embrapa Solos/UFRRJ/SBCS, CD-Rom.
- Torres, L. R.; Pereira, M. G.; Andrioli, I.; Polidoro, J. C.; Fabian, A. J. (2005), Decomposição e liberação de nitrogênio de resíduos culturais de plantas de cobertura em um solo de cerrado. *Revista Brasileira Ciência Solo*, **4**, 609-618.