

QUALIDADE QUÍMICA DO SOLO EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO AGROECOLÓGICOS

Itamar Gomes Lobo Filho¹, Maria Valdenira Rodrigues de Almeida², Susana Churka Blum³, Maria Ivanilda de Aguiar⁴

¹Discente do curso de Agronomia da Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB), Redenção-CE, Brasil. E-mail: itamargomes123@gmail.com

²Engenheira agrônoma na empresa Veja Fert Trade, Choró-CE, Brasil.

³Professora Doutora do Instituto de Desenvolvimento Rural, Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB), Redenção-CE, Brasil.

⁴Professora Doutora do Instituto de Desenvolvimento Rural (IDR), Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB), Redenção-CE, Brasil.

Data de recebimento: / / 2022 - Data de aprovação: / / 2022

RESUMO

A qualidade química do solo é de extrema importância para a produção dos agroecossistemas. De modo geral, avaliar, quantificar e observar os níveis de fertilidade no decorrer dos anos não é uma prática corriqueira dos agricultores, mas que tem fundamental papel no ecossistema. Diante disso, o objetivo do trabalho é avaliar a qualidade química de quatro policultivos (PP15, P15, P3, P16) e de uma área de vegetação nativa de caatinga (VN) no município de Choró-CE. Em cada área foram coletadas quatro amostras de solo em três profundidades (0,0 – 0,05 m; 0,05 – 0,10 m; 0,10 – 0,30 m). Foram determinadas as variáveis: carbono orgânico (COT), nitrogênio total (N), pH em água, fósforo (P), condutividade elétrica (CE), complexo sortivo (K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , Al^{3+} e $H^+ + Al^{3+}$) e micronutrientes (Fe^{2+} , Cu^+ , Mn^{2+} e Zn^{2+}). Com base nestes dados foram calculadas: relação C/N, soma de bases (SB), capacidade total de cátions (T) e saturação de alumínio (m). O policultivo P15 obteve os maiores teores de macronutrientes, e o mesmo consórcio obteve os menores valores de pH em quase todas as profundidades. Os policultivos obtiveram maiores teores de COT, macro e micronutrientes, quando comparados com a vegetação nativa no local, indicando que esses manejos têm proporcionado melhorias na qualidade química do solo.

Palavras-chave: Qualidade do solo, semiárido, policultivos.

PRODUCTION OF BEAN-BRAVO BEANS IN DIFFERENT SUBSTRATES

ABSTRACT

Search for alternative source of fodder with adequate quality to supply animal nutritional demand that can be accessible to family farmers, its become a

available practice for the Northeast region of Brazil. The use of forages such as grass, encourage the deforestation Caatinga's native plants which worries researchers in the last years and has been studying native species as an alternative to minimize deforestation, degradation and still serving as animal feed. Among the species under study, one of the promising is braun beans (*Caapparis flexuosa L.*). Therefore, this study aimed to analyze seedlings of beans by seeds under different substrates of animal and vegetable origin. The experiment was conducted in UNILAB aurora campus, located in Redenção County in Ceará – Brazil. The design was completely randomized with five treatments and five replications. The treatments were: T1 – ground, T2 – ground + cattle manure (3:1), T3 – ground + sheep manure (3:1), T4 – ground + carnaúba's bagana (3:1) and T5 – ground + cattle manure + sheep manure + bagana (1:1:1:1). On the experiment, the propagation occurred in plastic bags with 22x17 cm of dimensions. The results showed significant responses at the 1% of possibility were verified in the variables IVE, IVE, NF, AP, CF e PR. The variables LF e VR were significant to 5% of probability, merely DC had no significant response. The substrate that showed the best growth and development of bean seedlings was composed of soil + sheep manure used in three treatments (T3).

Keywords: *Capparaceae*. Forage. Semi-arid. Sustainability.

INTRODUÇÃO

A agricultura moderna está diretamente relacionada com a mudança no modelo de produzir. Segundo Rosset et al.(2014), a partir de 1950 a agricultura moderna priorizou um modelo tecnológico com base no uso intensivo de adubos minerais com alta solubilidade e agrotóxicos, o que acarretou muitos danos principalmente aos solos cultivados. Diante disso, surge os agroecossistemas alternativos, adotados num contexto agroecológico. Estes agroecossistemas buscam atingir a sustentabilidade por meio da conservação dos recursos renováveis, adaptando a agricultura ao ambiente, com a manutenção de um nível alto e sustentável de produtividade (ALENCAR et al. 2013).

Dentre os recursos naturais renováveis que os agroecossistemas alternativos buscam conservar, está a manutenção da qualidade do solo. Segundo Lima et al. (2007) a qualidade do solo relaciona-se com sua capacidade de desempenhar funções que interferem na produtividade das plantas, dos animais e no fornecimento de serviços ambientais. Logo, um solo de boa qualidade, aliado a outros fatores, pode resultar em maior produtividade nos agroecossistemas e proporcionar uma maior segurança alimentar aos produtores e consumidores.

Visando a sustentabilidade, nos agroecossistemas agroecológicos utilizam-se as técnicas de consórcios ou policultivos, que promovem uma melhor distribuição das diferentes espécies cultivadas no espaço, segundo Silva et al. (2020), além de sustentarem a produção, favorecem a fauna e flora do solo, mesmo quando comparados as áreas de vegetação nativa. Várias espécies de plantas, quando consorciadas aumentam significativamente sua produção, foi o que constatou Leite et al. (2011); Araújo, et al. (2017), além de auxiliar no controle de insetos pragas Resende et al. (2011). Neste sentido,

Silva et al. (2009), em suas pesquisas observaram que em plantios de mandioca consorciada principalmente com leguminosas como o feijão caupi e guandu, ocorreu melhorias não só no rendimento da cultura mas também nas características do solo.

Almeida, et al. (2009) em seus estudos sobre a biodiversidade em sistemas agroecológicos, constataram que os policultivos favoreceram a diversidade da fauna e flora do solo em comparação a área de vegetação natural, favorecendo o agricultor e aumentando a população de insetos que podem favorecer o aparecimento de inimigos naturais de pragas agrícolas. Xavier et al. (2008) explicitam que há redução dos teores de nitrogênio mineralizado em cultivos tradicionais, e incrementos dessas variáveis em policultivos sob manejos orgânicos. Os autores também relatam que em áreas sob o manejo orgânico observou-se aumentou nos níveis de carbono, nitrogênio e da biomassa microbiana em comparação ao cultivo tradicional.

Os cultivos orgânicos, além de evidenciarem maiores índices de componentes químicos ao sistema, também favorecem os aspectos físicos do solo, reduzindo densidade do solo (Ds) e aumentando porosidade total (PT), como constatado por SILVA et al. (2015). Vários cultivos de forma alternativa também favorecem as condições físicas do solo. Carvalho et al. (2004) pesquisando sobre qualidade física de solo em sistemas agroflorestais (SAF) chegaram à conclusão que o solo sob sistema agroflorestal apresentou qualidade física superior, quando comparado ao solo cultivado em sistema convencional, apresentando menor densidade, maior porosidade, menor resistência à penetração e maior agregação.

Apesar de existirem várias evidências que os policultivos mantém a qualidade química, física e biológica do solo, “é necessário que se faça uma constante avaliação dos sistemas de produção, para identificar os tratos culturais mais adequados para manutenção da produtividade e da qualidade do solo” (MACHADO; VIDAL, 2006, pág. 2). Segundo Assis e Romero (2002) para o sucesso dos sistemas agroecológicos é imprescindível manter o cuidado relacionado ao solo e a manutenção de seu equilíbrio biológico, por isso os policultivos devem estar passando por avaliações e manutenções constantes.

Neste sentido, algumas famílias da localidade de Riacho do Meio, em Choró-CE mantêm suas áreas produtivas em policultivos agroecológicos há alguns anos, visando, principalmente, manter um ambiente equilibrado para cultivo do algodão e para outras culturas alimentares. Dentre os policultivos utilizados incluem-se espécies vegetais como: milho, fava, feijão, gergelim, algodão e espécies nativas, consorciados em diferentes arranjos, nos quais cada agricultor define o espaçamento e a orientação das faixas de cultivos que utilizará em seu plantio. A adoção destes policultivos teve início em 2003 e desde lá novas áreas vem sendo implantadas, de forma que existem áreas manejadas em diferentes tempos de implantação. Considerando que o manejo em policultivos é benéfico ao solo e a fauna, espera-se que nos policultivos mais antigos haja maior estabilização, com consequentes melhorias na qualidade do solo. Diante disso, objetivou-se verificar a qualidade química do solo em quatro policultivos de diferentes tempos de cultivo e de uma área de mata nativa de caatinga, no município de Choró-CE.

MATERIAL E MÉTODOS

Local de pesquisa e sistemas agroecológicos avaliados

A pesquisa ocorreu na comunidade Riacho do Meio localizada no município de Choró-CE, no Sertão Central. O clima do município é classificado como Tropical Quente Semiárido Brando e Tropical Quente Semiárido, de acordo com a classificação de Köppen. A precipitação média anual é de 992,2 mm, a temperatura média anual varia de 26°C a 28°C e o período chuvoso ocorre entre janeiro e abril, segundo o Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (IPECE, 2017).

O trabalho foi realizado em áreas de três agricultores que cultivam algodão agroecológico, em consórcio com outras culturas, e são acompanhados pela assessoria técnica da Esplar - Centro de Pesquisa e Assessoria. Assim, foram selecionados três policultivos que já são manejados desde o início da produção agroecológica na região e um que havia aderido a proposta a três anos. Desta forma foram coletadas amostras em quatro policultivos, pertencentes a três agricultores e em uma área de vegetação nativa de caatinga. Os policultivos tinham de 3 a 16 anos de manejo como policultivos agroecológicos, formados pela consorciação de espécies anuais como algodão, milho, feijão caupi e gergelim. Para cada área estudada foi adotado um código de acordo com seu respectivo tempo de cultivo: (PP15, P15, P3, P16 e VN) sendo as quatro primeiras áreas sob policultivos agroecológicos e a última sob vegetação nativa (VN) de caatinga. A letra P representa a inicial de policultivos e a numeração em frente a quantidade de anos de instalação dos mesmos.

Tabela 1. Identificação, local e características das áreas de policultivos e vegetação nativa no município de Choró-CE, 2019.

Consórcio	Área cultivada(ha), culturas arranjo e espaçamento	Coordenadas geográficas	Histórico da área
PP15	0,193 ha, plantados com 2 fileiras de milho (<i>Zea mays</i> L.) 1 fileira de fava (<i>Phaseolus lunatus</i> L.), 1 fileira de feijão, feijão (<i>Vigna unguiculata</i> L., Walp.) e gergelim (<i>Sesamum indicum</i> L.), com espaçamento para o milho e fava 1m x 0,5m, feijão 1m x 1m e gergelim 1m x 0,5m	S 04°43'20.2" W 39°10'46.4"	Área foi desmatada, feito enleiramento, passado cultivador no ano de 2004 quando adotou a proposta do plantio agroecológico, sendo cultivada em 2004, 2005 e 2006. Em seguida a área foi deixada em pousio no período de 2007 a 2018, sendo, porém, pastejada; em 2019 a área foi novamente cultivada com o policultivo, conforme arranjo descrito. Neste ano, foi utilizado cultivador para o preparo e revolvimento do solo. Não se utilizou nenhum tipo de adubo no solo.
P15	0,659 ha, plantados com 3 fileiras de algodão (<i>Gossypium hirsutum</i> L.), 2 fileiras de milho (<i>Zea mays</i> L.), 3 fileiras de gergelim (<i>Sesamum indicum</i> L.) e 1 de feijão (<i>Vigna unguiculata</i> L., Walp.), com espaçamento para o algodão 1m x 0,6 m, milho 1m x 0,5m, feijão 1m x 1m e gergelim 1m x 0,5.	S 04°43'56.2" W 39°10'46.5"	Área foi desmatada, feito enleiramento, passado cultivador no ano de 2004 quando adotou a proposta do plantio agroecológico. De 2004 até o presente momento, a área foi cultivada ininterruptamente com plantio de culturas anuais. Adição de bagana de carnaúba uma vez por ano nos cultivos agrícolas. Preparo do solo de forma manual.

P3	0,37 ha, plantados com 5 fileiras de algodão (<i>Gossypium hirsutum</i> L.), 5 fileiras de milho (<i>Zea mays</i> L.), 5 fileiras de gergelim (<i>Sesamum indicum</i> L.) e 1 fileira de fava (<i>Phaseolus lunatus</i> L.), com espaçamento para o algodão 1m x 0,6 m, milho e fava 1m x 0,5m e gergelim 1m x 0,5m.	S 04° 45'27.3" W 39°10'47.9"	Área cultivada sob manejo tradicional até 2014, deixada em pousio de 2015 a 2007, e após isso, implantado, em 2018, manejo agroecológico. Anteriormente era cultivado milho de forma tradicional. Em 2019 foi utilizado para preparar a terra um arado de disco para o revolvimento do solo, com frequência de uma vez por ano.
P16	0,9 ha, plantados com 3 fileiras de algodão (<i>Gossypium hirsutum</i> L.), 2 fileiras de gergelim (<i>Sesamum indicum</i> L.), 1 fileira de milho (<i>Zea mays</i> L.) e uma fileira de feijão (<i>Vigna unguiculata</i> L., Walp.) (1 fileira), com espaçamento para o feijão 0,9 x 0,7 m, gergelim 0,9m x 0,3m, algodão 0,9 x 0,4m e milho 0,9m x 0,7m. Por ocasião das coletas de solo as culturas estavam recém plantadas.	S 04° 43'07.4" W 39°11'24.7"	Área desmatada e queimada em 1992, cultivada com milho e feijão de 1993 a 1995 e pousio de 1996 a 2002. Em 2003 teve início a implantação do sistema agroecológico. De 2003 até o presente momento, a área foi cultivada ininterruptamente com plantio de culturas anuais. Preparo do solo de forma manual. Nos anos de 2004 e 2005 utilizou esterco de caprino nos cultivos agrícolas. Em 2019, não se utilizou nenhum tipo de adubo no solo, sendo feito revolvimento do solo com arado de disco.
VN	Área de 5,5 ha sob vegetação natural de caatinga. Solo coberto pelas copas da vegetação arbórea.	S 04° 43'09.8" W 39°11'48.8"	Raleada em 1990 e desde então mantida sob baixa intervenção, sendo utilizada para pastejo de um rebanho de ovinos no período seco.

Fonte: Silva et al. (2020) (com adaptações)

Coleta das amostras de solo e análises realizadas

As coletas das amostras de solo das diferentes áreas foram realizadas em maio de 2019. Em cada área foram coletadas, de forma aleatória, quatro amostras deformadas, em três profundidades (0-0,05 m; 0,05-0,10 m e 0,10-0,30 m). Após coletadas, as amostras foram identificadas e levadas ao laboratório de Física do Solo da UNILAB. As amostras deformadas foram secas ao ar, destorroadas e peneiradas e em seguida foram enviadas ao laboratório de Solo e água da Universidade Federal do Ceará para determinação das variáveis químicas: carbono orgânico total (COT), nitrogênio total (N), pH em água, fósforo assimilável (P), condutividade elétrica (CE), complexo sortivo (K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , Al^{3+} e $H^+ + Al^{3+}$) e micronutrientes (Fe, Cu, Mn e Zn), de acordo com metodologias preconizadas por Teixeira et al. (2017). Com base nestes dados foram calculadas relação C/N, soma de bases (SB), capacidade total de cátions (T) e saturação por alumínio (m). Os dados foram analisados utilizando-se estatística descritiva (média e desvio padrão).

RESULTADOS

Observou-se que o policultivo P15 apresentou os maiores teores de COT e N total na camada superficial (Figura 1A e 1C), seguindo da vegetação nativa e dos policultivos PP15 e P3, que proporcionaram valores semelhantes entre si

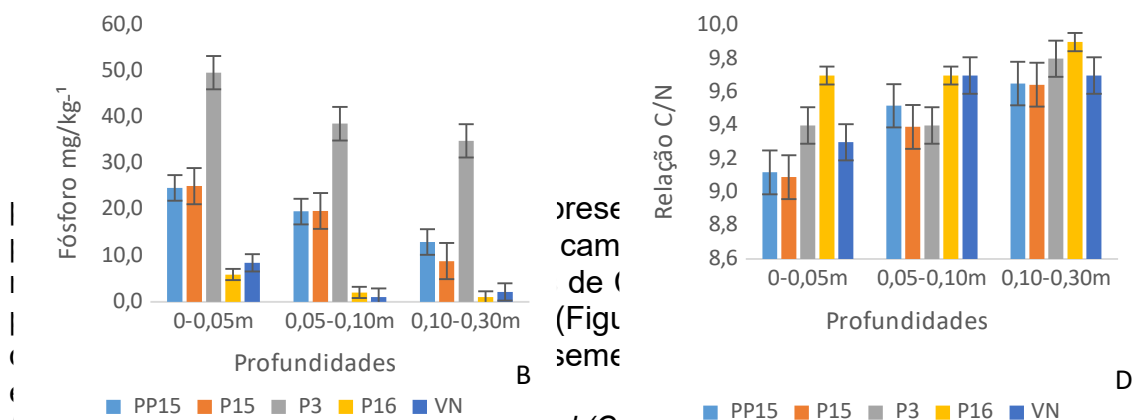


Figura 1. Teores de Carbono Orgânico Total (COT), (A), teores de Nitrogênio Total (NT), (B), teores de Fósforo (C), e relação C/N (D) nos policultivos agroecológicos em Choró-CE, 2019.

Os teores de fósforo foram maiores no sistema P3, quando observamos todas as profundidades, em seguidas os sistemas PP15 e P15 aparecem com resultados semelhantes entre si. Já as áreas P16 e VN apresentaram os menores valores em relação as demais áreas (Figura 1B). A relação C/N foi maior no policultivo P16 na maior profundidade e na menor, enquanto, na camada intermediária foi semelhante ao observado na vegetação nativa. As demais áreas apresentaram resultados semelhantes em todas as profundidades. Ressalta-se que os valores observados para a relação C/N em todas as áreas se encontram no padrão desejado, conforme literatura específica (Figura 1D) (CALVO et al. 2010).

O policultivo P15 apresentou maiores valores em todas as camadas e profundidades avaliadas quanto aos atributos potássio, magnésio, sódio, alumínio e no somatório de hidrogênio mais alumínio. Enquanto o P3 foi o consórcio que proporcionou maiores teores de cálcio (Tabela 2).

Tabela 2: Atributos químicos do solo (média(desvio padrão)) sob policultivos agroecológicos em Choró, 2019

Áreas	Variáveis					
	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	Al ³⁺	H ⁺ +Al ³⁺
	-----Cmol _c kg ⁻¹ -----					
	0,0 – 0,05m					
PP15	0,2(0,0)	4,6(1,2)	2,3(0,5)	0,1(0,0)	0,1(0,0)	1,1(0,5)
P15	0,8(0,2)	4,4(0,6)	3,0(0,7)	0,3(0,1)	1,1(0,3)	7,3(0,4)
P3	0,3(0,1)	7,0(3,0)	2,4(0,7)	0,1(0,0)	0,3(0,3)	2,0(0,2)
P16	0,2(0,1)	1,5(0,5)	0,7(0,2)	0,1(0,0)	0,3(0,0)	1,4(0,1)
VN	0,2(0,0)	4,1(1,7)	1,5(0,2)	0,1(0,0)	0,1(0,1)	1,7(0,5)
	0,05 – 0,10m					
PP15	0,1(0,0)	5,4(1,5)	1,6(0,8)	0,1(0,04)	0,1(0,0)	1,4(0,7)
P15	0,6(0,1)	3,1(1,1)	5,3(4,3)	0,2(0,1)	2,0(0,6)	5,1(0,4)
P3	0,2(0,1)	9,1(4,2)	1,9(0,7)	0,1(0,04)	0,1(0,1)	1,6(0,1)
P16	0,1(0,1)	1,5(0,5)	0,9(0,2)	0,1(0,01)	0,5(0,2)	1,4(0,1)
VN	0,2(0,0)	2,2(0,5)	1,6(0,8)	0,1(0,01)	0,1(0,1)	1,4(0,4)
	0,10 – 0,30m					
PP15	0,1(0,0)	5,8(2,3)	1,8(0,9)	0,1(0,1)	0,0(0,0)	0,7(0,1)
P15	0,4(0,1)	4,6(2,3)	2,1(0,4)	0,1(0,0)	1,5(0,5)	3,5(0,5)
P3	0,2(0,1)	9,1(4,4)	2,8(0,9)	0,2(0,1)	0,2(0,1)	1,3(0,2)
P16	0,1(0,0)	2,1(1,0)	1,0(0,2)	0,1(0,0)	0,2(0,1)	1,4(0,2)
VN	0,1(0,0)	2,4(0,7)	1,5(0,4)	0,1(0,0)	0,1(0,1)	1,7(0,5)

Observou-se que o potencial hidrogeniônico (pH) foi menor (mais ácido) no sistema P15, independente das profundidades analisadas (Tabela 3). Com relação a Condutividade elétrica (CE) e saturação por alumínio (m%), nota-se uma tendência de valores elevados no mesmo sistema de plantio (P15). Já a soma de bases foi maior no policultivo P3, independente das profundidades, e a troca catiônica foi maior no policultivo P15 nas profundidades mais superficiais, enquanto na mais interna o maior valor foi no consórcio P3 (Tabela 3).

Tabela 3: Potencial Hidrogeniônico(pH), condutividade elétrica (CE), soma de bases (SB), troca catiônica (T) e saturação por alumínio (m), sob policultivos agroecológicos, em Choró, 2019.

Áreas	Variáveis				
	pH	CE	SB	T	m(%)
	-----cmol _c kg ⁻¹ -----				
	0,0-0,05m				
PP15	6,6(0,5)	0,4(0,1)	7,2(0,9)	8,3(0,6)	0,8(0,5)
P15	4,8(0,1)	0,7(0,2)	8,5(1,0)	15,8(0,9)	11,4(4,4)
P3	6,3(0,4)	0,3(0,1)	9,8(3,6)	11,8(3,5)	4,5(5,0)
P16	5,9(0,3)	0,3(0,1)	2,6(0,7)	4,0(0,7)	9,9(4,5)
VN	6,5(0,2)	0,2(0,1)	5,8(1,7)	7,5(2,0)	1,8(1,4)
	0,05-0,10m				

PP15	6,7(0,6)	0,2(0,03)	7,2(2,2)	8,6(2,6)	0,7(0,5)
P15	4,7(0,1)	0,3(0,1)	9,0(5,0)	14,1(5,4)	20,5(5,6)
P3	6,4(0,2)	0,1(0,04)	11,4(4,0)	12,9(4,0)	1,4(1,2)
P16	5,9(0,3)	0,2(0,01)	2,6(0,8)	4,0(0,7)	15,5(5,1)
VN	6,4(0,3)	0,1(0,01)	4,1(0,6)	5,5(0,8)	2,7(1,7)
0,10-0,30m					
PP15	6,9(0,4)	0,1(0,05)	7,7(2,4)	8,4(2,3)	0,6(1,1)
P15	5,2(0,2)	0,2(0,1)	7,2(2,6)	10,7(2,5)	18,9(9,5)
P3	6,3(0,6)	0,1(0,02)	12,2(5,2)	13,5(5,1)	2,1(2,6)
P16	6,2(0,4)	0,1(0,02)	3,3(1,1)	4,7(0,9)	6,0(5,9)
VN	6,2(0,2)	0,1(0,01)	4,1(1,0)	5,8(1,4)	4,3(1,6)

Os maiores teores de ferro e cobre foram observados no sistema PP15 em todas as profundidades estudadas. Já os teores de zinco foram maiores em todas as profundidades no sistema P3. Para o manganês percebe-se que na camada mais superficial o sistema de maior valor foi o P3 e nas camadas mais internas se verifica um valor maior no solo sob sistema PP15 (Tabela 4).

Tabela 4: Média (desvio padrão) de Ferro (Fe^{+2}), Cobre (Cu^{+2}), Zinco (Zn^{+2}) e manganês (Mn^{+2}) sob policultivos agroecológicos em Choró-CE, 2019, $mg\ kg^{-1}$.

Áreas	Variáveis			
	Fe	Cu	Zn	Mn
----- $mg\ kg^{-1}$ -----				
0,0-0,05m				
PP15	264,0(45,2)	1,2(0,1)	2,2(0,5)	96,3(2,2)
P15	138,1(16,8)	0,5(0,1)	2,2(0,4)	96,6(8,0)
P3	163,4(50,0)	1,3(0,3)	2,7(0,5)	105,8(26,3)
P16	58,0(20,2)	0,5(0,1)	1,8(0,5)	45,0(13,3)
VN	84,0(65,9)	0,5(0,1)	1,6(0,3)	84,3(6,4)
0,05-0,10m				
PP15	335,7(70,3)	1,6(0,3)	2,0(0,4)	83,6(19,1)
P15	195,9(15,8)	0,8(0,2)	1,6(0,6)	76,8(10,8)
P3	149,8(68,4)	1,3(0,4)	2,5(0,5)	72,4(25,3)
P16	54,1(16,6)	0,5(0,2)	0,9(0,1)	27,2(5,9)
VN	134,9(84,6)	0,4(0,05)	0,9(0,1)	59,6(5,9)
0,10-0,30m				
PP15	329,5(27,2)	1,9(0,5)	1,7(0,6)	69,9(30,3)
P15	256,4(64,4)	1,3(0,4)	2,0(0,8)	54,2(5,5)
P3	144,5(84,8)	1,2(0,2)	3,6(1,8)	57,7(26,1)
P16	56,8(24,1)	0,6(0,3)	0,8(0,1)	21,2(6,5)
VN	137,6(65,0)	0,6(0,1)	0,9(0,1)	32,5(10,1)

DISCUSSÕES

O maior teor de carbono orgânico na camada superficial do sistema P15 pode ser oriundo do efeito da adição de bagana de carnaúba realizada nesta

área uma vez por ano. A bagana de carnaúba, apesar de ser um material de alta labilidade contribuir com aporte de nutrientes (Oliveira et al., 2018) e de carbono (Nascimento et al., 2021) ao longo do tempo, uma vez que o aporte contínuo deste material permite a formação de camadas em diferentes estágios de decomposição. Além disso, já foi constatado que a mesma representa uma eficiente cobertura do solo, trazendo como benefício a retenção de água, permitindo que o solo permaneça úmido por um maior período de tempo (Gomes et al., 2009) e reduzindo também a temperatura do solo (NASCIMENTOS et al., 2021). Assim, favorece a produtividade das culturas em regiões semiáridas (Araújo et al., 2017), como é o caso do presente estudo, fazendo com que haja maior produção de biomassa vegetal que poderá retornar ao solo favorecendo o processo de ciclagem de nutrientes.

A redução dos teores de COT à medida que se aumenta a profundidade do solo é esperado, uma vez que o mesmo é oriundo do material depositado na superfície. Este efeito da profundidade nos teores de C é relatado em diversos estudos, a exemplo de Freitas et al., (2017), que compararam duas áreas de plantio e uma área de mata nativa mostrando que quanto maior a profundidade, menor o teor de carbono no solo.

A relação C/N está diretamente ligada com a mineralização e decomposição do nitrogênio no solo. Segundo os estudos de Acosta et al., 2014, valores maiores do que 25 da relação C/N pode imobilizar o nitrogênio no solo, dificultando a mineralização de nutrientes. Diferente do que foi encontrado nos sistemas de policultivos, onde a relação C/N foi próxima de 10. É importante salientar que em todas as áreas têm o cultivo de plantas das famílias botânicas Poaceae e Fabaceae, plantas que aportam aos solos maiores quantidades de carbono e nitrogênio, respectivamente, conferindo ao solo, maior equilíbrio na relação C/N.

O fato de a maioria dos policultivos terem apresentados maiores teores de alguns macronutrientes, como fósforo e nitrogênio, em relação a VN, pode ser justificado, em parte, pelo manejo adotado nos policultivos, que permite entrada de biomassa vegetal pelos restos culturais (essencialmente os sistemas radiculares), bem como os excrementos deixados por animais que eventualmente pastejam as áreas após as colheitas. Neste sentido, Freitas et al., (2017) também observaram efeito positivo do manejo, promovendo incrementos nos teores de nutrientes em relação à vegetação nativa, enfatizando a contribuição dos resíduos culturais, incorporados superficialmente, para a reciclagem dos nutrientes extraídos pelas culturas. Destaca-se que na vegetação nativa (VN), os teores mais baixos de nutrientes, podem ocorrer pelo fato de que nesses ambientes grande parte dos nutrientes estão alocados na vegetação (Freitas et al., 2017), que por seu aspecto perene pode ter tempo de ciclagem mais lento.

Os maiores teores de K^+ , Mg^{2+} , Al^{3+} , Na^+ e $H^+ + Al^{3+}$ no policultivo P15 pode ter ocorrido sobretudo por sua capacidade de armazenamento de cátions básicos no solo, seu tempo de implantação ser maior em relação aos demais policultivos avaliados bem como, pelos maiores teores de cargas orgânicas aportadas pelo uso da bagana de carnaúba, conforme MEDEIROS., 2007.

Conforme a profundidade aumenta, o teor de carbono e conseqüentemente a matéria orgânica decresce no solo, SCHROEDER et al., 2017 (figura 1). Estes teores diminuíram neste trabalho, pois o contato com a superfície e conseqüentemente com folhas, raízes e animais, foi ficando mais

distante. Possivelmente o policultivo P15 pode ter sofrido influências da incrementação de Bagana de carnaúba anualmente depositada desde a sua implantação, pois “em solos ácidos (pH menor que 5,5), predominam na solução do solo, o alumínio na forma de íon Al^{+3} . Além da baixa atividade decompositora, os produtos da degradação da matéria orgânica podem ser de caráter mais ácido, contribuindo, desse modo, para o abaixamento do pH” (Ramos et al., 2013, p.1022).

Os teores de saturação por alumínio acompanharam a tendência de pH mais baixo nas áreas de policultivos, pois quanto mais ácido maior será essa solubilização (ALMEIDA., 2010). A troca catiônica segue a tendência do maior teor de matéria orgânica no solo, ou seja, nas áreas com maiores teores de COT a troca catiônica foi maior, o que favorece a retenção de cátions e a perda por lixiviação (FREITAS et al., 2017). A Condutividade elétrica (CE) foi classificada como baixo e médio risco de salinização, por conta do período chuvoso e lixiviação da maioria dos sais nas profundidades estudadas (SOARES et al., 2006).

Independente das profundidades os teores dos micronutrientes foram maiores nos policultivos do que da área de vegetação nativa, conclusão semelhante chegou Freitas et al. (2017), observando-se que esses nutrientes obtiveram menores teores em maiores profundidades e em área de mata a quantidade foi diminuta em relação a área com cana de açúcar e área reflorestada. Júnior et al., (2007), constataram em seus estudos que os teores de Zinco e manganês foram maiores em profundidades superficiais, quanto que o ferro os tores maiores foram em profundidades maiores.

CONCLUSÃO

Os policultivos promoveram maiores teores e estabilização de nutrientes em relação a vegetação nativa. Nos policultivos mais antigos há maior tendência de melhorias na qualidade química do solo, quando comparados com os mais novos ou intermediários, porém as melhorias na qualidade química do solo vão depender de outros fatores, como, adição de matéria orgânica, e não só do tempo de adoção dos policultivos.

REFERÊNCIAS

ACOSTA, J. A. de. A.; AMADO, T. J. C.; SILVA, L. S. de.; SANTI, A.; WEBER, M. A. Decomposição da fitomassa de plantas de cobertura e liberação de nitrogênio em função da quantidade de resíduos aportada ao solo sob sistema plantio direto, **Ciência Rural, Santa Maria**, v.44, n.5, p.801-809, mai. 2014. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/cr/a/7vtYZ4w6PcpFFXDxHJMGggK/?format=pdf&lang=pt>>

ALENCAR, G. V.; MENDONÇA, E. de. S.; OLIVEIRA, T. S. de.; JUCKSCHI, I.; CECON, P. R. Percepção Ambiental e Uso do Solo por Agricultores de Sistemas Orgânicos e Convencionais na Chapada da Ibiapaba, Ceará; **RESR, Piracicaba-SP**, Vol. 51, Nº 2, p. 217-236, 2013. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/resr/a/CF8cvPCL9gWYRGJvQDttHgd/format=pdf&lan=pt>>

ALMEIDA, M. V. R. de.; OLIVEIRA, T. S. de; BEZERRA, A. M. E.; Biodiversidade em sistemas agroecológicos no município de Choró, CE, Brasil, **Ciência Rural**, v.39, n.4, jul, 2009. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/cr/a/xLJkpcbkyLTvcgTSpXxfmhh/format=pdf&lang=pt>>

ALMEIDA, J. R. C. B.; Atributos de qualidade física, química e biológica do solo sob diferentes sistemas de uso em ambiente semiárido da Bahia, Cruz das Almas, BA, Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, **Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas**, 2010. Disponível em: <<http://repositorio.ufrb.edu.br/bitstream/123456789/605/1/JOS%c3%89%20RENATO%20CARNEIRO%20DE%20ALMEIDA.pdf>>

ARAÚJO, A. K.; FILHO, J. A. de. A.; MARANHÃO, S. R.; Consórcio de milho, feijão e mandioca em presença de bagana de carnaúba em um argissolo no litoral norte do Ceará sob condição de sequeiro; **Essentia, Sobral**, v.18, n.1, p. 22-23, 2017. Disponível em: <<file:///C:/Users/itamar.filho/Downloads/72-Texto%20do%20artigo-356-1-10-20170801.pdf>>

ASSIS, R.; ROMERO, A. R. Agroecologia e agricultura orgânica: Controvérsias e tendências, **desenvolvimento e meio ambiente**, n.6, p.67-80, jul-dez, editora UFPR, 2002. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/dma.v6i0.22129>

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MONTOVANI, E. C. Manual de irrigação, Editora da UFV, Ed. 8. 2006. N: 8572692428.

CARVALHO, R.; GOEDERT, W. J.; ARMANDO, M. S. Atributos físicos da qualidade de um solo sob sistema agroflorestal, **Pesq. Agropecuária brasileira**, Brasília, V.39, n.11, p. 1153 – 1155, nov 2004. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/pab/a/NspzjcHkkZfRVfnjmV6dprj/?format=pdf&lang=pt>>

CALVO, C. L.; FOLONI, J. S. S.; BRANCALIÃO, S. R. Produtividade de fitomassa e relação c/n de monocultivos e consórcios de Guandu-anão, milheto e sorgo em três épocas de corte, **Bragantia, Campinas**, v.69, n.1, p.77-86, 2010. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/brag/a/nkDGSdmnHVnCwkHV3976QBk/format=pdf&lang=pt>>

FREITAS, L. de. et al. Indicadores da qualidade química e física do solo sob diferentes sistemas de manejo, **unimar ciências** - ISSN 1415-1642, Marília/SP, V. 26, (1-2), p. 08-25, 2017. Disponível em: <<http://ojs.unimar.br/index.php/ciencias/article/view/511/278>>

GOMES, J. A. F. et al, Resíduo agroindustrial de carnaúba como fonte de volumoso para a terminação de ovinos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, p. 58-67, 2009. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/pab/a/xkJSjp46QXWVq5sBcXdqX8j/format=pdf&lang=pt>>

IPECE, Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará. Perfil básico municipal, Choró. Fortaleza, **Governo do Estado do Ceará**, 2017. Disponível em:<https://www.ipece.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/45/2013/01/Choro_Br_office.pdf>

LEITE, H. M. F., et al, Cultivo consorciado de olerícolas em sistema agroecológico; **Rev. Ci. Agra.**, v.54, n.1, p.12-19, jan – abril 2011. Disponível em: <https://legacy.agroecologiaemrede.org.br/acervo/arquivos/P75_2005-06-02_165745_286.pdf>

LIMA, H. V.; OLIVEIRA, T. S. de,; OLIVEIRA, M. M. de,; MENDONÇA, E. de. S.; LIMA P., J., B. Indicadores de qualidade do solo em sistema de cultivo orgânico e convencional no semiárido cearense; **Revista brasileira de ciência do solo** – 31-1085-1098, 2007. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rbcs/a/bBkZVpnWvjCXB4Zb3mCvnyQ/format=pdf&lang=pt>>

MACHADO, C. T. T.; VIDAL, M. C. S. (2006) Avaliação participativa do manejo de agroecossistemas e capacitação em agroecologia utilizando indicadores de sustentabilidade de determinação rápida e fácil, **Planaltina, DF: Embrapa cerrados**, 44p, 2006. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CPAC-2010/27831/1/doc-173.pdf>>

MEDEIROS, de. P. M.; (2017) Uso dos remineralizadores associado a policultivos para produção da palma forrageira no semiárido baiano, Dissertação (Mestrado em meio ambiente e desenvolvimento rural), **universidade de Brasília**, 2017. Disponível em: <https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/24660/1/2017_FernandadePaulaMedeiros.pdf>

OLIVEIRA, L. S.; (2018) Characterization of Organic Wastes and Effects of Their Application on the Soil. **Journal of Agricultural Science**, 10(6):291-298, 2018. DOI: 10.5539/jas.v10n6p291

RAMOS., B. Z.; doses de gesso em cafeeiro: influência nos teores de cálcio, magnésio, potássio e ph na solução de um latossolo vermelho distrófico, **Revista Brasileira de ciência do solo**, 37:1018-1026, 2013. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rbcs/a/fxJYH8F9xDdMg3kfYKJzCyD/format=pdf&lang=pt>>

Resende, A. L.; Comunidade de Joaninhas (Coleoptera: Coccinellidae) em Consórcio de Couve (Brassica oleraceae var. acephala) com Coentro (Coriandrum sativum) sob Manejo Orgânico; **Revista Brasileira de Agroecologia**. 6(1): 81-89, 2011. Disponível em: <<https://revistas.aba-agroecologia.org.br/rbagroecologia/article/view/9850/pdf>>

ROSSET, J. R.; COELHO, G. F.; GRECO, M.; STREY, L.; JUNIO, A. C. G. Agricultura convencional versus sistemas agroecológicos: modelos, impactos, avaliação da qualidade e perspectivas; **Scientia Agraria Paranaensis - SAP Mal. Cdo. Rondon**, v.13, n.2, abr./jun., p.80-94, 2014. Disponível em: <<https://e-revista.unioeste.br/index.php/scientiaagraria/article/view/7351/7390>>

Schroeder, N. Teores de matéria orgânica em diferentes sistemas de preparo de solo e sucessão de culturas, - **XXXIII CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO** - - Resumo Expandido, Uberlândia/Minas Gerais, 2010. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/39526/1/1063-2.PDF>>

SILVA, A. F.(2009) Produção de diferentes variedades de mandioca em sistema agroecológico; R. Bras. **Eng. Agríc. Ambiental**, v.13, n.1, p.33–38, 2009. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/8jHFHdxJfqrkvSyPVLSwv/?format=pdf&lang=pt>>

SILVA, G. F. da; SANTOS, D.; SILVA, A. P. da; SOUZA, J. M. de,; Indicadores de qualidade do solo sob diferentes sistemas de uso na mesorregião do agreste paraibano, **Revista Caatinga**, Mossoró, V.18, n.3, p. 25-35, jul – set 2015. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rcaat/a/VGhzMrJ6rLdTCsFvtsGfKgb/abstract/?lang=pt>>

SILVA, P. V. C.; Utilização de indicadores participativos de qualidade do solo em sistemas de produção agrícola familiar; **Nativa, Sinop**, v. 8, n. 5, p. 671-678, set/out 2020. DOI: 10.31413/nativa.v8i5.9852

SILVA, P. V. C.; ALMEIDA, M. V. R. de.; AGUIAR, M. I. de.; Utilização de indicadores participativos de qualidade do solo em sistemas de produção na comunidade Riacho do Meio, no sertão cearense, Cadernos de Agroecologia – ISSN 2236-7934 - **Anais do XI Congresso Brasileiro de Agroecologia**, São Cristóvão, Sergipe - v. 15, nº 2, 2020. Disponível em: <<http://cadernos.aba-agroecologia.org.br/cadernos/article/view/3462/4461>>

WENDLING, G. F. D.; Formas de alumínio em solo submetido a diferentes manejos e rotações de culturas, UFSM (Dissertação de mestrado)., **Centro de ciências rurais**, 2012. Disponível em: <<https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/5570/WENDLING%2c%20GRAZIELE%20FELTRIN%20DIAS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>

XAVIER, F. A. da S.; MAIA, E. M. F.; OLIVEIRA, T. S. de; MENDONÇA, E. de S.; Biomassa microbiana e matéria orgânica leve em solos sob sistemas agrícolas orgânicos e convencional na chapada da Ibiapaba-CE, **Revista Brasileira de Ciência do solo**, 30: 247 258, 2008. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rbcs/a/4JYLjWXPcLdwBkGkDNJJ7jC/?lang=pt>>