



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SISTEMAS AGROINDUSTRIAIS

**INDICADORES DA QUALIDADE DE SOLOS SOB SISTEMAS DE
USO NO PERÍMETRO IRRIGADO VÁRZEAS DE SOUSA-PB**

LUIZ JOAQUIM DE ARAÚJO NETO

POMBAL-PB
2017

LUIZ JOAQUIM DE ARAÚJO NETO

**INDICADORES DA QUALIDADE DE SOLOS SOB SISTEMAS DE
USO NO PERÍMETRO IRRIGADO VÁRZEAS DE SOUSA-PB**

Dissertação apresentada á Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Sistemas Agroindustriais do Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar da Universidade Federal de Campina Grande-PB, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do título de Mestre em Sistemas Agroindustriais.

Orientadora: Prof^a. Dra. Adriana Silva Lima

POMBAL-PB

2017

A663i

Aratijo Neto, Luiz Joaquim de.

Indicadores da qualidade de solo sob sistemas de uso no perímetro irrigado Várzeas de Sousa - PB / Luiz Joaquim de Aratijo Neto. – Pombal, 2018.

46f. : il. color.

Dissertação (Mestrado em Sistemas Agroindustriais) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, 2017.

"Orientação: Profa. Dra. Adriana Silva Lima".

1. Solo - indicadores de qualidade. 2. Perímetro irrigado. 3. Manejo agrícola. 4. Degradação do solo. I. Lima, Adriana Silva. II. Título.

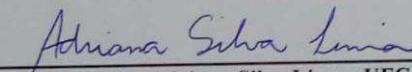
CDU 631.4(043)

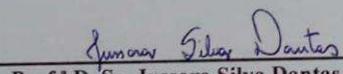
“INDICADORES DA QUALIDADE DE SOLOS SOB SISTEMAS DE USO NO PERÍMETRO IRRIGADO VÁRZEAS DE SOUSA-PB”,

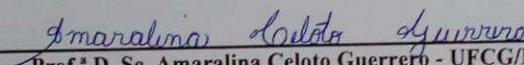
Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Sistemas Agroindustriais do Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar da Universidade Federal de Campina Grande, Campus Pombal-PB, em cumprimento às exigências para obtenção do Título de Mestre (M. Sc.) em Sistemas Agroindustriais.

Aprovada em 03 / 03 / 2017

COMISSÃO EXAMINADORA


Prof.ª D. Sc. Adriana Silva Lima - UFCG/POMBAL
Orientadora


Prof.ª D. Sc. Jussara Silva Dantas - UFCG/POMBAL
Examinadora Interna


Prof.ª D. Sc. Amaralina Celoto Guerrero - UFCG/POMBAL
Examinadora Externa

POMBAL-PB
MARÇO-2017

DEDICATÓRIA

Dedico o presente trabalho àqueles que sempre me apoiaram e incentivaram minha jornada acadêmica, em especial a minha mãe Maria das Dores Araújo – in memoriam e ao meu pai Severino Francisco dos Santos (Garcia) – in memoriam.

AGRADECIMENTOS

A Deus, autor da vida, sem a vontade do qual nada é possível. Por todas as oportunidades a mim dadas principalmente de evolução intelectual e moral, por me amparar nos momentos difíceis, me dar força interior para superar as dificuldades, mostrar o caminho nas horas difíceis e me suprir em todas as minhas necessidades.

A Senhora Santana, minha protetora e padroeira da minha cidade.

À Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, em especial ao Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar – Campus de Pombal – PB.

Ao Programa de Pós-Graduação em Sistemas Agroindustriais pela oportunidade.

A EMEPA– Empresa Estadual de Pesquisa Agropecuária da Paraíba S/A- Estação Experimental de Aparecida, pela concessão da área experimental para a realização desta pesquisa.

Ao Laboratório de Solos e Nutrição de Plantas da UFCG- Pombal – PB, na pessoa da Prof. Dr. Josinaldo Lopes Araújo, Coordenador do Laboratório, pelo apoio as pesquisas realizadas. Ao técnico do Laboratório de Solos e Nutrição de Plantas, Sr. Francisco Alves da Silva e os estudantes Késsia, Tádria e Dênis, pelo auxílio nas análises dos atributos físicos e químicos.

Ao Laboratório de Fitopatologia da UFCG- Pombal – PB, na pessoa da Prof. Dr. Fernandes Antônio de Almeida, Coordenador do Laboratório, pelo apoio as pesquisas realizadas. Ao técnico Dr. Tiago Augusto Lima Cardoso e os estudantes Késsia, Tádria, Dênis, Iara e Fernanda, pelo auxílio nas análises dos atributos biológicos.

A banca examinadora composta por Dra. Amaralina Celoto Guerrero e Prof^a Dra. Jussara Silva Dantas, pela valiosa participação no trabalho e terem aceitado o convite para participar da banca.

A minha orientadora Prof^a. Dra. Adriana Silva Lima, por acreditar em mim, pelo carinho, atenção pelo seu exemplo profissional e por contribuir para o meu crescimento profissional.

A todos os Professores do Programa de Pós Graduação em Sistemas Agroindustriais que contribuíram para minha formação profissional e evolução intelectual.

A todos os professores das escolas por onde estudei, que contribuíram para o aprendizado e conclusão desse sonho.

Aos colegas de curso pelo apoio e companheirismo.

Aos meus pais, Maria das Dores Araújo (*in memoriam*) e Severino Francisco dos Santos (Garcia) (*in memoriam*) por toda dedicação, amor e carinho destinados a mim por toda a vida.

A Florismar Viana (Louzinha) por ter se tornado a minha segunda mãe, dedicando cuidados e atenção desde o meu nascimento.

A minha irmã Polyana Tarciana por todo amor, carinho e apoio sem os quais não seria possível a conclusão desse trabalho.

Ao meu amigo Pedro Araújo, pela amizade de sempre, essa vitória é sua também.

A Dona Lourdes, Maria Barbosa, Maria José, Goretti Carreiro, Maria Neudete e Padre Ernaldo José pela acolhida, pela amizade, orações, pelo carinho e pelas muitas vezes que me receberam em suas casas.

Aos meus sobrinhos, Hugo Vinícius e Pedro Henrique, pelo carinho.

A todos, minha eterna gratidão.

RESUMO

LUIZ JOAQUIM DE ARAÚJO NETO. INDICADORES DA QUALIDADE DE SOLOS SOB SISTEMAS DE USO NO PERÍMETRO IRRIGADO VÁRZEAS DE SOUSA-PB.

Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar-UFCG, POMBAL-PB, Setembro de 2017. Dissertação de Mestrado em Sistemas Agroindustriais. Orientadora: Adriana Silva Lima.

O solo é um recurso natural de importância ecológica, econômica e social. No entanto, a adoção de práticas agrícolas inadequadas têm sido responsável, em grande parte, pela redução de sua qualidade, colaborando para degradação desse componente ambiental. O aumento do fornecimento de matéria-prima para o agronegócio e as más práticas de manejo do solo consiste de agentes que afetam os seus atributos. Diante do exposto, objetivou avaliar os atributos físicos, químicos e biológicos, indicadores da qualidade do solo em diferentes sistemas de uso no perímetro irrigado Várzeas de Sousa-PB. O trabalho foi realizado na Estação Experimental Aparecida da EMEPA - Empresa Estadual de Pesquisa Agropecuária da Paraíba S.A., situada no Perímetro Irrigado das Várzeas no município de Sousa-PB. O trabalho utilizou o delineamento inteiramente casualizado, com fatorial de 4 x 2, em quatro sistemas de uso de solo no Perímetro Irrigado das Várzeas de Sousa – PB; sendo: sistema cultivado com coqueiro anão verde do jiqui (C), sistema cultivado com consórcio coqueiro anão verde do jiqui e bananeira nanica (CB), sistema em pousio (P) e sistema preservado – reserva legal (R) referência; foram coletadas amostras com quatro repetições em duas profundidades (0 a 15 cm e 15 a 30 cm), com quatro repetições (subáreas). Realizou a análise multivariada de componentes principais com 23 variáveis, sendo oito atributos químicos (pH, P, K, Na, Ca, Mg, matéria orgânica e PST), seis atributos físicos (argila, areia, silte, densidade do solo e de partículas, porosidade e porosidade), e cinco biológicos (carbono da biomassa, respiração, coeficiente metabólico e microbiano, estoque de carbono), quatro microrganismos (bactérias, fungos, actinomicetos e solubilizadores). A análise de componentes principais possibilitou a visualização conjunta e separada dos atributos químicos, físicos e biológicos indicadores da qualidade do solo dos sistemas de uso em relação a reserva legal e como foram afetados pela manejo e pela adição de fontes orgânicas.

Palavras-chave: degradação do solo, indicadores biológicos, perímetro irrigado, sistemas de uso.

ABSTRACT

LUIZ JOAQUIM DE ARAÚJO NETO. **SOIL QUALITY INDICATORS IN SYSTEMS OF USE IN THE IRRIGATED PERIMETER VÁRZEAS DE SOUSA-PB.** Center for Agricultural Science and Technology-UFCG, POMBAL-PB, September 2017. Master's Dissertation in Agroindustrial Systems. Advisor: Adriana Silva Lima.

Soil is a natural resource of ecological, economic and social importance. However, the adoption of inadequate agricultural practices has been responsible, in large part, for the reduction of its quality, contributing to the degradation of this environmental component. The increase in the supply of raw material for agribusiness and bad practices of soil management, consist of agents that affect its attributes. In view of the above, the objective was to evaluate the physical, chemical and biological attributes, soil quality indicators under different irrigation systems Várzeas of Sousa - PB. The work was carried out at the Aparecida Experimental Station of EMEPA - State Agricultural and Livestock Research. The study used a completely randomized design, with a factorial of 4 x 2, in four systems of soil use in the Irrigated Perimeter of the Várzeas de Sousa - PB, Brazil, in the Irrigated Perimeter of the Várzeas in the municipality of Sousa-PB. Being: cultivated system with green dwarf coconut of the jiqui (C), system cultivated with coconut consortium green dwarf jiqui and nanane banana (CB), fallow system (P) and preserved system - legal reserve (R) reference; Where four replicates were collected at two depths (0 to 15 cm and 15 to 30 cm), with four replicates (subareas). It performed the multivariate analysis of main components with 23 variables, being eight chemical attributes (pH, P, K, Na, Ca, Mg, organic matter and PST), six physical attributes (clay, sand, silt, soil and particle density, Microorganisms (bacteria, fungi, actinomycetes and solubilizers), and five biological organisms (biomass carbon, respiration, metabolic and microbial coefficient, carbon stock). Principal component analysis allowed the joint and separate visualization of the chemical, physical and biological attributes of the soil quality of the systems of use in relation to the legal reserve and how they were affected by the management and the addition of organic sources.

Keywords: soil degradation, biological indicators, irrigated perimeter, systems of use.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	13
2.1 O Bioma Caatinga	13
2.2 Indicadores de qualidade do solo	14
2.3 A Cultura do coco	17
2.4 Manejo Agrícola e a Degradação Ambiental.....	19
3. MATERIAL E MÉTODOS	20
3.1 Localização, solo e clima	20
3.2 Tratamentos e Delineamento Experimental.....	21
3.3 Caracterização das Áreas de Coleta	21
3.4 Caracterização da Coletas de Amostras de Solo.....	23
3.5 Atributos químicos do solo	23
3.6 Atributos físicos do solo	24
3.7 Avaliações dos atributos biológicos e bioquímicos do solo	24
3.8 Análises estatísticas.....	26
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
5. CONCLUSÃO	39
6. REFERÊNCIAS.....	40

1. INTRODUÇÃO

O Semiárido Brasileiro é caracterizado pela distribuição irregular das chuvas, associadas a elevadas temperaturas, baixa umidade relativa do ar, solos rasos e eventualmente ventos fortes, cujos efeitos sobre os ecossistemas são intensificados pelo manejo inadequado do solo e da água.

Em geral, são adotadas tecnologias agressivas ao meio ambiente, resultando na redução drástica da biodiversidade, tanto nas áreas de cultivo, como nas de pastagens, na exposição do solo à erosão, na sedimentação das fontes hídricas e mananciais, e no quase completo desaparecimento da fauna pela destruição de seus habitats. Sistemas agrícolas tradicionais, predominantes em toda a região do Semiárido, incluindo desmatamentos e queimadas recorrentes ao longo de quase quatro séculos, induziram intensa degradação ambiental, com os processos de desertificação presentes nas áreas dos sertões nordestinos (PIMENTEL; GUERRA, 2015).

A Caatinga encontra sob pressão das atividades humanas resultantes de sistemas de produção baseados em práticas agrícolas rudimentares, superpastejo e exploração indiscriminada da madeira. É necessário desenvolver um modelo de exploração que possa garantir o equilíbrio dos ecossistemas e a satisfação econômica e social (SOUZA, 2012).

A ameaça que circunda os ecossistemas por falta de um compromisso maior quanto da utilização dos recursos naturais e de um planejamento adequado levou a uma corrida exagerada para a exploração destes recursos, cuja renovação não acompanhou o ritmo intenso da produção (MELO; SANTOS, 2008).

Segundo Brasileiro (2009) é importante analisarmos que em outras épocas já existiam ações antrópicas, porém os índices de degradação eram bem menores. Tais índices só despertam preocupações relevantes a partir do momento em que começam a surgir os primeiros núcleos urbanos e os primeiros meios técnicos de se processar a matéria-prima direcionada às populações residentes nos vários núcleos.

O crescimento populacional nesses núcleos, a necessidade de alimentação, a introdução dos meios tecnológicos na área rural, as exportações de produtos primários, dentre outros fatores, fizeram com que as práticas agrícolas deixassem de ser artesanais, ou seja, dependentes de insumos internos com o mínimo de impacto ambiental, e passassem a práticas industriais altamente dependentes de insumos externos, com maiores impactos.

Neste sentido Lima (2004) afirma que se não cuidado a tempo, a degradação ambiental, no Semiárido nordestino, aliada a fatores climáticos e socioeconômicos, pode levar a consequências mais drásticas da desertificação.

A degradação dos solos, na maioria das vezes, está associada ao manejo inadequado dos recursos naturais. Na agricultura, destacam-se o monocultivo, o uso indiscriminado de agroquímicos e fertilizantes, a exposição do solo pelo desmatamento indiscriminado, pelas queimadas e/ou pelo manejo com cultivos que não propiciem proteção adequada ao solo e a destruição de sua estrutura original por práticas como aração e gradagem, excesso de tráfego de máquinas e manejo de animais acima da capacidade de suporte das pastagens (CHAVES et al., 2012).

Na agricultura, a fruticultura orgânica é especialmente considerada como uma alternativa econômica de alta rentabilidade, capaz de promover o aumento da disponibilidade de alimentos de qualidade e a oferta de empregos, além de trazer importantes benefícios sociais e ambientais (SANTOS; SOUZA, 2012). Mudanças nos padrões do agronegócio têm transformado a competitividade numa questão de sobrevivência para os fruticultores, com o mercado exigindo frutos de qualidade e baixo custo de produção (MARTINS; JUNIOR, 2011).

Os incentivos socioeconômicos e devido à vocação e aos arranjos produtivos do Nordeste, dentre as várias culturas comumente cultivadas, destaca o coco e a banana, principalmente a exportação destes produtos para as cidades litorâneas, e pela implantação de agroindústrias que o utilizam como matéria-prima (MARTINS; JUNIOR, 2011). A referida região apresenta solo que beneficia a ampliação das áreas para a produção dessas culturas e, conseqüentemente, a implantação de agroindústrias que têm modificado, de forma positiva, o cenário econômico e social da região (DNOCS, 2013).

Diagnosticar o nível das condições ambientais no sertão paraibano, em virtude da constante degradação do bioma Caatinga, no Perímetro Irrigado Várzeas de Sousa-PB, em consequência do manejo inadequado do solo e água nos lotes, constitui uma importante ferramenta visto que permite identificar os fatores determinantes para o acontecimento desse fenômeno. Neste sentido, as análises das características físicas, químicas e biológicas de solo possibilitarão e proporcionarão um apoio para tomada de decisões através do manejo adequado.

Desse modo, objetivou-se avaliar os atributos físicos, químicos e biológicos, indicadores da qualidade do solo em diferentes sistemas de uso no perímetro irrigado Várzeas de Sousa-PB.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 O Bioma Caatinga

A Caatinga ocupa uma área de aproximadamente de 844.453 quilômetros quadrados, o equivalente a 11% do território nacional. Engloba os estados Alagoas, Bahia, Ceará, Maranhão, Pernambuco, Paraíba, Rio Grande do Norte, Piauí, Sergipe e o norte de Minas Gerais (SAMPAIO *et al.*, 1995; ANDRADE *et al.*, 2005; FREITAS *et al.*, 2007). Cerca de 27 milhões de pessoas vivem na região, a maioria carente e dependente dos recursos do bioma para sobreviver (FAO, 2013).

A Caatinga situa-se toda entre o Equador e o trópico de Capricórnio (cerca de 3º a 18º sul). Portanto, o bioma dispõe de abundante intensidade luminosa durante todo o ano. As altitudes são relativamente baixas; exceto em poucos pontos que ultrapassam os 2.000 m na Bahia e os outros pontos extremos que ficam pouco acima dos 1.000 m. É caracterizada por baixos índices pluviométricos, em torno de 500 mm a 700 mm anuais e altas temperaturas, médias anuais de 27 °C a 29 °C, e poucos graus de diferença entre as médias dos meses mais frios e mais quentes. Assim, luz e temperatura não são limitantes ao crescimento vegetal e não são causa de maior variabilidade ambiental na área de Caatinga (SAMPAIO, 2003).

O regime de chuvas tem como características ainda precipitações intensas, muitas vezes ultrapassando 100 mm em um único dia, e sazonalidade irregular, com a época de chuvas podendo iniciar-se em meses distintos, prolongar-se por períodos incertos e encerrar-se, também, em meses diferentes de um ano para outro (GARICLIO *et al.*, 2010).

Os solos da Caatinga variam de rasos e pedregosos até solos profundos e arenosos, os quais, juntamente com a disponibilidade hídrica, irão definir os diferentes tipos de vegetação (VELLOSO *et al.*, 2002). As plantas dessa região estão adaptadas às condições climáticas e possuem vários mecanismos para sobreviverem ao fenômeno da seca (ROSS, 2005). Caracteriza-se como um complexo vegetacional onde os tipos de vegetação dominantes são constituídos de arbustos e árvores, os quais são decíduos durante o período de seca e, frequentemente, providos de espinhos e /ou acúleos. Há ainda a presença de cactáceas, bromeliáceas e de plantas herbáceas (VASCONCELOS SOBRINHO, 2005).

O interesse de pesquisadores e cientistas pelo bioma caatinga vem sendo despertado cada vez mais, principalmente os que trabalham com áreas em processo de desertificação, pois observa uma tendência à expansão de áreas desérticas. O avanço do processo de degradação ambiental na região deve-se a vários fatores,

entre os quais, destacam-se: as práticas agrícolas inadequadas, o desmatamento, a infertilidade e a compactação do solo, os processos erosivos, e a salinização de algumas áreas.

A retirada da caatinga, vegetação nativa nas regiões semiáridas do Nordeste, aliada a longos períodos de estiagem, provoca acentuada degradação do solo, deixando-o descoberto e exposto por mais tempo à ação dos agentes climáticos, reduzindo, conseqüentemente, seu potencial produtivo, causando danos muitas vezes irreversíveis ao meio (TREVISAN et al., 2002; MENEZES et al., 2005).

2.2 Indicadores de qualidade do solo

Usualmente, a qualidade do solo agrícola é considerada sob três aspectos: físico, químico e biológico, sendo importantes nas avaliações da extensão da degradação ou melhoria do solo e para identificar a sustentabilidade dos sistemas de manejo (ARATANI et al., 2009).

Indicadores de qualidade do solo são atributos mensuráveis que influenciam sua capacidade para desempenhar funções de produção agrícola ou ambiental e que são sensíveis às mudanças no uso da terra, práticas de manejo ou de conservação do solo (BREJDA, 2000). A determinação dos indicadores permite direcionar a avaliação e, ou, o monitoramento das condições do solo e tem a capacidade e a sensibilidade para medir e avaliar atributos e processos do solo que interfiram na promoção do seu equilíbrio (DUMANSKI; PIERI, 2000). Além disso, indicadores de qualidade do solo podem ser propriedades, processos e características físicas, químicas e biológicas, que podem ser usados para monitorar mudanças no solo. Essas características mensuráveis do solo, expressas de forma quantitativa ou qualitativa são capazes de avaliar alterações ocorridas num dado ecossistema (ARAÚJO et al., 2012).

Devido a alta sensibilidade à atividade antrópica dos atributos microbiológicos e por sua simplicidade de determinação, estes apresentam grande potencial de utilização como indicadores da qualidade de solos (TÓTOLA et al. 2002). Esses indicadores biológicos têm desempenhado importante papel na determinação dos impactos ambientais causados pelas atividades agrícolas, exploração dos recursos ambientais como fonte de energia, entre outras atividades.

Os atributos biológicos do solo podem ser considerados indicadores de alguns processos que ocorrem no solo em resposta às perturbações antropogênicas, podendo constituir-se importantes variáveis para prever a qualidade dos ecossistemas agrícolas. Apesar disso, estudos de resposta microbiológica de sistemas

edáficos a intervenções antrópicas são relativamente escassos para as condições do Nordeste brasileiro (PÔRTO et al. 2009).

A avaliação dos indicadores de qualidade do solo em áreas degradadas da região semi-árida tem sido feito de forma isolada, sendo necessárias pesquisas que avaliem de forma integrada tais atributos para que o diagnóstico do nível de degradação seja realizado de forma mais acurado.

Os principais indicadores microbiológicos são: a biomassa microbiana, por ser diretamente influenciada por fatores bióticos e abióticos; a respiração e a nodulação, decorrente da associação mutualista entre plantas e bactérias do tipo rizobium; o nitrogênio mineralizável, a respiração, a respiração microbiana do solo, a atividade enzimática e o quociente metabólico.

A biomassa microbiana do solo é o componente vivo da matéria orgânica do solo. Sua avaliação é útil para obter informações rápidas sobre mudanças nas propriedades orgânicas do solo; detectar variações causadas por cultivos ou por devastação de florestas; medir a regeneração dos solos após a remoção da camada superficial (FRIGHETTO, 2000).

Visto que os microrganismos agem de forma direta ou indireta na decomposição da matéria orgânica e na promoção e manutenção das diversas propriedades do solo, alterações na população e/ou na atividade microbiana do solo têm sido empregados como indicadores ecológicos de perturbação do ecossistema e restauração da cobertura vegetal. Estes seres microscópicos possuem a capacidade de dar respostas rápidas às mudanças na qualidade do solo, característica esta não verificada nos indicadores químicos ou físicos (GAMA-RODRIGUES et al., 2008).

O monitoramento da capacidade produtiva do solo por produtores e técnicos pode ser aprimorado com o uso de indicadores de qualidade do solo, desde que se abordem as diversas inter-relações dos componentes do solo e do sistema de produção como um todo, com vistas a otimizar os mecanismos destas interações. (FERREIRA, 2005).

Segundo Ferreira (2005) diversos indicadores têm sido utilizados para avaliar os impactos das intervenções nos sistemas de produção sobre os recursos naturais e na qualidade do solo, não só através de parâmetros químicos e físicos, que eram a base da interpretação de sua capacidade produtiva, mas também, com o levantamento de parâmetros biológicos e das diversas interações destes com os outros fatores que interferem no sistema.

A determinação dos indicadores permite direcionar a avaliação e, ou, o monitoramento das condições do solo e tem a capacidade e a sensibilidade para medir e avaliar atributos e processos do solo que interfiram na promoção do seu equilíbrio

(DUMANSKI; PIERI, 2000). Mudanças nos atributos do solo podem significar perda de qualidade afetando significativamente a sustentabilidade ambiental e econômica da atividade agrícola (SHEPHERD, 2000).

A avaliação de indicadores têm sido uma temática bastante comum nos trabalhos sobre qualidade do solo em diferentes sistemas de manejo (GALINDO et al., 2008; LIMA et al., 2011). Contudo, em áreas de Caatinga, estes trabalhos ainda são incipientes (GALINDO et al., 2008; MARTINS et al., 2010), principalmente quando se referem ao manejo com uso de fogo e sobre os efeitos da sazonalidade.

Sob o ponto de vista químico, a qualidade do solo pode ser avaliada a partir dos valores de pH, teores de P e K disponíveis, Ca e Mg trocáveis, condutividade elétrica do extrato de saturação, acidez trocável, acidez potencial, capacidade de troca de cátions, dentre outras determinações (LARSON; PEARCE, 1994).

Para Araújo et al. (2012) os indicadores químicos são, normalmente, agrupados em variáveis relacionadas com o teor de matéria orgânica do solo, a acidez do solo, o conteúdo de nutrientes, elementos fitotóxicos (Al^{3+} , por exemplo) e determinadas relações como a saturação de bases (V%) e de alumínio (m). Tais indicadores, além de bastante sensíveis às mudanças no uso e nas práticas de manejo e conservação do solo (BREJDA et al., 2000), afetam diretamente a relação solo-planta, interferindo em processos como disponibilidade de nutrientes e água para às plantas e microorganismos, capacidade tampão, infiltração e armazenagem de água no solo, susceptibilidade à compactação e erosão, dentre outros (GALINDO et al., 2008; MARTINS et al., 2010). Medidas que expressam a disponibilidade de nutrientes, como cálcio e magnésio trocáveis, fósforo, potássio, micronutrientes, assim como suas relações são importantes para avaliar qualidade de solo entre diferentes sistemas de manejos (ARAÚJO et al., 2012).

O teor de C, ou a matéria orgânica do solo é frequentemente utilizado como indicador chave e eficiente para avaliação da qualidade do solo, tanto em sistemas agrícolas como em áreas de vegetação nativa, o que se deve a influência direta dessa variável na maioria dos atributos físicos, químicos e biológicos do solo (XAVIER et al., 2006; GALINDO et al., 2008; MARTINS et al., 2010). A matéria orgânica do solo (M.O.) é referida como indicadora da qualidade do solo em virtude de sua suscetibilidade de alteração em relação às práticas de manejo e por correlacionar-se com a maioria das propriedades do solo (MIELNICKZUK, 1999).

Segundo Costa (2009) após a retirada da vegetação natural, o solo tem, frequentemente, mostrado alterações em seus atributos químicos, que são dependentes do clima, do tipo de cultura e das práticas culturais adotadas. A interação

desses fatores estabelece uma nova condição de equilíbrio no sistema solo (MARCHIORI JÚNIOR; MELO, 2000).

Para mensuração da qualidade física do solo, tem sido sugerida a utilização de suas propriedades físicas, relacionadas a processos que ocorrem no sistema solo-planta (DORAN; PARKIN, 1996; SCHOENHOLTZ et al., 2000). Dentre essas propriedades físicas utilizadas destacam-se: a densidade do solo, a estrutura do solo, a porosidade do solo (macro e microporosidade), a capacidade de retenção de água, a temperatura do solo, a estabilidade de agregados, a capacidade de infiltração do solo, a resistência à penetração, condutividade hidráulica, dentre outras (DORAN; PARKIN, 1996; SCHOENHOLTZ et al., 2000; REYNOLDS et al., 2002). Araújo et al., (2012) também afirma que os principais indicadores físicos, que têm sido utilizados e recomendados são textura; espessura (horizonte A; solum); densidade do solo; resistência à penetração; porosidade; capacidade de retenção d'água; condutividade hidráulica; e estabilidade de agregados.

Chaer & Tólola (2007) quando avaliaram o impacto do manejo de resíduos orgânicos durante a reforma de plantios de eucalipto sobre indicadores de qualidade do solo, verificaram que elevada correlação entre vários atributos microbiológicos indica a possibilidade de se selecionar um conjunto reduzido de indicadores capaz de expressar a qualidade biológica dos solos, tornando sua adoção como rotina uma perspectiva atraente.

Trabalhos que envolvam a determinação de atributos do solo e sua utilização como indicadores de qualidade do solo em áreas degradadas e, ou, em processo de degradação na região semiárida do Nordeste brasileiro são bastante escassos na literatura (GALINDO et al., 2008; MARTINS et al., 2010). Adicionalmente, são bastante escassas também as informações sobre o comportamento dos referidos atributos em áreas degradadas ou em processo de degradação, em função da variação sazonal verificada neste bioma, uma vez que se trata de uma região que tem como principal limitação à deficiência hídrica.

Pelo exposto, torna-se importante conhecer as relações existentes entre o sistema de uso da terra e os atributos do solo, os quais têm reflexos diretos na sustentabilidade e qualidade ambiental do ecossistema, representando assim avanços nesta área de estudo e suporte para o manejo sustentável do bioma Caatinga.

2.3 A Cultura do coco

O coqueiro (*Cocos nucifera L*) pertence à família Palmae, sendo uma das mais importantes famílias da classe Monocotiledôneas (PASSOS, 1997). É uma das

frutíferas mais difundidas naturalmente no globo terrestre, ocorrendo em praticamente todos os continentes. Em virtude desta dispersão e adaptabilidade, seu cultivo e sua utilização se dão de forma expressiva em todo o mundo, com os mais variados produtos, tanto de forma *in natura* quanto industrializada e por ser cultura típica de clima tropical vem sendo cultivado em cerca de 90 países (MARTINS, JESUS JUNIOR 2011).

A cultura do coco se destaca em vários países não só economicamente, mas também sob os aspectos sociais e ecológicos. A quantidade de produtos que podem ser explorados a partir deste fruto lhe dá o destaque como importante recurso vegetal para a humanidade. Ultimamente, têm-se percebido um aumento considerável de áreas de cultivo e produção desta cultura em diversas partes do mundo inclusive no Brasil. O país apresenta destaque entre os maiores produtores mundiais, não só pela evolução no que diz respeito à quantidade produzida do fruto, mas também, pela expansão da área cultivada em regiões não tradicionais de cultivo (MARTINS; JESUS JUNIOR, 2001).

Fontes E Wanderley (2006) e Martins E Jesus Júnior (2011) relatam que o Brasil é o quarto maior produtor mundial com produção aproximada de 2,8 milhões de toneladas em uma área colhida de 287 mil hectares, distribuídos, praticamente, em quase todo o território nacional, principalmente ao longo do litoral, sendo que as maiores plantações e produções concentram na faixa litorânea do Nordeste e parte da região Norte do Brasil.

O Nordeste mantém a maior participação na produção de coco, porém o rendimento da cultura em termos de produtividade é menor do que em outras regiões, devido ao baixo nível tecnológico empregado, às variedades de coco exploradas e as formas de sua utilização (FONTES, WANDERLEY, 2006). Os mesmos, afirmam que no Nordeste predomina o sistema de cultivo semi-extrativista, com variedades de coqueiro gigante destinado à produção coco seco, enquanto nas demais regiões predominam o cultivo de coqueiros anões e híbridos com produção para coco verde (água de coco), que são naturalmente mais produtivos que o coqueiro gigante.

Além disso, no Nordeste, em virtude da irregularidade das chuvas, a expansão da cultura está acontecendo sob condições irrigadas, principalmente a cultivar Anão Verde, cujos frutos se destinam ao mercado de água-de-coco *in natura* (MIRANDA et al., 1999; MARINHO et al., 2006). A consorciação com culturas perenes, tais como cacau, café e banana são as que apresentam melhores resultados, quando utilizadas em regiões que não apresentam limitações relacionadas com a fertilidade e umidade do solo (FONTES; PASSOS, 2005).

2.4 Manejo Agrícola e a Degradação Ambiental

A modificação dos sistemas naturais pela atividade humana origina as “áreas alteradas”, que podem ter sua capacidade de produção melhorada, conservada ou diminuída em relação ao sistema. Assim sendo, a alteração de uma área não significa necessariamente sua degradação. Contudo, se essa alteração ocorre juntamente com processos que levam à perda da capacidade produtiva do sistema, diz-se que as áreas estão degradadas (WADT et al., 2003).

A agricultura por si é uma atividade que gera bastantes impactos ao meio ambiente, seja em grande ou pequena escala; isso dependerá das técnicas e práticas que forem utilizadas para cultivar a terra. Em muitas localidades do semiárido, a degradação do ambiente tem início com práticas agrícolas ineficientes que retiram a cobertura vegetal original do solo, deixando-o vulnerável aos processos erosivos. Muitas vezes, o desenvolvimento contínuo dessas práticas, de retirada de produtos sem a reposição de nutrientes, acarreta a perda da fertilidade da terra.

Levando em consideração o tipo de solo da região, isso pode intensificar os processos de degradação do bioma. A agricultura irrigada, realizada sem levar em conta as características físicas da localidade, também pode acarretar sérios problemas, como salinização, erosão, lixiviação. O uso de máquinas também pode interferir na boa conservação do solo, pois poderá ocasionar processo de compactação, entre outros (BRASILEIRO, 2009).

De acordo com WADT et al.,(2003), o uso do solo, quando realizado de forma inadequada, desencadeia o surgimento de circunstâncias que, se não identificadas e sanadas, poderão culminar com o processo de desgaste irreversível do solo. Dentre elas estão: o esgotamento dos solos, a lixiviação dos solos, a laterização dos solos, a contaminação dos solos, a compactação dos solos, a desertificação e degradação biológica do solo.

De acordo com Tavares et al.,(2008) O conceito de degradação tem sido geralmente associado aos efeitos ambientais considerados negativos ou adversos e que decorrem principalmente de atividades ou intervenções humanas.O conceito tem variado segundo a atividade em que esses efeitos são gerados, bem como em função do campo do conhecimento humano em que são identificados e avaliados.

Para que tenhamos melhores condições de vida é preciso trabalhar o ecossistema onde vivemos dentro de modelos ambientais sustentados. É necessária a adoção de políticas ambientais visando a recuperação dos ecossistemas degradados (LIMA, 2004).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização, solo e clima

O trabalho foi realizado na Estação Experimental Aparecida da EMEPA - Empresa Estadual de Pesquisa Agropecuária da Paraíba S. A. – Sousa PB, situada no Perímetro Irrigado das Várzeas de Sousa, vale do Rio Piranhas, na mesorregião do Sertão do Semiárido Paraibano (EMEPA, 2013).

Há uma dominância de solos Neossolos flúvicos e regolífticos, aluvionais, profundos, de textura média e argilosa, apresentando também os Vertissolos, com textura argilosa, medianamente profundos, bem como os Argissolos, com textura que varia de arenosa a argilosa e fertilidade variando de boa a média. Existe, nesta região, uma variação de relevo, de plano a suavemente ondulado, onde predominam coberturas sedimentares representadas pelos aluviões (EMBRAPA, 2013).

O clima é classificado de acordo com Köppen, do tipo Aw', quente, com chuvas de verão-outono, resultantes da atuação das frentes de convergência intertropical (CIT). A temperatura média mensal em geral é superior a 24 °C com amplitude térmica anual inferior a 4°C, sendo que as temperaturas mais elevadas ocorrem nos meses mais secos, entre outubro e janeiro, e as menos elevadas entre os meses de abril e julho. A média mensal da umidade relativa do ar para uma série de 17 anos é de 64%. Os valores das médias mensais para insolação e velocidade média do vento são, respectivamente, 8,7 horas e 2,7 m/s (EMEPA, 2013).

A vegetação predominante é a Caatinga hiperxerófila, caracterizada por vegetais de porte variável arbóreo ou arbustivo e de caráter xerófilo, com grande quantidade de plantas espinhosas, cactáceas e bromeliáceas. Principais espécies: angico (*Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan.), aroeira (*Astronium fraxinifolium* Schott.), cardeiro (*Cereus fernambucensis* Lem.), catingueira (*Poincianella pyramidalis* Tul.), cipó-de-fogo (*Cissus erosa* Rich.), espinheiro-bravo (*Maclura tinctoria* L.), facheiro (*Pilosocereus pachycladus* Ritter.), faveleira (*Cnidoscolus quercifolius* Pohl.), juazeiro (*Ziziphus joazeiro* Martius.), jurema-branca (*Senegalia bahiensis* (Benth.) Bocage & L.P. Queiroz), jurema-preta (*Mimosa acutistipula* (Mart.) Benth.), marmeleiro (*Croton sonderianus* (Muell.) Arg.), palmatória-de-espinho (*Opuntia monacantha* (Willd.) Haw.), pereiro (*Aspidosperma cuspa* (Kunth) S.F. Blake.), pinhão-bravo (*Jatropha mollissima* (Pohl.) Baill.), quixabeira (*Sideroxylon obtusifolium* (Roem. & Schult.) T.D. Penn.), umari-bravo (*Calliandra spinosa* Ducke.), velame (*Croton campestris* A. St.-Hil.), xique-xique (*Pilosocereus gounellei* (A. Webber ex K. Schum.) Bly. Ex Rowl.), dentre outras.

3.2 Tratamentos e Delineamento Experimental

O trabalho utilizou o delineamento inteiramente casualizado, com fatorial de 4 x 2, em quatro sistemas de uso de solo no Perímetro Irrigado das Várzeas de Sousa – PB; sendo: sistema cultivado com coqueiro anão verde do jiqui (C), sistema cultivado com consórcio coqueiro anão verde do jiqui e bananeira nanica (CB), sistema em pousio (P) e sistema preservado – reserva legal (R) referência; onde foram coletadas amostras com quatro repetições em duas profundidades (0 a 15 cm e 15 a 30 cm), com quatro repetições (subáreas).

3.3 Caracterização das Áreas de Coleta

Os sistemas escolhidos para a realização das coletas de solo foram sistema cultivado com coqueiro anão verde do jiqui (C), sistema cultivado com consórcio coqueiro anão verde do jiqui e bananeira nanica (CB), sistema em pousio (P) e sistema preservado – reserva legal (R) referência (Tabela 1).

Tabela 1: Características das áreas com os diferentes sistemas de uso estudados.

Sistemas de uso	Símbolo	Histórico de uso
Coqueiro	C	Cultivo orgânico, implantação em Fevereiro de 2011, distribuição das plantas em triângulo com espaçamento 7 x 7m, com manejo da fertilidade, controle de plantas daninhas por meio de roço manual e mecânico, além de cobertura morta e vegetal, adubação verde, controle de pragas e doenças com uso de biofertilizantes, biofermentados e defensivos orgânicos
Coqueiro x Bananeira	CB	Cultivo orgânico, com quatro anos de implantação, distribuição das plantas em triângulo com espaçamento 7 x 7m com 4 bananeiras para um coqueiro, com manejo da fertilidade e controle de plantas daninhas por meio de roço manual e mecânico, cobertura morta e vegetal, adubação verde, além de controle de pragas e doenças com uso de biofertilizantes, biofermentados e defensivos orgânicos.
Pousio	P	Encontra se em repouso a dois anos, sendo mandioca a última cultura implantada.
Reserva Legal	R	Vegetação típica de Caatinga hiperxerófila, representada por vegetais de porte variável arbóreo ou arbustivo e de caráter xerófilo sem histórico de interferência humana em uso agrícola.

Para a realização da pesquisa foram selecionadas quatro áreas distintas (Figura 1), sendo: sistema cultivado com coqueiro anão verde do jiqui (A), sistema cultivado com consórcio coqueiro anão verde do jiqui e bananeira nanica (B), sistema em pousio (C) e sistema preservado – reserva legal (D) referência;.

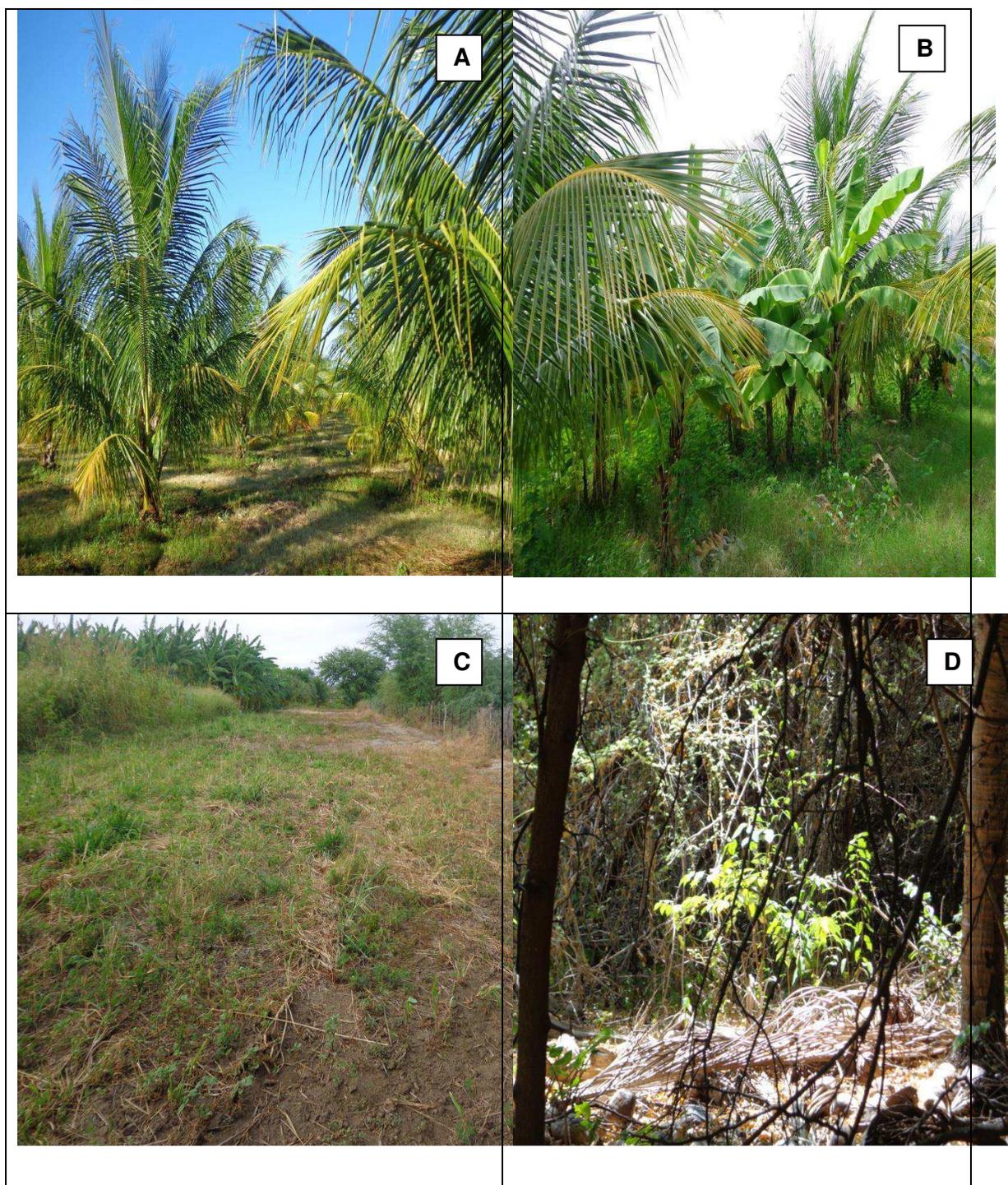


Figura 1- Visão geral das áreas de estudo na Estação Experimental de Aparecida: sistema cultivado com coqueiro anão verde do jiqui (A), sistema cultivado com consórcio coqueiro anão verde do jiqui e bananeira nanica (B), sistema em pousio (C) e sistema preservado – reserva legal (D) referência; Sousa-PB, 2017.

3.4 Caracterização da Coletas de Amostras de Solo

Na coleta das amostras cada sistema foi dividido em quatro subáreas em forma de retângulo, ou seja, quatro repetições, onde foram coletadas dez amostras simples de solo para obtenção de uma amostra composta, sendo quatro amostras compostas por sistemas, e duas profundidades, totalizando 32 amostras. Após coletadas, as amostras, foram devidamente identificadas, armazenadas no refrigerador do Laboratório de Solos e Nutrição de Plantas do Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar da Universidade Federal de Campina Grande (CCTA/UFCG). Em seguida, encaminharam-se as amostras biológicas ao Laboratório de Fitopatologia da Universidade Federal de Campina Grande, *Campus* de Pombal-PB.

3.5 Atributos químicos do solo

Para a avaliação dos atributos químicos do solo, após coletadas, as amostras foram levadas ao Laboratório de Solos e Nutrição de Plantas do CCTA/UFCG e posteriormente foram secas ao ar e passadas em peneira de 2 mm, para a determinação dos seguintes atributos: pH em água; a condutividade elétrica (CE) na relação solo água 1:5; teores de Ca^{+2} , Mg^{+2} , H^{+} + Al^{+3} , Na^{+} e K^{+} trocáveis, P disponível e os teores de carbono total, de acordo com metodologia proposta por EMBRAPA (1997).

Os teores de H^{+} + Al^{+3} foram estimados pelo método da solução tamponada acetato de cálcio $0,5 \text{ molL}^{-1}$ a pH 7,0 e os teores de Al^{+3} pelo método da titulação com NaOH (EMBRAPA, 1997). Os teores de Ca^{+2} e Mg^{+2} trocáveis foram obtidos por complexação com EDTA, enquanto os teores de Na^{+} e K^{+} foram determinados por fotometria de chamas. Os teores de P foram determinados colorimetricamente pelo método do azul do molibdênio (EMBRAPA, 1997).

De posse desses atributos, foram estimados os valores de capacidade de troca de cátions efetiva (CTC efetiva) e potencial (CTC potencial), soma de bases (SB) e saturação por bases (V). Com os teores de carbono orgânico total, determinado por oxidação a quente com dicromato de potássio e titulado com sulfato ferroso amoniacal segundo método modificado de Walkley e Black (MENDONÇA; MATOS, 2005), foram estimados os teores de matéria orgânica (M.O.) pela fórmula: $\text{M.O.} = \text{C orgânico} \times 1,724$.

3.6 Atributos físicos do solo

Para a avaliação dos atributos físicos, foram coletadas amostras também na camada de 0-15, eliminando-se os resíduos vegetais da superfície. E no Laboratório de Solos e Nutrição de Plantas do CCTA/ UFCEG foram avaliados os teores de areia, silte e argila; os teores de argila dispersa em água; o grau de floculação; a densidade de partículas. A análise granulométrica foi realizada pelo método do hidrômetro de Bouyoucos, utilizando o hidróxido de sódio como dispersante (DONAGEMA et al., 2011). A determinação da argila dispersa em água seguiu a mesma metodologia empregada na análise granulométrica, sem a presença do NaOH. O grau de floculação foi estimado pela fórmula: $(\text{Argila em NaOH} - \text{Argila em água} / \text{Argila em NaOH}) \times 100$.

3.7 Avaliações dos atributos biológicos e bioquímicos do solo

Os atributos biológicos e bioquímicos indicadores da qualidade do solo foram avaliados por meio da densidade de microrganismos totais, atividade microbiológica quantificada pela respiração edáfica e do carbono da biomassa microbiana do solo.

A densidade foi avaliada no Laboratório de Fitopatologia da CCTA/UFCEG, através da técnica do número mais provável (NMP), sendo que para a determinação do número mais provável (NMP) de bactérias, fungos, actinomicetos e solubilizadores de fosfato do solo foi utilizado o método do plaqueamento por gotas em câmara de fluxo, utilizando-se um esquema de diluição seriada de acordo com Wollum II (1982), após diluição de amostras de solo em solução salina a 85% estéril e inoculados em meios de cultura sólidos específicos, com 3 repetições por diluição e mantidos a 28°C em estufa de crescimento de microrganismos.

Os meios utilizados foram: ágar nutriente, para bactérias totais; meio Martin, para fungos totais (MARTIN, 1950); amido-caseína Agar, para actinomicetos totais conforme Wollum II (1982); e meio GES (Glicose – Extrato de solo e Sais de bases) para microrganismos solubilizadores de fosfato (SILVESTER-BRADLEY et al., 1982). Sendo avaliadas nas diluições de 10^{-3} a 10^{-7} , aos três dias para bactérias e aos quatorze dias para fungos, actinomicetos e microrganismos solubilizadores de fosfato.

A respiração microbiana do solo foi mensurada pela captura do C-CO₂ produzido no solo pelo NaOH em ambiente hermeticamente fechado (ALEF; NANNIPIERI, 1995; CURL; RODRIGUEZ-KABANA, 1972; STOTZKY, 1965). Em um recipiente plástico foi adicionado três frascos contendo 50 g de solo, 30 mL de solução

de NaOH 0,5 mol L⁻¹ para a captura do C-CO₂ e 30 mL de H₂O para manter a umidade constante. O recipiente foi fechado e mantido no escuro por 48 horas a temperatura ambiente. Após o período de incubação, foi pipetado 10 mL de solução de NaOH 0,5 mol L⁻¹ para um erlenmeyer de 125 mL, onde foi adicionado 10 mL de solução de BaCl₂ 0,005 mol L⁻¹ e três gotas de fenolftaleína 1%.

A titulação foi realizada imediatamente após a adição do indicador com solução de HCl 0,25 mol L⁻¹. Esse procedimento foi realizado para todas as amostras de solo e mais seis amostras em branco. Para cada amostra foram realizadas duas repetições analíticas. O cálculo para obtenção dos valores de C-CO₂ foi feito de acordo com a fórmula:

$$\text{C-CO}_2 \text{ (mg)} = (\text{B-V}) \times \text{M} \times 6 \times (v^1/v_2) \text{ em que:}$$

B= volume do HCl no branco (mL)

V= volume de HCl gasto na amostra (mL)

M= concentração real do HCl (mol L⁻¹)

6= massa atômica do carbono(12) dividido pelo numero de mols de CO₂ que reagem com o NaCl (2)

v1= volume total de NaOH usado na captura do CO₂ (mL)

v2= volume de NaOH usado na titulação (mL)

O carbono da biomassa foi avaliado empregando-se o método da irradiação/extração, o qual apresenta como princípio básico a eliminação de microrganismos pela irradiação eletromagnética de forno de micro-ondas (FERREIRA et al., 1999; ISLAM; WEIL, 1998; BROOKES et al., 1982). Cada amostra de solo foi subdividida em amostras irradiadas e não irradiadas.

Para obtenção das amostras foi pesado em placa de Petri 20 g de solo para irradiação e 20 g em erlenmeyer onde não houve o uso de irradiação. As amostras foram submetidas à irradiação em micro-ondas de acordo com o tempo calculado.

Após a irradiação as amostras foram transferidas para erlenmeyers, sendo identificadas de acordo com o procedimento. Identificou os erlenmeyers e foi adicionado 80 mL da solução extratora K₂SO₄. As amostras foram agitadas por 30 minutos em agitador horizontal a 150 rpm. Em seguida as amostras foram mantidas por 30 minutos em repouso e filtradas em recipientes com o auxílio de papel filtro quantitativo.

A determinação do carbono presente nos extratos foi realizada pipetando-se 10 mL do extrato filtrado para um erlenmeyer de 125 mL, onde foi adicionado 2 mL da solução de K₂Cr₂O₇ 0,066 mol L⁻¹. Foi adicionado 10 mL de H₂SO₄, onde esperou-se a queda da temperatura. Posteriormente, adicionou-se 50 mL de água destilada. Para a

titulação adicionou-se três gotas do ferroin como indicador e sulfato ferroso amoniacal $0,03 \text{ mol L}^{-1}$. Esse procedimento foi realizado para todas as amostras de solo e mais seis amostras em branco, sendo três contendo o K_2SO_4 e três sem o K_2SO_4 . Após a obtenção dos valores de carbono presente na biomassa microbiana, estes foram submetidos a seguinte formula:

$$\text{Cmic} = (\text{Ci} - \text{Cni}) / \text{Kc} \text{ em que:}$$

Ci= amostra irradiada

Cni = amostra não irradiada,

Kc= 0,33 , para o método de irradiação extração de CBM

3.8 Análises estatísticas

A densidade foi avaliada através da técnica do número mais provável (NMP) utilizando o programa “Most Probable Number Estimate” (MPNES) (WOOMER et al., 1994). Os dados obtidos nos diferentes tratamentos foram submetidos a uma análise exploratória, com o intuito de verificar se os mesmos atendem aos pressupostos da análise de variância. Todos os dados foram submetidos a teste de normalidade pelo teste Shapiro-Wilk.

Em seguidas os dados foram submetidos à análise da variância aplicando-se o teste F a 5 % de probabilidade, havendo efeito significativo, as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade. A estatística foi realizada com o auxílio do sistema de análise estatística SISVAR, versão 5.6 (FERREIRA, 2011).

Realizou a análise multivariada de componentes principais com 23 variáveis, sendo oito atributos químicos (pH, P, K, Na, Ca, Mg, matéria orgânica e PST), seis atributos físicos (argila, areia, silte, densidade do solo e de partículas, porosidade total e porosidade), e cinco biológicos (carbono da biomassa, respiração, coeficiente metabólico e microbiano, estoque de carbono), quatro microrganismos (bactérias, fungos, actinomicetos e solubilizadores) empregando o sistema de análise estatística PAST (HAMMER et al., 2001).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As áreas apresentaram de maneira geral algumas diferenças quanto aos atributos químicos do solo e ausência de elementos tóxicos (Tabela 2). Esse padrão pode ser decorrente das áreas serem utilizadas com o cultivo da fruticultura orgânica, visto que são utilizados biofertilizantes, biofermentados e defensivos orgânicos periodicamente.

Tabela 2. Atributos químicos do solo nos sistemas de uso: sistema cultivado com coqueiro anão verde do jiqui (C), sistema cultivado com consórcio coqueiro anão verde do jiqui e bananeira nanica (CB), sistema em pousio (P) e sistema preservado – reserva legal (R) referência, nas profundidades (0 a 15 cm e 15 a 30 cm) nas Várzeas de Sousa-PB, 2016.

	C		CB		P		R	
	0 -15	15 -30	0 -15	15 -30	0 -15	15 -30	0 -15	15 -30
pH	7,95 Ba	7,95 Ba	7,75 Ba	7,6 Ba	8,25 Aa	7,85 Bb	7,4 Ba	7,4 Ba
P mg dm ⁻³	257,5 Ba	187,5 Ba	546,5 Aa	347,5 Bb	206,0 Ba	134,5 Cb	209,5 Ba	211 Ba
K ⁺ cmolc dm ⁻³	1,03 Aa	0,61 Bb	1,10 Aa	0,79 Bb	0,62 Ba	0,39 Cb	0,85 Ba	0,66 Ba
Na ⁺ cmolc dm ⁻³	0,63 Ba	0,59 Ba	0,63 Ba	0,54 Ba	3,42 Aa	1,17 Bb	0,18 Ca	0,24 Ca
Ca ⁺² cmolc dm ⁻³	15,7 Aa	13,4 Bb	16 Aa	12,4 Bb	14,1 Ba	13,3 Ba	12,7 Ba	13,7 Ba
Mg ⁺² cmolc dm ⁻³	3,5 Aa	3,1 Aa	2,9 Aa	2,6 Aa	2,2 Aa	2,5 Aa	2,2 Aa	1,9 Aa
Al ⁺³ cmolc dm ⁻³	0 Aa							
H ⁺ + Al ⁺³ cmolc dm ⁻³	0 Aa							
SB cmolc dm ⁻³	20,85 Aa	17,7 Ba	20,65 Aa	16,35 Bb	20,35 Aa	17,35 Bb	15,95 Ba	16,55 Ba
CTC cmolc dm ⁻³	20,85 Aa	17,7 Ba	20,65 Aa	16,35 Bb	20,35 Aa	17,35 Bb	15,95 Ba	16,55 Ba
V %	100 Aa							
MO g kg ⁻¹	30,98 Ba	24,39 Cb	37,18 Aa	30,28 Bb	29,99 Ba	29,58 Ba	29,19 Ba	30,58 Ba
PST %	3 Ba	3 Ba	3 Ba	3,5 Ba	17 Aa	7 Bb	1Ba	1,5 Ba

P, K⁺ e Na⁺: Extrator Mehlich-1; H⁺+Al⁺³: Extrator acetato de Ca⁺² 0,5 mol L⁻¹ pH 7; Al⁺³, Ca⁺², Mg⁺²: Extrator KCl 1,0 mol L⁻¹. *Para cada atributo médias em letras maiúsculas seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste de scott-knott ao nível de 5% de significância dentro de cada sistemas e letras minúsculas dentro de profundidade.

Sendo assim, foram observadas alterações na qualidade química do solo no sistema cultivado com coqueiro e bananeira e adubadas com fontes orgânicas. Isso ocorreu possivelmente pelo solo da área possuir naturalmente elevados teores de nutrientes em função do histórico da área, que vem a muitos anos sendo cultivada e adubada regularmente com doses elevadas de adubos orgânicos. Resultado semelhante foi encontrado por Campos (2011), onde não se verificaram variações significativas entre os atributos químicos, indicadores da qualidade do solo sob diferentes sistemas de manejo e uso.

Todas as áreas apresentaram pH acima de 7,0, com destaque para área P, onde quantificou valor de 8,25 na profundidade 0 – 15 cm, apresentando dessa forma baixa alcalinidade. Em razão dos altos valores de pH, não se verificou a presença de Al^{3+} nas áreas avaliadas.

O fósforo do solo é especialmente afetado pela variação do pH, este elemento tem a sua maior solubilidade confinada a um pH em torno de 5,5- 6,0. À medida que o pH vai atingindo valores menores que 5,0, o fósforo vai se insolubilizando na forma de fosfatos de ferro e de alumínio, no processo conhecido como adsorção específica (MALAVOLTA, 1976).

Em pH muito elevado, igual ou maior que 7,0 como foi o caso deste trabalho, há formação de fosfatos cálcicos [$CaHPO_4$ e $Ca_3(PO_4)_2$], insolúveis. Carneiro et al. (2009) obtiveram resultados semelhantes aos anteriormente discutidos, em Latossolo e Neossolo, onde avaliou os atributos do solo sob diferentes sistemas de uso e manejo.

Os valores de P foram considerados altos em todas as áreas dos sistemas estudados, havendo diferença dos valores entre as áreas. Sendo o maior valor encontrado para CB na profundidade de 0 – 15 cm e o menor valor no P na profundidade 15 – 30 cm. O mesmo foi observado para o potássio que apresentou diferenças nas áreas de estudo onde a maior média foi obtida para CB, na profundidade 0 – 15 cm e o menor valor na área P na profundidade 15 – 30 cm. As plantas exigem grande quantidade de potássio, perdendo apenas para o nitrogênio.

Os teores de magnésio do solo estudado variaram de 1,9 na área R na profundidade de 15 – 30 cm à 3,5 na área C na profundidade 0 – 15 cm. Os teores de Ca^{2+} no solo foram maiores do que os de Mg^{2+} . Isso era esperado visto que o Ca^{2+} é mais fortemente retido na matriz coloidal do solo do que o Mg^{2+} , fato comprovado em trabalho realizado por Quaggio (2000).

Segundo Ribeiro et al. (1999), valores de soma de bases (SB) menores que 0,6 $cmol_c\ dm^{-3}$ e valores de V menores que 20 % são considerados muito baixos. Neste trabalho foram encontrados valores de SB considerados muito alto.

A maior média para o atributo MO foi obtida na área CB na profundidade 0 – 15 cm e a menor média foi na área C na profundidade de 15 – 30 cm. A matéria orgânica do solo possui importante contribuição na fertilidade química e física do solo. O alto teor de matéria orgânica pode explicar os teores altos de fósforo, adição de materiais ricos neste elemento e a decomposição da serrapileira. Principalmente em um solo franco arenoso, ou seja um solo de textura média com maior predominância da areia, como o da área em estudo.

Nos atributos químicos, sua influência é principalmente devido a sua elevada área superficial específica e também a sua elevada densidade de cargas, influenciando a capacidade de troca de cátions (CTC) do solo, complexação de metais e seu efeito tampão do pH do solo, bem como, na disponibilização de nutrientes por sua mineralização (SILVA; MENDONÇA, 2007).

A CTC, que está diretamente relacionada ao teor de MO, foi maior na área C na profundidade 0 – 15 cm. Segundo Longo et al. (2005), as diferenças na fertilidade entre solos das áreas degradadas sob recuperação se devem aos tipos de cobertura vegetal implantados, às características do solo e substrato em cada área e à calagem e adubação de cobertura aplicados anualmente no solo.

Ao serem analisadas os análise dos atributos pH, P, K⁺, Na⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, MO e PST em conjunto procedeu-se a análise de componentes principais (Figura 2). O primeiro componente explicou 56,40% da correlação dos atributos químicos do solo sob os sistemas de usos avaliados, na profundidade de 0 a 15cm e 50,67%, na profundidade 15 a 30cm. O segundo componente, na profundidade de 0 a 15 cm explicou apenas 31,02 % da correlação dos atributos químicos do solo, e na profundidade de 15 a 30 cm, 27, 48 %.

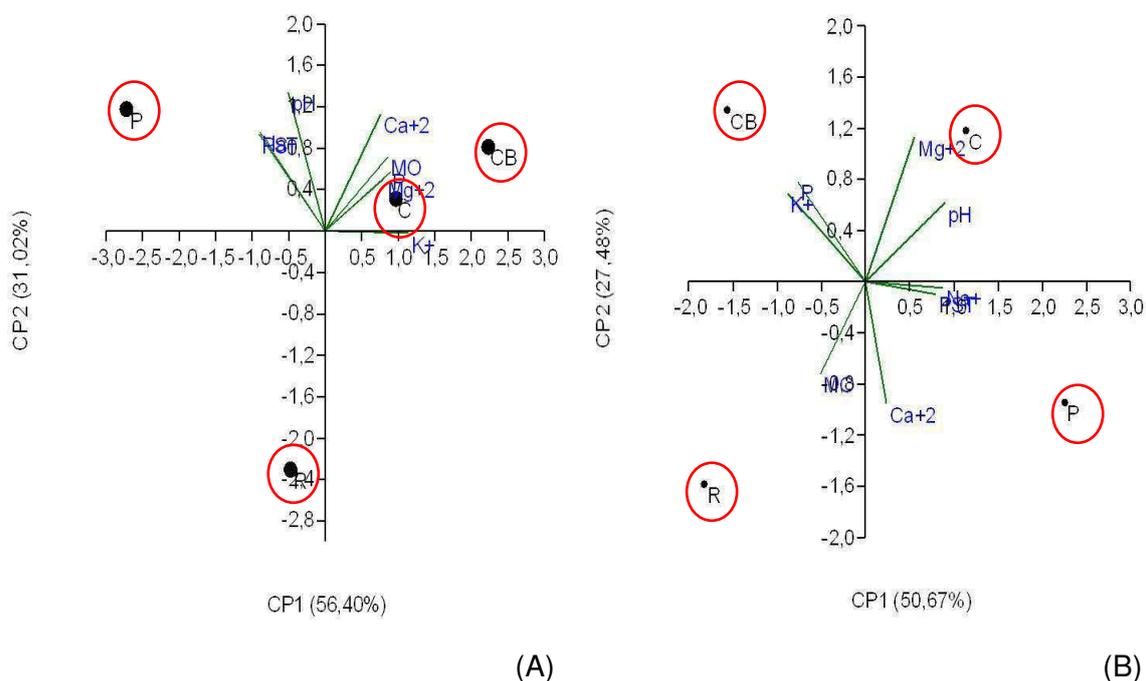


Figura 2 - Componentes principais dos atributos químicos indicadores da qualidade de solo, nos sistemas de uso: coqueiro com bananeira (CB), sistema cultivado apenas com coqueiro (C), sistema de pousio (P) e área de reserva legal (RL). Profundidades de 0 a 15 cm (A) e 15 a 30 cm (B), nas Várzeas de Sousa-PB, 2017.

Os atributos se correlacionaram positivamente na profundidade de 0 a 15cm, já na profundidade 15 a 30 os atributos que correlacionaram positivamente foram pH, K⁺, P, MO e Mg²⁺, e negativamente foi PST, Na⁺, Ca²⁺, onde coeficientes de

autovetores de mesmo sinal indicam correlação positiva e sinal diferente indica correlação negativa (MORRISON, 2003).

As maiores correlações podem ser observadas para MO, P, Ca²⁺ e Mg²⁺ para os sistemas C e CB, e pH e PST para P, o que separou totalmente do sistema de R, na profundidade de 0 a 15cm. No caso da profundidade de 15 a 30, a MO que separou o sistema de reserva legal dos demais, e isso deve-se ao fato de que o teor de carbono orgânico do solo é considerada um indicador chave da qualidade do solo pois seu teor é muito sensível em relação as práticas de manejo, principalmente na região tropical, onde nos primeiros anos de cultivo, mais de 50 % da matéria orgânica previamente acumulada é perdida por diversos processos, entre esses a decomposição microbiana e a erosão.

Outra possível explicação é que a maioria dos atributos do solo relacionado às suas funções básicas tem estreita relação com a MO, tais como: a estabilidade dos agregados, a estrutura, infiltração e retenção de água, atividade biológica, CTC, disponibilidade de nutrientes para as plantas, lixiviação de nutrientes, liberação e CO₂ e outros gases.

Os teores mais elevados de fósforo que foram obtidos e que separou o sistema de CB e R dos demais, fato também observado por Martins et al. (2010) em área sob vegetação de Caatinga arbustiva arbórea moderadamente degradada. Isso se deve, provavelmente, a possíveis perdas deste elemento por processo erosivo e, ou, devido ao processo de absorção e assimilação desse nutriente pela vegetação herbácea durante o período chuvoso, diminuído seus teores disponíveis nesta época.

Destaca-se que em todas as áreas avaliadas, os teores de bases trocáveis, encontram em níveis compatíveis com os normalmente observados nas classes de solos dos ambientes estudados (CORRÊIA et al., 2009). Já os teores de matéria orgânica, estão em níveis altos nos sistemas manejados, e níveis médios na área de referência, como uma consequência da baixa produção vegetal das espécies nativas da caatinga (FRAGA; SALCEDO, 2004).

Os atributos físicos indicadores da qualidade do solo nas quatro áreas estudadas apresentaram diferenças significativas nas frações granulométricas do solo, já para densidade do solo e de partículas e porosidade, não foram observadas diferenças, e não houve alterações na qualidade física do solo em profundidade (Tabela 3). Uma possível explicação para isso é que as características físicas do solo, DS, DP foram influenciadas pelo manejo orgânico, ou seja, incorporação da adubação orgânica. A estrutura é o principal atributo físico do solo afetado pela presença de MO, que pode ser modificado pelo sistema de manejo.

Tabela 3 Atributos físicos do solo nos sistemas de uso: sistema cultivado com coqueiro anão verde do jiqui (C), sistema cultivado com consórcio coqueiro anão verde do jiqui e bananeira nanica (CB), sistema em pousio (P) e sistema preservado – reserva legal (R) referência, nas profundidades (0 a 15 cm e 15 a 30 cm) nas Várzeas de Sousa-PB, 2016.

	C		CB		P		R	
	0 -15	15 -30	0 -15	15 -30	0 -15	15 -30	0 -15	15 -30
AREIA	374,67 Ba	383,11 Ba	446,59 Aa	441,70 Aa	387,50 Ba	384,58 Ba	403,41 Ba	367,53 Ba
ARGILA	349,05 Aa	355,09 Aa	327,73 Ba	325,48 Ba	360,52 Aa	354,11 Aa	385,24 Aa	389,03 Aa
SILTE	276,28 Aa	261,79 Aa	225,68 Ba	232,82 Ba	251,98 Aa	261,31 Aa	211,36 Bb	243,44 Aa
Ds	1,24 Ab	1,27 Aa	1,21 Aa	1,22 Aa	1,27 Aa	1,28 Aa	1,27 Aa	1,28 Aa
Dp	2,47 Ab	2,50 Aa	2,46 Aa	2,46 Aa	2,44 Aa	2,45 Aa	2,41 Ab	2,49 Aa
Porosidade	0,50 Aa	0,49 Aa	0,51 Aa	0,50 Aa	0,48 Aa	0,48 Aa	0,47 Aa	0,49 Aa

*Para cada atributo médias em letras maiúsculas seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste de scott-knott ao nível de 5% de significância dentro de cada sistemas e letras minúsculas dentro de profundidade.

Os maiores teores de areia foram verificados no CB em ambas profundidades, que por sua vez apresenta os menores teores de silte e argila em ambas profundidades. Em relação aos atributos físicos Nóbrega (2013), também encontrou teores de areia elevados.

A densidade do solo das áreas avaliadas atingiu valores entre 1,21 e 1,28 Mg m⁻³, não sofreu alteração significativa, não apresentando valores elevados e não representa restrição ao desenvolvimento do sistema radicular das culturas. A restrição ocorre para culturas comerciais, quando a densidade fica acima de 1,45 Mg m⁻³ em solos argilosos e 1,65 Mg m⁻³ em solos arenosos (Reinert e Reichert, 2001).

A densidade pode avaliar o grau de compactação do solo. Aumento na densidade do solo significa um solo compactado. Nos solos compactados há uma resistência do mesmo à penetração do sistema radicular, que encontra dificuldades para se desenvolver. Os solos compactados criam problemas na absorção de fósforo (P) e zinco (Zn), mostram maior nos solos argilosos, e o processo de respiração das raízes pode ser dificultado, que não é o caso dos sistemas em estudo.

A textura mais arenosa dos solos é a responsável pela elevada densidade das partículas observada nas quatro áreas de estudo, o que está possivelmente associado ao material de origem desses solos, em geral, com elevada proporção de quartzo e feldspatos na sua composição, aliado ao seu baixo grau de intemperização e aos baixos teores de matéria orgânica, normalmente observados nestas classes de solos (MENEZES et al., 2002; CORRÊA et al., 2003; SALCEDO; SAMPAIO, 2008).

A densidade de partículas (D_p) é um atributo inerente ao solo; a variação dessa ocorre em razão da mineralogia e do teor de matéria orgânica. Solos minerais comumente encontrados no Brasil apresentam D_p com média de 2,65 Mg m⁻³, refletindo a presença dominante de quartzo, feldspatos e silicatos (Ferreira, 2010). Contudo nesse estudo, independente da área foram encontrados valores de D_p dentro dessa média, entre 2,41 e 2,50 Mg m⁻³, sendo o menor valor na área R na profundidade 0 - 15 cm.

Assim, a porosidade total do solo, estimada a partir de ambas variáveis, também não apresentou alterações significativas. A porosidade total do solo é responsável pelo armazenamento e transporte da água e do ar no solo.

A análise de componentes principais para os atributos físicos foram constituídos pela análise dos atributos Areia, Silte, Argila, D_s , D_p e porosidade. (Figura 3). O primeiro componente explicou 64,94% da correlação na profundidade de 0 a 15cm e 88,46 % na profundidade 15 a 30cm. O segundo componente, na profundidade de 0 a 15 cm explicou 35,60 % da covariância dos atributos químicos do solo, e na profundidade de 15 a 30 cm, 11,54 %.

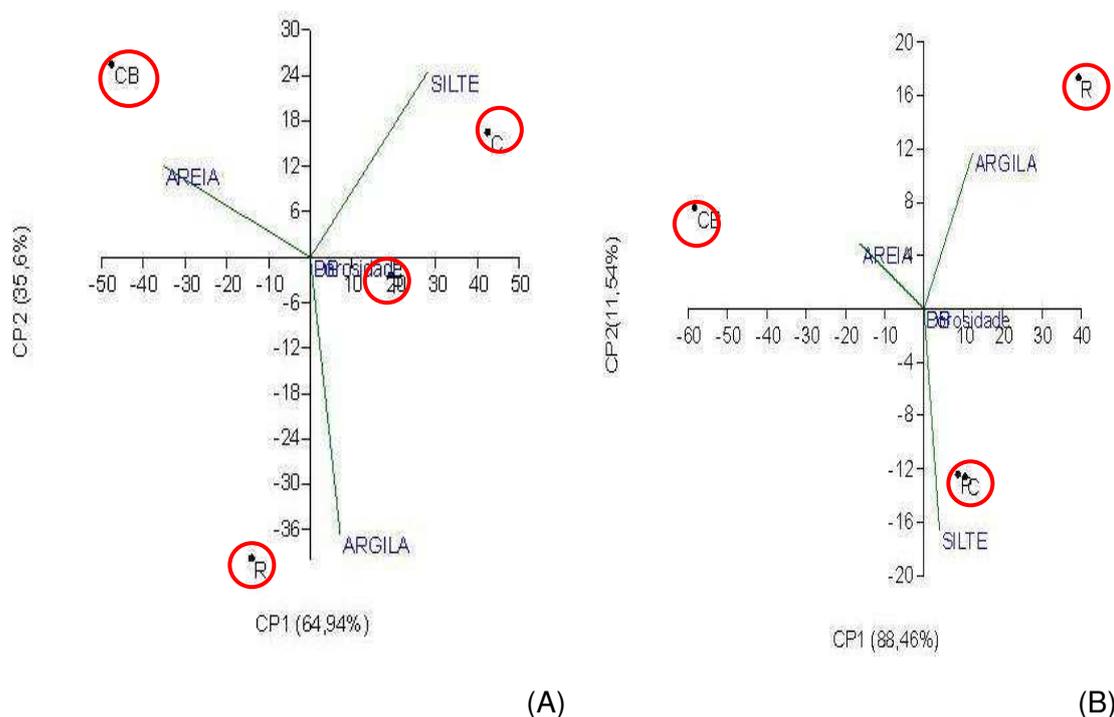


Figura 3 - Componentes principais dos atributos físicos indicadores da qualidade de solo, nos sistemas de uso: coqueiro com bananeira (CB), sistema cultivado apenas com coqueiro (C), sistema de pousio (P) e área de reserva legal (RL). Profundidades de 0 a 15 cm (A) e 15 a 30 cm (B), nas Várzeas de Sousa-PB, 2017.

Os valores de C-BMS dos sistemas em estudo diferiram entre si, o maior valor encontrado foi na área CB na profundidade de 0 – 15 cm, isso indica que houve uma

maior atividade dos microrganismos nessa área, sob melhores condições para a atividade microbiana e o menor valor foi na área R na profundidade de 15 – 30 cm. Nas áreas C e P não houve diferença entre as profundidades (Tabela 3).

Tabela 3. Atributos biológicos do solo nos sistemas de uso: sistema cultivado com coqueiro anão verde do jiqui (C), sistema cultivado com consórcio coqueiro anão verde do jiqui e bananeira nanica (CB), sistema em pousio (P) e sistema preservado – reserva legal (R) referência, nas profundidades (0 a 15 cm e 15 a 30 cm) nas Várzeas de Sousa-PB, 2016.

	C		CB		P		R	
	0-15	15-30	0-15	15-30	0-15	15-30	0-15	15-30
Respiração (mg C-CO ₂ .100 cm ³ solo)	173,25 Aa	106,87 Bb	164,25 Aa	130,5 Bb	171,75 Aa	167,25 Aa	156,75 Aa	132,75 Bb
C – biomassa (mg C. kg ⁻¹ solo)	467,39 Ba	379,64 Ba	581,82 Aa	245,45 Cb	385,45 Ba	366,55 Ba	403,27 Ba	120,29 Db
qCO ₂ (mgC-CO ₂ .mg C-biom ⁻¹)	0,37 Ba	0,28 Ba	0,28 Ba	0,53 Ba	0,45 Ba	0,46 Ba	0,39 Bb	1,1 Aa
Estoque de C (kg ha ⁻¹)	66,58 Ba	52,97 Cb	79,73 Aa	64,91	63,56 Ba	63,05 Ba	61,35 Ba	66,28 Ba
qMIC (%)	2,6 Aa	2,68 Aa	2,7 Aa	1,4 Bb	2,22 Aa	2,14 Aa	2,38 Aa	0,68 Cb

*Para cada atributo médias em letras maiúsculas seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste de scott-knott ao nível de 5% de significância dentro de cada sistemas e letras minúsculas dentro de profundidade.

O maior valor para respiração edáfica foi registrado na área C na profundidade de 0 – 15, seguido da área P na mesma profundidade, indicando maior atividade biológica. O menor valor foi para a área C, na profundidade de 15 - 30 cm. As respirações edáficas divergiram nas áreas em estudo, com exceção da área P em ambas profundidades.

É importante observar, contudo, que uma elevada respiração basal pode sugerir a presença de agentes estressantes, motivo pelo qual é sempre importante considerar a respiração basal em relação á biomassa microbiana, que é o quociente metabólico (qCO₂). Observou que houve diferenças entre a R e as áreas e entre as profundidades, que apresentou o menor valor na profundidade 0 – 15 cm e o maior valor na profundidade 15 – 30 cm. Maiores valores de qCO₂ indicam perdas de C no sistema na forma de CO₂ por unidade de C microbiano (Melloni et al., 2008).

Segundo Martins et al. (2010), aumento nos valores de qCO₂ estão relacionados á resposta a mineralização da biomassa microbiana. Dessa forma,

observa-se que o padrão de resposta á mineralização da área R na profundidade de 15 – 30 cm é maior.

Quanto ao quociente microbiano (qMIC) o maior valor observado foi na área CB na profundidade 0 – 15 cm. Os valores nas áreas C e P em ambas profundidades não divergiram em ambas profundidades.

No entanto, na área R na profundidade 15 - 30 observou-se o menor qMIC. Em geral um baixo quociente metabólico indica economia na utilização de energia e supostamente reflete um ambiente mais estável ou mais próximo do seu estado de equilíbrio; ao contrário, valores elevados são indicativos de ecossistemas submetidos a alguma condição de estresse ou de distúrbio. Frequentemente, solos com alto quociente metabólico são denominados por organismos colonizadores de crescimento rápido (SAKAMOTO; OBO, 1994).

Alvarenga et al. (1999) obtiveram valores de qMIC que variaram de 3,08 % no Cerrado até 1,34 % em pasto nativo, estando de acordo com a percentagem proposta por Jenkinson e Ladd (1981), que consideram normal que 1 a 4 % do C total do solo corresponda ao componente microbiano.

Os estoques de carbono nas áreas P e R em ambas profundidades não diferiram, enquanto que nas áreas C e CB diferiram em ambas profundidades. sendo os maiores valores encontrados na área CB e C, na profundidade 0 – 15 respectivamente.

Para a densidade dos microrganismos bactérias, fungos, actinomicetos, solubilizadores de fosfato, nas profundidades de 0-15 cm e de 15-30 cm, não houve diferenças entre as profundidades em todos os sistemas (Tabela4).

Tabela 4. Microrganismos do solo nos sistemas de uso: sistema cultivado com coqueiro anão verde do jiqui (C), sistema cultivado com consórcio coqueiro anão verde do jiqui e bananeira nanica (CB), sistema em pousio (P) e sistema preservado – reserva legal (R) referência, nas profundidades (0 a 15 cm e 15 a 30 cm) nas Várzeas de Sousa-PB, 2016.

	C		CB		P		R	
	0-15	15-30	0-15	15-30	0-15	15-30	0-15	15-30
Bactérias Log ₁₀ NMP de células g solo ⁻¹	4,56 Aa	4,56 Aa	3,74 Ba	3,51 Ba	4,41 Aa	4,42 Aa	3,65 Ba	3,56 Ba
Fungos Log ₁₀ NMP de células g solo ⁻¹	2,89 Ba	2,64 Ba	3,14 Ba	3,32 Ba	4,07 Aa	3,86 Aa	3,57 Ba	3,63 Ba
Actinomicetos Log ₁₀ NMP de células g solo ⁻¹	4,26 Ba	4,23 Ba	4,51 Bb	4,86 Aa	4,10 Ba	4,16 Ba	4,27 Ba	4,39 Ba
Solubilizadores Log ₁₀ NMP de células g solo ⁻¹	3,34 Aa	2,89 Bb	3,34 Aa	3,6 Aa	2,55 Ba	2,82 Ba	2,07 Ca	1,89 Ca

*Para cada atributo médias em letras maiúsculas seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste de scott-knott ao nível de 5% de significância dentro de cada sistemas e letras minúsculas dentro de profundidade.

Entre os sistemas de uso estudados houve maior incidência de bactérias e actinomicetos, seguidos pelos fungos e em menores valores os solubilizadores de fosfato. Os valores de Log_{10} NMP de células de bactérias totais por grama de solo, para profundidades de 0 a 15 cm, variaram de 3,65 a 4,56, enquanto que, na profundidade de 15 a 30 cm, este variou de 3,51 a 4,56. Os maiores valores foram obtidos para área C e P respectivamente, enquanto que o menor valor ocorreu na área C na profundidade 15 – 30 cm.

Para fungos totais, os valores de Log_{10} NMP de células por grama de solo, para profundidades de 0 a 15 centímetros variaram de 2,89 a 4,07, enquanto que na profundidade de 15 a 30 cm este variou de 2,64 a 3,86. Os maiores valores foram obtidos para área P na profundidade 0 – 15 cm e 15 – 30 respectivamente, e os menores ocorreram para área C na profundidade 15 – 30cm e 0 – 15 respectivamente.

Os valores de NMP de actinomicetos, variaram de 4,10 a 4,51 células por grama de solo nas profundidades de 0-15 cm, enquanto que na profundidade de 15 - 30 cm foi de 4,16 a 4,86 células por grama de solo. Os maiores valores foram obtidos para área CB na profundidade 15 – 30 cm e 0 – 15 cm respectivamente, e os menores ocorreram para área P na profundidade 15 – 30 cm e 0 – 15 cm, respectivamente.

Quanto aos solubilizadores de fosfato, os valores de NMP encontrados foram de 2,07 a 3,34 de 0 a 15 cm, enquanto que de 15 a 30 cm os valores variaram de 1,89 a 3,6, sendo que o maior valor foi na área CB na profundidade 15 – 30 cm e o menor valor obtido foi na área R na profundidade 15 – 30 cm.

O primeiro componente para os atributos biológicos explicou 61,94% da correlação do solo sob os sistemas de usos avaliados, na profundidade de 0 a 15cm e 55,97%, na profundidade 15 a 30cm. O segundo componente, na profundidade de 0 a 15 cm explicou apenas 21,53 % da correlação, e na profundidade de 15 a 30 cm, 27, 73 %. E estes componentes foram constituídos pela análise dos atributos biológicos, carbono da biomassa, respiração, coeficiente metabólico e microbiano, estoque de carbono, e dos grupos de microrganismos, bactérias, fungos, actinomicetos e solubilizadores.

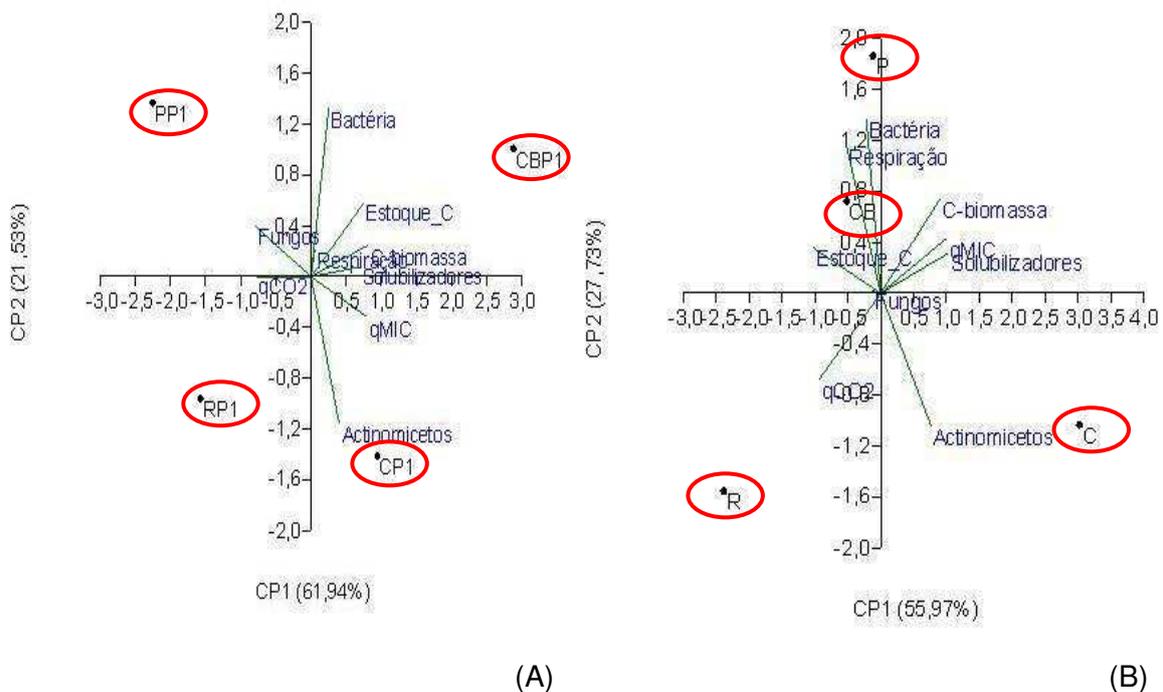


Figura 2 - Componentes principais dos atributos biológicos indicadores da qualidade de solo, nos sistemas de uso: coqueiro com bananeira (CB), sistema cultivado apenas com coqueiro (C), sistema de pousio (P) e área de reserva legal (RL). Profundidades de 0 a 15 cm (A) e 15 a 30 cm (B), nas Várzeas de Sousa-PB, 2017.

Pode-se notar a separação dos sistemas de uso coqueiro com bananeira (CB), coqueiro (C), um sistema de pousio (P) e a área de Reserva Legal que serviu como referência (RL) e por meio da densidade dos grupos de microrganismos, respiração e o carbono da biomassa microbiana. Para a profundidade de 0 a 15, a separação dos sistemas CB, C e P em relação a RL, se deve principalmente pela presença de Bactéria, Respiração e solubilizadores. Já para a profundidade de 15 a 30, a presença de bactérias separou o sistema de uso coqueiro dos demais e fungos e respiração separou a reserva legal.

A análise de componentes principais possibilitou a visualização conjunta de todos os atributos (químicos, físicos e biológicos). O componente principal 1 para a profundidade de 0 a 15 cm conseguiu explicar 58,24% dos dados e para a profundidade de 15 a 30 cm 24,09%, e o segundo componente explicou 67,82% e 29,42% (Figuras 6 e 7).

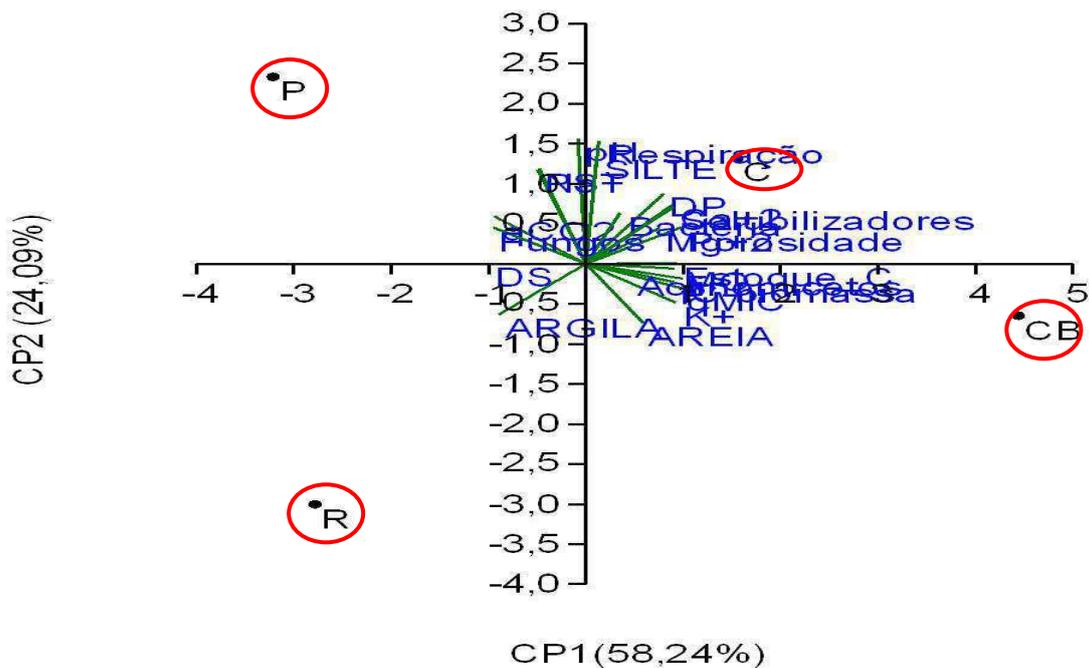


Figura 6 - Componentes principais dos atributos químicos, físicos e biológicos indicadores da qualidade de solo, nos sistemas de uso: coqueiro com bananeira (CB), sistema cultivado apenas com coqueiro (C), sistema de pousio (P) e área de reserva legal (RL). Profundidade de 0 a 15 cm, nas Várzeas de Sousa-PB, 2017.

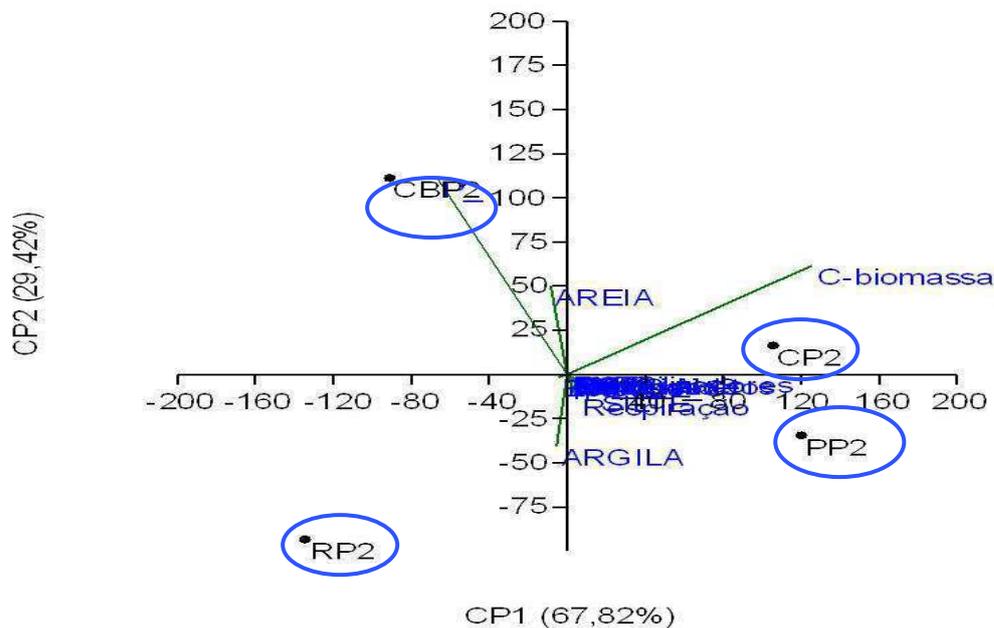


Figura 7 - Componentes principais dos atributos químicos, físicos e biológicos indicadores da qualidade de solo nos sistemas de uso: coqueiro com bananeira (CB), sistema cultivado apenas com coqueiro (C), sistema de pousio (P) e área de reserva legal (RL). Profundidade de 15 a 30 cm, nas Várzeas de Sousa-PB, 2017.

Pode-se notar a separação dos sistemas de uso coqueiro com bananeira (CB), coqueiro (C), do sistema de pousio (P) e a área de Reserva Legal que serviu como referência (R) e por meio de todos os atributos. Para a profundidade de 0 a 15, a

separação dos sistemas CB dos sistemas C e P, e em relação a R, se deve, principalmente pelo silte, carbono da biomassa microbiana, respiração, fósforo (P), argila e areia. Já para a profundidade de 15 a 30, a quantidade de areia e argila separou o sistema de uso coqueiro com bananeira dos demais e carbono da biomassa microbiana separou os sistemas coqueiro e pousio e a reserva legal permaneceu separada devido a todos os atributos.

Provavelmente isso ocorreu devido ao acúmulo de matéria orgânica que se encontra nos sistemas. Além de estimular os microrganismos e ser fonte de energia e nutrientes, a matéria orgânica também atua protegendo e mantendo as enzimas do solo em suas formas ativas, pela formação de complexos enzima-compostos húmicos (DENG; TABATABAI, 1997; CARNEIRO et al.; 2004). Souto et al. (2008) também não observaram diferença na distribuição da população de fungos e bactérias no solo, nas profundidades de 0–5 e 5–10 cm estudados no sertão paraibano.

Melloni et al. (2008), estudando a qualidade de solos sob diferentes coberturas florestais e de pastagens no sul de Minas Gerais, através de análise de componentes principais dos atributos químicos, físicos e biológicos, semelhantes aos estudados neste trabalho, afirmaram que com o MO e a maioria dos atributos biológicos mostrou-se eficiente na discriminação dos diferentes ecossistemas sendo, portanto recomendados em estudos da qualidade ambiental.

Lourente et al., (2011) avaliando o efeito do uso e manejo de solo sobre seus atributos químicos, físicos e microbiológicos em duas estações do ano, inverno de 2007 e verão de 2008, no Município de Dourados (MS), em Latossolo Vermelho distroférico típico, concluíram que a substituição da vegetação nativa por sistemas de cultivo pode causar importantes alterações nos atributos químicos do solo, já no primeiro ano de implantação, e que os atributos microbiológicos foram eficientes indicadores de alterações nos atributos físicos, em função do manejo e uso do solo.

No trabalho de Carneiro et al., (2009), adotando os manejos: cerrado nativo, pastagem, milho em preparo convencional, nabo forrageiro em plantio direto e sorgo em plantio direto, em um solo Latossolo Vermelho distrófico e cerrado nativo, pastagem nativa, integração agricultura-pecuária, pastagem cultivada, plantio direto com soja no verão e plantio direto com milho no verão, em um Neossolo; observaram que os manejos adotados promoveram alterações nos atributos químicos e físicos nos dois tipos solos, e que os atributos biológicos do solo foram alterados pelos sistemas de manejo, sendo mais prejudicados em sistemas com maior revolvimento do solo

5. CONCLUSÃO

Houve diferença significativa para os atributos químicos e físicos indicadores da qualidade do solo cultivado nos sistemas de uso estudados.

A matéria orgânica contribui para a qualidade química e física do solo dos sistemas de uso. Principalmente em um solo franco, ou seja um solo de textura média argilosa com maior predominância da areia (franco argiloarenoso), como o solo dos sistemas em estudo.

Os atributos areia e argila foram responsável pela separação entre os sistemas de uso e a reserva legal.

Houve ocorrência de bactérias, fungos, actinomicetos e solubilizadores de fosfato em todas as amostras de solo dos sistemas de uso estudados.

Houve diferença na densidade de microrganismos entre as profundidades de 0 a 15 cm e 15 a 30 cm dos sistemas estudadas.

As amostras de solos das áreas com apenas coqueiro e pousio apresentaram a maior densidade de bactérias. As amostras de solo do sistema de pousio apresentaram maior densidade de fungos totais.

A separação dos sistemas de uso coqueiro com bananeira (CB), coqueiro (C), um sistema de pousio (P) da área de Reserva Legal que serviu como referência (RL) se deu por meio da densidade de bactérias e solubilizadores, respiração edáfica e carbono da biomassa microbiana, para a profundidade de 0 a 15 cm. Na profundidade de 15 a 30, a presença de bactérias separou o sistema de uso coqueiro dos demais e fungos e respiração separou a reserva legal.

A análise de componentes principais possibilitou a visualização conjunta dos atributos químicos, físicos e biológicos e como foram afetados pelo manejo e pela adição de fontes orgânicas.

6. REFERÊNCIAS

- ALEF, K.; NANNIPIERI, P. (Eds) *Methods in applied soil microbiology and biochemistry*. Academic Press, 1995. 576 p.
- ALVARENGA, M.I.N. *Propriedades físicas, químicas e biológicas de um Latossolo Vermelho-Escuro em diferentes ecossistemas*. Lavras, Universidade Federal de Lavras, 1996. 211p. (Tese de Doutorado).
- ANDERSON, J. P. E.; DOMSCH, K.H. The metabolic quotient (qCO_2) as a specific activity parameter to assess the effects of environment conditions, such as pH, on the microbial biomass of forest soils. *Soil Biology and Biochemistry*, 25(3):393-395, 1993.
- ANDERSON, J.M. & INGRAM, J.S.I. *Tropical soil biology and fertility: a handbook of methods*. CAB International, 1989. 171p.
- ANDRADE, L.A.; PEREIRA, I.M.; LEITE, U.T.; BARBOSA, M.R.V. Análise da cobertura de duas fisionomias de caatinga, com diferentes históricos de uso, no município de São João do Cariri, Estado da Paraíba. *Revista Cerne*, 11: 253-262, 2005.
- ARATANI, R.G.; FREDDI, O.S.; CENTURION, J.F.; ANDRIOLI, I. Qualidade física de um Latossolo Vermelho acriférico sob diferentes sistemas de uso e manejo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.33, p.677-687, 2009.
- ARAÚJO, A. J. et al. Qualidade do solo: conceitos, indicadores e avaliação. *Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias*, Guarapuava-PR, v.5, n.1, p. 187-206, 2012
- BRASIL. Ministério da Agricultura. *Levantamento exploratório: reconhecimento de Solos do Estado da Paraíba*. Rio de Janeiro: MA/CONTAP/USAID/SUDENE, 1972. 670p. (Boletim Técnico, 15).
- BRASILEIRO. R. S; *Alternativas de desenvolvimento sustentável no semiárido nordestino: da degradação à conservação*. Departamento de Ciências Geográficas, CFCH, Universidade Federal de Pernambuco, Recife PE, Brasil, 2009.
- BREJDA, J.J.; KARLEN, D.L.; SMITH, J.L.; ALAN, D.L. Identification of regional soil quality factors and indicators: II. Northern Mississippi Loess Hills and Paulose Prairie. *Soil Science Society of America*, v. 64, p. 2125-2135, 2000.
- BROOKES, P.C.; POWLSON, D.S. & JENKINSON, D.S. Measurement of microbial biomass phosphorus in soil. *Soil Biol. Biochem*, 14:319-329, 1982
- CAMPOS, J. J. *Avaliação de atributos do solo sob diferentes sistemas de manejo e uso*. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Mato Grosso, Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Pós-Graduação em Agricultura Tropical, 2011.
- CARNEIRO, M. A. C.; SOUZA, E. D.; REIS, E. F.; PEREIRA, H. S.; AZEVEDO, W. R. Atributos físicos, químicos e biológicos de solo de cerrado sob diferentes sistemas de uso e manejo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 33:147-157, 2009.
- CARNEIRO, R. G.; MENDES I. C.; LOVATO, P. E.; CARVALHO, A. M.; VIVALDI, L. J. Indicadores biológicos associados ao ciclo do fósforo em solos de Cerrado sob plantio direto e plantio convencional. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, v.39, n.7, p.661-669, jul. 2004

CHAER, G. M. TÓLOLA, M. R. Impacto do manejo de resíduos orgânicos durante a reforma de plantios de eucalipto sobre indicadores de qualidade do solo. R. Bras. Ci. Solo, 31:1381 – 1396,2007.

CHAVES. T. A. et. al. Recuperação de áreas degradadas por erosão no meio rural Niterói: Programa Rio Rural, Niteroi – RJ, 2012.

CORRÊA, M.M.; KER, J.C.; MENDONÇA, E.S.; RUIZ, H.A.; BASTOS, R.S. Atributos físicos, químicos e mineralógicos de solos da região das Várzeas de Sousa (PB). Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.27, p. 311-324, 2003.

CORRÊA, R. M.; FREIRE, M. B. G. dos S.; FERREIRA, R. L. C.; FREIRE, F. J.; PESSOA, L. G. M.; MIRANDA, M. A.; MELO, D. V. M. de. Atributos Químicos de solos sob diferentes usos em Perímetro Irrigado no Semiárido de Pernambuco. Revista Brasileira de Ciências do Solo, p.305-314, 2009.

COSTA, A.S. Levantamento da Capacidade de uso da terra na fazenda Afluente do Quipauá, em Ouro Branco (RN). 2009 32 f. Monografia (Graduação) - Curso Engenharia Florestal. CSTR/UFCG, Patos-PB, 2009.

CURL, E.A. & RODRIGUEZ-KABANA, R. Microbial interactions. In: WILKINSON, R.E., ed. Research methods in weed science. Atlanta, Southern Weed Science Society, 1972. p.162-194.

DENG, S. P.; TABATABAI, M. A. Effect of tillage and residue management on enzyme activities in soils – 3: phosphatases and arylsulfatase. Biology and Fertility of Soils, v.24, p.141-146, 1997.

DNOCS – PERÍMETRO IRRIGADO DE SÃO GONÇALO, disponível em http://www.dnocs.gov.br/~dnocs/doc/canais/perimetros_irrigados/pb/sao_goncalo.htm acesso em abril de 2013.

DONAGEMMA, G.K.; CAMPOS, D.V.B. de; CALDERANO, S.B.; TEIXEIRA, W.G.; VIANA, J.H.M. (Org.). Manual de métodos de análise de solos. 2.ed. rev. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 230p. (Embrapa Solos. Documentos, 132).

DORAN, J.W.; PARKIN, T.B. Quantitative indicators of soil quality: a minimum data set. In: DORAN, J.W.; JONES, A.J. (Eds.). Methods for assessing soil quality. Wisconsin, USA: Soil Science Society of American, 1996. p.25-37. (Special Publication, 49).

DUMANSKI, J.; PIERI, C. Land quality indicators: research plan. Agriculture, Ecosystems e Environment, v. 81, p. 93-102, 2000.

Embrapa Agropecuária Oeste: Embrapa Cerrados: EPAMIG: Fundação triângulo: 2003. 237p.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de pesquisa e Agropecuária. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, 3º edição 2013, ISBN 978-85-7035-198-2.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa e Agropecuária. Tecnologias de Produção de Soja Região Central do Brasil 2004. Londrina: Embrapa soja;

EMBRAPA. Manual de métodos e análise de solo. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. Rio de Janeiro: EMBRAPA, p. 86, 1997.

EMEPA - Empresa Estadual de Pesquisa Agropecuária da Paraíba RELATÓRIO DE ACOMPANHAMENTO TRIMESTRAL DE PROJETOS EM EXECUÇÃO. 2013.

- FAO. www.fao.org.br/sustentabilidade.asp acesso em Outubro de 2015.
- FERREIRA MM. Caracterização física do solo. In: Jong van Lier Q, editor. Física do solo. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo: 2010. p.1-28.
- FERREIRA, A.S.; CAMARGO, F.A.O.; VIDOR, C. Utilização de microondas na avaliação da biomassa microbiana do solo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v. 23, n. 4, p. 991- 996, 1999.
- FERREIRA, DANIEL FURTADO. Sisvar: a computer statistical analysis system. Ciência e Agrotecnologia (UFLA), v. 35, n.6, p. 1039-1042, 2011.
- FERREIRA, J. M. L. Indicadores de qualidade do solo e de sustentabilidade em cafeeiros arborizados. 2005. 90 f. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- FONTES, H. R.; PASSOS, E. E. M.; Comportamento do Coqueiro Anão Verde Irrigado Consorciado com Frutíferas na Região dos Tabuleiros Costeiros do Nordeste do Brasil. Comunicado Técnico 37. Aracaju, SE. Junho, 2005.
- FONTES, H. R.; WANDERLEY, M. Situação atual e perspectivas para a cultura do coqueiro no Brasil. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2006. 16 p. (Embrapa Tabuleiros Costeiros. Documentos, 94).
- FRAGA, V.S.; SALCEDO, I. H.; Declines of organic nutrient pools in tropical semi-arid soils under subsistence farming. Soil. Sci. Soc. Am. J. 68:215-224. 2004.
- FREITAS, R. A. C.; FILHO. S. A. MARACAJÁ. B. P.; FILHO. D. T. E.; LIRA. B. F. J. Estudo florístico e fitossociológico do extrato Arbustivo-Arbóreo de dois ambientes em Messias Targino, divisa RN/PB. Revista Verde, v.2, n.1, p. 135-147. 2007.
- FRIGHETTO, R. T. S. Análise da biomassa microbiana em carbono: método de fumigação-extração. In: FRIGHETTO, R. T. S.; VALARINI, P. J. (Coords). Indicadores biológicos e bioquímicos da qualidade do solo: manual técnico. Jaquariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2000. 198p. (EMBRAPA Meio Ambiente - Documentos, 21).
- GALINDO, I.C.L.; RIBEIRO, M.R; SANTOS, M.F.A.V.; LIMA, J.F.W.F.; FERREIRA, R.F.A.L. Relações solo-vegetação em áreas sob processo de desertificação no município de Jataúba, PE. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.32, p.1283-1296, 2008.
- GAMA-RODRIGUES, E.F.; GAMA-RODRIGUES, A.C. & FRANCO, A.A. Atributos Químicos e Microbianos de Solos Sob Diferentes Coberturas Vegetais no Norte do Estado do Rio De Janeiro. R. Bras. Ci. Solo, v. 32, p. 1521-1530, 2008.
- GARIGLIO, M. A.; SAMPAIO, E. V. S. B.; CESTARO, L. A.; KAGEYAMA, P. Y. Uso sustentável e conservação dos recursos florestais da Caatinga. Brasília: Serviço Florestal Brasileiro, 2010 368p
- HAMMER, Ø., HARPER, D.A.T., AND P. D. RYAN, 2001. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. Palaeontologia Electronica 4(1): 9pp.
- ISLAM, K.R. & WEIL, R.R. Microwave irradiation of soil for routine measurement of microbial biomass carbon. Biol. Fert. Soils, 27:408-416, 1998.

JENKINSON, D. S. & LADD, J. M. Microbial biomass in soil: measurement and turnover. In: PAUL, E. A. & LADD, J. N., eds. Soil biochemistry. New York, Marcel Dekker, 1981. V.5, p.415-471.

LARSON, W.E.; PIERCE, F.J. The dynamics of soil quality as a measure of sustainable management. In: DORAN, J.W.; COLEMAN, D.C.; BEZDICEK, D.F.; STEWART, B.A. (Eds.). Defining soil quality for a sustainable environment. SSSA, Madison, p. 37–51, 1994.

LIMA, P. C. F.; Áreas degradadas: métodos de recuperação no semi-árido brasileiro. XXVII Reunião Nordestina de Botânica. Petrolina, 2004.

LIMA, S.S.; LEITE, L.F.C.; OLIVEIRA, F.C.; COSTA, D.B. Atributos químicos e estoques de carbono e nitrogênio em Argissolo vermelho-amarelo sob sistemas agroflorestais e agricultura de corte e queima no norte do Piauí. Revista Árvore, v.35, p.51-60, 2011.

LONGO RM, RIBEIRO AI, MELO WJ. Caracterização física e química de áreas mineradas pela extraç

LOURENTE, E. R.P.; MERCANTE, F. M.; ALOVISI, A. M. T.; GOMES, C. F.; GASPERINI, A. S.; NUMES, C. N.; Atributos Microbiológicos, Químico e Físico de Solo Sob Diferentes Sistemas de Manejo e Condições de Cerrado. Pesq. Agropec. Trop., Goiânia, v. 41, n. 1, p. 20-28, jan./mar. 2011.

MALAVOLTA, E. Nutrição e adubação. In: MANICA, I.; MALAVOLTA, E.; ICUMA, I.M. et al. (Eds) Manga: tecnologia, produção, pós-colheita, agroindústria e exportação. Porto Alegre: Cinco Continentes, p.215-274, 2001.

MARINHO, F. J. L.; GHEYI, H. R.; FERNANDES, P. D.; HOLANDA, J. S.; FERREIRA NETO M.; Cultivo de coco 'Anão Verde' irrigado com águas salinas. Pesq. agropec. bras., Brasília, v.41, n.8, p.1277-1284, ago. 2006.

MARTINS, C. M.; GALINDO, I. C. DE L; SOUZA, E. R.; POROCA, H. A.; Atributos Químicos e Microbianos do Solo de Áreas em Processo de Desertificação no Semiárido de Pernambuco R. Bras. Ci. Solo, v. 34, p.1883-1890, 2010.

MARTINS, C. R., JESUS JÚNIOR, L. A.; Evolução da produção de coco no Brasil e o comércio internacional: panorama 2010 – Aracaju : Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2011. 28 p. il.; color. (Documentos / Embrapa Tabuleiros Costeiros, ISSN 1517-1329; 164). Disponível em http://www.cpatc.embrapa.br/publicacoes_2011/doc_164.pdf. Acesso em 09 de Fevereiro de 2014.

MELLONI,R; MELLONI, E.G.P; INÊS, M; ALVARENGA, N; VIEIRA, F.B.M. Avaliação da qualidade de solos sob diferentes coberturas florestais e de pastagem no sul de Minas Gerais. Revista Brasileira de Ciências do Solo, v. 32, n. 2461-2470, 2008.

MELO, M F. M; SANTOS. C.M; A degradação ambiental dos ecossistemas brasileiros, 2008.

MENDONÇA, E.S.; MATOS E.S. Matéria orgânica do solo: métodos de análises. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 2005. 107p.

MENEZES, R.C.S.; GARRIDO, M.S. & PEREZ M., A.M. Fertilidade Dos Solos No Semi-Árido. IN: Congresso Brasileiro De Ciência Do Solo, 30., Recife, 2005. Palestras... Recife, UFRPE/SBCS, 2005a.Cd-Rom.

MENEZES, R.S.C. & SAMPAIO, E.V.S.B. Simulação dos fluxos e balanços de fósforo em uma unidade de produção agrícola familiar no semi-árido paraibano. In: SILVEIRA, L.M.; PETERSEN, P. & SABOURIN, E.,orgs. Agricultura familiar e agroecologia no semi-árido: Avanços a partir do Agreste da Paraíba. Rio de Janeiro, AS-PTA, 2002.p.249-260.

MIRANDA, F.R.; OLIVEIRA, V.H. de; MONTENEGRO, A.A.T. Desenvolvimento e precocidade de produção do coqueiro anão (*Cocos nucifera* L.) sob diferentes frequências de irrigação. *Agrotrópica*, v.11, p.71-76, 1999

MORRISON, D. F. Multivariate statistical methods. 4 ed. New York: Duxbury Press, 2003. 415 p.

NÓBREGA, R. F. da. Qualidade do solo de áreas degradadas pela exploração de madeira para lenha no semiárido da Paraíba. Pombal–PB, Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, UFCG, abril de 2013. 43 p.il. Trabalho de Graduação.

PASSOS, E. E. M.; Morfologia do Coqueiro. In: A cultura do coqueiro no Brasil. 2. Ed. rev. e ampl.- Brasília: Embrapa-SPI; Aracaju:Embrapa- CPATC,1997.292p.

PÔRTO, M. L.; ALVES, J. C.; DINIZ, A. A.; SOUZA, A. P.; SANTOS, D.; Indicadores biológicos de qualidade do solo em diferentes sistemas de uso no brejo Paraibano. *Ciênc. agrotec.*, Lavras, v. 33, n. 4, p. 1011-1017, jul./ago. 2009.

QUAGGIO, J. A. Acidez e calagem em solos tropicais. Campinas: Instituto Agrônomo, 2000. 111p.

REINERT DJ, REICHERT J. Propriedades físicas de solos em sistema plantio irrigado. In: Carlesso R, Petry M, Rosa G, Ceretta CA, editores. Irrigação por aspersão no Rio Grande do Sul. Santa Maria: 2001. p. 114-31.

REYNOLDS, W.D. Indicators of good soil physical quality: density and storage parameters. *Geoderma*, v.110, n.1-2, p.131-146, 2002.

RHOADES, J. D. Overview: Diagnosis of salinity problems and selection of control practices. In: TANJI, K. K. Agricultural salinity assessment and management. New York: ASCE, 1990. Cap.2. p. 18-41.

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

SAKAMOTO, K.; OBO, Y. Effects off ungalto bacterial ratio on the relations hip be tween CO₂ evolution and total microbial biomass. *Biology Fertility Soils* , v.17, p 39 - 44, 1994.

SALCEDO, I.H.; SAMPAIO, E.V.S.B. Matéria orgânica do solo no bioma caatinga. In: SANTOS, G.A.; SILVA, L.S.; CANELLAS, L.P. & CAMARGO, F.A.O., eds. Fundamentos da matéria orgânica do solo: Ecosistemas tropicais e subtropicais. 2.ed. Porto Alegre, Metrópole, 2008. p.419-441, 2008.

SAMPAIO, E. V. S. B. Caracterização da caatinga e fatores ambientais que afetam a ecologia das plantas lenhosas. In: SALES, V. C. (Org.). Ecosistemas brasileiros: manejo e conservação. Fortaleza: Expressão Gráfica e Editora, 2003. p. 129-142.

SAMPAIO, E.V.S.B.; SALCEDO, I.H.; SILVA, F.B.R. Fertilidade dos solos do semi-árido do Nordeste. In: PEREIRA, J.R.; FARIA, C.M.B. (eds.), Fertilizantes: insumo

básico para a agricultura e combate à fome. CPATSA-EMBRAPA/SBCS, Petrolina, Brasil, pp. 51-71. 1995.

SCHOENHOLTZ, S.H.; VAN MIEGROET, H.; BURGER, J.A.A. review of chemical and physical properties as indicators of forest soil quality: challenges and opportunities. *Forest Ecology and Management*, v.138, n.1-3, p.335-356, 2000.

SHEPHERD, T.G. *Visual Soil Assessment (Volume 1) - Field guide for cropping and pastoral grazing on flat to rolling country*. Horizons.mw & Landcare Research, Palmerston North, 84 p. 2000.

SILVA, I.R.; MENDONÇA, E.S. Matéria orgânica do solo. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V.; V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. *Fertilidade do solo*. Viçosa: SBCS, p.275-374, 2007.

SILVA, L. G.; MENDES, I. C.; REIS JUNIOR, I. C.; FERNANDES, M. F.; MELO, J. T.; KATO, E. Atributos físicos, químicos e biológicos de um Latossolo de cerrado em plantio de espécies florestais. *Pesquisa agropecuária brasileira*, Brasília, v.44, n.6, p.613-620, jun. 2009.

SILVESTER-BRADLEY, R.; ASAKAWA, N.; TORRACA, S. L. A.; MAGALHÃES, F. M. M.; OLIVEIRA, L. A.; PEREIRA, R. M. Levantamento quantitativo de microrganismos solubilizadores de fosfatos na rizosfera de gramíneas e leguminosas forrageiras na Amazônia. *Acta Amazônica*, Manaus, v. 12, p. 15-22, mar. 1982.

SOUTO, P. C.; SOUTO, J. S.; MIRANDA, J. R. P.; SANTOS, R. V.; ALVES A. R.; Comunidade Microbiana e Mesofauna Edáficas em Solo sob Caatinga no Semiárido da Paraíba. *Rev. Bras. Ci. Solo*, 32:32:151-160, 2008.

SPARLING, G. P. Ratio of microbial biomass carbon to soil organic carbon as sensitive indicator of changes in soil organic matter. *Australian Journal of Soil Research*, Melbourne, v. 30, n. 2, p.195-207, 1992

STOTZKY, G. Microbial respiration. In: BLACK, C.A., ed. *Methods of soil analysis*. Madison, American Society of Agronomy, 1965. p.1551-1572.

TAVARES, S. R. L. et al. *Curso de Recuperação de Áreas Degradadas: A Visão da Ciência do Solo no Contexto do Diagnóstico, Manejo, Indicadores de Monitoramento e Estratégias de Recuperação*. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2008.

TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; VOLKWEISS, S.J.; BOHNEN, H. *Análises de solo, planta e outros materiais*. 2. ed. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174p.

TOTÓLA, M. R.; CHAER, G.M. Microorganismos e processos microbiológicos como indicadores da qualidade dos solos. In: ALVAREZ V, V.H. et al. (Ed). *Tópicos em ciência do solo*. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do solo. 2002. P.196-276. V.02.

TREVISAN, R.; MATTOS, M.L.T. & HERTER, F.G. Atividade Microbiana Em Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico Coberto Com Aveia Preta (*Avena Sp.*) No Outono, Em Um Pomar De Pessegueiro. *Ciência Rural*, 7:2:83-89, 2002.

VASCONCELOS SOBRINHO, J. *As regiões naturais do nordeste: o meio e a civilização*. Recife: CONDEPE, 2005.

VELLOSO, A. L.; SAMPAIO, E. V. S. B. & PAREYN, F. G. C (Eds). Ecorregiões: propostas para o bioma Caatinga. Recife: Associação Plantas do Nordeste; Instituto de Conservação Ambiental - The Nature Conservancy do Brasil, 2002. 76 p.

WADT, P.G.S. et al. Práticas de conservação do solo e recuperação de áreas degradadas. Rio Branco, AC: Embrapa Acre (documentos, 90), 2003. 29 p.

WOLLUM II, A.G. Cultural methods for soil microorganisms. In: MILLER, R.H.; KEENEY, D.R. Methods of soil analysis: chemical and microbiological properties. Madison: Soil Science of American, 1982. p. 781-802.

WOOMER, P. L. Most Probable Number Counts. In: WEAVER, R. W.; ANGLE, S.; BOTTOMLEY, P.; BEZDICEK, D.; SMITH, S.; TABATABAI, A.; WOLLUM, A. (Ed.). Methods of soil analysis. Part 2. Microbiological and biochemical properties. Madison: Soil Science Society of America, 1994. p. 59-79. (SSSA Book Series, 5).

XAVIER, F.A.S.; MAIA, S.M.F.; OLIVEIRA, T.S.; MENDONÇA, E.S. Biomassa microbiana e matéria orgânica leve em solos sob sistemas agrícolas orgânico e convencional na Chapada da Ibiapaba – CE. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 30, p. 247-258, 2006.