



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE – UFCG  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR – CCTA  
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM SISTEMAS AGROINDUTRIAIS - PPGSA**

**SAMANDA COSTA DOS SANTOS**

**QUALIDADE BIOLÓGICA DOS SOLOS SOB SISTEMAS DE USO NA FAZENDA  
EXPERIMENTAL DE SÃO DOMINGOS - PB**

**POMBAL – PB**

**2020**

SAMANDA COSTA DOS SANTOS

**QUALIDADE BIOLÓGICA DOS SOLOS SOB SISTEMAS DE USO NA FAZENDA  
EXPERIMENTAL EM SÃO DOMINGOS - PB**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação *Stricto Sensu* em Sistemas Agroindustriais - PPGSA da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar (CCTA), para obtenção do título de mestre.

**Orientadora:** Prof.<sup>a</sup> D. Sc. Adriana Silva Lima

**POMBAL – PB**

**2020**

S237q Santos, Samanda Costa dos.

Qualidade biológica dos solos sob sistema de uso na fazenda experimental de São Domingos - PB / Samanda Costa dos Santos. – Pombal, 2021.

59 f. : il. color.

Dissertação (Mestrado em Sistemas Agroindustriais) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, 2020.

“Orientação: Profa. Dra. Adriana Silva Lima”.

Referências.

1. Solo. 2. Respiração edáfica. 3. Carbono da biomassa. 4. Quociente metabólico. I. Lima, Adriana Silva. II. Título.

CDU 631.4(043)

---

**SAMANDA COSTA DOS SANTOS**

**QUALIDADE BIOLÓGICA DOS SOLOS SOB SISTEMAS DE USO NA FAZENDA  
EXPERIMENTAL EM SÃO DOMINGOS - PB**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação *Stricto Sensu* em Sistemas Agroindustriais - PPGSA da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar (CCTA), para obtenção do título de mestre.

Aprovada em: 19 / 11 / 2020

**BANCA EXAMINADORA**

Adriana Silva Lima

Orientadora - Prof.ª D. Sc. Adriana Silva Lima  
(CCTA/UAGRA/UFCG)  
(Orientadora)

Adriana Ferreira dos Santos

Membro – Prof.ª Dra. Adriana Ferreira dos Santos  
(CCTA/UATA/UFCG)  
(Examinador)

Amaralina Celoto Guerrero

Membro – Dra. Amaralina Celoto Guerrero  
(Examinador)

**POMBAL-PB**

**2020**

---

## DEDICATÓRIA

"Não corra atrás das borboletas; plante uma flor em seu jardim e todas as borboletas virão até ela. "

(D. Elhers)

É chegado ao fim de mais um ciclo de muitas risadas, felicidade e frustrações. Sendo assim, dedico este trabalho a todos que fizeram parte desta etapa da minha vida. Á Deus por ter iluminado o meu caminho, aos meus pais Francisco Sales e Maria Aparecida, e a minha irmã Saiany por estarem sempre ao meu lado pelos caminhos da vida, acompanhando, apoiando e principalmente acreditando.

**Dedico**

## AGRADECIMENTOS

A Deus, primeiramente, pela dádiva da vida e por me permitir realizar tantos sonhos nesta existência. Obrigado por me permitir errar, aprender e crescer, por ter dado saúde e força para superar as dificuldades, e por não me deixar desistir nessa jornada.

A minha orientadora Prof.<sup>a</sup> Dra. Adriana Silva Lima, pela orientação, competência, profissionalismo e dedicação. Obrigado por acreditar em mim, pelos seus ensinamentos, paciência, e apoio durante essa caminhada.

À Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), ao Centro de Ciência e Tecnologia Agroalimentar (CCTA), em especial ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Sistemas Agroindustriais (PPGSA), seu corpo docente, Coordenação.

Aos técnicos dos Laboratórios, Franciezer Vicente de Lima e Tiago Augusto Lima Cardoso, pela assistência e contribuição para a execução desse trabalho.

Aos membros da banca examinadora, Prof.<sup>a</sup> Dra. Adriana Ferreira dos Santos e Dra. Amaralina Celoto Guerrero, que tão gentilmente aceitaram participar e colaborar com esta dissertação.

Aos meus pais Francisco Sales e Maria Aparecida pelo amor, incentivo e apoio incondicional, seus cuidados e dedicação foram o que deram a esperança para seguir em frente. A minha irmã Saiany Costa e os demais familiares, por sua capacidade de acreditar e investir em mim. A presença de vocês significou segurança e certeza de que não estou sozinho nessa caminhada.

Ao meu namorado Adriano Lopes pelo amor, paciência, apoio, compreensão e por me trazer paz na correria. A Janiny Vieira e aos demais amigos conquistados ao longo da vida acadêmica, que permitiram que essa caminhada fosse mais alegre.

A Aurení, Ivo e Flávia e sua respectiva família, que me acolheram em sua casa durante todo esse caminho, bem como por todo companheirismo, apoio e incentivo.

A todos aqueles que contribuíram, direta ou indiretamente, para a realização desta dissertação, o meu sincero agradecimento.

**Muito obrigada!**

## LISTA DE FIGURAS

### Páginas

- Figura 1.** Mapa exploratório de reconhecimento de solos da Fazenda Experimental, Rolando Henrique Rivas Castellón da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), do Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar (CCTA), no município de São Domingos – PB. 25
- Figura 2:** Mapa planimétrico georreferenciado das Áreas da Fazenda Experimental, Rolando Henrique Rivas Castellón da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), do Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar (CCTA), no município de São Domingos – PB 27
- Figura 3.** Procedimento de Titulação da Respiração microbiana do solo, Erlenmeyer de 125 ml contendo solução NaOH 0,5 mol L<sup>-1</sup> (previamente incubada com o solo) com 10 ml da solução BaCl<sub>2</sub> 0,05 mol L<sup>-1</sup> e três gotas de Fenolftaleína 1% e detalhe do ponto de virada foi passando de violeta para incolor. 31
- Figura 4.** Procedimento de titulação do carbono da biomassa, erlenmeyer de 125 ml, com 2 ml da solução de K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> 0,066 mol l<sup>-1</sup>, 10 ml de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, após as amostras estarem em temperatura ambiente, adicionou 50 ml de água, três gotas do ferroin como indicador e sulfato ferroso amoniacal 0,03 mol l<sup>-1</sup>, e detalhe do ponto de virada foi passando de amarelo para um tom terroso. 33
- Figura 5.** Respiração edáfica (mg C-CO<sub>2</sub>.100 cm<sup>3</sup> solo) sistemas de uso de solo em áreas produtoras da fazenda experimental do CCTA/UFCG no município de São Domingos – PB; sendo: A1 - sistema cultivado com frutíferas para pesquisa (FP), A2 - sistema cultivado com olerícolas para aulas práticas (OAP), A3 - sistema cultivado com olerícolas para pesquisa (OP), A4 - sistema cultivado com frutíferas para aulas práticas (FAP), A5 - sistemas com grandes culturas para pesquisa (GCP), A6 - sistema cultivado com grandes culturas para aulas práticas (GCAP), A7 - sistema de produção de pastagem (PP), A8 - sistema em pousio (P) e A9 – APP Área de Proteção Permanente- sistema preservado – reserva legal (RL) referência, da fazenda experimental do CCTA/UFCG no município de São Domingos – PB, 2020. 37
- Figura 6.** Carbono da biomassa microbiana (µg C g<sup>-1</sup> solo), sistemas de uso de solo em áreas produtoras da fazenda experimental do CCTA/UFCG no município de São Domingos – PB; sendo: A1 - sistema cultivado com frutíferas para pesquisa (FP), A2 - sistema cultivado com olerícolas para aulas práticas (OAP), A3 - sistema cultivado com olerícolas para pesquisa (OP), A4 - sistema cultivado com frutíferas para aulas práticas (FAP), A5 - sistemas com grandes culturas para pesquisa (GCP), A6 - sistema cultivado com grandes culturas para aulas práticas (GCAP), A7 - sistema de produção de pastagem (PP), A8 - sistema em pousio (P) e A9 – APP Área de Proteção Permanente- sistema preservado – reserva legal (RL) referência, da fazenda experimental do CCTA/UFCG no município de São Domingos – PB, 2020. 39

**Figura 7.** Quociente metabólico ( $qCO_2$ ) ( $\mu g C-CO_2 \cdot \mu g Cmic.^{-1}$ ), sistemas de uso de solo em áreas produtoras da fazenda experimental do CCTA/UFCG no município de São Domingos – PB; sendo: A1 - sistema cultivado com frutíferas para pesquisa (FP), A2 - sistema cultivado com olerícolas para aulas práticas (OAP), A3 - sistema cultivado com olerícolas para pesquisa (OP), A4 - sistema cultivado com frutíferas para aulas práticas (FAP), A5 - sistemas com grandes culturas para pesquisa (GCP), A6 - sistema cultivado com grandes culturas para aulas práticas (GCAP), A7 - sistema de produção de pastagem (PP), A8 - sistema em pousio (P) e A9 – APP Área de Proteção Permanente- sistema preservado – reserva legal (RL) referência, da fazenda experimental do CCTA/UFCG no município de São Domingos – PB, 2020.

41

**Figura 8.** Componentes principais dos atributos químicos, físicos e biológicos indicadores da qualidade de solo, sistemas de uso de solo em áreas produtoras da fazenda experimental do CCTA/UFCG no município de São Domingos – PB; sendo: A1 - sistema cultivado com frutíferas para pesquisa (FP), A2 - sistema cultivado com olerícolas para aulas práticas (OAP), A3 - sistema cultivado com olerícolas para pesquisa (OP), A4 - sistema cultivado com frutíferas para aulas práticas (FAP), A5 - sistemas com grandes culturas para pesquisa (GCP), A6 - sistema cultivado com grandes culturas para aulas práticas (GCAP), A7 - sistema de produção de pastagem (PP), A8 - sistema em pousio (P) e A9 – APP Área de Proteção Permanente- sistema preservado – reserva legal (RL) referência, da fazenda experimental do CCTA/UFCG no município de São Domingos – PB, 2020.

43

**Figura 9.** Dendrograma de similaridade/dissimilaridade dos atributos químicos, físicos e biológicos indicadores da qualidade de solo, sistemas de uso de solo em áreas produtoras da fazenda experimental do CCTA/UFCG no município de São Domingos – PB; sendo: A1 - sistema cultivado com frutíferas para pesquisa (FP), A2 - sistema cultivado com olerícolas para aulas práticas (OAP), A3 - sistema cultivado com olerícolas para pesquisa (OP), A4 - sistema cultivado com frutíferas para aulas práticas (FAP), A5 - sistemas com grandes culturas para pesquisa (GCP), A6 - sistema cultivado com grandes culturas para aulas práticas (GCAP), A7 - sistema de produção de pastagem (PP), A8 - sistema em pousio (P) e A9 – APP Área de Proteção Permanente- sistema preservado – reserva legal (RL) referência, da fazenda experimental do CCTA/UFCG no município de São Domingos – PB, 2020.

45

**LISTA DE TABELAS**

	<b>Páginas</b>
<b>Tabela 1.</b> Características das áreas com os perfis e os sistemas de uso estudados.	26
<b>Tabela 2.</b> Análise química das Áreas	29
<b>Tabela 3.</b> Análise Física das Áreas	29
<b>Tabela 4.</b> Resumos das análises de variância para as variáveis, respiração microbiana do solo, carbono da biomassa e quociente metabólico	36

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO .....	13
2 REFERENCIAL TEÓRICO .....	16
2.1 Sistemas de manejo e uso do solo.....	16
2.2 Qualidade do solo .....	18
2.3 Indicadores biológicos da qualidade do solo.....	19
3 MATERIAL E MÉTODO .....	25
3.1 Características gerais.....	25
3.2 Caracterização dos Sistemas das Áreas de Coleta .....	26
3.3 Tratamentos e Delineamento Experimental .....	29
3.4 Coletas de Amostras biológicas de Solo .....	29
3.5 Características químicas e físicas das Áreas .....	29
3.6 Avaliações dos atributos biológicos e bioquímicos do solo .....	31
3.6.1 Respiração microbiana do solo .....	31
3.6.2 Carbono da biomassa .....	33
3.6.3 Quociente metabólico (qCO <sub>2</sub> ).....	35
3.7 Análises estatísticas.....	35
4 RESULTADOS .....	37
5 CONCLUSÃO.....	48
6 REFERENCIAS.....	49

## RESUMO

Os efeitos causados pelos processos naturais e pela ação antrópica sobre os atributos do solo, principalmente sobre os atributos biológicos e bioquímicos, constituem importantes ferramentas para avaliações sobre os impactos ambientais, servindo como subsídios para a implementação de práticas agronômicas que promovam a manutenção e, ou, a melhoria da qualidade de solos. Diante disto, objetivou avaliar os atributos biológicos (respiração edáfica, carbono da biomassa e quociente metabólico) indicadores de qualidade dos solos, em áreas sob sistemas de uso na fazenda Experimental do CCTA/UFCG, localizada no município de São Domingos-PB. O trabalho foi realizado em áreas da Fazenda Experimental Rolando Henrique Rivas Castellón da UFCG no município de São Domingos – PB. O trabalho utilizou o DIC, em 9 sistemas de uso de solo em áreas produtoras, sendo: A1 - sistema cultivado com frutíferas para pesquisa (FP), A2 - sistema cultivado com olerícolas para aulas práticas (OAP), A3 - sistema cultivado com olerícolas para pesquisa (OP), A4 - sistema cultivado com frutíferas para aulas práticas (FAP), A5 - sistemas com grandes culturas para pesquisa (GCP), A6 - sistema cultivado com grandes culturas para aulas práticas (GCAP), A7 - sistema de produção de pastagem (PP), A8 - sistema em pousio (P) e A9 – APP Área de Proteção Permanente - sistema preservado – reserva legal (RL) referência; onde foram coletadas amostras com três repetições. Os valores obtidos nos diferentes tratamentos 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. Realizou análise multivariada de componentes principais com 18 variáveis, sendo nove atributos químicos (pH, CE, MO, P, Ca, Na, Mg, K, H+Al), seis atributos físicos (argila, areia, silte, DS, DP e VTP), e três biológicos (respiração, carbono da biomassa e quociente metabólico). Nota-se que a respiração edáfica mostrou maior nos sistemas de uso das áreas A4, A5, A6, A7, A8; valores intermediários para A1 e A9, e A3 obteve os menores valores. No atributo carbono da biomassa microbiana (CBM), observou-se que os maiores resultados foram nas A2 e A5, e os demais apresentaram valores de carbono menores. Já os valores de  $qCO_2$  diferiram entre os sistemas de uso das áreas, destacando os maiores resultados na A4. Conclui-se que os atributos biológicos foram responsáveis pela separação entre os sistemas de uso e a reserva legal, e a análise de componentes principais e o dendrograma de similaridade possibilitou a visualização conjunta dos atributos químicos, físicos e biológicos e como foram afetados pelo manejo, diferentes sistemas de uso e classes de solo.

**Palavras-chave:** Respiração edáfica, Carbono da Biomassa, Quociente metabólico.

## ABSTRACT

The effects caused by natural processes and anthropic action on soil attributes, mainly on biological and biochemical attributes, are important tools for assessing environmental impacts, serving as subsidies for the implementation of agronomic practices that promote maintenance and, or, improving soil quality. In view of this, it aimed to evaluate the biological attributes (edaphic respiration, biomass carbon and metabolic quotient) indicators of soil quality, in areas under use systems at the Experimental Farm of CCTA / UFCG, located in the city of São Domingos-PB. The work was carried out in areas of the Experimental Farm Rolando Henrique Rivas Castellón of UFCG in the municipality of São Domingos - PB. The work used the DIC, in 9 systems of use of soil in producing areas, being: A1 - system cultivated with fruits for research (FP), A2 - system cultivated with vegetables for practical classes (OAP), A3 - system cultivated with vegetables for research (OP), A4 - system cultivated with fruit for practical classes (FAP), A5 - systems with large cultures for research (GCP), A6 - system cultivated with large cultures for practical classes (GCAP), A7 - production system grazing (PP), A8 - fallow system (P) and A9 - APP Permanent Protection Area - preserved system - legal reserve (RL) reference; where samples were collected with three replications. The values obtained in the different treatments were subjected to analysis of variance by applying the F test at 5% probability, with a significant effect, the treatment averages were compared by the Scott-Knott test, at 5% probability. Performed multivariate analysis of main components with 18 variables, nine chemical attributes (pH, CE, MO, P, Ca, Na, Mg, K, H + Al), six physical attributes (clay, sand, silt, DS, DP and VTP), and three biologicals (respiration, biomass carbon and metabolic quotient). It is noted that the edaphic breathing showed greater in the systems of use of areas A4, A5, A6, A7, A8; intermediate values for A1 and A9, and A3 obtained the lowest values. In the carbon attribute of microbial biomass (CBM), it was observed that the highest results were in A2 and A5, and the others had lower carbon values. The qCO<sub>2</sub> values differed between the systems of use of the areas, highlighting the highest results in A4. It was concluded that the biological attributes were responsible for the separation between the use systems and the legal reserve, and the analysis of main components and the similarity dendrogram allowed the joint visualization of chemical, physical and biological attributes and how management, different use systems and soil classes, affected them.

**Keyword:** Soap breathing, Biomass Carbon, Metabolic quotient.

## 1 INTRODUÇÃO

O solo é a base de sustentação de toda a vida terrestre, plantas e nenhum animal terrestre que conhecemos não existiriam, e nem se quer poderia sobreviver. Principal substrato utilizado pelas plantas para seu crescimento e disseminação, e é por meio dele que ocorre o fornecimento de nutrientes para realização de processos metabólicos, controle do fluxo da água e ação protetora da qualidade da água subterrânea, além de ser habitat para a fauna do solo. Infelizmente o solo é susceptível à degradação quando utilizado de forma inadequada, servindo como local para depósito de resíduos e/ou dejetos, alguns tóxicos resultantes das atividades humanas (INBS, 2020).

Na agricultura, destacam-se o uso desordenado de fertilizantes e agroquímicos, o monocultivo, a exposição do solo pelo desmatamento descontrolado, pelas queimadas e/ou pelo manejo com cultivos que não proporcionem proteção satisfatória 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).

Dessa forma, com aumento das atividades antrópicas, cresce a preocupação com o uso sustentável e a qualidade do solo. A qualidade do solo refere a sua capacidade em desempenhar funções que interferem na produtividade de plantas, animais e no ambiente (VEZZANI; MIELNICZUK, 2009) podendo alterar com o passar do tempo em decorrência de eventos naturais ou uso antrópico (VICENTINI; VICENTINI, 2015). O estabelecimento de índices de qualidade do solo é útil na avaliação de impactos ambientais, pois biomas são transformados em lavouras ou destinados a criação de animais, seja de forma extensiva ou intensiva e torna-se, necessário o controle, fiscalização e monitoramento de áreas destinadas à proteção ambiental (ARAÚJO et al., 2007).

A avaliação da qualidade do solo é realizada por indicadores que devem relacionar as suas propriedades físicas, como textura, profundidade de solo e de raízes, densidade do solo, infiltração, capacidade de armazenamento e retenção de água, conteúdo de água, temperatura do solo, agregação do solo; sendo as químicas, C e N orgânico total, pH, condutividade elétrica, N mineral,

potássio, fósforo, CTC; e quanto as biológicas, considera-se o carbono e nitrogênio da biomassa microbiana, N potencialmente mineralizável, respiração do solo, relação C na biomassa pelo C orgânico total e relação respiração pela biomassa; (ARAÚJO et al., 2007; STEFANOSKI, et al., 2013).

Os atributos biológicos do solo mostram respostas ágeis às transformações no ambiente edáfico quando comparados aos atributos químicos e físicos (DORAN; ZEISS, 2000; CARDOSO et al., 2013), o que pode oferecer importantes informações para tomada de decisão sobre o manejo e uso do solo, sendo em avaliação da atividade antagônica de bactérias do solo contra fungos fitopatógenos (KHOLKHAR et al., 2011), e também quando se avalia atributos biológicos do solo em sistema integrado de produção agropecuária (BATISTA et al., 2018).

A microbiota do solo é a principal responsável pela decomposição dos compostos orgânicos, colaboram para a constituição e estabilização de agregados (SIQUEIRA et al., 1994; FERREIRA; CARNEIRO; SAGGIN JR, 2012), decomposição e mineralização da matéria orgânica, com consecutiva ciclagem de nutrientes e pelo fluxo de energia do solo (MIRANSARI, 2013), estímulo à produção de hormônios vegetais, atividades antagonistas (BATISTA et al., 2018), entre outras (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

Os atributos biológicos apresentam grande potencial de utilização como indicadores sensíveis do estresse ecológico (SILVEIRA et al.; 2004), comprovado em estudo na Caatinga (ARAÚJO NETO, 2017), representando uma ótima ferramenta de avaliação e monitoramento da qualidade do solo, considerando como os diferentes manejos afetam esses atributos, como a rotação de culturas (ACOSTA-MARTÍNEZ et al., 2004; BATISTA et al., 2018), a intensidade de pastejo (SOUZA et al., 2010; CHÁVEZ et al., 2011; SILVA et al., 2015) e a diversidade vegetal associada à inserção do componente animal (MARTINS et al., 2017).

Assim sendo, o planejamento do uso das terras é essencial para a prevenção da instalação de impactos permanentes na qualidade dos solos, podendo auxiliar na tomada de decisões quanto à implantação, condução e manejo do sistema (WEILL; SPAROVEK, 2008), servindo como subsídios para a implementação de práticas agronômicas que promovam a manutenção e/ou, a melhoria da qualidade dos solos (MARTINS et al., 2010; SANTOS et al., 2011;

ARAÚJO NETO et al., 2013; FURTUNATO; OLIVEIRA; LIMA,2013; OLIVEIRA et al., 2013), tornando-se importante conhecer as relações existentes entre o sistema de manejo, uso e os atributos biológicos do solo, os quais têm reflexos diretos na sustentabilidade e qualidade ambiental do ecossistema (ARAÚJO NETO, 2017).

Diante disso, objetivou avaliar os atributos biológicos (respiração edáfica, carbono da biomassa e quociente metabólico) indicadores de qualidade em áreas sob sistemas de uso dos solos na fazenda Experimental do CCTA/UFCG, localizada no município de São Domingos-PB.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 Sistemas de manejo e uso do solo**

A crise ambiental relaciona-se à intensa exploração dos recursos naturais e modificação dos ecossistemas, causada pela urbanização, supressão da vegetação e fragmentação dos habitats, com crescente redução da biodiversidade e comprometimento da funcionalidade dos sistemas naturais (BLANKINSHIP; NIKLAUS; HUNGATE, 2011).

O uso do solo pode alterar processos como decomposição da matéria orgânica, ciclagem de nutrientes e agregação das partículas e, com isso, influenciar a ocorrência da macrofauna (BARTZ et al., 2014). Nesse sentido, os sistemas conservacionistas de manejo do solo podem reduzir os impactos sobre a biodiversidade edáfica por revolverem o solo somente na linha de semeadura, manterem o solo coberto com resíduos culturais e adotarem rotação de culturas, o que pode elevar o teor de carbono orgânico total e nutrientes no solo (PAUL et al., 2013; ROSA et al., 2015).

Além disso, podem melhorar os seus atributos físicos e químicos, quando comparados com manejos inadequados, associados à monocultura e ao preparo excessivo do solo (MARTÍNEZ et al., 2013), que reduzem a quantidade e qualidade dos resíduos orgânicos (ROSA, 2015).

Assim sendo, o manejo e uso adequado do solo consiste em propiciar boa produtividade no tempo presente, possibilitando a manutenção de sua fertilidade, garantindo a produção agrícola no futuro, por meio de um conjunto de operações realizadas com finalidade de propiciar condições favoráveis à semeadura, ao desenvolvimento e à produção das plantas cultivadas, e que inclui práticas edáficas, vegetativas e mecânicas (PETRERE; CUNHA, 2010). Apesar de consistir em técnicas que visam manter a capacidade produtiva do sistema, o balanço de nutrientes e o suprimento de água aos componentes, quando realizado de forma inadequada e intensiva, pode ocasionar um estado de degradação que requer muito mais tempo e recurso para recuperação (FIALHO et al., 2006; SOUSA, 2017).

Segundo a Embrapa (2010), o manejo, a proteção e uso do solo devem basear, primeiramente, no seu potencial produtivo. Sendo que para um manejo e uso adequado do solo é necessário considerar suas propriedades físicas, como

aeração, retenção de água, compactação, estruturação; sendo as químicas, reação do solo, disponibilidade de nutrientes, interações entre estes; e considera biológicas, teor de matéria orgânica, respiração, biomassa de carbono, biomassa de nitrogênio, taxa de colonização e espécies de microrganismos.

Os sucessivos problemas acerca da conservação do solo levaram os pesquisadores a desenvolver várias técnicas de manejo a fim de evitar a degradação física do solo por processos de compactação e perdas de solo. No Brasil encontram áreas manejadas comumente sob sistema convencional, plantio direto e cultivo mínimo (BETIOLI JÚNIOR et al., 2012). Há, também, os sítios utilizados pelo setor agropecuário que mantêm grandes áreas sob o sistema de pastagem (BILIBIO; CORRÊA; BORGES, 2010; OLIVEIRA et al., 2015).

Os manejos convencionais que promovem desmatamento, cultivo intensivo do solo com uso excessivo de arados e grades no preparo do solo, especialmente a grade aradora causam degradação pela ação da erosão, no entanto, felizmente, a preocupação com a conservação do solo tem crescido na produção convencional e, por isso, a utilização de práticas do sistema conservacionista vem ganhando espaço (SILVA; CURI; BLANCANEUX, 2000; ALCÂNTARA; MADEIRA, 2008).

Trabalhos relatam que no sistema conservacionista utiliza a sucessão, a rotação de culturas, o cultivo mínimo, o plantio direto e outras práticas, que possibilitam manter o solo produtivo ou recuperar as condições produtivas, além do controle da erosão e recuperação do solo melhorando as condições físicas, químicas e biológicas (ALOVISI et al., 2007; LOURENTE et al., 2011) apresentando como uma alternativa para contribuir com a sustentabilidade econômica e ambiental do agroecossistema (SILVA et al., 2000; CARNEIRO et al., 2009).

Portanto, as práticas inadequadas de produção e uso do solo podem simplificar os ecossistemas e reduzir a biodiversidade (CARDOSO et al., 2011; ALMEIDA, 2017) acarretando modificações na composição e diversidade dos organismos do solo, em função de mudanças de hábitat, fornecimento de alimento, criação de microclimas, e tipo de uso do solo (SILVA et al., 2013). Desse modo, devem ser adotadas práticas de manejo do solo que primem pela conservação da fauna edáfica (ALMEIDA, 2017).

## 2.2 Qualidade do solo

A preocupação com a qualidade do solo tem intensificado à medida que o seu uso e mobilização intensiva reduzem a sua capacidade em manter uma produção biológica sustentável (CARVALHO; GOEDERT; ARMANDO, 2004) comprovado em estudo de Araújo (2016).

A qualidade do solo refere-se à capacidade do solo em atuar dentro dos limites de um ecossistema natural ou manejado, de modo a suportar a produtividade de plantas e animais, mantendo ou aumentando a qualidade do ar e da água e promovendo a saúde das plantas, animais e dos homens (DORAN; PARKIN 1994; FREITA et al., 2012).

Neste sentido, é a capacidade de o solo realizar suas funções na natureza, tais como: servir como meio para o crescimento das plantas; armazenar e promover a ciclagem de elementos na biosfera; e servir como tampão ambiental na formação, atenuação e degradação de compostos prejudiciais ao ambiente (CARTER, 2001; VEZZANI; MIELNICZUK, 2009), expressando dessa forma a capacidade do solo em desempenhar suas funções no momento atual e a preservação das mesmas para uso futuro (USDA-NRCS, 2020).

Segundo Moreira e Siqueira (2006) a relação entre qualidade e o uso do solo pode ser observada pelo comportamento de seus atributos físicos, químicos e biológicos. Dessa forma os indicadores de qualidade do solo podem ser definidos como os atributos mensuráveis que controlam sua capacidade para desempenhar funções ambiental e produção agrícola e que são sensíveis às mudanças nas práticas de manejo e de conservação do solo (BREJDA et al., (2000).

A determinação dos indicadores possibilita direcionar a avaliação e o monitoramento das condições do solo e tem a capacidade e a sensibilidade para avaliar e medir atributos e processos do solo que intervenham na qualidade do mesmo (DUMANSKI; PIERI, 2000). Um indicador da qualidade do solo pode ser a temperatura do solo, um processo como a taxa de mineralização da matéria orgânica ou densidade, porosidade, matéria orgânica e outros (TÓTOLA; CHAER, 2002).

A escolha de índices qualitativos para definir a qualidade do solo é uma tarefa difícil, já que, cada ambiente tem sua particularidade (BASTIDA et al. 2008). Ressalta-se que cientistas do solo, agricultores e instituições governamentais tem interesse em obter um indicador de qualidade do solo (IQS) para avaliar terras, em relação a degradação, estimar necessidades de pesquisa e de financiamentos e julgar práticas de manejo, a fim de monitorar mudanças nas propriedades e nos processos do solo, na sustentabilidade e na qualidade ambiental, que ocorram no tempo, em resposta ao uso da terra e as práticas de manejo (HUFFMAN et al., 1998; KARLEN; ANDREWS; DORAN, 2001), uma vez que o emprego de práticas não sustentáveis podem diminuir a qualidade do solo (COSTA et al., 2003), acarretando em perda funcional do ecossistema, levando a uma menor resiliência e comprometendo a sustentabilidade do mesmo (TÓTOLA; CHAER, 2002).

De acordo com Araújo (2016), os indicadores biológicos têm desempenhado importante papel na determinação dos impactos ambientais causados pelas atividades agrícolas e exploração dos recursos ambientais como fonte de energia, entre outras atividades. Entre os atributos apresentam grande potencial de utilização como indicadores sensíveis do estresse ecológico destacam-se a biomassa microbiana, atividade de microrganismos heterotróficos, entre outros (SILVEIRA; MELLONI; PEREIRA, 2004).

Os microrganismos têm grande contribuição nos ambientes que estão inseridos, pois são responsáveis pelos processos ciclagem de nutrientes e decomposição de matéria orgânica, formação de agregados, fixação biológica, degradação de xenobióticos (TRANNINI; SIQUEIRA; MOREIRA 2007; SEGRETTI, 2017). A biomassa microbiana do solo, a respiração microbiana do solo e o quociente metabólico são importantes indicadores biológicos usados para estimar o potencial do solo para crescimento vegetal (BATISTA et al., 2018).

Dessa forma, a análise dos efeitos causados pelos processos naturais e pela ação antrópica sobre os atributos do solo constituem importantes ferramentas para avaliações ou previsões sobre os impactos ambientais, servindo como subsídios para a implementação de práticas agronômicas que promovam a manutenção e, ou, a melhoria da qualidade dos solos, em sistemas de manejo e condições de cerrado (LONGO; ESPINDOLA; RIBEIRO, 1999) e comprovados em sistemas de uso de áreas de várzeas (ARAÚJO, 2016). Assim,

faz-se necessário o monitoramento dos solos manejados com vista à preservação da sua qualidade para que possam proporcionar uma produção continuada (FIALHO et al, 2008).

### **2.3 Indicadores biológicos da qualidade do solo**

Conforme o solo é submetido a estresses ambientais, verifica-se um reflexo instantâneo na diversidade, composição e abundância da comunidade microbiana (SANTANA, 2017). A atuação dos microrganismos em vários processos edáficos e funções do ecossistema proporciona o acompanhamento da qualidade do solo, permitindo a avaliação da sustentabilidade dos agroecossistema a longo prazo (BATISTA et al., 2018).

Um sistema de manejo com acúmulo de resíduos vegetais e menor revolvimento do solo melhoram as propriedades biológicas do solo, ampliando a produtividade das culturas. Por isso a relevância de um indicador que reflita a abundância microbiana do solo e considere o seu grau de perturbação (VARGAS; SCHOLLES, 2000).

A avaliação dos atributos biológicos do solo vem se adequar a maioria dos critérios para a seleção de um indicador de qualidade do solo, apesar deste componente ter sido desconhecido, em inúmeros estudos, como um importante aspecto da funcionalidade do ecossistema. Entretanto, características microbianas do solo estão sendo cada vez mais avaliadas como indicadores sensíveis de sua qualidade (LEIRÓS et al., 2000; MURAGE et al., 2000; GARCIA; MELLO; CASSIOLATO, 2004), dado o relacionamento entre a atividade e diversidade microbianas, qualidade do solo e da vegetação e sustentabilidade do ecossistema (GENNARO et al., 2011).

As principais avaliações envolvendo a fração microbiana do solo são aqueles referentes à biomassa microbiana e sua atividade do solo, como respiração microbiana e atividade enzimática do solo, ciclagem rápida de carbono, nutrientes, bem como os métodos moleculares que têm sido constantemente empregados para examinar a qualidade do solo, objetivando esclarecer como a diversidade microbiana é afetada pelo manejo agrícola (RODRIGUES et al., 2013).

A biomassa microbiana do solo é definida como a porção ativa da matéria orgânica compreendendo de 2 a 5% do carbono orgânico do solo, incluindo os organismos como algas, arqueias, bactérias, fungos e alguns membros da microfauna, como os protozoários (JENKINSON; LADD, 1981; SAMPAIO; ARAÚJO; SANTOS, 2008). A biomassa representa um reservatório de nutrientes para as plantas, pelo processo de decomposição da matéria orgânica, promovendo a sustentabilidade biológica e a produtividade nos ecossistemas (PEREZ et al., 2005). Além disso, sua atuação estende-se aos processos como a degradação de xenobióticos, formação de húmus, estruturação e agregação do solo (HANEY et al., 2002; GAMA-RODRIGUES et al., 2008).

Sendo considerada um indicador sensível a mudanças no processo edáfico, em razão do seu baixo tempo de permanência no solo quando comparado aos outros componentes orgânicos, em média, a cada três meses a biomassa é renovada, enquanto outros componentes orgânicos permanecem por um período maior (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006), com estimativas de 18-110 dias para solos agrícolas (CHENG, 2009) e de 197-322 dias para solos de pastagem (SPOHN et al., 2016). Portanto solos que mantêm alto conteúdo de biomassa microbiana são capazes não somente de estocar, mas também de ciclar mais nutrientes (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

O carbono e os nutrientes imobilizados na biomassa microbiana nos diferentes sistemas de manejo, como sucessão de culturas, plantio direto ou sistemas integrados, é de grande importância, pois a mesma pode ser alterada com facilidade por quaisquer mudanças que ocorrem no solo, sendo capaz de correlacionada com a produtividade de grãos (SILVA et al., 2010; ASSIS et al., 2017).

O tamanho, composição e atividade da microbiota do solo têm sido frequentemente utilizados em estudos de monitoramento das alterações ambientais decorrentes da exploração agrícola. No entanto, verifica que essas variáveis isoladamente não expressam adequadamente os processos biogeoquímicos que ocorrem nos ecossistemas, devendo ser combinados entre si, de forma a produzir relações (ANDERSON, 2003; HARRIS, 2003).

A respiração microbiana do solo, também conhecida como respiração basal (RBS) é um dos mais antigos parâmetros utilizados para quantificar a atividade microbiana em função do seu próprio teor de matéria orgânica,

correspondendo assim a soma total das funções metabólica do solo e os processos biológicos dos microrganismos (DIONISIO; PIMENTEL; SIGNOR, 2016).

Esse processo de respiração pode ocorrer por diferentes meios como atividade da fauna edáfica e das raízes, mas principalmente, da respiração de microrganismos durante o processo de decomposição da M.O, e pode ser avaliada tanto pelo consumo de  $O_2$  como pela produção de  $CO_2$ , por titulação ou condutividade elétrica (quando é capturado por NaOH ou KOH) (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

A respiração microbiana do solo é um atributo utilizado para monitorar a decomposição da matéria orgânica, sendo considerada um importante indicador da atividade microbiana do solo (ANDERSON; DOMSCH, 1993), apresentando grande potencial de utilização como indicador da qualidade de solos em áreas degradadas, relacionando com a perda de carbono orgânico do sistema solo-planta para a atmosfera, reciclagem de nutrientes e resposta a diferentes estratégias de manejo do solo (ARAUJO, 2016).

A estimativa das respirações por meio da liberação de  $CO_2$  é uma das mais eficientes ferramentas para avaliar a recuperação de áreas degradadas, pelo baixo custo, eficiência e por indicar mudanças rápidas (PASSIANOTO et al., 2001; DIONISIO; PIMENTEL; SIGNOR, 2016).

A respiração microbiana diminui de acordo com a profundidade do solo e se correlaciona com a quantidade de matéria orgânica e outros indicadores biológicos, existe uma variação na respiração de acordo com o sistema de produção sendo esta variável e sensível ao uso de pesticidas e metais pesados (ARAÚJO; MONTEIRO, 2007).

Taxas de respiração elevadas podem significar maior atividade microbiana na degradação dos resíduos vegetais, de exsudatos radiculares, de matéria orgânica nativa e/ou adicionada ao solo e de resíduos de macro e microrganismos, resultando em liberação de nutrientes para as plantas à curto e longo prazo, perdas de C orgânico para a atmosfera (PARKIN et al., 1996).

Em ambientes estressantes como, por exemplo, em sistemas de plantio convencional, há um aumento da atividade respiratória do solo e redução da biomassa microbiana, significando que uma baixa biomassa microbiana

necessita de uma maior energia para se manter, resultando maior emissão de CO para atmosfera (MIRANDA, 2019).

O uso do coeficiente metabólico ( $qCO_2$ ) fornece significativa informação sobre como o manejo do solo impacta o desempenho funcional e a biomassa das comunidades microbianas do solo (ANDERSON; DOMSCH, 1986; SILVA et al., 2010).

O  $qCO_2$  relaciona à quantidade de  $CO_2$  incorporada por grama de biomassa em um determinado tempo (FACCI, 2008), ou seja, indica a quantidade de  $CO_2$  produzido por unidade de carbono da biomassa microbiana, permitindo relacionar a perda de carbono para a atmosfera com a incorporação deste aos tecidos microbianos.

Também tem sido considerado como um indicador sensível para estimar a atividade microbiana em função da disponibilidade e quantidade de substrato, o qual é importante para avaliar os efeitos das condições ambientais sobre os microrganismos do solo (ANDERSON; DOMSCH, 1989) e destes como indicadores de qualidade de solo sob sistemas de uso (ARAÚJO NETO et al., 2014).

Baseado nos valores de  $qCO_2$ , pode saber se o ambiente encontra em distúrbio ou se está desfavorável para o desenvolvimento da comunidade microbiana. A biomassa microbiana torna mais eficiente quando menos carbono de  $CO_2$  é perdido na forma de respiração (MARTINS et al., 2010).

A quantificação do carbono da biomassa microbiana (CBM), respiração basal (C- $CO_2$ ) e suas relações como, por exemplo, quociente metabólico ( $qCO_2$ ), tem sido utilizado para estudar os processos de ciclagem e transformação de nutrientes (MALUCHE-BARETTA et al., 2006), bem como avaliar a dinâmica da matéria orgânica do solo (GAMA-RODRIGUES; GAMA-RODRIGUES, 2008; ANDERSON, 2003).

Assim sendo, os atributos biológicos têm mostrado um bom desempenho como indicador de mudanças da qualidade do solo, devido sua alta sensibilidade em detectar mudanças, mesmo que mínimas, no manejo do solo (MENDES et al., 2012).

Cunha et al. (2011) mencionam que esses atributos permitem medir condições de desequilíbrio ou equilíbrio de um determinado ambiente. Já Mendes et al. (2012) ressaltam a importância dos microrganismos do solo como

principais reguladores na ciclagem dos nutrientes, apresentando um grande potencial de utilização como indicadores da qualidade de solos degradados em recuperação.

Desse modo, a avaliação dos atributos biológicos permite identificar as principais limitações do ecossistema impactado, propondo medidas estratégicas que busque manter a sustentabilidade de ecossistemas, fazendo dessa forma uma comparação com área-referência ou natural sem impacto de atividades antrópicas (MELO et al., 2017).

### 3 MATERIAL E MÉTODO

#### 3.1 Características gerais

O trabalho foi realizado em áreas da Fazenda Experimental Rolando Henrique Rivas Castellón da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), do Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar (CCTA), no município de São Domingos – PB, localizada a 30 km do campus de Pombal.

A localização da cidade está a 6° 48' 51.7" de latitude Sul e 37° 56' 13.8" de longitude Oeste de acordo com Almeida et al. (2010). Segundo a classificação de Köppen-Geiger, adaptada ao Brasil (COELHO; SONCIN, 1982), o clima é do tipo BS h', que representa quente e seco com chuvas de verão e outono, com precipitação média de 750 mm ano<sup>-1</sup> (SANTOS, 2019). Apresenta altitudes variando de 180 a 270 m com relevo ondulado a suave ondulado e a vegetação característica é a Caatinga hiperxerófila (AESAs, 2016).

De acordo com Lins (2019), o uso do solo da fazenda experimental encontra-se para vários fins, sendo, os solos da Fazenda Experimental do CCTA/UFCG foram classificados em relação ao uso agrícola como (Figura 1):

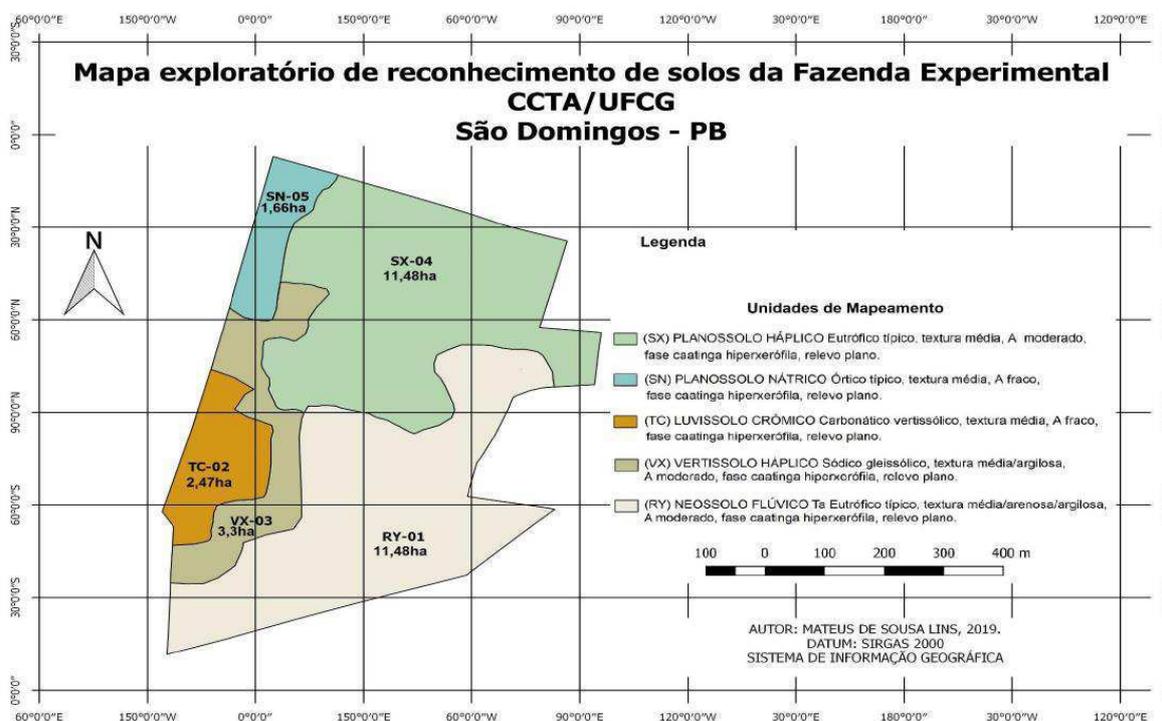
**Perfil 1:** NEOSSOLO FLÚVICO Ta Eutrófico típico, textura média/arenosa/argilosa, A moderado, fase caatinga hiperxerófila, relevo plano. Apresenta terras com aptidão boa em todos os níveis de manejo;

**Perfil 2:** LUVISSOLO CRÔMICO Carbonático vertissólico, textura média, A fraco, fase caatinga hiperxerófila, relevo plano. Possui terras com aptidão restrita em todos os níveis de manejo;

**Perfil 3:** VERTISSOLO HÁPLICO Sódico gleissólico, textura média/argilosa, A moderado, fase caatinga hiperxerófila, relevo plano. Terras com aptidão restrita em todos os níveis de manejo;

**Perfil 4 –** PLANOSSOLO HÁPLICO Eutrófico típico, textura média, A moderado, fase caatinga hiperxerófila, relevo plano. Dispõem de terras com aptidão regular em todos os níveis de manejo;

**Perfil 5:** PLANOSSOLO NÁTRICO Órtico típico, textura média, A fraco, fase caatinga hiperxerófila, relevo plano. Usufrui de terras com aptidão inapta para lavouras e pastagens plantadas em todos os níveis de manejo.



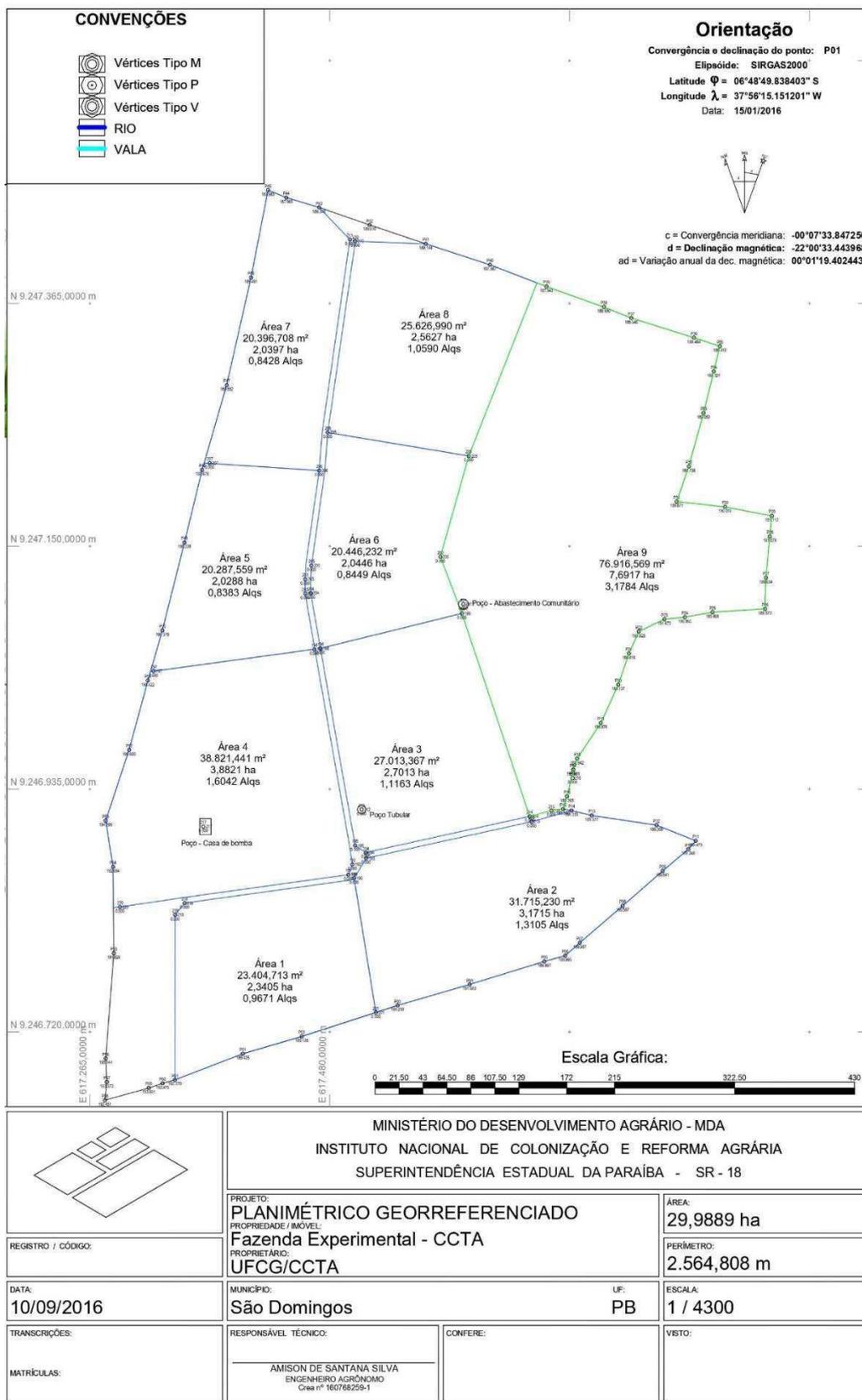
**Figura 1:** Mapa exploratório de reconhecimento de solos da Fazenda Experimental, Rolando Henrique Rivas Castellón da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), do Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar (CCTA), no município de São Domingos – PB (LINS, 2019).

### 3.2 Caracterização dos Sistemas das Áreas de Coleta

As áreas com os sistemas para a realização das coletas de solo foram: A1 - cultivado com frutíferas para pesquisa (FP), A2 - cultivado com olerícolas para aulas práticas (OAP), A3 - cultivado com olerícolas para pesquisa (OP), A4 - frutíferas para aulas práticas (FAP), A5 - grandes culturas para pesquisa (GCP), A6 - grandes culturas para aulas práticas (GCAP), A7 - sistema em pousio (P), A8 - produção de pastagem (PP), e A9 – APP Área de Proteção Permanente, sistema preservado – reserva legal (RL) referência (Tabela 1 e Figura 2).

**Tabela 1:** Características das áreas com os perfis e os sistemas de uso estudados.

Áreas	Sistemas de uso	Símbolo	Perfil	Histórico de uso
A1	Frutíferas (Pesquisa)	FP	P1(RY-01) NEOSSOLO FLÚVICO	Maracujá e Citros
A2	Olerícolas (Aula prática)	OAP	P1(RY-01) NEOSSOLO FLÚVICO	Sem plantio com vegetação espontânea
A3	Olerícolas (Pesquisa)	OP	P1(RY-01) NEOSSOLO FLÚVICO	Palma, Alface, Melancia, Melão, Pimentão, Beterraba, Girassol, Physalis, Pimenta e Inhame
A4	Frutíferas (Aulas práticas)	FAP	P2 (TC-02) LUVISSOLO CRÔMICO	Uva, Mamão, Caju, Maracujá, tomate, Manga e Goiaba
A5	Grandes culturas (Pesquisa)	GCP	P3 (VX-03) VERTISSOLO HÁPLICO	Gergelim, Feijão e Milho
A6	Grandes culturas (Aulas práticas)	GCAP	P4 (SX-04) PLANOSSOLO HÁPLICO	Milho, feijão e Cana de açúcar
A7	Pousio	P	P5(SN-05) PLANOSSOLO NÁTRICO	Encontra-se em repouso com vegetação espontânea
A8	Produção pastagem	PP	P4 (SX-04) PLANOSSOLO HÁPLICO	Alfafa
A9	Reserva Legal - APP	RL	P4 (SX-04) PLANOSSOLO HÁPLICO	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.



**Figura 2:** Mapa planimétrico georreferenciado das Áreas da Fazenda Experimental, Rolando Henrique Rivas Castellón da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), do Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar (CCTA), no município de São Domingos – PB (SILVA, 2016)

### **3.3 Tratamentos e Delineamento Experimental**

O trabalho utilizou o delineamento inteiramente casualizados (DIC), sendo nove sistemas de uso de solo em áreas produtoras da fazenda experimental do CCTA/UFCG no município de São Domingos – PB; sendo: A1 - sistema cultivado com frutíferas para pesquisa (FP), A2 - sistema cultivado com olerícolas para aulas práticas (OAP), A3 - sistema cultivado com olerícolas para pesquisa (OP), A4 - sistema cultivado com frutíferas para aulas práticas (FAP), A5 - sistemas com grandes culturas para pesquisa (GCP), A6 - sistema cultivado com grandes culturas para aulas práticas (GCAP), A7 - sistema em pousio (P), A8 - produção de pastagem (PP), e A9 – APP Área de Proteção Permanente, sistema preservado – reserva legal (RL) referência; onde foram coletadas amostras com três repetições.

### **3.4 Coletas de amostras biológicas do solo**

Em cada área foram coletadas, de maneira aleatória, cinco amostras simples na camada de 0-20 cm, para retirar uma amostra composta. As amostras compostas, contendo em média um kg, foram colocadas em sacos plásticos devidamente identificados, armazenadas e levadas para o laboratório de solos na Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), campus Pombal.

No laboratório, as amostras de solo foram colocadas em *freezer* com a temperatura em torno de -20°C para preservar os atributos da respiração edáfica, carbono da biomassa e quociente metabólico.

### **3.5 Características químicas e físicas das áreas**

As análises características químicas e físicas das áreas foram realizadas no laboratório de solos na Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), campus Pombal, em todas as áreas foram retiradas 15 amostras simples na camada de 0 a 20 cm, para compor a amostra composta (Tabelas 4 e 5) (ROCHA; LIMA, 2019).

**Tabela 2: Análise química das Áreas**

Área	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9
pH H <sub>2</sub> O	6,16	5,79	6,09	5,8	6,1	5,61	5,59	5,61	5,61
CE <sub>1:5</sub> dSm <sup>-1</sup>	0,04	0,07	0,05	0,06	0,07	0,05	0,05	0,05	0,05
M.O gkg <sup>-1</sup>	7,67	13,05	12,02	8,91	13,31	13,71	14,03	13,71	13,71
P mgdm <sup>-3</sup>	71	145	301	111,43	131,01	166	166	166	166
Ca	2,6	7,2	6,6	2,8	6,6	7,2	6,4	7,2	7,2
Mg	3,5	3,7	4,4	3,4	2	4,23	4,05	4,23	4,23
Na	0,8	0,34	2,9	1,4	1,2	0,2	0,9	0,2	0,2
K	0,36	0,77	1,13	0,39	1,1	1,07	1	1,07	1,07
H+Al	1,16	1,32	0,99	1,16	1,49	1,49	1,16	1,49	1,49
CTC	8,42	13,33	16,02	9,15	12,39	14,25	12,75	14,25	14,25
V	86,2	90,1	93,8	87,32	88	89,5	90,9	89,5	89,5
PST	9,5	2,6	18,1	15,3	9,7	1,4	6,6	1,4	1,4

pH em água, C.E. em água – Relação 1:5, P, K<sup>+</sup> e Na<sup>+</sup>: Extrator Mehlich-1; Ca<sup>+2</sup>, Mg<sup>+2</sup>: Extrator KCl 1,0 mol L<sup>-1</sup>; H<sup>+</sup>+Al<sup>+3</sup>: Extrator acetato de Ca<sup>+2</sup> 0,5 mol L<sup>-1</sup> pH 7; CTC (t) – Capacidade de Troca Catiônica Efetiva, V = Índice de Saturação de Bases; PST – Percentagem de Saturação por Sódio. Fonte: ROCHA; LIMA, 2019

**Tabela 3: Análise Física das Áreas**

Área	Classe Textural	Areia	Silte	Argila	DS	DP	VTP
A1	Franco arenosa	70,82	15,26	13,98	1,27	2,53	49,80
A2	Franco argilosa	42,44	37,29	20,27	1,37	2,46	44,31
A3	Franco arenosa	66,70	17,50	15,80	1,35	2,59	47,88
A4	Franco arenosa	72,92	15,15	11,93	1,29	2,57	49,80
A5	Franca	52,50	29,40	18,20	1,31	2,59	49,42
A6	Franco arenosa	44,39	35,31	20,30	1,36	2,34	41,88

A7	Franco argilosa	46,41	37,35	16,23	1,38	2,31	40,26
A8	Franco arenosa	44,39	35,31	20,30	1,36	2,34	41,88
A9	Franco arenosa	44,39	35,31	20,30	1,36	2,34	41,88

DS: Densidade aparente; DP: densidade de partículas; VTP: porosidade total; Fonte: ROCHA; LIMA, 2019

### 3.6 Avaliações dos atributos biológicos e bioquímicos do solo

Os atributos biológicos e bioquímicos indicadores da qualidade do solo foram avaliados por meio da: atividade microbiológica quantificada pela respiração edáfica, do carbono da biomassa microbiana do solo e do quociente metabólico.

#### 3.6.1 Respiração microbiana do solo

A respiração microbiana do solo foi mensurada pela captura do C-CO<sub>2</sub> produzido no solo pelo NaOH em ambiente hermeticamente fechado (ALEF; NANNIPIERI, 1995; CURL; RODRIGUEZ-KABANA, 1972; STOTZKY, 1965).

Em um recipiente plástico de cm<sup>3</sup> foi acondicionado três frascos contendo 30 g de solo, um frasco contendo 30 ml de solução NaOH (Hidróxido de Sódio) 0,5 mol L<sup>-1</sup> para captura do C-CO<sub>2</sub> e outro de 30 ml de H<sub>2</sub>O (para manter a umidade constante)

O recipiente contendo o conjunto solo + NaOH+ H<sub>2</sub>O, foi fechado hermeticamente e mantido no escuro por 72 horas a temperatura de 25°. Após o período de incubação, abriu-se o recipiente e retirou-se o frasco contendo NaOH.

Enquanto aguardava o tempo para a troca de ar, pipetou-se 10 ml da solução NaOH 0,5 mol L<sup>-1</sup> (previamente incubada com o solo) para erlenmeyer de 125 ml adicionou 10 ml da solução BaCl<sub>2</sub> (Cloreto de Bário) 0,05 mol L<sup>-1</sup> e três gotas de Fenolftaleína 1%.

Em seguida foi titulado com a solução de HCl (Ácido Clorídrico) 0,25 mol L<sup>-1</sup>, imediatamente após a adição do indicador, e o ponto de virada foi nítido passando de violeta para incolor (Figura 3).



**Figura 3.** Procedimento de Titulação da Respiração microbiana do solo, Erlenmeyer de 125 ml contendo solução NaOH 0,5 mol L<sup>-1</sup> (previamente incubada com o solo) com 10 ml da solução BaCl<sub>2</sub> 0,05 mol L<sup>-1</sup> e três gotas de Fenolftaleína 1% e detalhe do ponto de virada foi passando de violeta para incolor.

Esse procedimento foi realizado para todas as amostras das áreas de solo e mais seis amostras em branco. Para cada amostra foram realizadas três repetições analíticas. O cálculo para obtenção dos valores de C-CO<sub>2</sub> foi feito de acordo com a fórmula:

$$C\text{-CO}_2 \text{ (mg)} = (B - V) \cdot M \cdot 6 \times \left( \frac{V_1}{V_2} \right)$$

Em que:

B= volume do HCl no branco (mL);

V= volume de HCl gasto na amostra (mL);

M= concentração real do HCl (mol L<sup>-1</sup>);

6= massa atômica do carbono (12) dividido pelo número de mols de CO<sub>2</sub> que reagem com o NaCl (2);

V1= volume total de NaOH usado na captura do CO<sub>2</sub> (mL);

V2= volume de NaOH usado na titulação (mL).

### 3.6.2 Carbono da biomassa

O carbono da biomassa foi avaliado empregando o método da irradiação/extração, o qual apresenta como princípio básico a eliminação de microrganismos pela irradiação eletromagnética de forno de micro-ondas (FERREIRA; CAMARGO; VIDOR, 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 15 g de solo para irradiação e 15 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.

O cálculo da potência do micro-ondas e do tempo de exposição foi realizado aquecendo 1 L de água, mediu-se a variação de temperatura, antes e 120 segundos após a exposição ao micro-ondas. Para calcular a potência real do aparelho foi utilizada a fórmula:

$$P = \frac{C_p \cdot K \cdot \Delta T \cdot m}{t}$$

Em que:

P= Potência real do aparelho em W;

C<sub>p</sub>= 1 J ml<sup>-1</sup> °K<sup>-1</sup>, capacidade da água de receber calor;

K= 4,184, fator de correção de cal ml<sup>-1</sup>°K<sup>-1</sup> para watts (J s<sup>-1</sup>);

ΔT= Variação de temperatura de 1L de H<sub>2</sub>O em 2 minutos de exposição em °C;

m= 1000 g. massa da água em gramas;

t= 120 s, tempo de exposição a água ao micro-ondas.

Em seguida foi determinado o tempo de exposição das amostras de solo a irradiação do micro-ondas pela fórmula:

$$t = \frac{r \cdot m_t}{P}$$

Em que:

t= tempo de exposição das amostras ao micro-ondas;

$r = 800 \text{ J.g}^{-1}$  de solo, quantidade de energia necessária para exposição;

$m =$  peso total das amostras a serem irradiadas em gramas;

$P =$  Potência real do aparelho em W;

Após a irradiação as amostras foram transferidas para erlenmeyers de 125 mL, sendo identificadas de acordo com o procedimento. Em seguida foi adicionado 80 mL da solução extratora  $\text{K}_2\text{SO}_4$  (Sulfato de Potássio).

As amostras foram agitadas por 30 minutos em agitador horizontal a 150 rpm em posteriormente mantidas em repouso por 30 minutos. Na sequência filtrou as amostras em recipientes com o auxílio de papel filtro

A determinação do carbono presente nos extratos foi realizada pipetando 10 mL do extrato filtrado para um erlenmeyer de 125 mL, onde foi adicionado 2 mL da solução de  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  (Dicromato de Potássio)  $0,066 \text{ mol L}^{-1}$ . Em seguida foi adicionado 10 mL de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (Ácido Sulfúrico), onde esperou a queda da temperatura. Após as amostras estarem em temperatura ambiente, adicionou 50 mL de água destilada em cada erlenmeyer, e começou a titulação.

Para a titulação adicionou 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  $\text{K}_2\text{SO}_4$  e três sem o  $\text{K}_2\text{SO}_4$ . O ponto de virada foi nítido passando de amarelo para um tom terroso (Figura 4).



**Figura 4.** Procedimento de titulação do carbono da biomassa, erlenmeyer de 125 ml, com 2 ml da solução de  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$   $0,066 \text{ mol l}^{-1}$ , 10 ml de  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , após as amostras estarem em temperatura ambiente, adicionou 50 ml de água, três gotas do ferroin como indicador e sulfato ferroso amoniacal  $0,03 \text{ mol l}^{-1}$ , e detalhe do ponto de virada foi passando de amarelo para um tom terroso.

Após a obtenção dos valores de carbono presente na biomassa microbiana, estes foram submetidos a seguinte fórmula:

$$C_{mic} = \frac{(C_i - C_{ni})}{K_c}$$

Em que:

$C_i$  = amostra irradiada

$C_{ni}$  = amostra não irradiada,

$K_c$  = 0,33, para o método de irradiação extração de CBM

### 3.6.3 Quociente metabólico ( $qCO_2$ )

O quociente metabólico ( $qCO_2$ ) foi determinado pela razão entre a taxa de respiração por unidade de carbono da biomassa microbiana (ANDERSON; DOMSCH, 1993) representa a relação entre o dióxido de carbono evoluído e o total do CBM.

### 3.7 Análises estatísticas

Os valores obtidos nos diferentes tratamentos foram submetidos a uma análise exploratória, com o intuito de verificar se atendem aos pressupostos da análise de variância.

Em seguida 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 análise multivariada de componentes principais por meio da análise de coeficientes de covariância utilizando 18 variáveis, sendo nove atributos químicos (pH, CE, MO, P, Ca, Na, Mg, K, H+Al), seis atributos físicos (argila, areia, silte, DS, DP e VTP), e três biológicos (respiração, carbono da biomassa e quociente metabólico).

Posteriormente foi realizado um agrupamento utilizando a distância Euclidiana, avaliação simultânea das relações entre as variáveis entre o grupo formado pelos atributos edáficos. Todas as técnicas multivariadas foram realizadas empregando o sistema de análise estatística PAST (HAMMER et al.,2001) com o objetivo de determinar quais atributos edáficos influenciaram a qualidade biológica das áreas sob sistemas de uso do solo.

## 4 RESULTADOS

Conforme resumo da análise de variância apresentados na Tabela 4, constatou-se que houve efeito significativo para os sistemas de uso em todas as variáveis, a 1% de probabilidade pelo teste F.

**Tabela 4:** Resumos das análises de variância para as variáveis, respiração microbiana do solo, carbono da biomassa e quociente metabólico

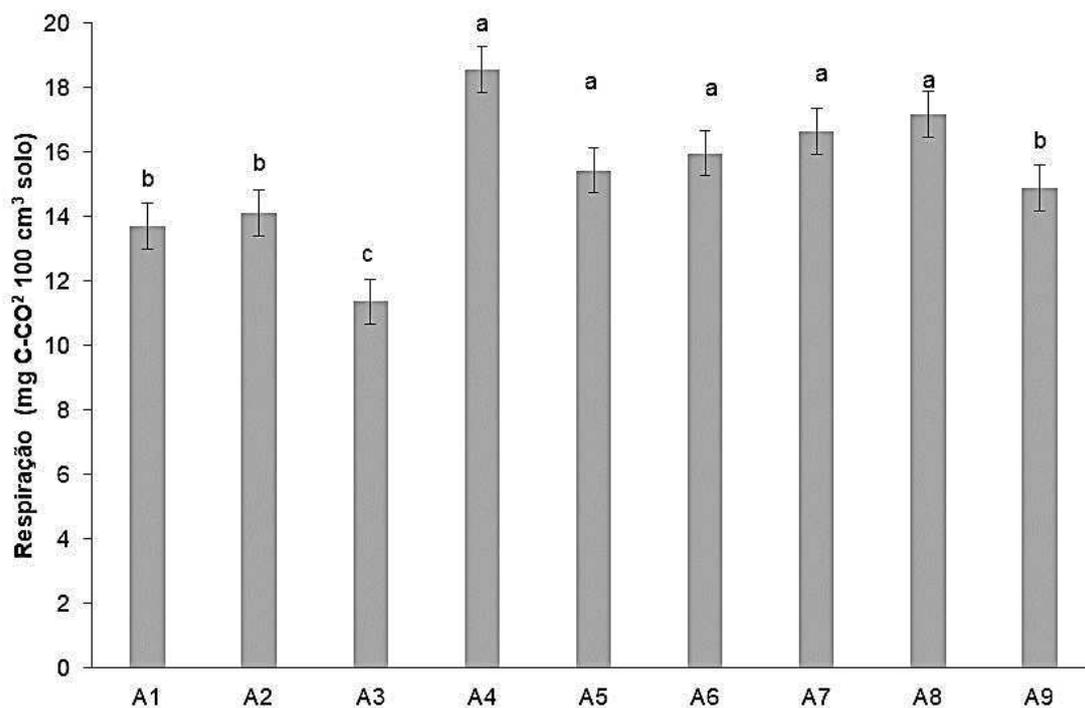
FV	GL	Respiração	Carbono Biomassa	qCO <sub>2</sub>
		Quadrados médios		
Tratamentos	8	40.51292**	8595.499133**	0.016682**
Erro	72	5.620356	733.949421	0.001353
CV (%)	-	7.62	10.32	13.63

ns, \*\*, \* respectivamente não significativo, significativo a ( $p < 0,01$ ) e ( $p < 0,05$ ).

Os resultados dos atributos biológicos estão apresentados, respectivamente, figura 5 (respiração edáfica), figura 6 (C-biomassa) e figura 7 (quociente metabólico).

Os valores de respiração edáfica dos sistemas de uso de solo em áreas produtoras da fazenda experimental do CCTA/UFCG no município de São Domingos – PB (Figura 5) apresentaram diferença significativa entre as áreas analisadas.

Nota-se que a respiração mostrou maior nos sistemas de uso das áreas A4 - sistema cultivado com frutíferas para aulas práticas (FAP), A5 - sistemas com grandes culturas para pesquisa (GCP), A6 - sistema cultivado com grandes culturas para aulas práticas (GCAP), A7 - sistema em pousio (P), A8 - produção de pastagem (PP); valores intermediários para A1 - sistema cultivado com frutíferas para pesquisa (FP), A2 - sistema cultivado com olerícolas para aulas práticas (OAP) e A9 – APP Área de Proteção Permanente- sistema preservado – reserva legal (RL) referência. Na A3 - sistema cultivado com olerícolas para pesquisa (OP), obteve os menores valores.



**Figura 5.** Respiração edáfica (mg C-CO<sub>2</sub>.100 cm<sup>3</sup> solo) sistemas de uso de solo em áreas produtoras da fazenda experimental do CCTA/UFCG no município de São Domingos – PB; sendo: A1 - sistema cultivado com frutíferas para pesquisa (FP), A2 - sistema cultivado com olerícolas para aulas práticas (OAP), A3 - sistema cultivado com olerícolas para pesquisa (OP), A4 - sistema cultivado com frutíferas para aulas práticas (FAP), A5 - sistemas com grandes culturas para pesquisa (GCP), A6 - sistema cultivado com grandes culturas para aulas práticas (GCAP), A7 - sistema em pousio (P), A8 - produção de pastagem (PP), e A9 – APP Área de Proteção Permanente- sistema preservado – reserva legal (RL) referência, da fazenda experimental do CCTA/UFCG no município de São Domingos – PB, 2020.

Dessa forma, esses resultados podem indicar que a ocorrência de alteração nesses solos, evidenciados por práticas agrícolas de baixa eficiência, como retirada da vegetação nativa para implantação de cultivos afeta o comportamento dos atributos biológicos.

Outro fator que colabora para explicar os elevados valores encontrados da respiração edáfica pode ser atribuído a ausência de vegetação que protege o solo, permitindo uma variação térmica dessas áreas e conseqüentemente elevando a temperatura do solo, que devido a incidência de forma direta e intensa modifica as condições da biossistema do solo (ARAÚJO et al, 2012).

No trabalho de Costa (2016), constatou-se taxas elevadas de respiração nas áreas com diferentes cultivos em relação a área de vegetação nativa. O referido autor justifica esses valores devido a umidade contida no solo, diante de chuvas que aconteceram durante a coleta do solo, favorecendo a atividade dos microrganismos.

Resultados médios de CO<sub>2</sub> foram vistos por Araújo et al., (2016), testemunhando níveis superiores em áreas cultivadas com palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* L.), divergindo da área com presença de Murici (*Byrsonima gardneriana* A. Juss), área desmatada em processo de regeneração, e até mesmo de áreas de Caatinga nativa, fato esse dado ao manejo agrícola adotado com o revolvimento do solo para o cultivo.

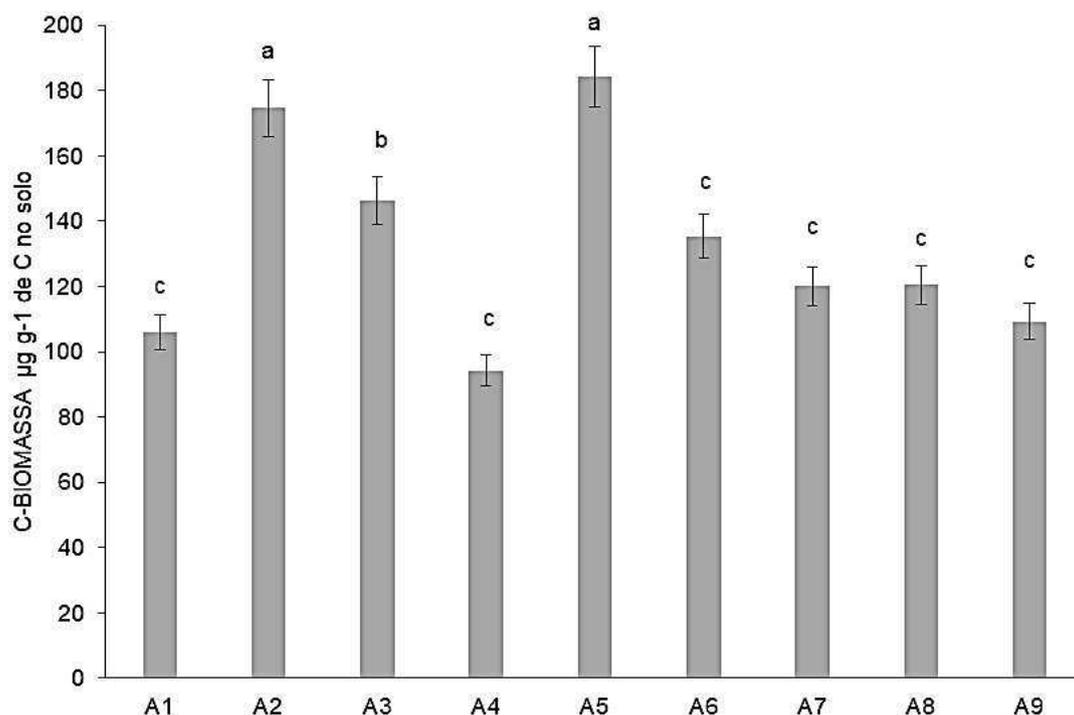
Silva et al., (2015) pesquisou, em áreas de cultivos orgânicos, orgânico transitório para convencional, convencional e mata nativa de caatinga, o qual notou influência da respiração edáfica sobre os sistemas de cultivos. Também, verificou-se menores valores da respiração na área de mata com relação as demais, evidenciando uma maior estabilidade porque a respiração baixa expressa um ecossistema mais equilibrado.

Escobar (2015), pesquisando áreas com cultivo de cebola em comparação a mata nativa, encontrou resultados contrários a esse trabalho, deparando-se com elevados valores da atividade respiratória na área com vegetação nativa, permitindo que afirmasse que isto ocorre pela alta atividade dos microrganismos na decomposição de resíduos orgânicos.

A respiração edáfica por ser um atributo biológico bastante frágil as mudanças dos fatores ambientais, pode auxiliar no desempenho da atividade biológica geral do solo. Apresentando correlações com frações orgânicas do solo, quanto maior as concentrações desse elemento no solo maior será a concentração de microrganismos e, conseqüentemente, maior taxa respiratória (SANTOS et al., 2011).

Dessa maneira, a análise precisa ser cuidadosa quanto ao atributo respiratório visto que elevadas taxas pode originar teores favoráveis de compostos nitrogenados, carboidratos e o C-biomassa susceptíveis a decomposição nas camadas superiores do solo, bem como manifestar indícios que a biomassa microbiana do solo sofre por um fator estressante (NUNES et al., 2009).

No atributo carbono da biomassa microbiana (CBM), observou-se que houve diferença entre os sistemas de uso, em que os maiores foram observados nas A2 - sistema cultivado com olerícolas para aulas práticas (OAP), e A5 - sistemas com grandes culturas para pesquisa (GCP), e os demais apresentaram valores de carbono menores, com especial destaque para A4 - sistema cultivado com frutíferas para aulas práticas que exibe o menor valor de C entre todas as áreas (Figura 6).



**Figura 6.** Carbono da biomassa microbiana ( $\mu\text{g C g}^{-1}$  solo), sistemas de uso de solo em áreas produtoras da fazenda experimental do CCTA/UFCG no município de São Domingos – PB; sendo: A1 - sistema cultivado com frutíferas para pesquisa (FP), A2 - sistema cultivado com olerícolas para aulas práticas (OAP), A3 - sistema cultivado com olerícolas para pesquisa (OP), A4 - sistema cultivado com frutíferas para aulas práticas (FAP), A5 - sistemas com grandes culturas para pesquisa (GCP), A6 - sistema cultivado com grandes culturas para aulas práticas (GCAP), A7 - sistema em pousio (P), A8 - produção de pastagem (PP), e A9 – APP Área de Proteção Permanente- sistema preservado – reserva legal (RL) referência, da fazenda experimental do CCTA/UFCG no município de São Domingos – PB, 2020.

Segundo Oliveira et al.(2001) corroborado por Araújo (2016), isto explica, principalmente, pelo fato dessas áreas apresentarem maior densidade de raízes e, conseqüentemente, maior efeito rizosférico, isto é, maior disponibilidade de substratos orgânicos para as comunidades microbianas do solo.

Amorim, (2019) apresenta como uma possível explicação para essa diferença entre as áreas, a ocorrência no ato da coleta na área de referência a não homogeneidade quanto a distribuição da vegetação, com a possível presença de pequenas áreas úmidas e/ou até mesmo pequenas área de fertilidade em que a vegetação espontânea se desenvolveu.

No sistema de pousio (P), pode observar menor valor de C-BMS, provavelmente pelo fato de não haver fornecimento constante de material orgânico mais susceptível à decomposição, permanecendo assim o solo descoberto, conseqüentemente promovendo maiores variações nos níveis de temperatura e umidade.

Barros (2017) estudando áreas de Caatinga e áreas com uso agropecuário, percebeu que houve diferença significativa, quanto ao carbono da biomassa microbiano, nos dois tipos de áreas estudadas, sendo o sistema de vegetação nativo destacando com os menores valores desse atributo microbiológico.

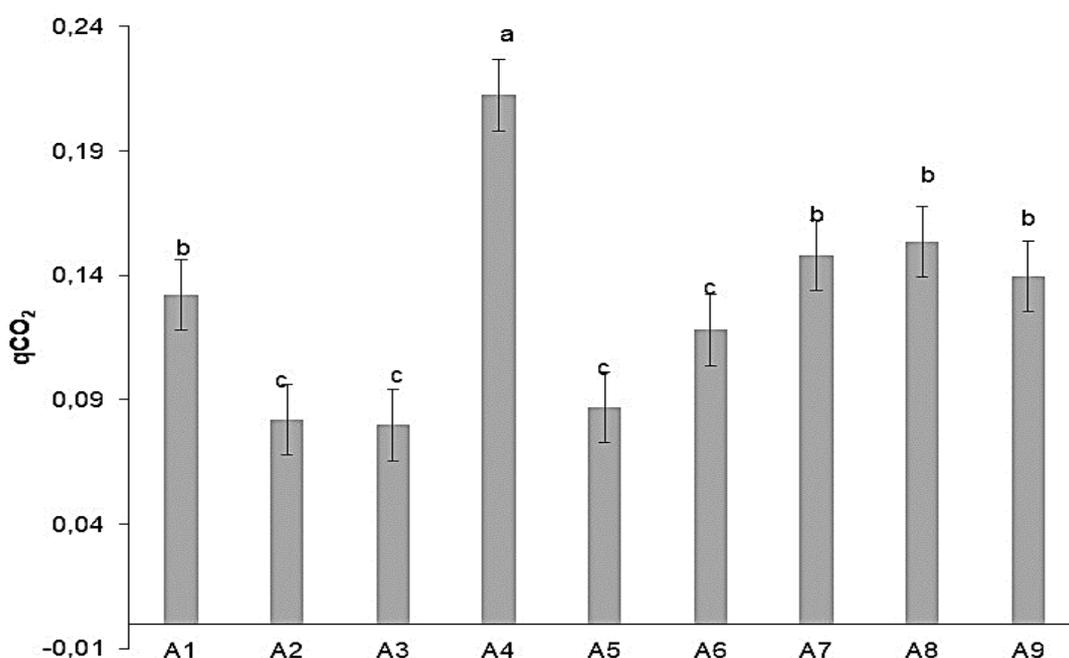
Costa (2016), verificou valores elevados de C-Biomassa em tratamentos com vegetação nativa e em sistemas agroflorestais, comparadas com áreas em cultivo e repouso, atribuindo essas ocorrências, ao maior aporte de matéria orgânica depositado na superfície do solo e manejo conservacionistas adotados nas áreas. O mesmo autor, ainda reitera que o revolvimento do solo para implantação das culturas causa desagregação, e promove a maior exposição dos solos as ações ambientais.

Os resultados de Pereira (2013) diferiram deste trabalho, no qual percebeu a redução dos valores de CBM, com área de vegetação nativa e outras áreas que sofrem o mesmo processo de retirada da mata. No entanto, no mesmo período, houve aumento da umidade do solo, decorrente de precipitação observadas, que elevou o valor de CBM, afetando positivamente para maior incorporação de carbono nas células microbianas e menor perda de C-CO<sub>2</sub> pela respiração edáfica.

Valores superiores aos encontrado nessa pesquisa são observado por Sousa (2015), em que estudando áreas com cultivos que passaram por repouso em relação a área de vegetação nativa, notou diferença dos valores da biomassa microbiana nas áreas com cultivo, declarando que nessas áreas o período de

repouso restringiu a quantidade as atividades agrícolas que, conseqüentemente, aumentou o C total estocado por plantas espontaneas presentes.

O quociente metabólico ( $qCO_2$ ) que representa o quão eficiente foi a conversão do C orgânico para o ecossistema, diferiram entre os sistemas de uso das áreas (Figura 7). Destacando os maiores resultados na A4 com sistema cultivado com frutíferas para aulas práticas (FAP), confirmando o observado nos valores altos da respiração (Figura 5) e as baixas taxas de C-biomassa (Figura 6).



**Figura 7.** Quociente metabólico ( $qCO_2$ ) ( $\mu g$  C-CO<sub>2</sub>.  $\mu g$  Cmic.<sup>-1</sup>), sistemas de uso de solo em áreas produtoras da fazenda experimental do CCTA/UFCG no município de São Domingos – PB; sendo: A1 - sistema cultivado com frutíferas para pesquisa (FP), A2 - sistema cultivado com olerícolas para aulas práticas (OAP), A3 - sistema cultivado com olerícolas para pesquisa (OP), A4 - sistema cultivado com frutíferas para aulas práticas (FAP), A5 - sistemas com grandes culturas para pesquisa (GCP), A6 - sistema cultivado com grandes culturas para aulas práticas (GCAP), A7 - sistema em pousio (P), A8 - produção de pastagem (PP), e A9 – APP Área de Proteção Permanente- sistema preservado – reserva legal (RL) referência, da fazenda experimental do CCTA/UFCG no município de São Domingos – PB, 2020.

Teores elevados de  $qCO_2$ , estão relacionadas ao fato de ambientes submetidos a algum tipo de estresse ou distúrbio, que acarreta maiores perdas de C na forma CO<sub>2</sub> o que indica degradação da qualidade do solo (SILVA, 2014).

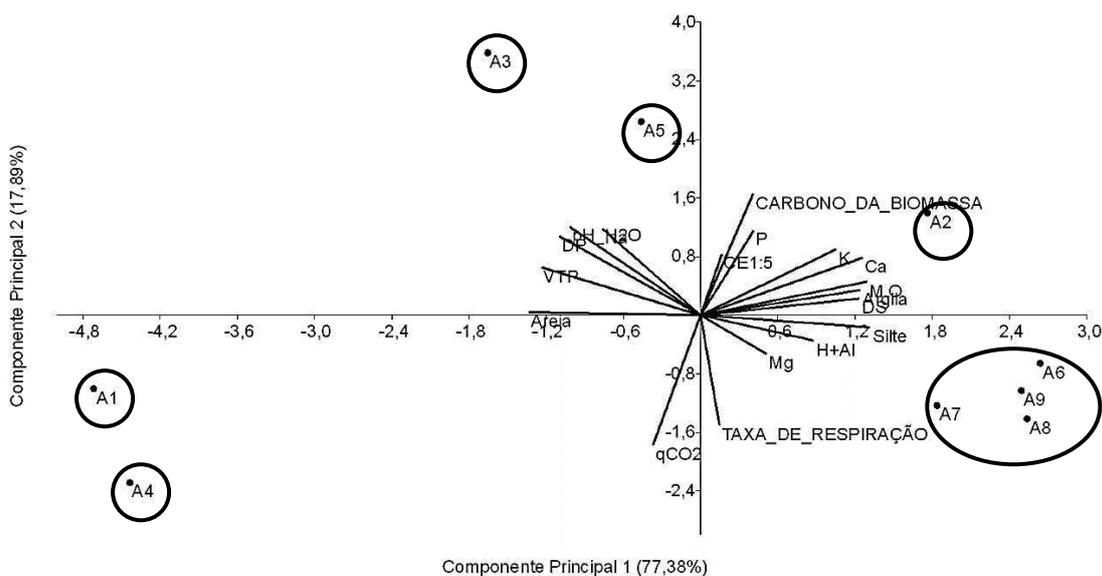
Matias et al. (2009), afirma que elevados valores de  $qCO_2$  consegue apontar estresse sobre comunidade microbiana causados por distúrbio no solo, originando grande quantidade de carbono da biomassa perdida como  $CO_2$ , pois para reparação dos danos é fundamental que haja o desvio de energia do crescimento e reprodução para a manutenção celular.

Resultados semelhantes foram encontrados por Escobar (2015) constatando diferença estatística nos ambientes que estudou, o qual observou índices menores de  $qCO_2$  na área referência comparado com os sistemas de produção, o que evidencia que ambientes com presença de vegetação nativa estão mais estáveis.

OS resultados foram contraditórios aos de Fialho (2006), estudando áreas de mata nativa e sistemas de cultivo de bananeira não encontrou diferenças estatísticas quanto ao  $qCO_2$ , no entanto, de modo geral, os menores valores desse atributo foram observados nas áreas de cultivo, o que revela melhores condições de equilíbrio.

Santos et al., (2011) ressalva que solos com elevados teores de sais, podem exibir limitações ao desenvolvimento microrganismos, causando a queda da atividade da população microbiana.

A análise de componentes principais possibilitou a visualização conjunta de todos os atributos (químicos, físicos e biológicos). O componente principal 1 conseguiu explicar 77,38% dos dados e o segundo componente explicou 17,89% (Figuras 8).



**Figura 8** - Componentes principais dos atributos químicos, físicos e biológicos indicadores da qualidade de solo, sistemas de uso de solo em áreas produtoras da fazenda experimental do CCTA/UFCEG no município de São Domingos – PB; sendo: A1 - sistema cultivado com frutíferas para pesquisa (FP), A2 - sistema cultivado com olerícolas para aulas práticas (OAP), A3 - sistema cultivado com olerícolas para pesquisa (OP), A4 - sistema cultivado com frutíferas para aulas práticas (FAP), A5 - sistemas com grandes culturas para pesquisa (GCP), A6 - sistema cultivado com grandes culturas para aulas práticas (GCAP), A7 - sistema em pousio (P), A8 - produção de pastagem (PP), e A9 – APP Área de Proteção Permanente- sistema preservado – reserva legal (RL) referência, da fazenda experimental do CCTA/UFCEG no município de São Domingos – PB, 2020.

Pode-se notar a separação da A2 - sistema cultivado com olerícolas para aulas práticas (OAP) influenciada pelos atributos Carbono da Biomassa, P, CE, K, Ca, MO, Argila e DS. As áreas A3 - sistema cultivado com olerícolas para pesquisa (OP) junto com A5 - sistemas com grandes culturas para pesquisa (GCP) tendo destaque para pH, Na, DP, VTP e Areia, sendo que a separação da A3 é bem evidente.

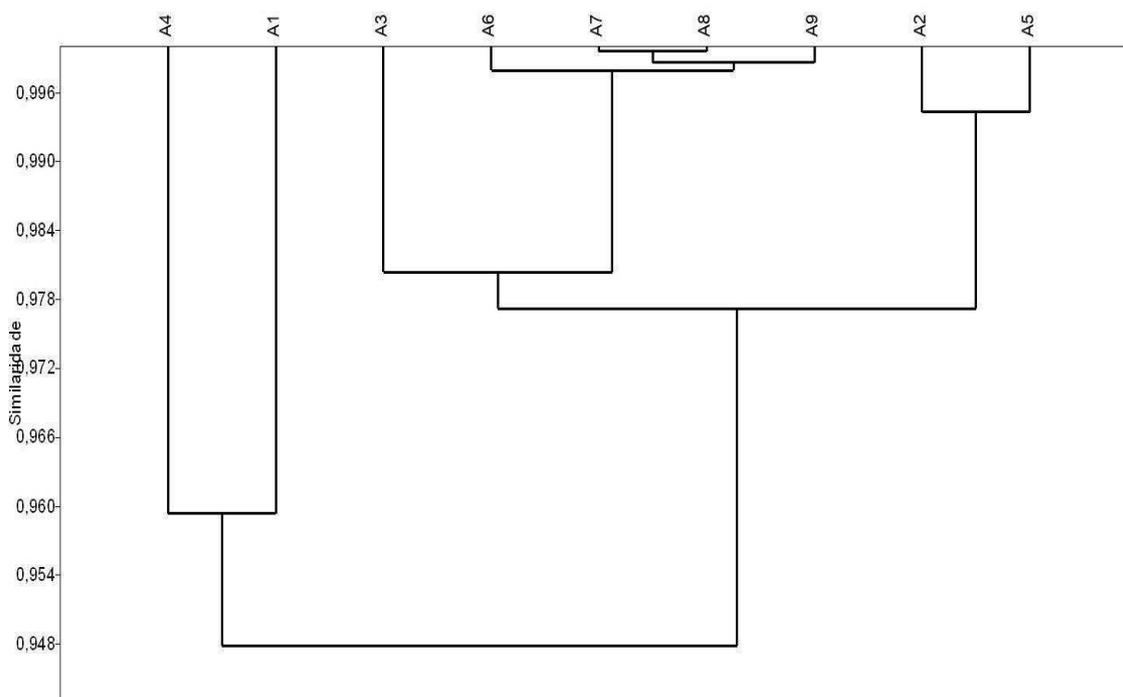
As áreas A1 - sistema cultivado com frutíferas para pesquisa (FP) e A4 - sistema cultivado com frutíferas para aulas práticas (FAP), localizadas no mesmo quadrante por influência do qCO<sub>2</sub>. Os atributos silte, H+Al, Mg e principalmente a taxa de respiração microbiana evidenciando o agrupamento das áreas A6 - sistema cultivado com grandes para aulas práticas (GCAP), A7 - sistema em pousio (P), A8 - produção de pastagem (PP), e A9 – APP Área de Proteção Permanente- sistema preservado – reserva legal (RL), que serviu como

referência (R). Provavelmente isso ocorreu devido ao manejo empregado nos sistemas de uso, aliado aos tipos de solos que foram demonstrados nos atributos do solo.

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, reiteraram que com a 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, estabeleceram que a substituição da vegetação nativa por sistemas de cultivo é capaz de provocar importantes modificações 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.

O dendrograma utilizando a similaridade estimada para todos os atributos (químicos, físicos e biológicos) nas áreas estudadas comprovou a análise dos componentes principais. (Figura 9).



**Figura 9-** Dendrograma de similaridade/dissimilaridade dos atributos químicos, físicos e biológicos indicadores da qualidade de solo, sistemas de uso de solo em áreas produtoras da fazenda experimental do CCTA/UFCG no município de São Domingos – PB; sendo: A1 - sistema cultivado com frutíferas para pesquisa (FP), A2 - sistema cultivado com olerícolas para aulas práticas (OAP), A3 - sistema cultivado com olerícolas para pesquisa (OP), A4 - sistema cultivado com frutíferas para aulas práticas (FAP), A5 - sistemas com grandes culturas para pesquisa (GCP), A6 - sistema cultivado com grandes culturas para aulas práticas (GCAP), A7 - sistema em pousio (P), A8 - produção de pastagem (PP), e A9 – APP Área de Proteção Permanente- sistema preservado – reserva legal (RL) referência, da fazenda experimental do CCTA/UFCG no município de São Domingos – PB, 2020.

A maior similaridade ocorreu entre áreas A6 - sistema cultivado com grandes para aulas práticas (GCAP), A7 - sistema em pousio (P), A8 - produção de pastagem (PP), e A9 – APP Área de Proteção Permanente- sistema preservado – reserva legal (RL), que serviu como referência (R), as áreas A6, A8 e a A9 são formadas pela mesma mancha de solo P4 (SX-04) PLANOSSOLO HÁPLICO.

As áreas A1 - sistema cultivado com frutíferas para pesquisa (FP), e A4 - sistema cultivado com frutíferas para aulas práticas (FAP) apesar de terem manejo semelhante e até um histórico de uso semelhante, apresentaram menor similaridade por serem formadas por solos diferentes, A área A1 – como o perfil P1(RY-01) classificado como NEOSSOLO FLÚVICO e a A4 como o perfil P2

(TC-02) LUVISSOLO CRÔMICO. Já o agrupamento que ocorreu entre a área 2 e 5 sendo áreas com sistemas de uso diferente, manejo diferente e principalmente classes de solos distintas, podem ter sido influenciados pelo comportamento do carbono da biomassa microbiana.

## 5 CONCLUSÃO

Os atributos biológicos (respiração edáfica, carbono da biomassa e quociente metabólico) indicadores de qualidade dos solos, em áreas sob sistemas de uso na fazenda Experimental do CCTA/UFCG foram responsáveis pela separação entre os sistemas de uso e a reserva legal, e mostram que houve diferença entre os sistemas de uso, em evidência a qualidade das A2 - sistema cultivado com olerícolas para aulas práticas (OAP), e A5 - sistemas com grandes culturas para pesquisa (GCP), e a A4 - sistema cultivado com frutíferas para aulas práticas que exibe o menor qualidade entre todas as áreas

A análise de componentes principais e o dendrograma de similaridade possibilitou a visualização conjunta dos atributos químicos, físicos e biológicos e como foram afetados pelo manejo e diferentes sistemas de uso e classes de solo.

## 6 REFERENCIAS

ACOSTA-MARTÍNEZ, V.; BELL, C. W.; MORRIS, B. E. L.; ZAK, J.; ALLEN, V. G. Long-term soil microbial community and enzyme activity responses to an integrated cropping-livestock system in a semi-arid region. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, v. 137, n. 3-4, p. 231-240, 2010.

ACOSTA-MARTÍNEZ, V.; ZOBECK, T. M.; ALLEN, V. Soil microbial, chemical and physical properties in continuous cotton and integrated crop-livestock systems trade names and company names are included for the benefit of the reader and do not infer any endorsement or preferential treatment of the product. *Soil Science Society of America Journal*, v. 68, p. 1875-1884, 2004.

AESA – Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. Disponível em: <http://www.aesa.pb.gov.br>. Acesso em 07 de maio de 2019.

ALCÂNTARA, F. A. A & MADEIRA, N. R.; **Manejo do solo no sistema de produção orgânico de hortaliças**. Circular Técnica 64. Embrapa hortaliças. Brasília, DF Julho, 2008.

ALMEIDA, H. A.; FARIAS, M. P.; CABRAL JUNIOR, J. B.; CABRAL, L. N. Variabilidade temporal e espacial da chuva nas localidades mais secas da Paraíba. In: Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica, 9, 2010, Fortaleza, Anais... Fortaleza: SBCG, 2010.

ALMEIDA, H. S., da Silva, R. F., Grolli, A. L., & Scheid, D. L. (2017). Ocorrência e diversidade da fauna edáfica sob diferentes sistemas de uso do solo. ***Revista Brasileira de Tecnologia Agropecuária***, 1(1), 15-23.

ALEF, K.; NANNIPIERI, P. (Eds) *Methods in applied soil microbiology and biochemistry*. Academic Press, 1995. 576 p.

ANDERSON, T. H. Microbial eco-physiological indicators to assess soil quality. ***Agriculture Ecosystems Environmental***, Amsterdam, v. 98, n. 1/3, p. 285-293, 2003

ALLEN, V. G.; BAKER, M. T.; SEGARRA, E.; BROWN, C. P. Integrated irrigated crop-livestock systems in dry climates. ***Agronomy Journal***, v. 99, p. 346-360, 2007.

ALOVISI, A. M. T. et al. **Alterações de atributos físicos e químicos de solo sob sistemas de manejo em Dourados-MS**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 31. 2007, Gramado. Anais... Gramado: SBCS, 2007. p.1-4. 2008.

AMORIM, Lucas Paz. **EFEITO DA SALINIDADE NOS INDICADORES BIOLÓGICOS EM ÁREAS NO PERÍMETRO IRRIGADO DE SÃO GONÇALO-PB**. 2019. 46 f. TCC (Graduação) - Curso de Agronomia, Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar (CCTA), Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Pombal-PB, 2019.

ANDERSON, J.P.E.; DOMSCH, K.H. The metabolic quotient ( $q_{CO_2}$ ) 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, T. H.; DOMSCH, K. H. Ratio of microbial biomass carbon to total organic carbon in arable soils. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 21, n. 4, p. 471-479, 1989.

ARAÚJO, E. A. A. 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.

ARAÚJO, F. N. **Qualidade do solo sob sistemas de uso nas várzeas de Sousa-PB**. 2016. 41 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Curso de Agronomia, Universidade Federal De Campina Grande – UFCG, Pombal, 2016.

ARAÚJO, K. D. et al. **Atividade Microbiana no Solo em Diferentes Ambientes da Região Semiárida de Alagoas**. Geografia - Londrina, PR, v. 25. n. 2. p. 05 – 18, jul/dez, 2016.

ARAÚJO, R; GOEDERT, W. J.; LACERDA, M. P. C. Qualidade de um solo sob diferentes usos e sob cerrado nativo. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, 2007, 31.5: 1099-1108.

ARAÚJO, A. S. F.; MONTEIRO, R. T.R. Indicadores biológicos de qualidade do solo. **Bioscience Journal**, 2007, 23.3.

ARAÚJO NETO, S. E. D., SILVA, A. N. D., KUSDRA, J. F., KOLLN, F. T., NETO, A., & DE CARVALHO, R. (2014). Atividade biológica de solo sob cultivo múltiplo de maracujá, abacaxi, milho, mandioca e plantas de cobertura. **Revista Ciência Agrônômica**, 45(4), 650-658.

ARAÚJO NETO, L. J. d. **Indicadores da qualidade de solos sob sistemas de uso no perímetro irrigado várzeas de Sousa-PB**. 2017. 36 f. Dissertação - Curso Sistemas Agroindustriais, Universidade Federal De Campina Grande – UFCG, Pombal. 2017.

ARAÚJO NETO, J.; OLIVEIRA, K. R. M.; FURTUNATO, T. C. S.; NÓBREGA, L. R. F.; LIMA, A. S.; **Indicadores Biológicos Edáficos de Áreas de Caatinga Impactadas pela Exploração de Madeira**. I Reunião Nordestina de Ciência do solo. De 22 a 26 de setembro 2013. CCA/UFPB-Areia/PB.

ASHFORD O.S, et.al. Litter manipulation and the soil arthropod community in a lowland tropical rainforest. *Soil Biol Biochem.* 2013;62:5-12.

ASSIS, P. C. R.; STONE, L. F.; SILVEIRA, A. L. R.; OLIVEIRA, J. M.; WRUCK, F. J.; MADAR, B. E. Biological soil properties in integrated crop-livestock-forest systems. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 41, p. 1-12, 2017.

AVANCINI, T. G. P. **Conservação do solo e planejamento do uso da terra: uma proposta de certificação para loteamentos em franjas urbano-rurais.** 2018. 250 f. Tese (Doutorado) – Curso de Engenharia Civil, na área de Recursos Hídricos, Energéticos e Ambientais, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Unicamp, Campinas, 2018.

BALDANI, J. I.; CARUSO, L.; BALDANI, V. L. D.; GOI, S. R.; DOBEREINER, J. Recent advances in BNF with non-legume plants. *Soil Biology and Biochemistry*, v. 29, n. 5, p. 911-922. 1997.

BARTZ M.L.C, et al. Earthworm richness in land-use systems in Santa Catarina, Brazil. *Appl Soil Ecol.* 2014b;83:59-70.

BARROS, R. B. **Frações de carbono e atributos biológicos em solos no semiárido de Pernambuco.** Tese (Doutorado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Ciências do Solo, Recife, PE, 2017.

BASTIDA, F.; ZSOLNAY, A.; HERNÁNDEZ, T.; GARCIA, C. Past, presente and future of soil quality indices: A biological perspective. *Geoderma*, v. 147, p. 159-171, 2008.

BATISTA, E. R. et al. Atributos biológicos do solo em sistema integrado de produção agropecuária. **Sistemas integrados de produção agropecuária no Brasil. Tubarão, Copiart**, p. 71-90, 2018.

BETIOLI JÚNIOR, E. et al. Intervalo hídrico ótimo e grau de compactação de um Latossolo Vermelho após 30 anos sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.36, p.971-982, 2012.

BILIBIO, W. D.; CORRÊA, G. F.; BORGES, E. N. Atributos físicos e químicos de um Latossolo, sob diferentes sistemas de cultivo. **Ciência & Agrotecnologia**, v.34, p.817-822, 2010. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542010000400004>

BLANKINSHIP, J.C; NIKLAUS, P. A; HUNGATE, B.A. Uma meta-análise das respostas da biota do solo às mudanças globais. *Oecologia*, 165 (3), 553-565. 2011.

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

CARDOSO, E. J. B. N. et al. Soil health: looking for suitable indicators. What should be considered to assess the effects of use and management on soil health? **Scientia Agricola**, v. 70, n. 4, p. 274-289, 2013.

CARDOSO, P. et al. The seven impediments in invertebrate conservation and how to overcome them. *Biological Conservation*, Washington, v. 144, p. 2647-2655, 2011.

CAMARGO, A.M.M.M.P; CAMARGO, F. P.; CAMARGO FILHO, W. P. Distribuição geográfica da produção de hortaliças no Estado de São Paulo: participação no País, concentração regional e evolução no período 1996-2006. *Informações Econômicas*, 2008, 38: 28-35.

CARNEIRO, M. A. C. et al. Solo de Cerrado sob Diferentes Sistemas de Uso e Manejo. *R. Bras. Ci. Solo*, 33:147-157, 2009.

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.

CARTER, M.R. Organic matter and sustainability. In: REES, B.C.; BALL, B.C.; CAMPBELL, C.D. & WATSON, C.A., eds. *Sustainable management of soil organic*. Wallingford, CAB International, 2001. p.9-22.

CARVALHO, R.; GOEDERT, W. J. & ARMANDO, M. S. Atributos físicos da qualidade de um solo sob sistema agroflorestal. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* Brasília, DF, v.39(11), p.1153-1155, 2004.

CHAVES. T. A. et. al. Recuperação de áreas degradadas por erosão no meio rural. Manual técnico 34. ISSN 1983-5671. Editoração: Coordenadoria de Difusão de Tecnologia CDT/Pesagro-Rio. Programa Rio Rural, Niterói – RJ, 2012.

CHÁVEZ, L. F. et al. Diversidade metabólica e atividade microbiana no solo em sistema de integração lavoura-pecuária sob intensidades de pastejo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 46, n. 10, p. 1254-1261, 2011.

COELHO, M. A.; SONCIN, N. B.; *Geografia do Brasil*. São Paulo: Moderna, 1982, 368p.

COSTA, F. S. et al. Propriedades Físicas de um Latossolo no Bruno Afetadas pelos sistemas plantio direto e preparo convencional. **Rev. brasileira de ciência do solo**, 2003.

COSTA, J. A. **Indicadores de qualidade do solo em diferentes modelos de agricultura familiar no semiárido pernambucano** – Recife, PE, 2016.

CUNHA, E.Q. et al. Sistemas de preparo do solo e culturas de cobertura na produção orgânica de feijão e milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, p. 603- 611, 2011.

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.

DIONISIO, J. A.; PIMENTEL, I. C.; SIGNOR, D. Respiração microbiana. *Embrapa Semiárido-Capítulo em livro científico (ALICE)*, 2016.

DORAN, J. W.; ZEISS, M. R. Soil health and sustainability: managing the biotic component of soil quality. *Applied Soil Ecology*, v. 15, p. 3-11, 2000.

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.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Semiárido. Brasília: EMBRAPA 2010. Disponível em: [http://www.cpatsa.embrapa.br:8080/sistema\\_producao/spuva/manejo.html](http://www.cpatsa.embrapa.br:8080/sistema_producao/spuva/manejo.html). Acesso em: 25 mar. 2020.

ESCOBAR, I. E. C. Atributos biológicos do solo em áreas de cultivo de cebola no município de Casa Nova, Bahia. 2015. **XXXV Congresso Brasileiro de Ciência do solo**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1031296/atributos-biologicos-do-solo-em-areas-de-cultivo-de-cebola-no-municipio-de-casa-nova-bahia>. Acessado em: 21 Mai. 2019.

FACCI, L. D. **Variáveis microbiológicas como indicadoras de qualidade do solo sob diferentes usos**. 95 f. Dissertação (Mestrado em Gestão De Recursos Agroambientais). Instituto Agronômico de Campinas. 2008.

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, D. A.; CARNEIRO, M. A. C.; SAGGIN Jr, O. J. Fungos micorrízicos arbusculares em um Latossolo Vermelho sob manejos e usos no Cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, p. 51-61. 2012.

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

FIALHO, J. S. et al. Indicadores da qualidade do solo em áreas sob vegetação natural e cultivo de bananeiras na Chapada do Apodi-CE. **Revista Ciência Agronômica**, vol. 37, núm. 3, 2006, pp. 250-257 Universidade Federal do Ceará, CE, Brasil. Disponível em:

<<http://www.ccarevista.ufc.br/seer/index.php/ccarevista/article/view/163/157>>. Acessado em: 22 Mai. 2020.

——— Indicadores da qualidade do solo, em sistema de rotação, na Chapada do Apodi, Ceará. **Revista Ciência Agronômica**, v. 39, n. 03, p. 353-361, 2008.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAO. Banco de dados. Roma: FAO, 2015.

FURTUNATO, T. C. S.; OLIVEIRA, K. R. M.; LIMA, A. S.; **Ocorrência e Densidade de Diazotróficos em Solos de Áreas Degradadas Pela Exploração de Madeira Para Lenha do Semiárido da Paraíba**. I Reunião Nordestina de Ciência do solo. De 22 a 26 de Setembro 2013. CCA/UFPB-Areia/PB.

GALINDO, I.C.L. et al. Relações solo-vegetação em áreas sob processo de desertificação no município de Jataúba, Pe. **Rev. Brasileira de Ciência do Solo**, 32: 11283-1296, 2008.

GAMA-RODRIGUES, E. F. et al. Alterações na biomassa e na atividade microbiana da serapilheira e do solo, em decorrência da substituição de cobertura florestal nativa por plantações de eucalipto, em diferentes sítios da região Sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 4, p. 1489-1499, 2008.

GAMA-RODRIGUES, E.F.; GAMA-RODRIGUES, A.C. Biomassa microbiana e ciclagem de nutrientes. In: SANTOS, G.A.; SILVA, L.S.; CANELLAS, L.P. & CAMARGO, F.A.O., eds. Fundamentos da matéria orgânica do solo ecossistemas tropicais e subtropicais. 2.ed. Porto Alegre, Metrópole, 2008. p.159-170.

GARCIA, M.R.; MELLO, L.M.M.; CASSIOLATO, A.M.R. Variáveis microbiológicas e produtividade do feijoeiro sob diferentes manejos do solo e calagem. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, p.1021-1026, 2004.

GENNARO, L.A. de. et al. Estrutura, micromorfologia e microbiologia do solo em dois sistemas de manejo. Dissertação (Mestrado) em Engenharia Agrícola na área de concentração em Água e Solo, Universidade Estadual de Campinas - Faculdade de Engenharia Agrícola. Campinas, Fevereiro, 2011.

HANEY, R.; SENSEMAN, S.; KRUTZ, L.; HONS, F. Soil carbon and nitrogen mineralization as affected by atrazine and glyphosate. **Biology and Fertility of Soils**, v. 35, n. 1, p. 35-40, 2002.

HARRIS, J. A. Measurements of the soil microbial community for estimating the success of restoration. **European Journal Soil Science**, Oxford, v. 54, n. 4, p. 801- 808, 2003.

HUFFMAN, E.; EILERS, R.G.; PADBURY, G.; WALL, G. & MacDONALD, B. Canadian Agri-Environmental indicators related to land quality: Soil cover, soil erosion, soil salinity and risk of water contamination. In: CONGRESS OF SOIL

SCIENCE, 16. Montpellier, 1998. Anais. Montpellier, Rural Development Sector – World Bank, 1998.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo agropecuário 2006**: Agricultura Familiar, primeiros resultados. Rio de Janeiro, 267 p., 2006. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/listabl.asp?c=263&z=p&o=2&i=P>> Acesso em: 06 Fev 2020.

INBS - Instituto Brasileiro de Sustentabilidade. Poluição do solo. Curso de atualização em Recuperação de Áreas Degradadas. São Paulo. 2020.

ISLAM, K.R. & WEIL, R.R. Microwave irradiation of soil for routine measurement of microbial biomass carbon. **Biology and Fertility of Soils**, v 27:408-416, 1998.

JENKINSON, D. S.; LADD, J. N. Microbial biomass in soils: measurement and turnover. In: PAUL, E. A.; LADD, J. N. Soil Biochemistry. New York: Marcel Decker, 1981. p. 415-471

KARLEN, D.L.; ANDREWS, S.S.; DORAN, J.W. Soil quality: Current concepts and applications. **Adv. Agron.**, 74:1-40, 2001

KARLEN, D.; MAUSBACH, M.; DORAN, J.; CLINE, R.; HARRIS, R.; SCHUMAN, G. Soil quality: A concept, definition, and framework for evaluation. **Soil Science Society of America Journal**, v. 61, n. 1, p. 4-10, 1997.

KHOLKHAR, I.; HAIDER, M. S.; MUKHTAR, I. A. A.; MUSHTAG, S. Evaluation of antagonistic activity of soil bacteria against plant pathogens fungi. **Pakistan Journal of Phytopathology**, v. 23, p. 166-169, 2011.

LINS, MATEUS DE SOUSA. **APTIDÃO AGRÍCOLA DE SOLOS NA FAZENDA EXPERIMENTAL DO CCTA/UFCG**. Orientador: Profa. Dra. Sc. Jussara Silva Dantas. 2019. 55 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) - Universidade Federal de Campina de Grande, Pombal - PB, 2019.

LOURENTE, E. R.P. et al. **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.

LONGO, R.M.; ESPÍNDOLA, C.R.; RIBEIRO, A.I. Modificações na estabilidade de agregados no solo decorrentes da introdução de pastagens em áreas de cerrado e floresta amazônica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 3, n. 3, p. 276-280, 1999.

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.

MALUCHE-BARETTA, C. R. D. et al. Análise multivariada de atributos do solo em sistemas convencional e orgânico de produção de maçãs. **Pesq. Agropec. Bras.**, v.41, p.1531-1539, 2006.

MATIAS, M.C. B. S.; SALVIANO, A. A. C.; LEITE, L. F. C.; ARAÚJO, A. S. F. Biomassa microbiana e estoques de C e N do solo em diferentes sistemas de manejo, no Cerrado do Estado do Piauí. **Acta Scientiarum. Agronomy-Maringá**, v. 31, n. 3, p. 517-521, 2009. Disponível em:<<http://redalyc.org/articulo.oa?id=303026588021>>. Acessado em: 06 mai. 2019.

MARTINS, C. M. et al. 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, A. P. et al. Short-term impacts on soil-quality assessment in alternative land uses of traditional paddy fields in Southern Brazil. *Land Degradation & Development*, v. 28, p. 534-542, 2017.

MELO, V. F., et al. Qualidade química e biológica do solo em diferentes sistemas de uso em ambiente de savana. **Revista Agro@mbiente On-line**, 11(2), 101-110. 2017.

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.

MENDES, I. C. et al. Biological functioning of Brazilian Cerrado soils under different vegetation types. **Plant and Soil**, v. 359, p. 183–195, 2012.

MIRANDA, P. H. C. de. **Atributos biológicos como indicadores de qualidade do solo em diferentes coberturas do solo na agricultura familiar**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado) em Agronomia. Universidade Federal Rural da Amazônia. Belém 2019.

MIRANSARI, M. Soil microbes and the availability of soil nutrients. *Acta Physiologiae Plantarum*, v. 35, n. 11, p. 3075-3084, 2013.

MOREIRA, F. M. S & SIQUEIRA, J. O.; **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2.ed. atual. E ampl. Lavras: Editora UFLA, 2006. Cap 2. Pag: 17- 82.

MURAGE, E.W. et al. Diagnostic indicators of soil quality in productive and non-productive smallholders field of Kenya's Central Highlands. **Agriculture, Ecosystems and Environments**, Amsterdam, v.79, p.1-8, 2000.

NUNES, L. A. P. L. et al. IMPACTO DA QUEIMADA E DE ENLEIRAMENTO DE RESÍDUOS ORGÂNICOS EM ATRIBUTOS BIOLÓGICOS DE SOLO SOB CAATINGA NO SEMI-ÁRIDO NORDESTINO. **Revista Caatinga**, Mossoró, RN, v.22, n.1, p.131-140, janeiro/março de 2009 Disponível em: [www.ufersa.edu.br/caatinga](http://www.ufersa.edu.br/caatinga).

OLIVEIRA, D., et al. Qualidade física do solo sob diferentes sistemas de manejo e aplicação de dejetos líquidos suínos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental-Agriambi**, 19(3). 2015.

OLIVEIRA, K. R. M.; FURTUNATO, T. C. S.; LIMA, A. S.; **Ocorrência e densidade de microrganismos em solos de áreas degradadas no semiárido da Paraíba**. I Reunião Nordestina de Ciência do solo. De 22 a 26 de setembro 2013. CCA/UFPB-Areia/PB.

OLIVEIRA J. R. A.; I. C. MENDES; L. VIVALDI. Carbono da Biomassa Microbiana em Solos de Cerrado Sob Vegetação Nativa e Sob Cultivo: Avaliação dos Métodos Fumigação-Incubação e Fumigação-Extração. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 25 p. 863-871, 2001.

PARKIN, T. B. et al. Methods for assessing soil quality. Madison: Soil Science Society of America, 1996. p. 231-245.

PASSIANOTO, C. et al. Atividade e biomassa microbiana do solo com a aplicação de dois diferentes lodos de curtiúme. **Revista Brasileira de Agrociência, Pelotas**, v. 7, n. 2, p. 125 - 130, 2001.

PAUL B. K. et al. Medium-term impact of tillage and residue management on soil aggregate stability, soil carbon and crop productivity. **Agric Ecosyst Environ**. 164:14-22. 2013.

PEREIRA, V. L. Impacto do desmatamento da Caatinga sobre a comunidade microbiana do solo. **Dissertação** (mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Ciências Biológicas, Biologia de Fungos – Recife-PE, 2013. Disponível em: <<https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/12672/1/Disserta%C3%A7%C3%A3o%20VERA%20L%C3%A9CIA%20PEREIRA.pdf>>. Acessado em: 21 Mai. 2019.

PEREZ, K. S. S. et al. Nitrogênio da biomassa microbiana em solo cultivado com soja, sob diferentes sistemas de manejo, nos Cerrados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, p.137-144, 2005.

PETREIRE, V. G.; CUNHA, T.J. F. **Cultivo da Videira**: manejo e conservação do solo. Manejo e conservação do solo. 2010. Embrapa Semiárido. Disponível em: [http://www.cpatsa.embrapa.br:8080/sistema\\_producao/spuva/manejo.html](http://www.cpatsa.embrapa.br:8080/sistema_producao/spuva/manejo.html). Acesso em: 25 mar. 2020.

RAAIJMAKERS, J.; MAZZOLA, M. Soil immune responses. **Science**, v. 352, l. 6292, p. 1392-1393. 2016.

RAYMOND, J.; SIEFERT, J. L.; STAPLES, C. R.; BLANKENSHIP, R. E. The natural history of nitrogen fixation. **Molecular Biology and Evolution**, v. 21, n. 3, p. 541-554, 2004.

RODRIGUES, J. L. M. et al. Conversion of the Amazon rainforest to agriculture results in biotic homogenization of soil bacterial communities. **Proceedings of the**

National Academy of Sciences of the United States of America, v. 110, p. 988-993, 2013.

ROSA, M. G. et al. Macrofauna edáfica e atributos físicos e químicos em sistemas de uso do solo no planalto catarinense. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 39, p. 1544-1553, 2015.

SAASP (São Paulo, SP). Repensando a agricultura paulista. 43p. São Paulo, 1997.

SAMPAIO, D. B.; ARAÚJO, A. S. F.; SANTOS V. B. Avaliação de Indicadores Biológicos De Qualidade do Solo Sob Sistemas de Cultivo Convencional e Orgânico de Frutas **Ciênc. agrotec.**, Lavras, v. 32, n. 2, p. 353-359, mar./abr., 2008.

SANTOS, C. O.; SOUZA, R. M.; AGRICULTURA ORGÂNICA EM SERGIPE: ALTERNATIVA À SUSTENTABILIDADE? **REVISTA GEONORTE**, Manaus, AM, Edição Especial, V.3, N.4, p. 449-462, 2012.

SANTOS, D. C. F.; GRAZZIOTTI, P. H.; SILVA, A. C.; TRINDADE, A. V.; SILVA, E. B.; COSTA, L. S. DA; COSTA, H. A. ORLANDI Microbial and Soil Properties in Restoration Areas in The Jequitinhonha Valley, Minas Gerais **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.35, p. 2199-2206, 2011.

SANTOS, J. G.F. L. **INFLUÊNCIA DE COBERTURAS DO SOLO E TIPOS DE ADUBAÇÕES NA QUALIDADE PÓS-COLHEITA DO PIMENTÃO AMARELO**. 40 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado) em Agronomia. Universidade Federal de Campina de Grande, Pombal - PB, 2019.

SANTANA, A. S. et al. Biomassa microbiana em diferentes sistemas de manejo do solo no sul do estado de Roraima. **Revista Brasileira de Ciências da Amazônia/Brazilian Journal of Science of the Amazon**, 6(1), 43-50, 2017.

SECRETI, M. L. Aporte de carbono ao solo por sistemas de monocultura, sucessão e rotação de culturas. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Grande Dourados, 74f, 2017.

SIQUEIRA, J. O. et al. Micro-organismos e processos biológicos do solo: perspectiva ambiental. p. 142. Brasília: EMBRAPA, 1994.

SILVA, A. S. et al. Microbial characteristics of soils under an integrated crop-livestock system. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 39, p. 40-48, 2015.

SILVA, G. F. et al. INDICADORES DE QUALIDADE DO SOLO SOB DIFERENTES SISTEMAS DE USO NA MESORREGIÃO DO AGRESTE PARAIBANO. **Revista Caatinga**, Mossoró, RN, v. 28, n. 3, p. 25 – 35, jul. – set., 2015. Disponível em: <<http://periodicos.ufersa.edu.br/index.php/sistema>>.

SILVA, M. L. N.; CURTI, N.; BLANCANEUX, P.; Sistemas de manejo e qualidade estrutural de latossolo roxo. **Pesq. agropec. bras., Brasília**, v.35, n.12, p.2485-2492, dez. 2000.

SILVA, R. F. et al. Fauna edáfica influenciada pelo uso de culturas e consórcios de cobertura do solo. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, Goiânia, v. 43, n. 2, p. 130-137, abr./jun. 2013.

SILVA, R. R. D. et al. Biomassa e atividade microbiana em solo sob diferentes sistemas de manejo na região fisiográfica Campos das Vertentes-MG. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 34(5), 1584-1592. 2010.

SILVA, S. N. Qualidade de solo em pomar de mangueiras 'Tommy atkins' adubadas com fontes orgânicas no Semiárido Paraibano. 2014. 62 f. (**Dissertação de Mestrado Profissional**), Programa de Pós-graduação em Sistemas Agroindustriais, Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, Universidade Federal de Campina Grande, Pombal, PB, 2014.

SILVEIRA, R. B.; MELLONI; R.; PEREIRA, E. G. Atributo Microbiológico e Bioquímico Como Indicadores da Recuperação de Áreas Degradada no Sul de Minas Gerais **Rev. Acadêmica: Ciências Agrárias e Ambientais**, CURITIBA, v.2, n.2, p. 21-29, abr./jun. 2004.

SPOHN, M. et al. Microbial carbon use efficiency and biomass turnover times depending on soil depth – Implications for carbon cycling. *Soil Biology and Biochemistry*, v. 96, p. 74-81, 2016.

SOUSA, D. G. de A. **Resposta de indicadores de qualidade do solo sob sistemas de uso nas várzeas de Sousa – pb**. 50 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel) - Curso de Agronomia, Universidade Federal de Campina Grande, Pombal, 2017.

SOUZA, E. D. et al. Biomassa microbiana do solo em sistema de integração lavoura-pecuária em plantio direto, submetido a intensidades de pastejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, p. 79-88, 2010.

SOUZA, B. I. F.; ARTIGAS, R. C.; LIMA, E. R. V. **CAATINGA E DESERTIFICAÇÃO** Mercator, Fortaleza, CE, v. 14, n. 1, p. 131-150, jan./abr. 2015.

STEFANOSKI, D. C., et al. Uso e manejo do solo e seus impactos sobre a qualidade física. **Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental**. 17.12: 1301-1309. 2013.

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

TÓTOLA, M.R.; CHAER, G.M. **Microrganismos e processos microbiológicos como indicadores de qualidade dos solos**. In: ALVAREZ V. V.H.; SCHAEFER, C.E.G.R., BARROS, N.F.; MELLO, J.W.V; COSTA, L.M (Eds.) *Tópicos em ciência do solo*. Viçosa: SBCS, 2002, vol. 2, p. 195-276.

TRANNIN, I.C. de B.; SIQUEIRA, J.O.; MOREIRA, F.M. de S. Características biológicas do solo indicadoras de qualidade após dois anos de aplicação de biossólido industrial e cultivo de milho. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.31, p.1173-1184, 2007.

TSUNECHIRO, A. et al. Valor da produção agropecuária do estado de São Paulo em 2006: estimativa preliminar. São Paulo, v. 36, n. 11, p. 5-76, nov. 2006.

USDA-NRCS. Soil Quality Institute, Ames, IA. Disponível em: <http://soils.usda.gov/sqi/> Acesso em: 15 de abr. 2008

VARGAS, L.K.; SCHOLLES, D. Biomassa microbiana e produção de C-CO<sub>2</sub> e N mineral de um solo Podzólico Vermelho-Escuro submetido a diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.24, p.35-42, 2000.

VEZZANI, Fabiane Machado; MIELNICZUK, João. Uma visão sobre qualidade do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 2009, 33.4: 743-755.

VICENTINI KUSS, A.; VICENTINI KUSS, V. (org.). **Ar, água, solo e energia:** temas para discussão em educação ambiental com propostas de atividades. Pelotas-RS: Cópias Santa Cruz Ltda, 2015. 139 p. ISBN 978-85-61629-74-8.

WEILL, M. de A. M.; SPAROVEK, G. Estudo da erosão na microbacia do Ceveiro (Piracicaba, SP): II-Interpretação da tolerância de perda de solo utilizando o método do Índice de Tempo de Vida. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 2008, 32.2: 815-824.