



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS, SOCIAIS E AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS
(Agroecologia)**



**ECOLOGIA VEGETAL, DIVERSIDADE ENTOMOLÓGICA E EMISSÃO DE CO₂
EDÁFICO ASSOCIADO AO USO E MANEJO DO SOLO**

MARIA JANAINA LIRA VITAL

**Bananeiras – PB
2023**

MARIA JANAINA LIRA VITAL

**ECOLOGIA VEGETAL, DIVERSIDADE ENTOMOLÓGICA E EMISSÃO DE CO₂
EDÁFICO ASSOCIADO AO USO E MANEJO DO SOLO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias (Agroecologia) do Centro de Ciências Humanas, Sociais e Agrárias da Universidade Federal da Paraíba, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Ciências Agrárias (Agroecologia).

Área de Concentração: Agroecologia e
Desenvolvimento Rural Sustentável

Linha de Pesquisa: Sistemas de produção
agroecológicos (SPA)

Comitê de orientação:

Prof. Dr. Alex da Silva Barbosa (Orientador)

**Bananeiras – PB
2023**

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

V836e Vital, Maria Janaina Lira.

Ecologia vegetal, diversidade entomológica e emissão de CO₂ edáfico associado ao uso e manejo do solo /

Maria Janaina Lira Vital. - Bananeiras, 2023.

67 f.

Orientação: Alex da Silva Barbosa.

Dissertação (Mestrado) - UFPB/CCHSA.

1. Respiração do solo. 2. Decomposição foliar. 3. Equilíbrio Ecológico. 4. Fitossociologia. 5.

Entomologia. I. Barbosa, Alex da Silva. II. Título.

UFPB/CCHSA-BANANEIRAS

CDU 631.95

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS, SOCIAIS E AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS (AGROECOLOGIA)

ECOLOGIA DA VEGETAÇÃO, ENTOMOLÓGICA E EMISSÃO DE CO₂ EDÁFICO
ASSOCIADO AO USO E MANEJO

Maria Janaina Lira Vital

Dissertação apresentada à banca examinadora formada pelos seguintes especialistas.


Alex da Silva Barbosa
(orientador/UFPA)


Italo de Souza Aquino
(membro interno/PPGCAG/UFPA)


José Nailson Barros Santos
(membro externo a Instituição/ SEPBA)

Aprovado em 26 de setembro de 2023.

AGRADECIMENTOS

À Deus, pelo dom da vida, pelo seu Espírito e pela sua presença que me faz ser quem eu sou. A esse Deus pelo seu amor incondicional.

Ao professor Dr. Alex da Silva Barbosa por aceitar realizar o trabalho de orientação desta Dissertação de mestrado e pelos incentivos ajuda e força indispensáveis a realização deste trabalho.

À minha família pelo apoio, carinho, compreensão e incentivo constante. Aos meus pais Cleide e Valdo, por ter me ensinado princípios e valores que carregarei por toda minha vida.

Ao meu esposo André que sempre tenho seu apoio e motivação para conquistar meus objetivos.

Aos amigos Jayme, Anderson e Cauã por me ajudar nas atividades de campo.

Aos amigos do Grupo de pesquisa em Ecologia da Produção Vegetal no Semiárido - ECOVAR: João, Daniel e José Nailson pelas contribuições, discussões e sugestões que muito contribuíram para o desenvolvimento do trabalho.

À professora Dr^a Vênia Camelo de Souza e ao Prof. Dr. Ítalo de Souza Aquino pelos pertinentes apontamentos que contribuíram para este estudo.

Aos funcionários do setor de agricultura da UFPB / CCHSA.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias (Agroecologia) (PPGCAG/UFPB).

À Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado da Paraíba (FAPESQ) pela aquisição de equipamentos necessários para a pesquisa.

À coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio à pesquisa e concessão de bolsa de estudos.

A todos que colaboraram para a realização deste trabalho.

Meus Sinceros Agradecimentos.

RESUMO

A manutenção da biodiversidade, cobertura vegetal e maior dinâmica de decomposição de matéria orgânica, contribuem significativamente para a mitigação de gases do efeito estufa. O presente estudo objetivou-se avaliar a respiração edáfica, a decomposição da fitomassa e a biodiversidade associada a diferentes sistemas de uso e manejo do solo. O estudo foi conduzido em cinco sistemas, sendo eles: Floresta, Sistema Agroflorestal, Mandala, Pomar de manga e Área invadida por *Sporobolus indicus* (L.) R. Br. A respiração edáfica foi avaliada utilizando recipientes contendo 10 ml de hidróxido de potássio e dispostos em cada sistema. Utilizou-se também o analisador de gás infravermelho (EGM-4). As análises foram realizadas durante 12 horas no período diurno (5:00h às 17:00h) e 12 horas no período noturno (17:00h às 5:00h). A avaliação da decomposição foliar foi feita com a espécie *Mimosa caesalpinifolia* Benth. A matéria fresca retirada do ambiente foi secada em estufa de circulação forçada de ar a 65°C por 72 horas e colocadas em *litterbags*. Observou-se que dentre as áreas do estudo as que mais se destacaram com maiores liberações de CO₂ no período noturno foram o SAF e a Floresta e no período diurno a área invadida. Em relação aos métodos de análise de CO₂ foi observado que os valores das medidas com o analisador de gás infravermelho foram bem maiores que os medidos com o método de absorção em Álcali em todos os sistemas e meses estudados. A Floresta foi a área com maior constante de decomposição em seguida o SAF. Já a Mandala o Pomar e Área invadida apresentaram valores muito baixos. A fitossociologia foi analisada da seguinte forma: para os sistemas de uso e manejo do solo: Floresta, SAF e Pomar foram usadas cinco parcelas cada, determinadas pelo método de quadrantes. Nos sistemas Mandala e Área Invadida utilizou-se o método padrão do quadrado inventário. A diversidade entomológica foi estimada mediante utilização de armadilhas do tipo *pitfall*. Foram distribuídas 10 armadilhas em cada sistema e enterradas de forma casualizada no solo e coletadas após o período de 48 horas. Verificou-se que o grupo Hymenoptera foi a mais frequente nas áreas analisadas, além disso, foi visto que a menor riqueza de espécies foi observada nas áreas do Pomar e da mandala e a maior riqueza foi encontrada na Floresta. As variáveis ambientais existentes no tipo de sistema como a temperatura, umidade do solo e os índices pluviométricos da região do brejo exercem influência sobre os efluxos de CO₂. Conclui-se que a respiração edáfica junto com as análises de decomposição foliar são influenciadas pelo tipo de manejo utilizado, bem como a biodiversidade se torna menor em ambientes mal manejados.

Palavras-chave: Respiração do solo. Decomposição foliar. Equilíbrio Ecológico. Fitossociologia. Entomologia.

ABSTRACT

The maintenance of biodiversity, vegetation cover and greater dynamics of organic matter decomposition significantly contribute to the mitigation of greenhouse gases. The present study aimed to evaluate soil respiration, phytomass decomposition and biodiversity associated with different soil use and management systems. The study was conducted in five systems, namely: Forest, Agroforestry System, Mandala, Mango Orchard and Area invaded by *Sporobolus indicus* (L.) R. Br. Edaphic respiration was evaluated using containers containing 10 ml of potassium hydroxide and arranged in each system. The infrared gas analyzer (EGM-4) was also used. The analyzes were carried out for 12 hours during the day (5:00 am to 5:00 pm) and 12 hours during the night (5:00 pm to 5:00 am). The evaluation of leaf decomposition was carried out with the species *Mimosa caesalpinifolia* Benth. The fresh matter removed from the environment was dried in a forced air circulation oven at 65°C for 72 hours and placed in litterbags. It was observed that among the areas of the study, the ones that stood out with the highest releases of CO₂ at night were the SAF and the Forest and during the day the invaded area. Regarding CO₂ analysis methods, it was observed that the values measured with the infrared gas analyzer were much higher than those measured with the alkali absorption method in all systems and months studied. The Forest was the area with the highest rate of decomposition after the SAF. Mandala, Orchard and Invaded Area presented very low values. Phytosociology was analyzed as follows: for soil use and management systems: Forest, SAF and Orchard, five plots were used each, determined by the quadrant method. In the Mandala and Invaded Area systems, the standard inventory square method was used. Entomological diversity was estimated using pitfall traps. 10 traps were distributed in each system and buried randomly in the soil and collected after a period of 48 hours. It was found that the Hymenoptera group was the most frequent in the areas analyzed, in addition, it was seen that the lowest species richness was observed in the Orchard and Mandala areas and the greatest richness was found in the Forest. The environmental variables existing in the type of system, such as temperature, soil humidity and rainfall in the marsh region, influence CO₂ effluxes. It is concluded that edaphic respiration together with leaf decomposition analyzes are influenced by the type of management used, as well as biodiversity becomes lower in poorly managed environments.

Keywords: Soil respiration. Leaf decomposition. Ecological Balance. Phytosociological surveys. Entomology.

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO I

Figura 1. Sistemas de uso do solo em áreas de Brejo de Altitude em Bananeiras, Paraíba, Brasil.....	20
Figura 2. Fluxograma da metodologia de Grisi.....	21
Figura 3. Análise da respiração edáfica utilizando o Analisador de Gás Infravermelho portátil (EGM-4, PP Systems, versão 4.19).....	22
Figura 4. Fluxograma da decomposição foliar.....	23
Figura 5. Liberação de CO ₂ edáfico (mg m ⁻² h ⁻¹) diurno (●) e noturno (●) sob diferentes condições de solo. Durante os meses de setembro (1), outubro (2), novembro (3) e dezembro de 2022.	27
Figura 6. Temperatura (°C), Precipitação (mm) e umidade do solo (%) sob diferentes condições de solo.....	30
Figura 7. Liberação de CO ₂ nos turnos diurnos e noturnos em diferentes sistemas, no Município de Bananeiras, PB. (A) diurno; (B) noturno.....	32
Figura 8. Massa remanescente foliar (g) de <i>Mimosa caesalpinifolia</i> em função do tempo para cada sistema de uso do solo.	34

CAPÍTULO II

Figura 1. levantamento fitossociológico. A) Método ponto quadrante. B) Método do quadrado inventário.	45
Figura 2. Armadilha do tipo <i>pitfall</i>	46
Figura 3. Número estimado de espécies em diferentes sistemas de uso do solo, na UFPB – Campus III, Bananeiras, PB.....	50
Figura 4. Curvas amostrais por interpolação (-) e extrapolação (-) com intervalos de confiança de 95% (áreas sombreadas), Pontos e triângulos sólidos representam os limites das amostras de referência.....	51
Figura 5. Estrutura Diamétrica e Hipsométrica dos indivíduos amostrados na área da Floresta, no SAF e no Pomar de manga, UFPB – Campus III, Bananeiras, PB.	55
Figura 6. Estrutura milimétrica dos indivíduos amostrados na Área invadida e na mandala, UFPB – Campus III, Bananeiras, PB.....	56
Figura 7. Riqueza estimada para cada sistema de uso e manejo do solo.....	60

Figura 8. Curva de rarefação baseada no número de grupos – linha contínua (extrapolação – linha pontilhada), considerando diferentes sistemas: área de Floresta, SAF, Mandala, Pomar de manga e área invadida por *Sporobolus indicus*.....61

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO I

Tabela 1. Atributos químicos dos solos sob diferentes sistemas de uso do solo em um Brejo de Altitude no município de Bananeiras, PB.....	25
Tabela 2. Respiração edáfica para diferentes sistemas de uso do solo em períodos de avaliação distintos (Noturno/Diurno).	26
Tabela 3. Resumo da análise de variância (ANOVA) do CO ₂ liberado sob diferentes condições de solo em função do mês e turno de coleta	30
Tabela 4. Análise de Variância (ANOVA) do CO ₂ liberado sob diferentes condições de solo em função do mês e turno de coleta.....	32

CAPÍTULO II

Tabela 1. Relação das espécies amostradas em cinco diferentes sistemas de uso do solo em brejo de altitude, município de Bananeiras – Paraíba, Brasil. Espécies em ordem alfabética de família.	57
Tabela 2. Diversidade de Shannon (S'), dominância de Simpson (D') e equabilidade de Pielou (E) dos diferentes sistemas de uso do solo.....	53
Tabela 3. Parâmetros fitossociológicos das espécies encontradas em cinco diferentes sistemas de uso do solo.....	50
Tabela 4. Número de indivíduos capturados por armadilha pitfall, distribuídos por grupo taxonômico, nos cinco sistemas de uso e manejo do solo, UFPB – Campus III, Bananeiras/PB – Brasil.....	48

SUMÁRIO

ABSTRACT	8
CAPÍTULO I.....	14
DINÂMICA DO EFLUXO DE CO ₂ EDÁFICO E DA DECOMPOSIÇÃO DA FITOMASSA SOB DIFERENTES FORMAS DE USO DO SOLO	14
RESUMO	14
ABSTRACT	15
INTRODUÇÃO.....	16
MATERIAL E MÉTODOS.....	18
Área de estudo	18
Caracterização dos sistemas de uso do solo	18
Quantificação do CO ₂ edáfico	20
Comparação da respiração edáfica do método de absorção Álcali com o analisador de Gás Infravermelho (IRGA).....	21
Decomposição da Fitomassa	22
Análise estatística	24
Variáveis ambientais durante o período experimental	24
Análise química do solo	24
RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
Respiração edáfica.....	25
Análise da respiração do solo por absorção em Álcali e analisador de gás infravermelho sob diferentes usos	31
Decomposição do material foliar.....	34
CONCLUSÕES.....	36
REFERÊNCIAS	37
CAPÍTULO II	41
FITOSSOCIOLOGIA E DIVERSIDADE ENTOMOLÓGICA EM SISTEMAS DE USO E MANEJO DO SOLO	41

RESUMO	41
ABSTRACT	42
INTRODUÇÃO	43
MATERIAL E MÉTODOS.....	44
Levantamento fitossociológico.....	44
Diversidade entomológica	46
RESULTADOS E DISCUSSÃO	48
Composição florística.....	48
Diversidade florística.....	50
Parâmetros fitossociológicos	53
Estrutura Fitossociológica Horizontal e vertical	55
Levantamento da macrofauna edáfica	58
CONCLUSÕES	62
REFERÊNCIAS	63

CAPÍTULO I

DINÂMICA DO EFLUXO DE CO₂ EDÁFICO E DA DECOMPOSIÇÃO DA FITOMASSA SOB DIFERENTES FORMAS DE USO DO SOLO

RESUMO

A emissão de CO₂ está ligada a atividade microbiana, decomposição da matéria orgânica do solo, e respiração de raízes, sendo um indicativo para se avaliar sistemas sustentáveis. O objetivo deste estudo foi avaliar a respiração do solo e a decomposição foliar em cinco diferentes condições de solo. O estudo foi realizado na Área de Floresta, Área invadida por *Sporobolus indicus* (L.) R. Br., Sistema Agroflorestal, Mandala, e Pomar de manga. Para a quantificação do dióxido de carbono liberado no processo da respiração edáfica nos meses (setembro, outubro, novembro e dezembro de 2022), foram utilizados 50 recipientes contendo 10 ml de hidróxido de potássio, sendo 25 no período diurno (5:00 até 17:00h) e 25 no noturno (17:00 até 5:00h). Durante os meses (Março, Abril, Maio e Junho de 2023) foi utilizado duas metodologias distintas, a primeira com o método de Absorção Álcali, utilizando recipientes contendo hidróxido de potássio (KOH) e o outro método utilizando o Analisador de Gás Infravermelho. Já a avaliação da decomposição foliar foi feita com a espécie *Mimosa caesalpinifolia* Benth. A matéria fresca retirada do ambiente foi secada em estufa de circulação forçada de ar a 65°C por 72 horas e colocadas em *litterbags*. Observou-se que as médias da respiração edáfica de CO₂ foram maiores no período noturno. No período noturno foram o SAF e a Floresta e no período diurno a área invadida obteve as maiores liberações. Foi observado que os valores das medidas com o analisador de gás infravermelho foram bem maiores que os medidos com o método de absorção em Álcali em todos os sistemas e meses estudados. A Floresta foi a área com maior constante de decomposição (0.1938g.g⁻¹dia) em seguida o SAF apresentando uma constante de decomposição de 0.1479 g. g⁻¹dia. Já a Mandala o Pomar e Área invadida apresentaram valores muito baixos (0.0235, 0.0397, 0.0876 g. g⁻¹dia) respectivamente. Conclui-se que o período noturno é onde encontramos os maiores valores de CO₂ liberado e que as variáveis ambientais como a temperatura, umidade do solo e os índices pluviométricos da região do brejo exercem influência sobre os efluxos de CO₂. Quanto a taxa da decomposição da massa foliar, verificou-se que espécie *M. caesalpinifolia* Benth. possui uma decomposição mais lenta em comparação de acordo com os sistemas de uso e manejo do solo.

Palavras-chave: Sistemas sustentáveis. Bioindicadores. Dióxido de carbono. Decomposição.

DYNAMICS OF EDAPHIC CO₂ OUTFLOW AND PHYTOMASS DECOMPOSITION UNDER DIFFERENT FORMS OF LAND USE

ABSTRACT

CO₂ emissions are linked to microbial activity, decomposition of soil organic matter, and root respiration, being an indication for evaluating sustainable systems. The objective of this study was to evaluate soil respiration and leaf decomposition in five different soil conditions. The study was carried out in the Forest Area, Area invaded by *Sporobolus indicus* (L.) R. Br., Agroforestry System, Mandala, and Mango Orchard. To quantify the carbon dioxide released in the edaphic respiration process in the months (September, October, November and December 2022), 50 containers were used containing 10 ml of potassium hydroxide, 25 of which were in the daytime period (5:00 to 17 :00h) and 25 at night (5:00 pm to 5:00 am). During the months (March, April, May and June 2023) two different methodologies were used, the first with the Alkali Absorption method, using containers containing potassium hydroxide (KOH) and the other method using the Infrared Gas Analyzer. The assessment of leaf decomposition was carried out with the species *Mimosa caesalpinifolia* Benth. The fresh material removed from the environment was dried in a forced air circulation oven at 65°C for 72 hours and placed in litterbags. It was observed that the average CO₂ edaphic respiration was higher at night. During the night, it was the SAF and the Forest, and during the day, the invaded area obtained the largest releases. It was observed that the values measured with the infrared gas analyzer were much higher than those measured with the alkali absorption method in all systems and months studied. The Forest was the area with the highest decomposition constant (0.1938g.g⁻¹day) followed by the SAF, presenting a decomposition constant of 0.1479 g. g⁻¹day. Mandala or Orchard and Invaded area presented very low values (0.0235, 0.0397, 0.0876 g. g⁻¹day) respectively. It is concluded that the night period is where we find the highest values of CO₂ released and that environmental variables such as temperature, soil humidity and rainfall in the marsh region influence CO₂ effluxes. Regarding the rate of leaf mass decomposition, it was found that the species *M. caesalpinifolia* Benth. It has slower decomposition compared to soil use and management systems.

Keywords: Sustainable systems. Bioindicators. Carbon dioxide. Decomposition.

INTRODUÇÃO

Os sistemas de produção agrícola estão entre as atividades antrópicas que emitem gases de efeito estufa na atmosfera. Essa emissão pode ser gerada como consequência de diferentes processos naturais que ocorrem devido à ação de microrganismos do solo, alguns deles são estimulados por diferentes práticas agrícolas realizadas durante o processo de produção (MONTENEGRO, 2020).

A emissão de CO₂ está ligada a atividade microbiana, decomposição da matéria orgânica do solo, e respiração de raízes, sendo um indicativo para se avaliar sistemas sustentáveis (COSTA *et al.*, 2017). A liberação de CO₂ depende de fatores bióticos e abióticos, assim, qualquer fator que altere as condições microclimáticas do solo e sua interface com a atmosfera terrestre pode afetar a taxa de respiração (VALENTINE *et al.*, 2015).

No Brasil, estima-se que 84,2% das emissões de óxido nitroso (N₂O) e 74,4% de metano (CH₄) sejam resultantes do setor agropecuário. O óxido nitroso pode ser produzido durante o processo microbiano de desnitrificação, quando bactérias anaeróbicas facultativas utilizam o nitrato (NO₃) como acceptor final de elétrons em substituição ao oxigênio (O₂). A escolha do sistema de manejo e uso do solo influencia na emissão do óxido nitroso, sendo que o acúmulo de N orgânico/inorgânico no solo aumenta esta emissão (BRASIL, 2016; ALMEIDA *et al.*, 2015). Segundo Besen *et al.*, (2018) a adoção de práticas conservacionistas como os sistemas integrados de produção, e formas de cultivo que possibilitem o uso sustentável do solo, apresentam-se como medida imprescindível para mitigação de gases do efeito estufa, desde que corretamente manejadas.

A serapilheira é a principal via de transferência no fluxo de nutrientes e fundamental para a sustentabilidade de florestas, visto que permite pelo menos em parte, o retorno ao solo de uma significativa quantidade de nutrientes absorvida pelas plantas. Essa dinâmica ciclagem e nutrientes, representada pela entrada via deposição e saída via decomposição, é essencial para a manutenção dos ecossistemas (FERREIRA *et al.*, 2007).

Os sistemas que apresentam melhores índices de sustentabilidade apresentam métodos conservacionistas, destacando-se o Sistemas Agroflorestais (SAFs), pois este condiciona solos vivos e bem agregados, manutenção da biodiversidade, cobertura vegetal e maior dinâmica de decomposição de matéria orgânica, consequentemente atua de forma positiva na microbiota do solo (SIMON *et al.*, 2019, LAZERIS *et al.*, 2021).

As análises de CO₂ são muito importantes para o estudo dos solos envolvendo a atividade biológica e material orgânico em decomposição, uma vez que, o manejo adotado no solo pode

conservá-lo, melhorar suas propriedades físicas, químicas e biológicas, mas também pode contribuir no processo de erosão, perda de matéria orgânica e de nutrientes (SOUTO *et al.*, 2009).

A atividade microbiana do solo pode ser avaliada por meio de bioindicadores, destacando-se a respiração, a quantidade de CO₂ liberada, produzida pela respiração de microrganismos e raízes, sendo um dos métodos mais utilizados para avaliar a atividade biológica que é influenciada pela temperatura e umidade do solo (GOMES *et al.*, 2021; KRISHNA; MOHAN 2017).

Outra avaliação importante é a decomposição da fitomassa, pois parte do suprimento dos elementos que mantêm a estabilidade e a boa funcionalidade do sistema (HOLANDA *et al.*, 2015). Segundo Sousa *et al.*, (2020) avaliações diretas de perdas da fitomassa utilizando sacolas de *litterbags* é uma técnica de baixo custo que serve para avaliar a decomposição da camada de serrapilheira. Sendo considerada muito importante no estudo da dinâmica da decomposição da matéria orgânica e entendimento da ciclagem de nutrientes nos ecossistemas.

No semiárido do brasileiro podem ocorrer áreas mais úmidas conhecidas como “brejos de altitude” (BARBOSA *et al.*, 2004; IBGE, 2012). Estes locais se estabelecem em regiões de maior relevo entre os estados de Pernambuco e Paraíba (Planalto da Borborema), possuindo clima intermediário, quente e seco da região semiárida e subúmido da Floresta Atlântica (MORO *et al.*, 2016).

A altitude está positivamente associada a precipitação, devido os efeitos orográficos (BARBOSA *et al.*, 2004; SILVA; SOUZA, 2018). Esses mecanismos interagem com fatores edáficos, moldando a heterogeneidade dos níveis de aridez na região (SANDERS *et al.*, 2003; SAMPAIO, 2010).

Embora, os processos do solo tenham um papel importante nos fluxos de carbono, existe ainda poucos estudos na Mesorregião do Agreste da Paraíba, em particular a Microrregião do Brejo, sobre a dinâmica da respiração e da decomposição foliar e sabendo que essas informações são de grande relevância é pertinente fazer essas avaliações (LÓPEZ-TELOXA; MONTERROSO-RIVAS, 2020; SILVA *et al.*, 2022). Nesse contexto, o objetivo deste estudo foi comparar o método tradicional de respiração do solo com o analisador de gases por infravermelho (IRGA), além de avaliar a cinética decomposição foliar em cinco diferentes sistemas de uso solo na Microrregião do Brejo Paraibano.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

O estudo foi realizado em cinco diferentes formas de uso do solo, denominados: Área invadida por *Sporobolus indicus* (L.) R. Br, Pomar de manga, Mandala, Sistema Agroflorestral, e Floresta. Todos os sistemas localizados na Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Centro de Ciências Humanas, Sociais e Agrárias, Campus III, Bananeiras - PB. O município de Bananeiras está localizado na Microrregião Bananeiras e na Mesorregião Agreste Paraibano. Sua Área é de 258 km² representando 0.4571% do Estado, 0.0166% da Região e 0.003% de todo o território Brasileiro. A sede do município tem uma altitude aproximada de 520 metros distando 94,1236 Km da capital. Está inserido na unidade geoambiental do Planalto da Borborema, com altitude variando entre 650 a 1.000 metros (CPRM/PRODEEM, 2005).

Com respeito à fertilidade dos solos é bastante variada, com certa predominância de média para alta. Cujas coordenadas geográficas são 6°46' de latitude sul e 35°38' de longitude a oeste do Meridiano de Greenwich. Apresentando temperaturas de 18 a 27 °C e precipitação média de 1200 a 1500 mm, com chuvas de outono a inverno (concentradas nos meses de maio a agosto) (FRANCISCO et al., 2018).

Caracterização dos sistemas de uso do solo

Os diferentes sistemas de uso do solo são descritos a seguir:

Área Invasida por *Sporobolus indicus* (L.) R. Br.- possui aproximadamente 0,28 ha⁻¹, inicialmente era usada como pastejo animal, mas que se encontra abandonada há mais de vinte anos (Figura 1A). O capim Luca, conhecido também como capim capeta possui origem da Índia, considerada uma espécie preocupante para os pecuaristas, devido os prejuízos à pecuária. É capaz de produzir 200 mil por planta por ano, além de possuir uma longevidade de sobrevivência de suas sementes por até 10 anos no solo. Além disso, possui baixa aceitabilidade pelos animais e muita dificuldade em controlar sua disseminação, fazendo com que essa gramínea tenha grande capacidade competitiva em relação à forrageira cultivada, passando a dominar toda a área (DIAS-FILHO, 2015; ANDRADE; FONTES, 2015; QUATTROCCHI, 2006).

Pomar de manga - Área de aproximadamente 0,25 ha⁻¹ e que teve sua implantação em 2004, possuindo cinco cultivares; tommy Atkins, kent, palmer, surpresa e van dyke distribuídas por linhas (Figura 1B). Um sistema de monocultivo onde é realizado alguns tratamentos culturais como a adubação química, poda, coroamento das plantas, capinas nas faixas de plantio de forma manual e mecanizada.

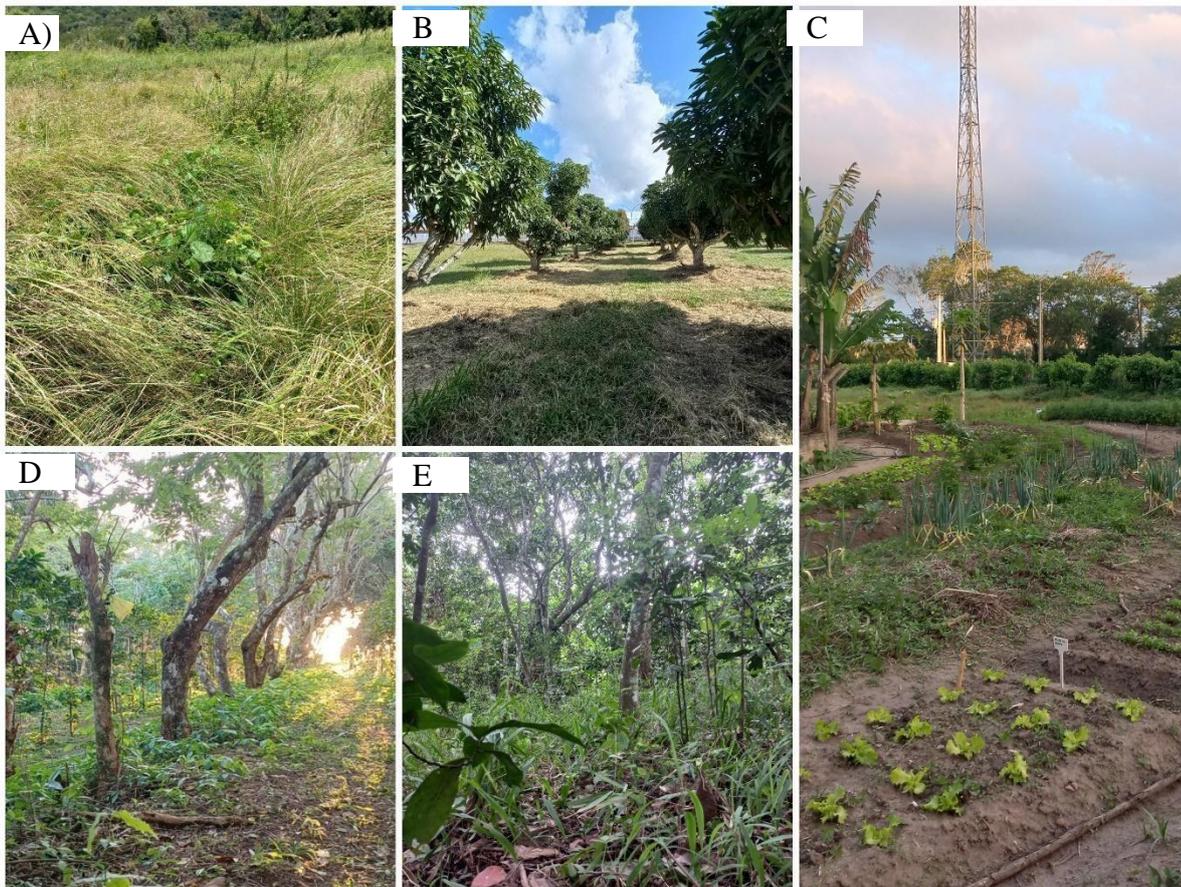
Mandala - Área de cultivo orgânico de formato circular (Figura 1C) com aproximadamente 0,38 ha⁻¹ implantada há cerca de 18 anos. É composta por plantas anuais como o milho e feijão, algumas hortaliças como o coentro, alface, cebolinha, dentre outras e frutíferas, a exemplo do mamoeiro e bananeira. Nesse sistema existe frequentemente as práticas agrícolas para manter as culturas sempre livres de plantas daninhas e de pragas. Com isso, faz a aplicação de herbicidas, inseticidas e adubação orgânica.

Sistema Agroflorestal (SAF) - Área com cerca de 0,68 ha⁻¹(Figura 1D). Implantado há aproximadamente 17 anos, possui o café (*Coffea* sp.) sombreado pela gliricídia (*Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Walp.) como plantas principais e outras plantas arbóreas de forma isoladas como a Madeira-nova (*Pterogyne nitens* Tul.), Jurema (*Mimosa tenuiflora* Wild Poir.), Jaqueira (*Artocarpus heterophyllus* L.) e abacateiro (*Persea americana* Mill.). O solo apresenta uma fina camada (3-5 cm) de serapilheira proveniente, sobretudo, da fitomassa das espécies existentes no local.

Floresta - Área de aproximadamente 35,5 há, considerada um remanescente de Floresta Ombrófila Aberta (Figura 1E). Caracterizada como zona de transição Mata Atlântica e Caatinga que abriga diversos espécimes arbóreas como o angico (*Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan.), sete cascas (*Samanea tubulosa* Benth. Barneby & JWGrimes), Canudo de pito (*Senna bicapsularis* L. Roxb), embaúba (*Ceropia pachystachya* sp.), Canafistula (*Peltophorum dubium* Spreng. Taub.) entre outras. O solo apresenta-se coberto por uma espessa camada de serapilheira, possuindo matéria orgânica autóctone, o que favorece as condições de solo.

Figura 1. Sistemas de uso do solo em áreas de Brejo de Altitude em Bananeiras, Paraíba, Brasil;

A) Área invadida por *S. indicus*. B) Pomar de Manga. C) Mandala, D) SAF e E) Floresta



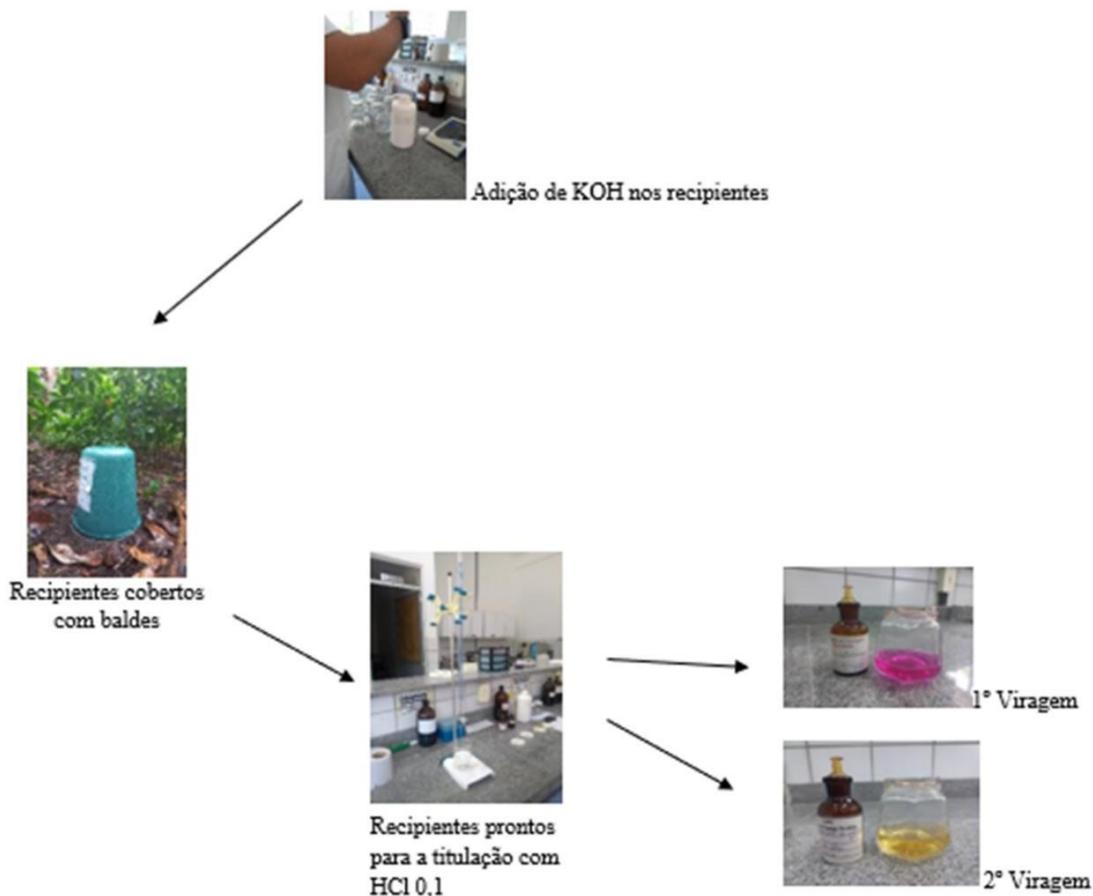
Quantificação do CO₂ edáfico

A quantificação do dióxido de carbono liberado no processo da respiração edáfica foi feita a partir de 50 recipientes contendo 10 ml de hidróxido de potássio. Destes, 25 foram colocados no campo às 5:00h e retirados às 17:00h, correspondendo ao período diurno e os outros 25 das 17:00h às 5:00h correspondendo ao período noturno. Posteriormente, foi realizado a titulação utilizando-se ácido clorídrico a 1%, tendo como indicador a fenolftaleína e o alaranjado de metila a 1%. Utilizou-se ainda um frasco controle (testemunha), que permaneceu fechado e foi submetido ao mesmo processo de titulação.

A respiração edáfica foi quantificada utilizando-se a metodologia de Grisi (1978), durante os meses de setembro, outubro, novembro e dezembro. Os locais para análise do fluxo foram escolhidos aleatoriamente e utilizados 5 baldes possuindo diâmetro de 29,8 cm e altura de 36,5 cm, cobrindo uma área de 697,46 cm² e tiveram a borda enterrada no solo para evitar as trocas gasosas (VALENTINE et al., 2015). Após retirados do campo os recipientes foram

imediatamente fechados e levados ao Laboratório de Pós-Colheita do CCHSA/UFPB para a determinação do CO₂ absorvido.

Figura 2. Fluxograma da metodologia de Grisi



Comparação da respiração edáfica do método de absorção Álcali com o analisador de Gás Infravermelho (IRGA)

Para quantificar o CO₂ liberado no processo da respiração edáfica durante os meses (Março, Abril, Maio e Junho de 2023) foi utilizada duas metodologias distintas, a primeira com o método de Absorção Álcali, utilizando recipientes contendo hidróxido de potássio (KOH), descrita por Grisi (1978), e o outro método utilizando o Analisador de Gás Infravermelho portátil (EGM-4, PP Systems, versão 4.19) conectado a uma câmara de fluxo de CO₂ do solo (SRC-1, PP Systems - Respiração do Solo de Sistema Aberto) com 1170 cm³ cobrindo 78,5 cm² de solo a cada medida expresso nas unidades g CO₂ m⁻² h⁻¹. As análises foram realizadas durante 12 horas no período diurno (5:00h às 17:00h) e 12 horas no período noturno (17:00h às 5:00h).

Figura 3. Análise da respiração edáfica utilizando o Analisador de Gás Infravermelho portátil (EGM-4, PP Systems, versão 4.19)



Para a estimativa da respiração edáfica nos diferentes sistemas de uso foi utilizado o delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC), com 5 repetições por área durante 4 meses experimentais (setembro, outubro, novembro e dezembro). Investigou-se a normalidade dos dados e a homogeneidade das variâncias por meio do teste de Shapiro-Wilk, e as médias obtidas foram comparadas por teste Tukey a 5%. Para os períodos (diurno x noturno) aplicou-se o teste de Fisher (F) a 5% de probabilidade que testa a razão entre duas variâncias. A análise estatística foi realizada mediante o uso do *software* estatístico R, versão 4.2.2 (R Core Team, 2023).

Decomposição da Fitomassa

A avaliação da decomposição foliar foi realizada de outubro a dezembro de 2022 utilizando a espécie *Mimosa caesalpinifolia* Benth. que foi colocada em *litterbags* com malha de 2 mm² e dimensões de 20 × 30 cm. Esta técnica consiste na adição de material foliar seco, com massa conhecida, disposta ao ambiente para a decomposição (SCORIZA *et al.*, 2012). A matéria fresca retirada do ambiente foi secada em estufa de circulação forçada de ar a 65°C por 72 horas até massa constante e em seguida realizada a pesagem de 10 gramas para inserir em cada *litterbags*. Foram dispostas 20 *litterbags* em cada área, totalizando 100 unidades.

A malha de 2 mm² teve o propósito de permitir o acesso da mesofauna, bem como microrganismos do solo que estão inseridos no processo de decomposição natural de folhas. A

cada 20 dias, foram retiradas 4 *litterbags* de cada sistema e levadas ao laboratório onde o material foliar remanescente foi seco em estufa à temperatura constante, e pesado em balança de precisão, repetindo esse procedimento até a coleta das últimas 4 unidades dispostas no campo.

O coeficiente de decomposição (k) da fração foliar foi calculado a partir dos valores de massa remanescente obtidos a cada coleta e ajustados ao modelo exponencial recomendado por THOMAS E ASAKAWA (1993).

$$\text{Equação usada: } X_t = X_0 \cdot e^{-kt}$$

Em que: X_t é a quantidade de matéria seca ou nutriente remanescente após um período de tempo t, em dias; X_0 : quantidade de matéria seca inicial ou nutriente; e k: é a constante de decomposição.

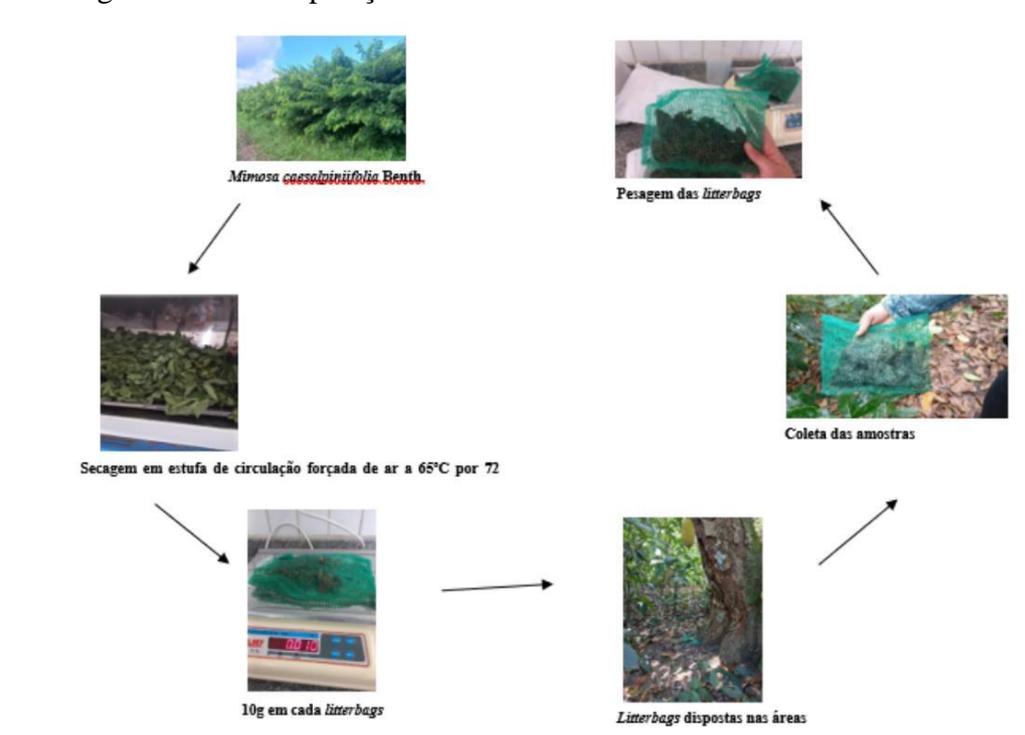
Reorganizando os termos dessa equação, é possível calcular a constante de decomposição, ou valor k, conforme equação seguinte: $k = \ln(x/x_0) / t$.

A meia-vida da fitomassa foi calculada com base na contante de decomposição (k), este valor foi obtido por meio da linearização do modelo anterior, e seu resultado corresponde ao tempo requerido para que ocorra a decomposição de metade da quantidade inicial do material foliar analisado. Equação usada: $t_{1/2} = \ln(2) / kt$

Em que: $t_{1/2}$ é tempo de meia-vida das folhas

K: constante de decomposição obtida a partir do ajuste do modelo não linear.

Figura 4. Fluxograma da decomposição foliar



Análise estatística

Os dados da massa seca remanescente correspondentes a cada período de coleta foram submetidos à análise de variância ($p < 0,05$) e posteriormente ao teste Tukey à 5% de significância. Foi realizada análise de regressão, com o uso do software Microsoft Excel © (versão 2013), para delinear o comportamento das curvas de decomposição com os critérios dos melhores modelos de regressão serem maior R^2 (coeficiente de determinação ajustado) e menor erro padrão.

Variáveis ambientais durante o período experimental

Temperatura do solo e índices pluviométricos

As temperaturas do solo foram medidas mensalmente com termômetro digital convencional do tipo espeto modelo *Instrutherm*[®] - TE-500, próximas aos baldes. As medidas de temperatura do solo foram feitas simultaneamente com as medidas de CO_2 do solo em todos os cinco pontos durante os meses de setembro a dezembro de 2022. E os dados da precipitação pluviométrica foram obtidos através da Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba – AESA.

Umidade edáfica

A umidade do solo foi aferida mediante a coleta de amostras simples a 5 cm de profundidade do solo, mensalmente, próximas aos pontos de medição do fluxo de CO_2 em com cinco repetições para cada área. As amostras de solo foram levadas até o laboratório para serem pesadas em balanças de precisão de 0,001g, posteriormente acondicionadas em cápsulas de alumínio e colocadas em estufa a 105 ± 1 °C por um período de 24h até peso constante, sendo novamente pesadas para obtenção do teor de água na amostra.

O teor de umidade do solo (US) foi calculado utilizando-se a seguinte equação:

$$US\% = \left(\frac{Mu - Ms}{Ms} \right) \cdot 100$$

Em que: umidade do solo (US) é resultado da diferença entre a massa úmida (Mu) e a massa seca (Ms), dividida pela massa seca (Ms), para se obter a proporção de massa de água (Ma) por massa de solo seco (Ms). Em seguida multiplicou-se por 100, obtendo-se a porcentagem de água da amostra na base de massa seca.

Análise química do solo

Na análise química do solo (Tabela 1) foram coletadas cinco subamostras para cada área de estudo na profundidade de 0 cm -20 cm (amostras simples), colocadas em um balde plástico

limpo e, em seguida, muito bem misturadas, formando uma amostra composta e armazenadas em saco plástico etiquetados com identificação. Depois de concluídas as etapas: coleta das amostras, acondicionamento e homogeneização, as amostras compostas foram conduzidas para o Laboratório de Análise Química Do Solo no CCHASA/UFPB, seguindo a metodologia conforme a literatura (EMBRAPA, 2017). O solo da mandala é relativamente básico, devido a correção do solo com calcário, entretanto os demais sistemas são ligeiramente ácidos. Quanto a matéria orgânica e carbono orgânico os maiores valores foram vistos na Floresta e no SAF e os menores teores foram encontrados na Área invadida por *Sporobolus indicus* (L.) R. Br.

O pH foi maior na mandala e menor na área invadida, indicando que o solo da área invadida é mais ácido por ser mais degradado e possuir baixa camada de matéria orgânica no solo. A matéria orgânica do solo (M.O) apresentou valores na seguinte ordem Mandala, Floresta depois SAF, Pomar e por último Área invadida.

Tabela 1. Atributos químicos dos solos sob diferentes sistemas de uso do solo em um Brejo de Altitude no município de Bananeiras, PB.

Sistemas	pH H ₂ O	P ---mg dm ⁻³ ---	K ⁺	Na ⁺	H ⁺ + Al ³⁺	Al ³⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	SB	CTC	V %	M.O ---g kg ⁻¹ ----	C.O
			-----cmol _c dm ⁻³ -----										
Floresta	5,70	22,35	137,66	0,12	6,11	0,15	7,70	4,30	12,48	18,58	67,14	33,49	19,42
SAF	6,10	75,19	54,39	0,12	5,94	0,25	4,00	1,90	6,16	12,10	50,92	32,97	19,12
Mandala	7,37	170,37	156,48	0,22	1,65	0,00	6,80	2,30	9,72	11,37	85,49	34,16	19,81
Pomar	6,18	16,86	42,05	0,11	3,80	0,10	3,90	2,00	6,12	9,91	61,71	32,67	18,95
Área Invadida	5,53	44,45	34,59	0,40	0,83	0,05	4,80	3,20	8,49	9,31	91,14	28,84	16,73

Em que: pH, potencial hidrogeniônico; P, fósforo assimilável; K⁺, potássio trocável; Na⁺, sódio trocável; H⁺ + Al³⁺, acidez trocável; Al³⁺, alumínio trocável; Ca²⁺, cálcio trocável; Mg²⁺, magnésio trocável; SB, soma de bases; CTC, capacidade de troca catiônica; V%, percentual de saturação por bases; M.O, matéria orgânica; C.O, carbono orgânico.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Respiração edáfica

As variáveis foram submetidas ao teste de normalidade Shapiro-Wilk, sendo confirmada que existe a normalidade dos dados, foi realizada a análise de variância. De acordo com os resultados encontrados, notou-se que a respiração edáfica sofreu influência das variáveis: período (mês/turno) de coleta em todas as áreas estudadas.

As médias da respiração edáfica nos turnos diurnos e noturnos apresentaram diferenças (Tabela 2), sendo o período noturno o que se encontra com os maiores valores de CO₂ liberado, com 0,14g m⁻² h⁻¹. Resultados semelhantes foram encontrados por Holanda *et al.*, (2015), que ao analisar a influência da sazonalidade no desprendimento de CO₂ verificou que existem diferenças entre os turnos sendo o maior valor encontrado de 0,169 g m⁻² h⁻¹ no período noturno em um

remanescente de Caatinga caracterizado como clima semiárido. Corroborando também com Araújo *et al.*, (2022), em estudos realizados no município de Bananeiras-PB, em três áreas experimentais, identificaram que as diferentes formas de uso da terra e os períodos exercem efeito significativo sobre as atividades dos microrganismos, influenciando as flutuações do efluxo de CO₂.

Tabela 2. Respiração edáfica para diferentes sistemas de uso do solo em períodos de avaliação distintos (Noturno/Diurno).

Mês	Sistema/Turno									
	Floresta		SAF		Mandala		Pomar		Área Invasida	
	Noturno	Diurno	Noturno	Diurno	Noturno	Diurno	Noturno	Diurno	Noturno	Diurno
Setembro	123,3aA	51,2bA	156,9 aA	58,0bA	123,0aA	67,8Ba	104,5aAB	81,5aA	96,1aAB	72,1bAB
Outubro	69,9 aB	51,5aA	114,6aBC	7,4 bA	96,9 aA	85,4aA	79,8 aB	79,8 aA	77,3 aB	59,7 aB
Novembro	124,4aA	65,3bA	96,1 aC	74,2 aA	110,7aA	81,5bA	109,0aAB	90,8 aA	99,7 aAb	89,4 aA
Dezembro	133,1aA	54,0bA	132,4aAB	56,8bA	118,0aA	70,3bA	130,3 aA	66,0bA	112,1 aA	80,1bAB

** Médias seguidas da mesma letra minúscula na horizontal não diferem entre si, segundo teste Tukey 5%.

***Médias seguidas da mesma letra maiúscula na vertical não diferem entre si, segundo teste Tukey a 5%.

Observou-se que dentre as áreas do estudo as que mais se destacaram com maiores liberações de CO₂ no período noturno foram o SAF e a Floresta com valores acima de 0, 13g.m⁻².h⁻¹ (Figura 4). Já os menores valores foram vistos na Área invadida 0,059g m⁻².h⁻¹ em seguida a Mandala 0,067g m⁻².h⁻¹ e o Pomar 0,065g m⁻².h⁻¹. Essas diferenças estatísticas entre as coletas nos diferentes turnos, a princípio, estão relacionadas com a maior incidência solar durante todo dia, e nessas condições de solo com maior sombreamento e matéria orgânica leva a diminuição da temperatura e aumenta a atividade microbiana do solo (HOLANDA *et al.*, 2015).

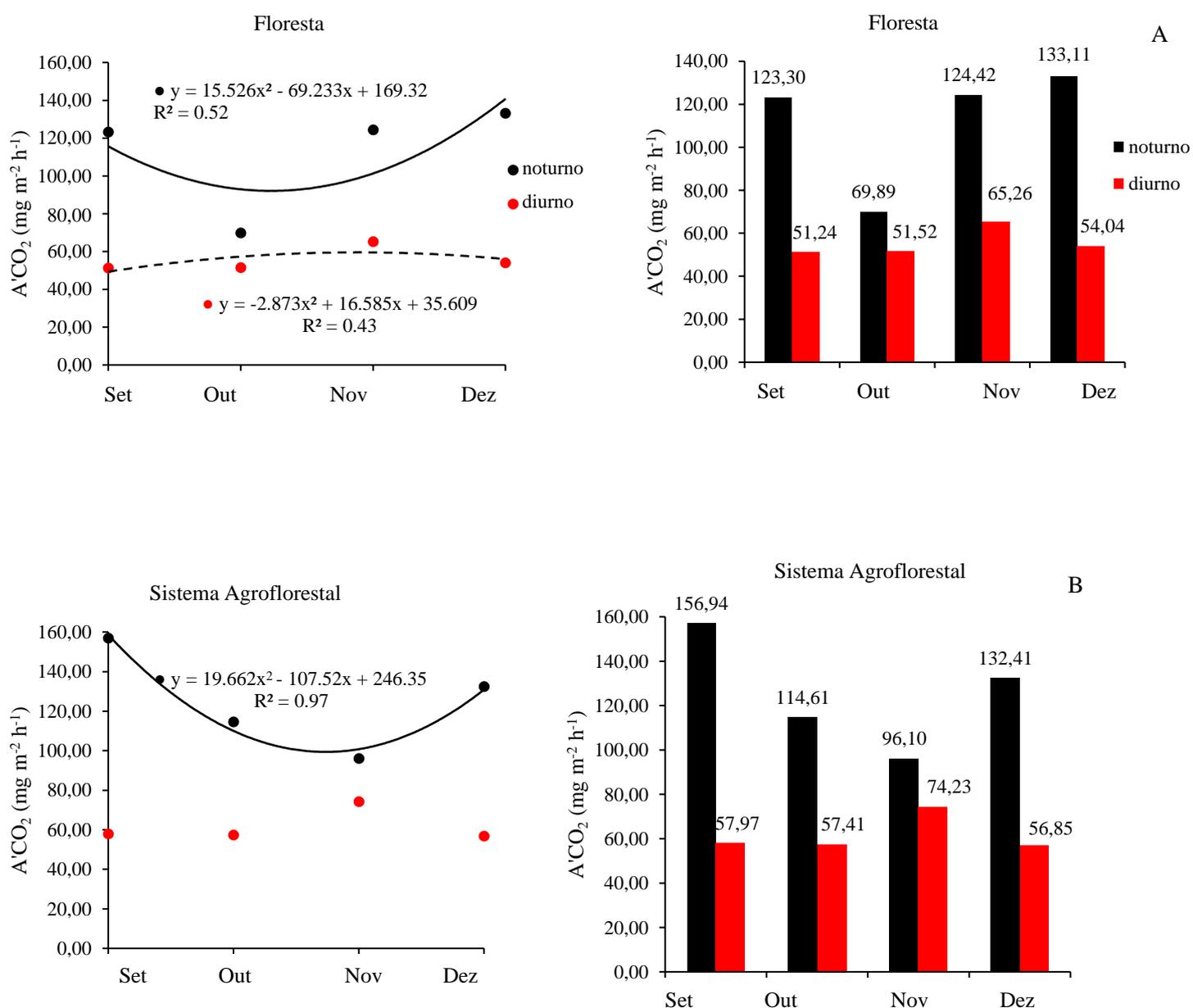
Os menores valores de efluxo de CO₂ no período diurno ocorreram nos meses de setembro e outubro (Figura 5), principalmente na Floresta com 51 mg.m⁻².h⁻¹. No SAF permaneceu constante durante esses dois meses com 57 mg.m⁻².h⁻¹. De acordo com Torres *et al.*, (2015) a distribuição do CO₂ nos sistemas de manejo do solo ao longo do dia reflete sua capacidade física, por isso sistemas conservacionistas apresentam menor dispersão de CO₂ ao longo do dia, graças às características que o manejo conservacionista possui, que conferem ao mesmo tempo maior proteção contra as condições ambientais extremas como chuvas erosivas, crise hídrica, altas taxas de radiação solar.

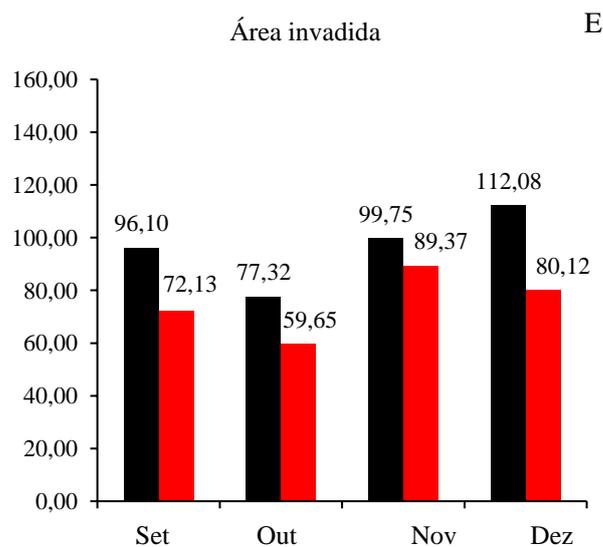
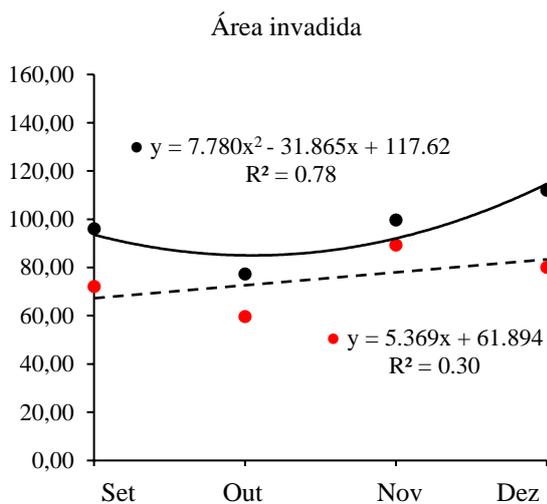
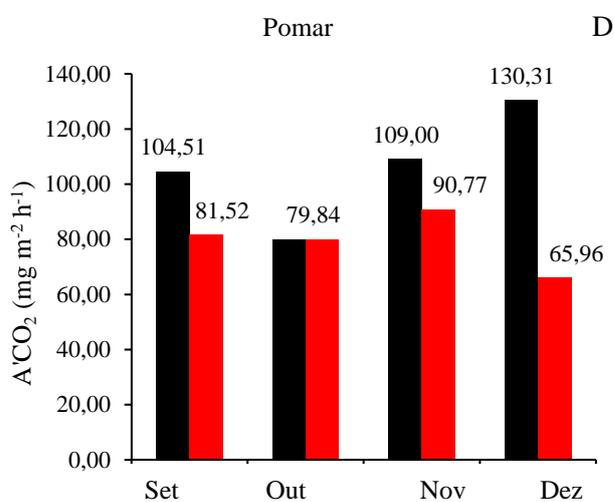
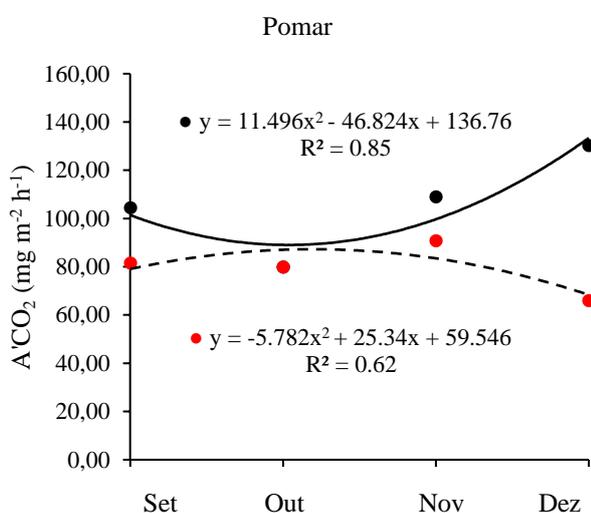
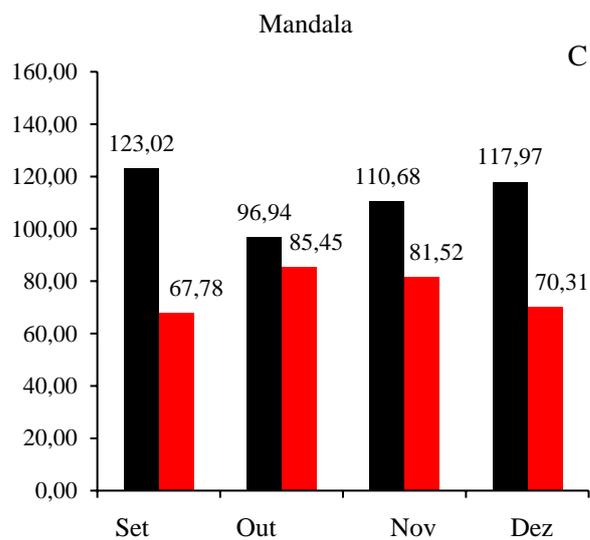
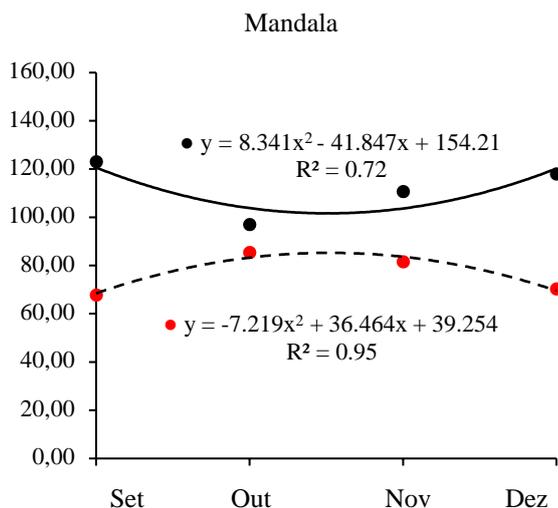
Os maiores valores ocorreram nos meses de novembro, tendo a área do Pomar com 0,090 g.m⁻².h⁻¹, considerado o maior índice, e em segundo lugar a área invadida com 0,089 g.m⁻².h⁻¹. Esse resultado se explica principalmente pela incidência direta de raios solares na superfície, devido à falta de barreira, promovendo tanto maiores temperaturas no solo como maior desprendimento de CO₂ durante o dia. Além disso, o tipo de cobertura do solo também contribui

para esse aquecimento, o gramado embora seja uma forma de vegetação possui elevado valor de refletância (MARTINI & BIONDI,2015).

Diferentemente dos estudos de Novais *et al.*, (2017), realizado na região norte do Mato Grosso que mesmo ao calcular a média anual verificou que o menor valor ocorreu em setembro, considerado o mês mais seco, a quantidade de CO₂ encontrada foi cerca de 0,691g.m⁻².h⁻¹.

Figura 5. Liberação de CO₂ edáfico (mg m⁻² h⁻¹) diurno (●) e noturno (●) sob diferentes sistemas de solo. Durante os meses de setembro, outubro, novembro e dezembro de 2022. Floresta (A); Mandala Agrícola (B); Pomar (C); Sistema Agroflorestal.





Na medição do efluxo de CO₂ liberado do solo no período de 12 horas durante os meses de estudo (Figura 5), nota-se que os valores mais elevados no período diurno foram observados no

mês de novembro e no período noturno no mês de dezembro. Esse resultado pode estar relacionado com os índices pluviométricos (Figura 6), uma vez que o mês de novembro obteve o maior o maior valor acumulado de chuva, cerca de 43,0 mm (AESAs, 2023).

Segundo Silva et al. (2016), o acúmulo de CO₂ do solo tem relação com o preenchimento dos poros afetando a atividade aeróbica, quando ocorrem precipitações, o solo expulsa os gases nele contido e em seguida faz uma barreira impedindo a emissão de CO₂, porém após o evento da chuva há um grande aumento do efluxo de CO₂, uma vez que a água, quando drenada para o solo, força a saída do CO₂ ali presente nos poros.

Menores valores no período diurno foram encontrados na Floresta 0,06g. m⁻².h⁻¹, em contrapartida, os maiores foram registrados nas demais formas de uso do solo com valores semelhantes em torno de 0,08g. m⁻².h⁻¹ em todos os meses estudados. A floresta, por se tratar de um sistema em que o extrato arbóreo-arbustivo é mais denso, com temperaturas amenas, apresentando, dessa forma, baixa amplitude térmica ao longo do período diurno, quando comparado aos demais sistemas. Além disso, a vegetação exerce influência significativa sobre as variáveis meteorológicas que compõem o microclima local. Esse fato, possivelmente, fez com que a Floresta e o SAF tivessem uma menor atividade microbiana (BURAGIENÉ *et al.*, 2015; SIMON *et al.*, 2019; GOMES *et al.*, 2021).

Esses autores ainda afirmam que boas práticas agrícolas de conservação e de manejo do solo possibilitam a entrada de carbono no sistema-solo (sequestro de C) permitindo que o mesmo fique no solo, diferente do que acontece quando é liberado na forma de CO₂ para a atmosfera devido ao desmatamento, queimadas, operações de aração e gradagem levando a uma maior oxidação da matéria orgânica.

Foi observado que no período diurno a liberação ocorreu de forma mais estável tendo seus valores sem muitas variações, tendo um leve aumento de efluxo de CO₂ no mês de novembro e diminuindo no mês de dezembro (Tabela 3). Essas alterações ao decorrer dos meses de estudo podem ter sido influenciadas pelos fatores temperatura, umidade do solo e os índices pluviométricos (Figura 6). Ritterbusch *et al.*, (2019) ao comparar a evolução da produção de CO₂ pelos microrganismos nos seus estudos, evidenciou-se que eles são sensíveis a fatores abióticos, pois a liberação de CO₂ diminuiu quando se aplicou tratamentos restritivos à atividade microbiana, como solo alagado e altas temperaturas.

Tabela 3. Resumo da análise de variância (ANOVA) do CO₂ liberado sob diferentes condições de solo em função do mês e turno de coleta

Fontes de Variação	GL	Quadrados Médio
Mês	3	3214*
Turno	1	40198***
Mês x Turno	3	7942***
Resíduo	33	9222
CV (%)		16.3

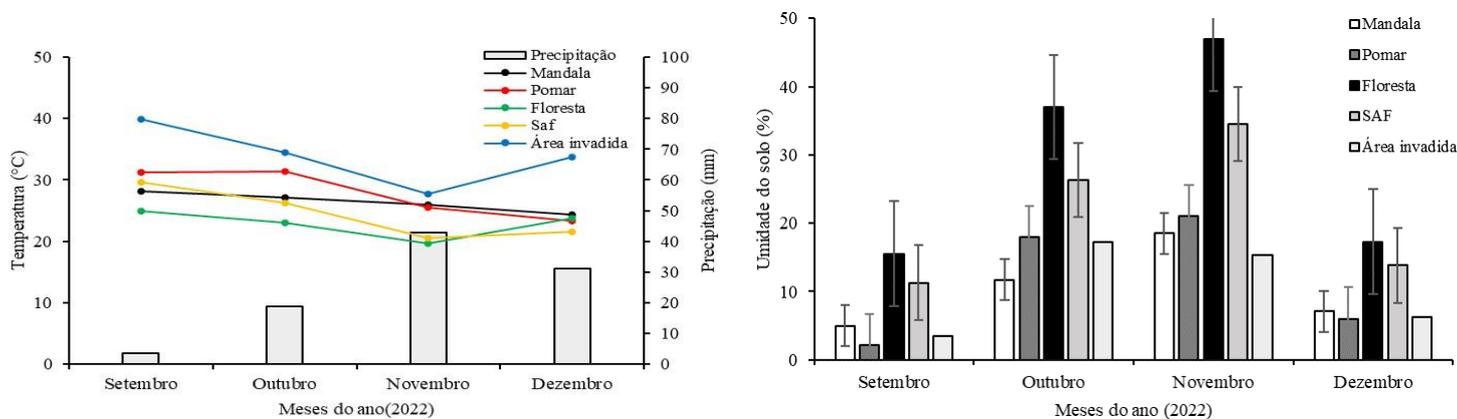
CV: Coeficiente de variação (%); ns: Não significativo; *: Significativo (p<0,05); **: **Significativo (p<0,01).

É sabido que o solo tem uma capacidade de absorver a energia radiante, procedente do sol, sendo que a quantidade absorvida depende da intensidade de irradiação e respectiva inclinação solar e, das características e propriedades do solo, destacando-se a estrutura, textura, cor e umidade (SOUTO et al, 2009).

Na figura 6 podemos observar que o mês de setembro obteve a maior temperatura e o menor valor acumulado de precipitação pluviométrica durante o período em que a pesquisa foi conduzida de 3,6 mm e a maior média registrada de 43,0 mm no mês de novembro (AESA, 2023). Os menores teores de umidade do solo (Figura 7) também foram observados no mês de setembro em todas as áreas estudadas obedecendo à seguinte sequência: Área invadida > Pomar > Mandala > SAF > Floresta.

As temperaturas máximas foram observadas na área invadida (39,9°C) por *Sporobolus indicus* (L.) R. Br. Essa área foi a que apresentou os menores teores de umidade do solo, ou seja, possui características que favorecem a absorção da energia solar e perda de água o que pode implicar na diminuição da atividade microbiana.

Figura 6. Temperatura (°C), Precipitação (mm) e umidade do solo (%) sob diferentes condições de solo.



A Floresta e o SAF registraram as menores temperaturas e os maiores teores de umidade do solo (23,8° C e 47%), (20,5°C e 34,5%) respectivamente, sendo que foram as áreas com os maiores valores de respiração edáfica. Já as demais áreas tiveram valores semelhantes de temperatura e umidade. Em seus estudos Oliveira *et al.*, (2023), identificou que em áreas com menor cobertura vegetal e áreas arbóreas ocorre uma maior emissão de CO₂ do solo para a atmosfera, parte desta emissão não consegue ser capturada pelas folhas das plantas e se propaga na atmosfera contribuindo para o efeito estufa.

Análise da respiração do solo por absorção em Álcali e analisador de gás infravermelho sob diferentes usos

Os resultados encontrados na Floresta tiveram algumas semelhanças com a área invadida e com o SAF, uma vez que, nessas áreas não houve diferenças significativas entre os meses no período diurno, diferentemente do que foi visto no Pomar. Entretanto, a única área que no período noturno não exerceu influência significativa entre os meses foi o SAF (Tabela 4). Quanto ao método de análise para todos os sistemas observou-se variações significativas ($p < 0,01$).

Tabela 4. Análise de Variância (ANOVA) do CO₂ liberado sob diferentes condições de solo em função do mês e turno de coleta

Fontes de Variação	GL	Quadrados Médios			
		SAF	Floresta	Pomar	Área Invasada
CO ₂ Diurno					
Mês	3	2012 ^{ns}	662 ^{ns}	3397 ^{***}	1129 ^{ns}
Método de análise	1	784817 ^{***}	1041375 ^{***}	1178823 ^{***}	943908 ^{***}
Resíduo	16	1334	317	242	498
CV (%)		10.7	5.4	4.6	6.3
CO ₂ Noturno					
Mês	3	1671 ^{ns}	4025 ^{***}	2361 ^{**}	6727 ^{**}
Método de análise	1	646587 ^{***}	905593 ^{***}	758815 ^{***}	803114 ^{***}
Resíduo	16	835	275	357	965
CV (%)		8.3	5.0	5.6	8.9

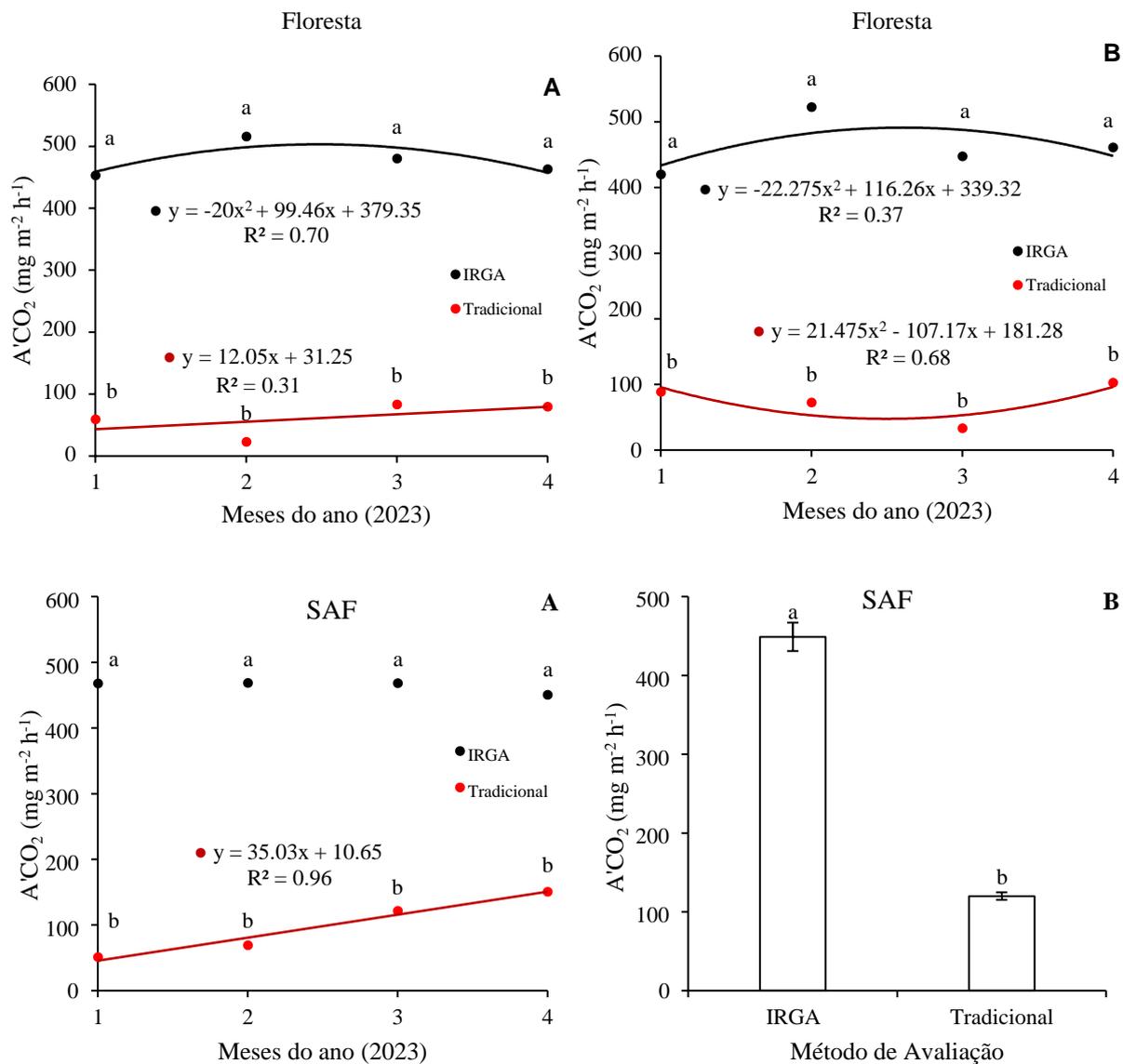
***, **, *, ^{ns} = significativo a 0,1%, 1%, 5% e não significativo, respectivamente; GL: grau de liberdade; CV: coeficiente de variação.

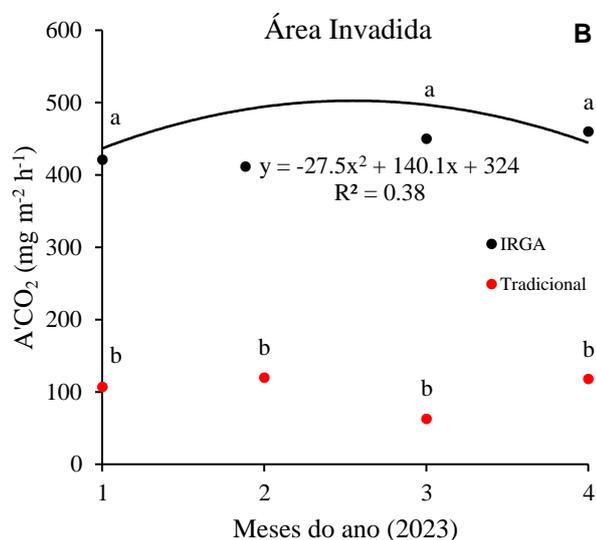
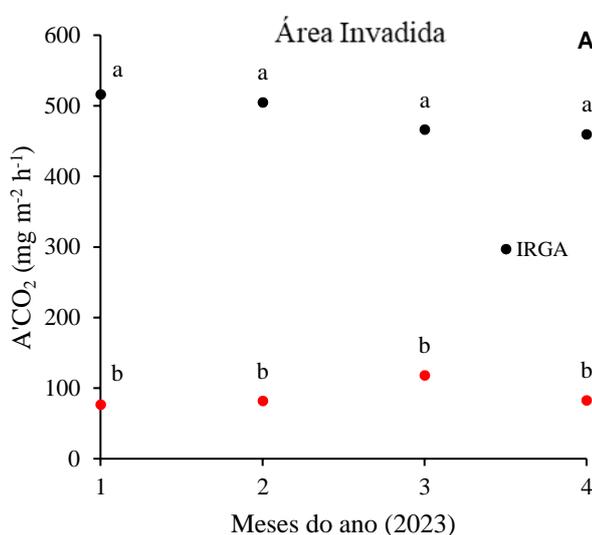
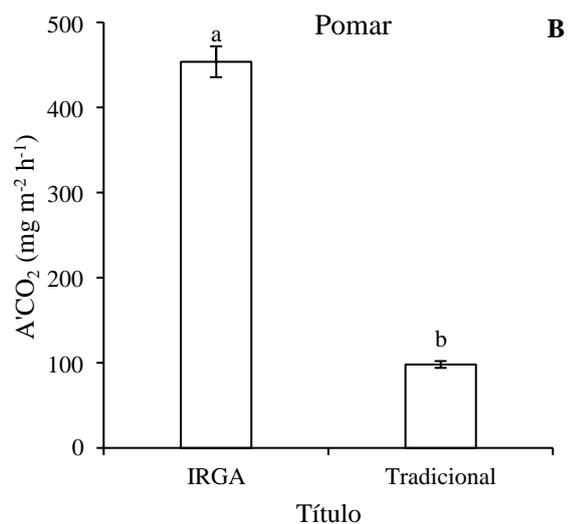
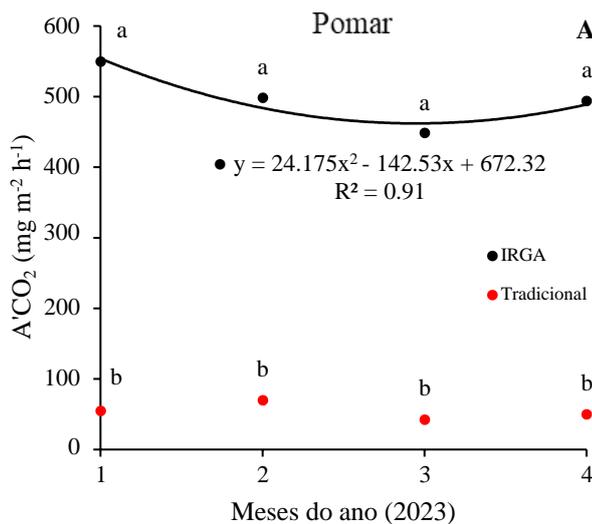
Foi observado que os valores das medidas com o IRGA foram bem maiores que os medidos com o método de absorção em Álcali (AA) durante todos os meses estudados (Figura 7). Portanto, pode-se inferir que o método do IRGA tem maior sensibilidade às variações da respiração edáfica que o método AA. Rochette *et al.*, (1992), explicam que em geral, medições feitas com IRGAs apresentam valores maiores do que com o método da absorção alcalina devido o aumento de concentração de CO₂ dentro dos recipientes ao longo do dia há uma diminuição do gradiente de difusão do gás entre o solo e estes recipientes diminuindo a absorção de CO₂. Longos períodos com o experimento instalado (entre 24 a 48h) pode causar distúrbios no microclima estudado e levando a interferências nos valores absorvidos de CO₂ (KABWE *et al.*, 2002).

Ao Determinar a relação entre os fatores ambientais e a respiração do solo, medida pelos métodos de Absorção Álcali (AA) e de Analisador de Gás Infravermelho (IRGA), em uma área de Caatinga e uma de pastagem do Agreste Meridional Pernambucano Ferreira (2015), verificou que o analisador de gás por raios infravermelhos (IRGA) possui maior precisão por ser mais sensível à variação sazonal que as com método de absorção de CO₂ em Álcali.

Souza (2004) ao comparar as medidas de concentração de CO₂ feitas pelo EGM-4 com as de outros dois analisadores de gás por infravermelho, LI-6400 e Gashound (LI-COR, Lincoln, Nebraska, USA), pode-se observar que as medidas eram coerentes, confirmando que a maior precisão dos analisadores de gás por infravermelho.

Figura 7. Liberação de CO₂ nos turnos diurnos e noturnos em diferentes sistemas, no Município de Bananeiras, PB. (A) diurno; (B) noturno.





Decomposição do material foliar

A constante de decomposição (k) e a projeção do tempo de meia-vida ($T_{1/2}$) da *Mimosa caesalpinifolia* para cada forma de uso do solo. A espécie apresentou valores de k variando de 0.0235 a 0.1938 $\text{g} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{dia}$ e o tempo meia-vida ($t_{1/2}$) de 9 a 41 dias, dependendo do sistema de uso e cobertura da terra.

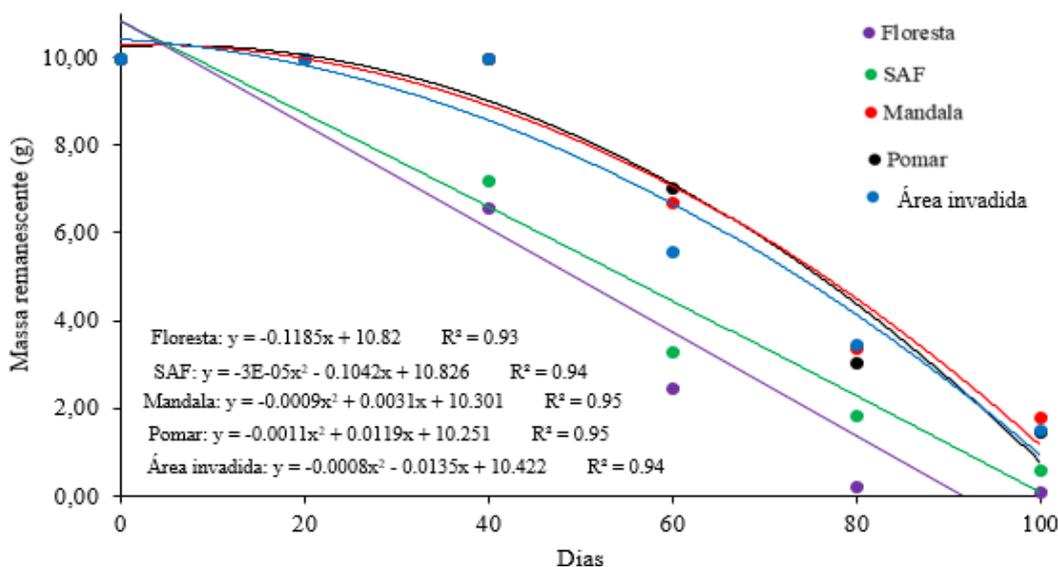
A Floresta foi a área com maior constante de decomposição (0.1938 $\text{g} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{dia}$) em seguida a SAF apresentando uma constante de decomposição de 0.1479 $\text{g} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{dia}$. Já a Mandala o Pomar e a Área invadida apresentaram valores muito baixos (0.0235, 0.0397, 0.0876 $\text{g} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{dia}$) respectivamente.

Na floresta devido a interferência humana ser bem menor quando comparada às demais áreas é considerada um ecossistema com melhores condições de solo onde irá ocorrer de forma

mais rápida a mineralização do húmus por ação da microfauna e da microflora (bactérias e fungos) do solo reduzindo-a em resíduos minerais (SILVA *et al.*, 2023; IWATA *et al.*, 2021). FROES *et al.*, (2021) afirmam que áreas de florestas e sistemas agroflorestais possuem um microclima mais favorável, com condições de luminosidade, temperatura, umidade do solo, entre outros fatores, que são determinantes para as taxas de decomposição. De acordo com estudos de Silva *et al.*, (2023) os microrganismos (detritívoros) presentes nesses sistemas são provavelmente mais eficientes em deteriorar matéria orgânica de espécies florestais.

Lira (2021) constatou que a biomassa da *Gliricidia sepium* (Jacq.) Steud. apresentou maior taxa de decomposição do que o sabiá, com perda de 62,42% da massa seca em relação a matéria seca inicial durante os 90 dias de avaliação. Em contrapartida, a *Mimosa caesalpinifolia* Benth. apresentou taxa de decomposição mais lenta, com perda de 29,18% de sua massa ao longo dos 90 dias. O mesmo autor explica que a mineralização mais lenta do nitrogênio nos resíduos da *M. caesalpinifolia* Benth e essa menor velocidade de liberação do N dos resíduos indica potencial da espécie em promover a reciclagem e liberação gradativa de nutrientes, uma vez que, a fração de N está ligada à fibra, sendo de difícil decomposição.

Figura 8. Massa remanescente foliar (g) de *Mimosa caesalpinifolia* em função do tempo para cada sistema de uso do solo.



Conforme observado na Figura 8, as quatro áreas apresentaram ajuste ao modelo de regressão do tipo quadrático, exceto a Floresta que foi linear, mas em todos os tratamentos apresentaram valores de R² superiores a 90 %. Nesse estudo feito, identificou-se que os valores

médios de perda da massa remanescente (%) foram vistos nos primeiros 7 dias, especificamente nos sistemas agroflorestais (GOMES *et al.*, 2022).

Talvez essa diferença na velocidade de decomposição se explique tanto pelas espécies utilizadas como pelas variações nas condições climáticas, uma vez que, as pesquisas foram feitas em épocas e áreas diferentes, ao passo que o presente estudo teve o experimento instalado no período seco e, no estudo citado foi durante a época chuvosa, sobretudo, em ambientes com pouca cobertura vegetal (dossel), a exemplo das demais áreas que sofrem maior influência dos fatores climáticos, a exemplo da chuva, pois exercem grande influência sobre a velocidade de decomposição da matéria.

A divergência de velocidade que reflete na perda acentuada da massa foliar pode estar associada ao efeito da variação sazonal, portanto, o processo da decomposição é mais rápido em épocas chuvosas, devido ao fato de o solo apresentar maior conteúdo de água que propiciará melhores condições ao desenvolvimento dos microrganismos, visto que a água da chuva carrega os íons inorgânicos bem como alguns nutrientes disponíveis aos agentes decompositores (ARAUJO *et al.*, 2021).

Ao final dos 100 dias foi observado que Mandala, Pomar de manga e a Área infestada de não atingiram os 100% de sua decomposição, ressalta-se que tais resultados foram fortemente influenciados pelas características internas e externas das áreas, visto que, a composição vegetal, a baixa diversidade de espécies arbóreas e a pequena cobertura florestal, aliada ao fator de manejos e uso do solo interferem na funcionalidade do ecossistema e, portanto, na decomposição foliar (FROES *et al.*, 2021).

CONCLUSÕES

Os resultados da respiração edáfica sugerem que o período noturno é onde encontramos os maiores efluxo CO₂ liberado;

As variáveis ambientais como a temperatura, umidade do solo e os índices pluviométricos exercem influência sobre os efluxos de CO₂;

Dentre as áreas do estudo as que mais se assemelhavam com maiores liberações de CO₂ no período noturno foram o Sistema Agroflorestal e a Floresta com valores acima de 0,13g;

Foi observado que os valores das medidas com o analisador de gás infravermelho foram bem maiores que os medidos com o método de absorção em Álcali em todos os sistemas e meses estudados;

A taxa da decomposição da massa foliar apresenta diferenças de acordo com os sistemas de uso e manejo do solo;

A Floresta foi a área com maior constante de decomposição, seguido pelo SAF.

REFERÊNCIAS

AESA - Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. **Meteorologia – chuvas**. s.d. Disponível em: < <http://www.aesa.pb.gov.br/>>. Acesso em 29/01/2023.

ALMEIDA, R. F; NAVES, E. R; SILVEIRA, C. H; WENDLING, B. Emissão de óxido nitroso em solos com diferentes usos e manejos: uma revisão. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, Maringá (PR)DOI: <http://dx.doi.org/10.17765/2176-9168.2015v8n2p441-461>.

ARAÚJO, M; BARBOSA, A., MELO, T; SOUZA, V.; SILVA, J. Respiração edáfica em diferentes sistemas de uso e manejo do solo em um Brejo de Altitude no Agreste Paraibano. **Revista Principia**, v.59. n.3, 2021.

BARBOSA, M. R. V.; AGRA, M. F.; SAMPAIO, E. V. S. B.; CUNHA, J. P.; ANDRADE, L. A. Diversidade florística da Mata do Pau-Ferro, Areia, Paraíba. In: PÔRTO, K.C.; CABRAL, J.J.P.; TABARELLI, M. (Ed.). Brejos de altitude em Pernambuco e Paraíba: história natural, ecologia e conservação. Brasília – DF, Ministério do Meio Ambiente – MMA, Série Biodiversidade 9, p.111-122, 2004.

BESEN, M.R; RIBEIRO, R.H; MONTEIRO, A.N.T.R.; IWASAKI, G. S; PIVA, J. T. Práticas conservacionistas do solo e emissão de gases do efeito estufa no Brasil. **Scientia Agropecuaria** v.9 n.3 2018.

BRASIL-MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO. SECRETARIA DE POLÍTICAS E PROGRAMAS DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO. Coordenação-Geral de Mudanças Globais de Clima. Terceira Comunicação Nacional do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima. p. 336. 2016.

BURAGIENĖ, S.; ŠARAUSKIS, E.; ROMANECKAS, K.; SASNAUSKIENĖ, J.; MASILIONYTĖ, L.; KRIAUCIŪNIENĖ, Z. Experimental analysis of CO₂ emissions from agricultural soils subjected to five different tillage systems in Lithuania. **Science of the Total Environment, Amsterdam**, v. 514, p. 1-9, 2015.

COSTA, M. I. de. S; SOUZA, T. E. M. dos. S; SOUZA, E. R. de; CUNHA, J. C. &LEAL, L.Y. de. C. Efluxo de CO₂, atributos físicos e carbono do solo em manejos agroecológicos. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.12, n. 2, p. 251-255, 2017.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Manual de métodos de análise de solo. 3. ed. rev. e ampl. – Brasília, DF: **Embrapa solos**, 2017. 574 p.

FERREIRA, R.L.C; LIRA, M. de. A; ROCHA, M. S; decomposição e acúmulo de matéria seca e nutrientes em serapilheira em um bosque de sabiá (*Mimosa caesalpinifolia* Benth.). **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.31, n.1, p.7-12, 2007.

FERREIRA, C. R. P. C. **Respiração do solo em áreas de caatinga e de pastagem no agreste de Pernambuco**. Tese (doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós Graduação em Tecnologias Energéticas e Nucleares, Recife, 2015.

- FRANCISCO, P.R.M; MEDEIROS, R.M; & SANTOS, D. Balanço Hídrico Climatológico para a Capacidade de Campo de 100 mm – Estado da Paraíba. Campina Grande: EDUFPG, 257p.2018.
- FRÓES, C. Q.; FERNANDES, S. S. L.; JUNGLOS, M. S.; COSTA, P. F. da; LINÊ, J. D. B.; PEREIRA, Z. V. Decomposição foliar visando ao monitoramento de áreas em processo de restauração ecológica no Mato Grosso do Sul. **Ciência Florestal**, [S. l.], v. 31, n. 3, p. 1323–1343, 2021.
- GOMES, D. da S.; BARBOSA, A.da S.; SANTOS, T. M. de.; SANTOS. S. K.; SILVA, J. H. C. S.; AQUINO, I.S. de. Cinética de liberação de CO₂ e decomposição da fitomassa em sistemas de uso e manejo do solo. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 1, 2021.
- GOMES, D. da S.; SANTOS, T. de M.; BARBOSA, A. da S.; SANTOS, S. K.; MELO, T. de S.; AQUINO, I de S. Edaphic breath in soil use and management systems. **Journal of Environmental Analysis and Progress**, v. 7, n.1, p. 9-15, 2022.
- HOLANDA, A. C.; FELICIANO, A. L. P.; MARANGON, L. M.; FREIRE, F. J.; HOLANDA, E. M. Decomposição da serapilheira foliar e respiração edáfica em um remanescente de caatinga na Paraíba. **Revista Árvore**, v.39, n.2, p.245-254, 2015.
- IWATA, B. de F; BRANDÃO, M. L. S.M; REGIS DOS SANTOS BRAZ, R. dos S; LEITE, L. F. C; COSTA, M. C. G. Total and particulate contents and vertical stratification of organic carbon in agroforestry system in caatinga. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 34, n. 2, p. 443 –451, abr. –jun., 2021.
- KABWE, L. K. et al. Quantifying CO₂ fluxes from soil surfaces to the atmosphere. *Journal of Hydrology*, v. 260, n. 1-4, p. 1-14, 2002.
- KRISHNA, MP, MOHAN, M. Decomposição de serapilheira em ecossistemas florestais: uma revisão. **Energ. Eco. Ambiente**. n. 2, p 236–249 (2017). <https://doi.org/10.1007/s40974-017-0064-9>.
- LAZERIS, T. S. SOUZA, J. P. de; VEZZANI, F. M; MATOS, C. L. De & KASCHUK, G. Carbon and phosphorus biogeochemical cycles in native forest and horticultural areas in the metropolitan region of Curitiba, Brazil. **Colloquium Agrariae**, v. 17, n. 3, p. 1–11, 2021.
- LIRA, I. da. C. **Decomposição de resíduos de leguminosas arbóreo arbustivas e liberação de nutrientes no solo**. Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Curso de Agronomia, Fortaleza, 2021.
- LÓPEZ-TELOXA, L.; MONTERROSO-RIVAS, A. CO₂ mitigation strategies based on soil respiration. *La Granja: Revista de Ciencias de la Vida*, v. 32, n. 2, p. 30-41. 2020.
- ANGELINE MARTINI; DANIELA BIONDI. Microclima e Conforto Térmico de um Fragmento de Floresta Urbana em Curitiba, PR. **Floresta e Ambiente**.v. 22.n.2, 2015.
- MONTENEGRO, J. Efecto de diferentes fuentes de nitrógeno en la emisión de óxido nitroso en plantaciones de café en Costa Rica. **Revista de Ciencias Ambientales**, v. 54, n. 2, p.111-130,2020.
- NOVAIS, J.W.Z; SANCHES, L; SILVA, L. B. da; MACHADO, N. G; AQUINO, A. M; SALLO, F. da. S. Serrapilheira e Efluxo de Co₂ do Solo em Floresta Sazonalmente Alagável no Pantanal Brasileiro. **Ensaios e Ciência: Ciências Biológicas, Agrárias e da Saúde**, v.21, n. 3, 2017.
- OLIVEIRA, M. S de. MENEZES, J. A de; PATRÍCIO, J. dos. S; FROZZI, J. C; JOSÉ GOMES, J. M. Variabilidade Temporal do Efluxo de CO₂ em Áreas de Floresta Secundária e Campo

Natural na Região Sudoeste da Amazônia. **Revista Brasileira de Geografia Física** v.16, n.03 2023.

RITTERBUSCH, J. C. Z; ZÜG, B.C; LORENZET, A.J; HICKMANN, J; RHODEN, A. C. Avaliação da evolução da liberação de dióxido de carbono em solo alagado e mantido em baixa temperatura. 6º AGROTEC – **Simpósio de Agronomia e Tecnologia**, Itapiranga-SC. 2019.

ROCHETTE, P; GREGORICH, E.G; DESJARDINS, R.L. Comparison of static and dynamic closed chambers for measurement of soil respiration under field conditions. **Canadian Journal of Soil Science**.v. 72, n. 4.1992.

SAMPAIO, E. V. S. B. 2010. Caracterização do bioma caatinga. In: GARIGLIO, M. A.; SAMPAIO, E. V. S. B.; CESTARO, L. A.; KAGEYAMA, P. Y. (Eds.), Uso sustentável e conservação dos recursos florestais da caatinga. Serviço Florestal Brasileiro, Brasília, 48p.

SANDERS, N. J.; MOSS, J.; WAGNER, D. Patterns of ants species richness along elevational gradients in an arid ecosystem. *Global Ecology Biogeography*, local, v. 12, p. 93-102, 2003.

SCORIZA, RAFAEL NOGUEIRA et al. Métodos para coleta e análise de serrapilheira aplicados à ciclagem de nutrientes. **Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, v.2, n.2, p. 01 - 18, 2012.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM: PROJETO CADASTRO DE FONTES DE ABASTECIMENTO POR ÁGUA SUBTERRÂNEA - **PRODEEM**. Diagnóstico do município de Bananeiras, estado da Paraíba/ Organizado. Recife, 2005.

SILVA, G. V. C. da; VALENTINI, C. A; FARIA, R. A. P.G. Respiração do solo de uma área revegetada de cerrado, em Cuiabá – MT. **Ciência e Natura**, Santa Maria v.38 n.1, 2016.

SILVA, J. H. C. S.; BARBOSA, A. da S.; GOMES, D. da S.; ARAÚJO, M. B. de. Respiração basal edáfica em sistemas de uso e cobertura da terra em um Brejo de Altitude. **Semina: Ciências Agrárias**, [S. l.], v. 43, n. 4, p. 1849–1858, 2022.

SILVA, J. H.C.S; BARBOSA, A. da.S; GOMES, D.da. S; AQUINO, I. De. S; SILVA, J. R. da. Dynamics of plant organic matter decomposition in different agricultural landscapes. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 36, n. 1, p. 135 –144, jan. –mar., 2023.

SILVA, C. A.; SOUZA, A. F. Aridity drives plant biogeographical sub regions in the Caatinga, the largest tropical dry forest and woodland block in South America. *Plos one*, Califórnia, v. 13, n. 4, p. 0196130, 2018.

SIMON, C. da. P; VITÓRIA, E.L. da. LACERDA, E. das. G; AVANCINI, U. S; RODRIGUES, T. F; SIMON, C.A. Emissão de CO₂, atributos físicos e carbono orgânico total em diferentes sistemas de preparo do solo. **Ativa**, Sinop, v. 7, n. 5, p. 494-499, set./out. 2019.

SOUSA, I. R. L. de; PAULETTO, D; LOPES, L. S. de. S; RODE, R; PELEJA, V. L; FREITAS, B. B. de. Taxa de decomposição foliar de espécies utilizadas em sistemas agroflorestais. **Revista Verde** v.15.n. 2. 2020.

Souza, Juliana Silva de

SOUZA, J.S. de. **Dinâmica espacial e temporal do fluxo de CO₂ do solo em floresta de terra firme na Amazônia Central**. Dissertação (mestrado)— Pós-Graduação em Biologia Tropical e Recursos Naturais do convênio-INPA/UFAM, 62 f. 2004.

SOUTO, P. C; BAKKE, I.A; SOUTO, J. S; OLIVEIRA, V. M. de; Cinética da respiração edáfica em dois ambientes distintos no semi-árido da Paraíba, Brasil. **Revista Caatinga**, v.22, n. 3, 2009.

THOMAS, R. J.; ASAKAWA, N. M. Decomposition of leaf litter from tropical forage grasses and legumes. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 25, n. 10, p. 1351-1361, 1993.

TORRES, J.LR; DE SOUZA, Z. M.; PEREIRA, M. G.; DE ASSIS, R. L. Attributes of soil quality indicators in área under direct plantingto twelve years. **Comunicata Scientiae**, Bom Jesus, v. 6, n. 2, p. 123-133, 2015.

VALENTINI, C. M; ABREU, J. G.; P. G. & FARIA, R. A. Respiração do solo como bioindicador em áreas degradadas. **Revista Internacional de Ciências**, v. 5, n. 2, 2015.

CAPÍTULO II
FITOSSOCIOLOGIA E DIVERSIDADE ENTOMOLÓGICA EM SISTEMAS DE USO E
MANEJO DO SOLO

RESUMO

Os estudos fitossociológicos atuam como uma ferramenta importante para a determinação das espécies florestais, fornecendo informações de como as espécies estão distribuídas em uma área, sendo possível auxiliar no manejo dos recursos florestais. A diversidade de insetos demonstra indiretamente as condições ambientais da área, servindo como indicadores da qualidade do solo e proporcionando informações que serão úteis para avaliações em sistemas de produção. Nesse segundo capítulo buscou realizar um levantamento entomofaunístico e fitossociológico com o objetivo de comparar a diversidade presente em cinco diferentes sistemas de uso e manejo do solo. Os cinco diferentes sistemas foram denominados: Área invadida por *Sporobolus indicus* (L.) R. Br, Pomar de manga, Mandala, Sistema Agroflorestal, e Floresta. Todos os sistemas localizados na Universidade Federal da Paraíba (UFPB). A fitossociologia foi analisada da seguinte forma: para os sistemas Floresta, SAF e Pomar foram usadas cinco parcelas cada, determinadas pelo método de quadrantes e foram medidos todos os indivíduos com diâmetro a altura do peito igual ou superior a 15 cm, juntamente com suas respectivas alturas. Nos sistemas Mandala e Área Invadida utilizou-se o método padrão do quadrado inventário, um quadrado de 0,5 m x 0,5 m, lançado aleatoriamente. A diversidade entomológica foi estimada mensalmente utilizando armadilhas do tipo *pitfall*, constituídas por potes de 500 ml de polipropileno atóxico transparente com aproximadamente 10 cm de altura e 10 cm de diâmetro no nível do solo, distribuídas 10 armadilhas em cada sistema com permanência de 48 horas no campo, preenchidos com aproximadamente 100 ml de água com algumas gotas de detergente e Álcool 70%. Foram amostradas durante o levantamento fitossociológico um total de 238 indivíduos correspondentes a 47 espécies, 43 gêneros distribuídos em 25 famílias. O grupo taxonômico em maior quantidade foram da ordem Hymenoptera com maior representatividade na floresta, Thysanoptera e Diptera com maior representatividade na Mandala. A Floresta possui maior diversidade vegetal e o Pomar de manga a menor, apresentando a espécie *Artocarpus heterophyllus* Lam. com maior valor de importância nas áreas estudadas (25,7%). Na diversidade entomológica verificou-se que o grupo Hymenoptera foi o mais frequente (2187 indivíduos) nas áreas analisadas, além disso, foi visto que a menor riqueza de espécies foi observada nas áreas do Pomar de manga e Mandala e a maior riqueza foi encontrada na Floresta.

Palavras-chave: Entomofauna. Grupo taxonômico. Índices de diversidade. Riqueza de espécies.

PHYTOSOCIOLOGY AND ENTOMOLOGICAL DIVERSITY IN SOIL USE AND MANAGEMENT SYSTEMS

ABSTRACT

Phytosociological studies act as an important tool for determining forest species, providing information on how species are distributed in an area, making it possible to assist in the management of forest resources. The diversity of insects indirectly demonstrates the environmental conditions of the area, serving as indicators of soil quality and providing information that will be useful for evaluations in production systems. This second chapter sought to carry out an entomofauna and phytosociological survey with the aim of comparing the diversity present in five different soil use and management systems. The five different systems were named: Area invaded by *Sporobolus indicus* (L.) R. Br, Mango orchard, Mandala, Agroforestry System, and Forest. All systems located at the Federal University of Paraíba (UFPB). Phytosociology was analyzed as follows: for the Floresta, SAF and Pomar systems, five plots each were used, determined by the quadrant method, and all individuals with a diameter at breast height equal to or greater than 15 cm were measured, along with their respective heights. In the Mandala and Invaded Area systems, the standard inventory square method was used, a 0.5 m x 0.5 m square, thrown randomly. Entomological diversity was estimated monthly using pitfall traps, consisting of 500 ml pots of transparent non-toxic polypropylene approximately 10 cm high and 10 cm in diameter at ground level, with 10 traps distributed in each system and remaining 48 hours in the field, filled with approximately 100 ml of water with a few drops of detergent and 70% alcohol. During the phytosociological survey, a total of 238 individuals corresponding to 47 species, 43 genera distributed in 25 families, were sampled. The taxonomic group in greatest quantity were the order Hymenoptera with greater representation in the forest, Thysanoptera and Diptera with greater representation in Mandala. The Forest has the greatest plant diversity and the Mango Orchard the lowest, with the species *Artocarpus heterophyllus* Lam. having the highest value of importance in the areas studied (25.7%). In entomological diversity it was found that the Hymenoptera group was the most frequent (2187 individuals) in the areas analyzed, in addition, it was seen that the lowest species richness was observed in the Mango and Mandala areas and the greatest richness was found in the Forest.

Keywords: Entomofauna. Taxonomic group. Diversity indices. Species richness.

INTRODUÇÃO

As interferências humanas nos mecanismos de controles naturais através do modelo convencional de agricultura baseado em monoculturas, resulta em significativos impactos ambientais, uma vez que altera a biodiversidade dos ecossistemas naturais (MATA *et al.*, 2021). Dentre os diversos componentes que formam o ambiente natural, a vegetação pode ser considerada como um bom indicador não só das condições do meio ambiente como também do estado de conservação dos próprios ecossistemas por meio da identificação da perda da biodiversidade (GIÁCOMO *et al.*, 2015).

Os estudos fitossociológicos atuam como uma ferramenta importante para a determinação das espécies florestais, fornecendo informações de como as espécies estão distribuídas em uma área, sendo possível auxiliar no manejo dos recursos florestais, estudos de impactos ambientais, recuperação de áreas degradadas e conservação dessas áreas (MEDEIROS *et al.*, 2018). Segundo Lisboa *et al.*, (2019) a identidade das espécies e o comportamento das mesmas em comunidades vegetais são o começo de todo processo para a compreensão dos ecossistemas.

Além disso, os levantamentos fitossociológicos fornecem dados que visam nortear tomadas de decisões através da análise da estrutura do componente florestal que possibilita melhor conhecimento e entendimento das espécies que compõem a floresta, possibilitando um melhor planejamento para o estabelecimento de estratégias adequadas para a conservação e manejo (MEDEIROS *et al.*, 2018). A avaliação dos parâmetros fitossociológicos permite caracterizar a estrutura horizontal das comunidades florestais, além de fazer inferências sobre a dinâmica das populações nos fragmentos, avaliando a importância ecológica das espécies, suas funções e as relações de interdependência entre os indivíduos, além de analisar o processo de sucessão ecológica (ARÚJO *et al.*, 2015).

Conhecer a diversidade de espécies numa área é fundamental para a compreensão da natureza e, por extensão, para otimizar o gerenciamento da área em relação a atividades de exploração de baixo impacto, conservação de recursos naturais ou recuperação de ecossistemas degradados e estes índices de diversidade combinam dois atributos de uma comunidade biológica: o número de espécies e sua equabilidade. Este segundo componente refere-se ao quão similar as espécies estão representadas na comunidade. Caso todas espécies tenham a mesma representatividade a equabilidade será máxima (PEET 1974; MELO 2008).

Para Souza & Aparício (2018) conhecer a diversidade e estrutura de ecossistemas é importante para o acompanhamento da regeneração e entendimento das relações entre espécies e o meio. É importante reconhecer também a diversidade da entomofauna para que haja um

constante acompanhamento dos impactos da ação antrópica, já que o número de ordens, famílias e espécies de insetos diminui com a elevação do nível de antropização do ambiente (THOMANZINI & THOMANZINI, 2002). A diversidade de insetos, ou seja, a riqueza de espécies e sua uniformidade de distribuição no grupo demonstram indiretamente as condições ambientais da área, servindo como indicadores da qualidade do solo e proporcionando informações que serão úteis para avaliações em sistemas de produção (JACOBS *et al.*, 2007). Por isso, a macrofauna apresenta uma grande importância no funcionamento do ecossistema, podendo afetar de forma considerável os solos. Visto que a disponibilidade de nutrientes para as plantas acontece porque existem alguns integrantes da macrofauna que atuam como engenheiros do ecossistema (SANTOS, 2016). As alterações na macrofauna podem ser avaliadas quanto aos aspectos quantitativo (abundância, densidade e riqueza) e qualitativo (diversidade) e ambos têm sido usados como potenciais bioindicadores da qualidade do solo, fornecendo informações do seu estado atual e de mudanças induzidas por fatores antrópicos ao longo do tempo (MELO *et al.*, 2009).

A fragmentação do ambiente leva a perda de biodiversidade. a degradação da diversidade biológica está relacionada às interferências causadas nos habitats naturais das populações, o que compromete a integridade do ecossistema ocasionando o seu desequilíbrio (SANTOS, 2022). Com base no exposto, neste segundo capítulo buscou realizar um levantamento entomofaunístico e fitossociológico com o objetivo de comparar a diversidade presente em cinco diferentes sistemas de uso e manejo do solo cultivadas na microrregião do brejo paraibano.

MATERIAL E MÉTODOS

A localização da área de estudo e a descrição dos sistemas de uso do solo podem ser consultados no Capítulo I deste trabalho (ver seção: Material e Métodos).

Levantamento fitossociológico

Para os sistemas de uso e manejo do solo: Floresta, SAF e Pomar de manga foram usadas cinco parcelas cada, determinadas pelo método de quadrantes, também chamado de pontos-quadrantes que consistiu em usar duas cordas de 10 m que ao cruzá-las formou-se um ponto no meio (Figura 1A). Uma vez estabelecido o ponto, dividiu-se a área ao redor dele em quatro quadrantes, e foram medidos todos os indivíduos com diâmetro a altura do peito igual ou superior a 15 cm ($DAP \geq 15$ cm) juntamente com suas respectivas alturas. Nos sistemas Mandala e Área invadida utilizou-se o método padrão do quadrado inventário (Figura 1B), um quadrado de 0,5 m x 0,5 m, lançado aleatoriamente uma vez na área útil de cada parcela conforme descrito

por Braun e Blanquet (1979). Foi medido todos os indivíduos que estavam dentro do quadrado inventário e através do Herbário Virtual Re flora (REFLORA, 2023), foi conferida as nomenclaturas das espécies.

Para a vegetação arbórea e herbáceas vista nos sistemas foram avaliados os seguintes parâmetros fitossociológicos: densidade absoluta (DA); dominância absoluta (DOA); frequência absoluta (FA); densidade relativa (DR); dominância relativa (DOR); frequência relativa (FR) e índice de valor de importância (IVI). Para determinação dos índices e parâmetros, os dados obtidos em campo foram analisados com o auxílio do ambiente R (DEVELOPMENT CORE TEAM, 2023). O material botânico coletado foi identificado a partir da classificação proposta pelo *Angiosperm Phylogeny Group* (APG IV 2009), e aquelas que suscitaram dúvidas tiveram sua determinação taxonômica feita por especialistas por meio de comparações no herbário e encaminhado ao Herbário Jaime Coelho de Morais no Centro de Ciências Agrárias (CCA) da UFPB, Areia-PB.

Foi usado os pacotes INEXT (Interpolation/Extrapolation) desenvolvido por HSIEH e CHAO (2016) para calcular e traçar as curvas amostrais por interpolação e extrapolação, com base na intensidade de cobertura amostral, juntamente com os intervalos de confiança de 95% de probabilidade. Calculado pela seguinte equação:

$$C_n = 1 - \frac{f_1}{n} \left[\frac{(n-1)f_1}{(n-1)f_1 + 2f_2} \right]$$

onde: C = intensidade de cobertura de amostragem; f_1 = espécies representadas por exatamente um indivíduo na amostra; f_2 = número de espécies duplicadas na amostra.

O método de randomização *bootstrap* foi usado para obter variâncias aproximadas para o componente da diversidade ($q=0$ e 1) e, posteriormente, foram construídos os limites de confiança associados ($\alpha = 0,05$). A entropia com base nos números efetivos de diversidade de Hill para cada sistema foi calculada, em que se considerou a riqueza de espécies ($q = 0$) e diversidade de Shannon ($q = 1$) calculada por meio da equação:

$$qD = \left(\sum_{i=1}^S p_i^q \right)^{1/(1-q)}$$

Em que: S = número de espécies; p_i = abundância relativa e q = é o parâmetro que determina a sensibilidade das abundâncias relativas. Além dos parâmetros fitossociológicos descritos, estipularam-se também os seguintes índices ecológicos: índices de dominância de Shannon (H'), a dominância de Simpson ($-ln(D')$) e os índices tradicionais da equação de Pielou (J), calculados a partir do pacote de software *vegan* (diversidade ecológica) do ambiente R, a fim de fornecer

uma pequena discussão sobre o uso e limitações desses índices. Todos os índices foram obtidos com auxílio do ambiente R versão 4.2.2.

Figura 1. levantamento fitossociológico, em que: A) método ponto quadrante; B) método do quadrado inventário



Diversidade entomológica

A diversidade entomológica foi estimada mensalmente mediante utilização de armadilhas do tipo *pitfall* (Figura 2). Foram capturados os organismos edáficos com comprimento corporal maior que 2 mm em armadilhas constituídas por potes de 500 ml de polipropileno atóxico transparente com aproximadamente 10 cm de altura e 10 cm de diâmetro no nível do solo. Utilizaram-se pratinhos descartáveis e palitos de churrasco para a cobertura das armadilhas que permaneceram por 48 horas no campo, preenchidos com aproximadamente 100 ml de água com algumas gotas de detergente e de Álcool 70% nas armadilhas para que os exemplares coletados não fugissem e fossem conservados até o dia da coleta.

Foram distribuídas 10 armadilhas de forma casualizada em cada sistema e enterradas no solo até o limite inferior das aberturas e coletadas após o período de 48 horas (2 dias). Em seguida, o seu conteúdo peneirado e acondicionado em frascos contendo solução de álcool a 70% até o momento da identificação e classificação a nível de ordem taxonômica através de lupa binocular, realizada no laboratório de Entomologia do Centro de Ciências Humanas, Sociais e Agrárias (CCHSA) da UFPB.

A entomofauna presente nas amostras foi quantificada e reunida no grupo taxonômico classe e ordem por meio da comparação da sua morfologia com a literatura e registrados a cada mês. Foi determinada a composição da comunidade de insetos, sua abundância ou frequência

relativa (refere-se ao tamanho da população, isto é, quanto cada ordem representou na comunidade) e a riqueza de grupos (número total de ordens presentes).

Na avaliação dos índices de diversidade, foi mensurado o número total de indivíduos (abundância) e feitas comparações dos sistemas estudados utilizando o índice de diversidade de Shannon e o índice de equitabilidade de Pielou (e).

O índice de diversidade de Shannon (H) é definido por:

$$H = - \sum p_i \log p_i$$

$$p_i = n_i/N$$

onde: n_i é a densidade de cada grupo; N é a somatória da densidade de todos os grupos.

Esse índice assume valores que podem variar de 0 a 5, sendo que o seu declínio é o resultado de uma maior dominância de grupos em detrimento de outros (BEGON et al., 1996).

O Índice de Uniformidade de Pielou (e) é um índice de equitabilidade, sendo definido por:

$$e = H/\log S$$

em que: H é o índice de Shannon; S é o número de espécies ou grupos.

Figura 2. Armadilha do tipo *pitfall*



RESULTADOS E DISCUSSÃO

Composição florística

Foram amostradas um total de 238 indivíduos correspondentes a 47 espécies, 43 gêneros distribuídos em 25 famílias (Tabela 1). As famílias com maior riqueza florística foram Fabaceae (12 espécies), Poaceae (4 espécies), Moraceae, Asteraceae (3 espécies cada), Malvaceae, Solanaceae e Rubiaceae (2 espécies cada). Juntas, estas 7 famílias representaram 56 % do total de espécies amostradas. Nos trabalhos de Batista *et al.*, (2019) em uma área classificada como sendo caatinga hiperxerófila arbustiva-arbórea fechada verificaram-se também que a família que apresentou maior número de espécies foi Fabaceae. Lima *et al.*, (2019) explica que a expressiva frequência dessa família é atribuída ao elevado número de espécies que possui, tendo em vista, que no Brasil foram registradas 2.735 espécies e 212 gêneros, com significativa abundância em quase todos os biomas.

Sendo que, a Floresta apresentou um maior número de espécies (19 espécies) do que as demais áreas, distribuídas em 11 famílias e 19 gêneros. A família com maior representatividade foi a Fabaceae (7 espécies), em seguida a Moraceae (2 espécies), as demais famílias na Floresta foram representadas por apenas 1 espécie de cada.

No Sistema Agroflorestal (SAF), foram amostradas 6 famílias e 8 gêneros, a Fabaceae foi a família com o maior número de espécies amostradas (8 espécies). As famílias Rubiaceae, Lauraceae, Meliaceae, Rutaceae e Moraceae foram representadas por 1 espécie cada.

Na Mandala foram amostradas 9 espécies distribuídas em 7 famílias e em 7 gêneros. A família mais representada foi a Solanaceae (3 espécies), e já as Amaryllidaceae, Fabaceae, Lamiaceae, Brassicaceae, Poaceae e Amaranthaceae foram encontradas 1 espécie cada. A área do Pomar de manga foi onde obteve a menor riqueza de espécies, distribuídas em 3 famílias: Anacardiaceae, Poaceae e a Fabaceae com apenas 1 espécie cada. Na Área invadida, foram amostradas 8 espécies com 6 gêneros, pertencentes a 6 famílias: Asteraceae (3 espécies), Poaceae, Verbenaceae, Solanaceae, Cyperaceae e Rubiaceae (1 espécie cada).

As famílias exclusivas da Floresta foram Dennstaedtiaceae, Connaraceae, Sapindaceae, Sapotaceae, Urticaceae, Arecaceae, Heliconiaceae, Bignoniaceae e Piperaceae. A família Poaceae foi comum em 3 sistemas (Mandala, Pomar de manga e Área invadida), segundo Almeida *et al.*, (2014); Kawakita *et al.*, (2016) as Poaceae se desenvolvem nos ambientes de clima quente, principalmente com solo seco e pobre em nutrientes. Esta afirmação fica evidenciada devido a presença da espécie capim nessas áreas onde o solo está

descoberto e onde ocorrem muitas vezes os maus tratos culturais.

Tabela 1. Relação das espécies amostradas em cinco diferentes sistemas de uso do solo em brejo de altitude, município de Bananeiras – Paraíba, Brasil. Espécies em ordem alfabética de família.

Família/ espécie	Nome vernáculo	NI				
		F	S	M	P	A
Arecaceae						
<i>Roystonea oleracea</i> Jacq. O.F. Cook.	Palmeira-imperial	1	-	-	-	-
Asteraceae						
<i>Chromolaena maximiliani</i> (Schrader ex. DC.) King & Robinson	Mata pasto	-	-	-	-	4
<i>Lourteigia ballotifolia</i> (Kunth)	Picão roxo	-	-	-	-	3
Anacardiaceae						
<i>Mangifera indica</i> L.	Manga	-	-	-	16	-
Amaranthaceae						
<i>Dysphania ambrosioides</i> (L.) Mosyakin & Clemant Mastruz		-	-	1	-	-
Amaryllidaceae						
<i>Allium schoenoprasum</i> L.	Cebolinha	-	-	-	5	-
Brassicaceae						
<i>Brassica oleracea</i> L.	Couve	-	-	-	2	-
Bignoniaceae						
<i>Spathodea campanulata</i> P. Beauv.	Bisnagueira			2	-	-
Connaraceae						
<i>Connarus laevis</i> G. Schellenb.	Marassacaca	2	-	-	-	-
Cyperaceae						
<i>Cyperus distans</i> L. f.	Tiririca de três quinas	-	-	-	-	3
Dennstaedtiaceae						
<i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kuhn	Feto comum			1	-	-
Fabaceae						
<i>Chamaecrista fasciculata</i> michx. Greene	Ervilha perdiz	1	-	-	-	-
<i>Senna bicapsularis</i> L. Roxb	Canudo de pito	3	-	-	-	-
<i>Archidendropsis granulosa</i> Labill. Nielsen	Archidendropsis granulosa	1	-	-	-	-
<i>Peltophorum dubium</i> Spreng. Taub.	Canafístula	2	-	-	-	-
<i>Mimosa pigra</i> L.	Columbi-da-lagoa	1	-	-	-	-
<i>Anadenanthera macrocarpa</i> Benth. Brenan	Angico vermelho	4	-	-	-	-
<i>Samanea tubulosa</i> Benth. Barneby & JWGrimes	Sete cascas	2	-	-	-	-
<i>Gliricidia sepium</i> (Jacq.) Kunth ex Walp	Gliricídia	-	36	-	-	-
<i>Mimosa tenuiflora</i> Wild Poir.	Jurema Preta	-	1	-	-	-
<i>Pterogyne nitens</i> Tul.	Morada nova		-	1	-	-
<i>Mimosa caesalpiniiifolia</i> Benth	Sabiá		-	1	-	-
<i>Vigna unguiculata</i> (L.) Walp.	Feijão verde				-	5
Heliconiaceae						
<i>Heliconia psittacorum</i> L.f	Helicônia-papagaio	1	-	-	-	-
Lauraceae						
<i>Persea americana</i> Mill.	Abacate	-	1	-	-	-
Malvaceae						
<i>Ceiba speciosa</i> (A.St.-Hil.) Ravenna	Paineira	1	-	-	-	-
<i>Plectranthus barbatus</i> Andr.	Malva santa	-	-	5	-	-
Meliaceae						
<i>Ekebergia capensis</i> Sparrm.	Ekeberdia				-	1

-						
Moraceae						
<i>Artocarpus heterophyllus</i> Lam.	Jaca	10	1	-	-	-
<i>Morus alba</i> L.	Amora	3	-	-	-	-
Piperaceae						
<i>Piper umbellatum</i> L.	Pariparoba	8	-	-	-	-
Poaceae						
<i>Pennisetum purpureum</i> Schum	Capim elefante	-	4	-	-	-
<i>Brachiaria humidicola</i> (Rendle) Schweick.	Brachiaria	-	-	-	-	3
<i>Sporobolus indicus</i> R.Br.	Capim luca	-	-	-	-	16
<i>Zea mays</i> L.	Milho	-	-	2	-	-
Rubiáceas						
<i>Coffea arabica</i> L.	Café	-	51	-	-	-
<i>Spermacoce suaveolens</i> (G. Mey.) Kuntze	Vassoura de botão	-	-	-	-	1
Rutaceae						
<i>Zanthoxylum rhombifolium</i> Lam.	Cinza espinhosa	-	1	-	-	-
Sapindaceae						
<i>Allophylus edulis</i> s A. St. Hil., A. Juss. Cambess&. Hieron. ex. Niederl	Baga de morcego	4	-	-	-	-
Sapotaceae						
<i>Chrysophyllum oliviforme</i> L.	Caimito azeitona	1	-	-	-	-
Solanaceae						
<i>Solanum paniculatum</i> L.	Jurubeba	-	-	-	-	1
<i>Capsicum chinense</i> Jacq.	Pimenta bode roxa	-	-	-	-	1
<i>Capsicum annuum</i> L.	Pimentão	-	-	1	-	-
<i>Capsicum frutescens</i> L.	Pimenta malagueta	-	-	3	-	-
Urticaceae						
<i>Cecropia pachystachya</i> Trécul	Embaúba	5	-	-	-	-
Verbenaceae						
<i>Lantana camara</i> L.	Cambará	-	-	-	-	9

F: Floresta; S: Sistema Agroflorestal (SAF); P: Pomar de manga; A: Área invadida.

Diversidade florística

Para a diversidade florística avaliada pelo índice de diversidade de Shannon (Tabela 2), foram encontrados os seguintes valores: Floresta (2,73 nats/ ind.⁻¹), SAF (0,99 nats/ ind.⁻¹), Mandala (2,01 nats/ ind.⁻¹), Pomar de manga (0,67 nats/ ind.⁻¹) e a Área invadida (1,7 nats/ ind.⁻¹). Esses valores indicaram que para as áreas de estudo a que possui diversidade inferior é a área de pomar devido ser um sistema monocultivo. Enquanto o índice de dominância de Simpson, os valores encontrados foram: Floresta (0,93), SAF (0,55), Mandala (0,88), Pomar de manga (0,4) e Área invadida (0,78).

Esses índices foram inferiores aos que foram encontrados em estudos na região por Santos *et al.*, (2018), com valores para o índice de Shannon (H') entre 3,62 a 3,23 nats. ind.⁻¹, e para o índice de dominância de Simpson (D') entre 3,21 a 2,63, para os estratos arbóreo e em regeneração, respectivamente. Por outro lado, este número foi aproximado ao encontrado

no Agreste paraibano, área de transição: 2.99 nats.ind.1 (PEREIRA *et al.*, 2002).

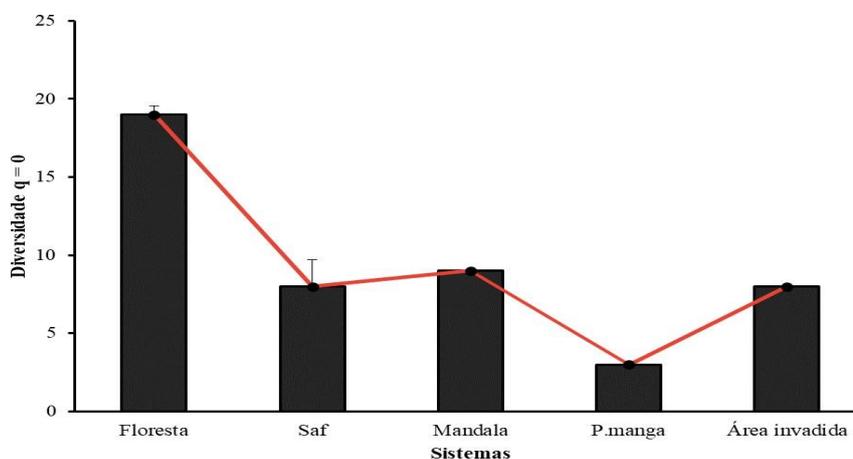
A equabilidade de dominância (E) derivado do índice de diversidade de Shannon no qual permite representar a uniformidade da distribuição dos indivíduos entre as espécies existentes na área, os seus valores também variam de 0 a 1, em que quanto mais próximo de 1 mais abundante (BATISTA *et al.*, 2019), teve também o valor maior para a área de Floresta (0,91) do que para o restante das áreas estudadas. O que confirma a possibilidade de uma maior distribuição de abundância relativa para a Floresta.

Tabela 2. Diversidade de Shannon (H'), dominância de Simpson (D') e equabilidade de Pielou (E) dos diferentes sistemas de uso do solo.

Sistemas/Índices	Shannon	Simpson	Pielou
Floresta	2,73	0,93	0,91
SAF	0,99	0,55	0,48
Mandala	2,01	0,88	0,91
Pomar	0,67	0,4	0,61
Área invadida	1,7	0,78	0,82
Média ± d.p	1,62 ± 0,820	0,708 ± 0,225	0,746 ± 0,192

O número efetivo de espécies (qD) são estimados em Floresta (23 espécies), SAF (22), Mandala (11), Pomar de manga (3) (Figura 3). Verificou-se que a Floresta possui maior diversidade (qD) e o Pomar de manga a menor. Isso pode ser explicado pelos fatores relacionados à intervenção antrópica, como a manipulação do ambiente natural e degradação do solo que podem influenciar a composição florística (AGUIAR *et al.*, 2017; OLIVA *et al.*, 2018).

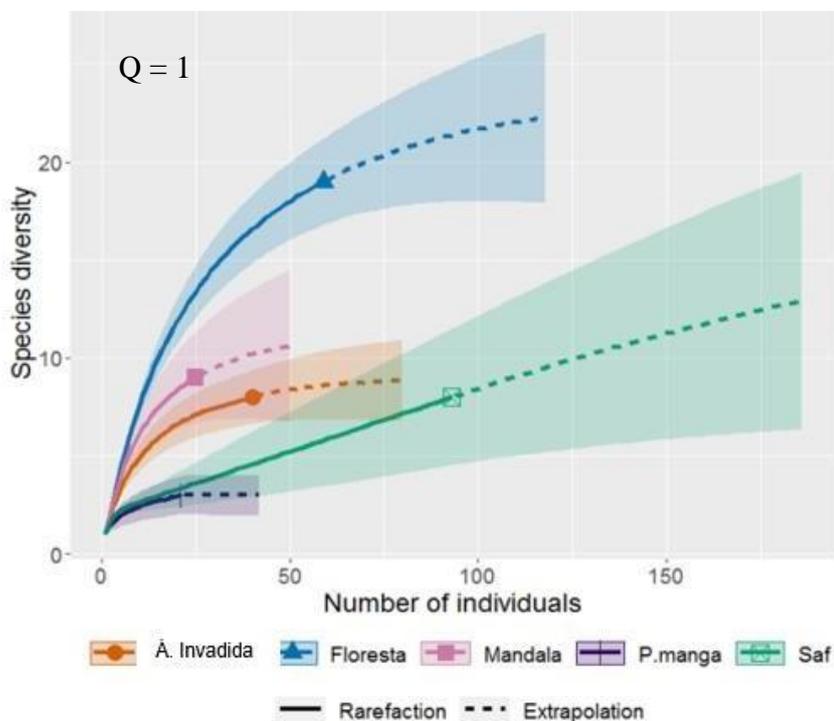
Figura 3. Número estimado de espécies em diferentes sistemas de uso do solo, na UFPB – Campus III, Bananeiras, PB



A figura 4 apresenta a curva de rarefação e de interpolação de espécies, em ambas os sistemas estudados os limites de confiança a 95% de probabilidade não se sobrepõem. Revelando que há diferenças entre os sistemas de uso do solo investigados. A curva de amostragem integrada permite comparações confiáveis, partindo de qualquer tamanho de amostra observada (interpolação) até o dobro de indivíduos (extrapolada) (SANTOS *et al.*, 2018).

Podemos observar a riqueza de espécies rarefeita da Floresta e SAF apresentam curvas médias distintas das áreas da Mandala, Área invadida por *S. indicus* e principalmente do Pomar de manga. Resultados semelhantes foram vistos nos estudos de Yared *et al.*, (2000) em Floresta Secundária não-manejada no Estado do Pará, onde o número médio de espécies encontradas foi menor em todos os as áreas manejadas, em relação a floresta, ou seja, a riqueza de espécies está relacionada a práticas adotadas de manejo que podem possibilitar a manutenção de uma composição florística diversificada.

Figura 4. Curvas amostrais por interpolação (-) e extrapolação (-) com intervalos de confiança de 95% (áreas sombreadas), Pontos e triângulos sólidos representam os limites das amostras de referência. Q = 0 correspondendo a riqueza de espécies



Parâmetros fitossociológicos

As espécies que demonstraram maior valor de importância nas áreas estudadas foram a *Artocarpus heterophyllus* (25,7%) na Floresta, a *Gliricidia sepium* (48,5%), no SAF, *Allium schoenoprasum* (24,8%) na Mandala, *Mangifera indica* (76,3%) no Pomar e *Sporobolus indicus* (29,8%) na Área invadida. Todos os parâmetros fitossociológicos estão apresentados na tabela 2. Esses valores de importância indicam a espécie que mais teve sucesso na colonização da área estudada, ou seja, essas espécies reúnem o maior número de indivíduos nas áreas onde estão introduzidas, conseqüentemente, o maior valor de Densidade Relativa (LUNA, 2015). Dentre essas espécies, as morfoespécies com maior representatividade estrutural (Dominância Relativa) foram *Mangifera indica* (76,2%), *Sporobolus indicus* (40%), a *Gliricidia sepium* (38,7%), *Allium schoenoprasum* (20%) e *Artocarpus heterophyllus* (16,9%).

A espécie *A. heterophyllus* apresentou os maiores valores de importância e na área de Floresta, algo a ser observado, visto que, é uma espécie exótica. Em estudos de Geiseler (2014) na Reserva Biológica (Rebio) de Saltinho, foi visto que a espécie *A.s heterophyllus* representou 40,77% do total de indivíduos amostrados e esteve presente em quase todas as 252 unidades amostrais (76,6% de frequência absoluta), com uma dominância de 40,56%. Os altos valores de densidade, frequência e dominância resultaram em elevados valores de importância.

A autora relata que essa elevada densidade da espécie pode estar relacionada com diversos fatores, que convergem para o fato desta espécie ser exótica à região, como por exemplo, a ausência de predadores e/ou parasitas reguladores de suas populações, presentes no ambiente de origem, trazendo vantagens competitivas em relação às nativas. Outros autores como Perdomo & Magalhães., (2007) sugere fatores como existência de substâncias alelopáticas presentes nos tecidos do táxon.

Fabricante *et al.*, (2012), ao estudar um fragmento de Floresta Ombrófila Aberta localizado no município de Areia, PB, percebeu-se que do total de indivíduos amostrados 14.008 e Dens = 70.040 indivíduos/ha foi encontrado um valor de (11.955) e (DA = 119.550 indivíduos/ha) para a *A. heterophyllus* Lam. O autor deste estudo enfatiza que *A. heterophyllus* deve ser considerada um importante ameaça à vegetação nativa, tornando-se necessário e urgente ações de manejo e controle da mesma, principalmente em fragmentos de Mata Atlântica onde já se pode observar regenerantes da espécie.

Destacam-se em relação à dominância absoluta as espécies *Mangifera indica*, *Chromolaena maximiliani* e *Plectranthus barbatus* com 0,911, 0,0394 e 0,0349m² ha⁻¹,

respectivamente.

Tabela 3. Parâmetros fitossociológicos das espécies encontradas em cinco diferentes sistemas de uso do solo.

DA = Densidade Absoluta, DR = Densidade Relativa, FA = Frequência Absoluta, FR = Frequência Relativa, DoA = Dominância Absoluta, DoR = Dominância Relativa, VC = Valor de Cobertura e VI= Valor de Importância.

ESPÉCIE	FA	FR	DA	DR	DoA	DoR	IVC	VI
<i>Brachiaria humidicola</i>	10	5,26	12000	7,5	10,4	1,02	4,26	4,59
<i>Lantana camara</i> L.	30	15,8	36000	22,5	210	20,6	21,6	19,6
<i>Sporobolus indicus</i> (L.) R. Br	80	42,1	64000	40	73,9	7,26	23,6	29,8
<i>Solanum paniculatum</i>	10	5,26	4000	2,5	18,9	1,85	2,18	3,21
<i>Chromolaena maximiliani</i> (Schrader ex. DC.) King & Robinson	20	10,5	16000	10	394	38,7	24,3	19,7
<i>Lourteigia ballotifolia</i> (Kunth)	20	10,5	12000	7,5	156	15,4	11,4	11,1
<i>Cyperus distans</i> L. f.	10	5,26	12000	7,5	144	14,2	10,8	8,98
<i>Spermacoce suaveolens</i> (G. Mey.) Kuntze	10	5,26	4000	2,5	10,4	1,02	1,76	2,93
<i>Pennisetum purpureum</i> Schum	60	33,3	32000	19	62,8	0,67	9,86	17,7
<i>Mangifera indica</i> L	100	55,6	128000	76,2	9110	97,2	86,7	76,3
<i>Mimosa caesalpiniiifolia</i>	20	11,1	8000	4,76	204	2,17	3,47	6,01
<i>Chrysophyllum oliviforme</i> L.	20	3,33	20	1,69	1,32	3,87	2,78	2,96
<i>Morus alba</i> L.	20	3,33	60	5,08	0,275	0,809	2,95	3,08
<i>Anadenanthera macrocarpa</i> Benth. Brenan	20	3,33	80	6,78	1,26	3,71	5,24	4,61
<i>Archidendropsis granulosa</i> Labill. Nielsen	20	3,33	20	1,69	0,00157	0,00462	0,85	1,68
<i>Allophylus edulis</i> s A. St. Hil., A. Juss. Cambess& Hieron. ex. Niederl	20	3,33	80	6,78	0,131	0,385	3,58	3,5
<i>Spathodea campanulata</i>	20	3,33	40	3,39	0,00785	0,0231	1,71	2,25
<i>Mimosa pigra</i> L.	20	3,33	20	1,69	0,104	0,305	1	1,78
<i>Peltophorum dubium</i> Spreng. Taub.	40	6,67	40	3,39	1,81	5,33	4,36	5,13
<i>Senna bicapsularis</i> L. Roxb	60	10	60	5,08	0,384	1,13	3,11	5,4
<i>Ceropia pachystachya</i>	40	6,67	100	8,47	3,35	9,85	9,16	8,33
<i>Chamaecrista fasciculata</i> michx. greene	20	3,33	20	1,69	0,00157	0,00462	0,85	1,68
<i>Pteridium aquilinum</i>	20	3,33	20	1,69	0,0393	0,115	0,905	1,71
<i>Heliconia psittacorum</i> L.f	20	3,33	80	6,78	2,12	6,23	6,5	5,45
<i>Artocarpus heterophyllus</i> Lam.	100	16,7	200	16,9	14,8	43,6	30,3	25,7
<i>Connarus laevis</i> G. Schellenb.	20	3,33	40	3,39	0,00707	0,0208	1,71	2,25
<i>Ceiba speciosa</i>	20	3,33	20	1,69	0,101	0,295	0,995	1,77
<i>Roystonea oleracea</i> Jacq. O.F. Cook.	40	6,67	80	6,78	6,73	19,8	13,3	11,1
<i>Piper umbellatum</i> L.	60	10	160	13,6	0,534	1,57	7,56	8,38
<i>Samanea tubulosa</i> Benth. Barneby & JWGrimes	20	3,33	40	3,39	1,03	3,03	3,21	3,25
<i>Persea americana</i> Mill.	20	6,25	20	1,08	0,286	2,83	1,95	3,38
<i>Coffea arabica</i>	100	31,2	1020	54,8	0,227	2,24	28,5	29,4
<i>Zanthoxylum rhombifolium</i> Lam.	20	6,25	20	1,08	0,428	4,23	2,65	3,85
<i>Ekebergia capensis</i>	20	6,25	20	1,08	0,628	6,21	3,64	4,51

<i>Gliricidia sepium</i> (Jacq.) Steud.)	100	31,2	720	38,7	7,65	75,6	57,1	48,5
<i>Artocarpus heterophyllus</i> L.	20	6,25	20	1,08	0,33	3,26	2,17	3,53
<i>Mimosa tenuiflora</i> Wild Poir.	20	6,25	20	1,08	0,00402	0,0397	0,558	2,46
<i>Pterogyne nitens</i> Tul.	20	6,25	20	1,08	0,567	5,6	3,34	4,31
<i>Allium schoenoprasum</i>	20	14,3	20000	20	671	40,2	30,1	24,8
<i>Brassica oleracea</i>	20	14,3	8000	8	149	8,92	8,46	10,4
<i>Vigna unguiculata</i>	30	21,4	20000	20	95,7	5,74	12,9	15,7
<i>Plectranthus barbatus</i>	10	7,14	20000	20	349	20,9	20,5	16
<i>Dysphania ambrosioides</i>	10	7,14	4000	4	43,5	2,61	3,3	4,58
<i>Zea mays</i>	20	14,3	8000	8	173	10,4	9,18	10,9
<i>Capsicum chinense</i>	10	7,14	4000	4	14,4	0,861	2,43	4
<i>Capsicum frutescens</i>	10	7,14	12000	12	172	10,3	11,2	9,82

Estrutura Fitossociológica Horizontal e vertical

Na Figura 5 é observado a distribuição diamétrica e hipsométrica das espécies encontradas foram comparadas para os cinco sistemas avaliados. Das espécies, *Mangifera indica* atingiu o maior valor em relação a diâmetro (60 cm), seguido de *Artocarpus heterophyllus* (47 cm) e *Roystonea oleracea* (36 cm). Na floresta o maior número de indivíduos (n=13) ocorreu na classe de 7,1 a 10,0 cm, (Figura 5A) concentrando-se na segunda e quarta classes, indicando poucos indivíduos (n=2) com maiores valores de diâmetro (40,1-43,1cm).

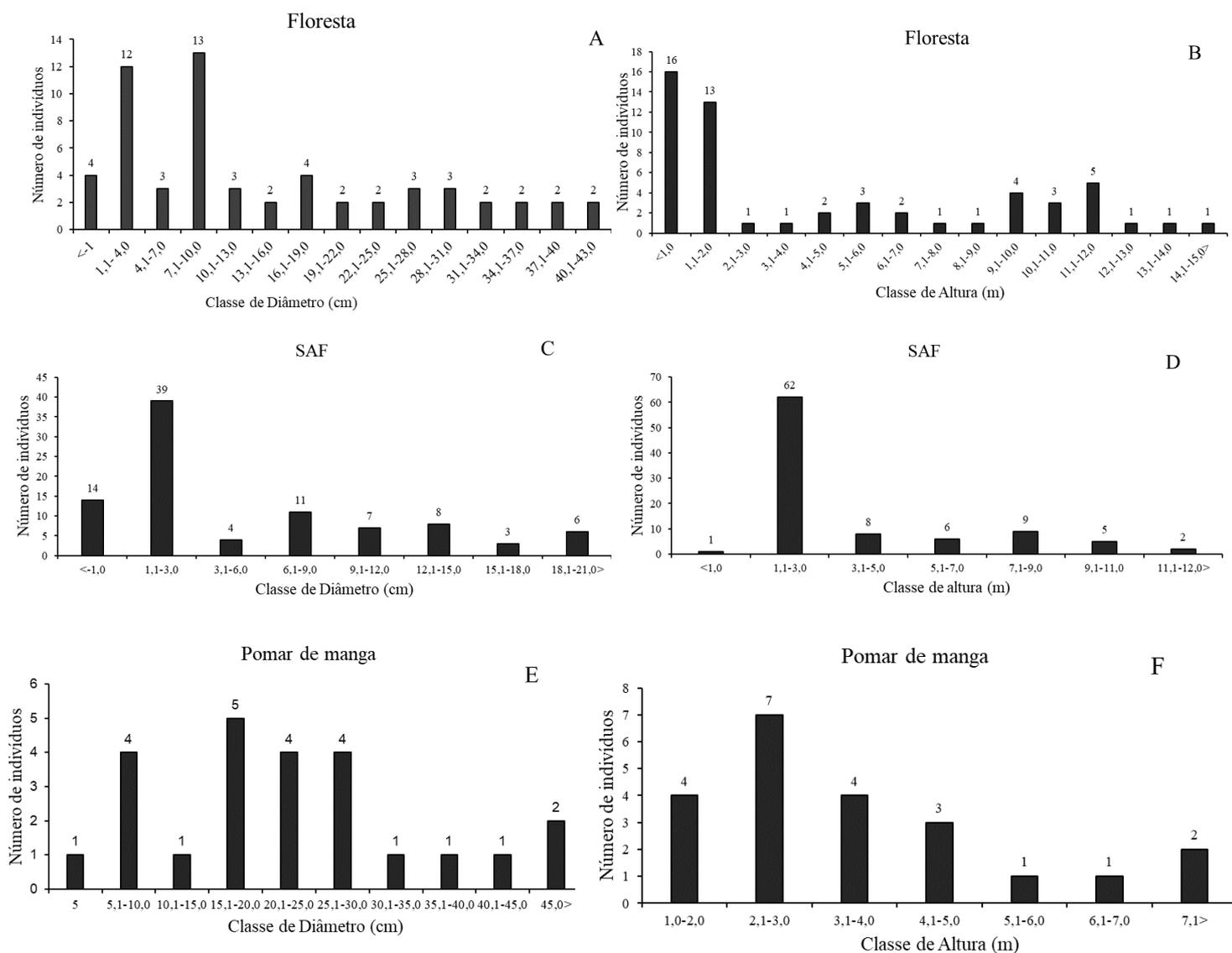
Para a distribuição do número de indivíduos por classe de altura, a maior concentração ocorreu na classe ≤ 1 m (figura 5B). A altura máxima foi de 15 m para os indivíduos das espécies estudadas, o resultado registrado no estudo foi inferior ao realizado por Pinto *et al.*, (2019), em um fragmento de floresta estacional semidecídua no município de Lagoa Seca-PB, com espécies que atingiram alturas de 19 m. Segundo Alves *et al.*, (2013), o nível de distúrbio identificado pode ser um fator que interfere diretamente na baixa altura média das árvores encontradas nessas comunidades. Com isso, o valor inferior encontrado permite deduzir que as condições naturais da área estudada podem ser menos preservadas.

Corroborando com estudos de Batista *et al.*, (2019), Silva *et al.*, (2015) e Marangon *et al.*, (2008) ambos em Floresta tropical observaram que a distribuição diamétrica dos indivíduos assume a forma de exponencial negativo, com o gráfico assemelhando-se a um “J-invertido”, indicando que a maior frequência de indivíduos se encontra nas classes de diâmetros reduzidos, evidenciando que matas nativas podem desenvolver seu processo sucessional de forma eficiente e garantindo a fitofisionomia da região.

A estrutura diamétrica observada na área de Floresta apresenta composição florística e estrutura, características desta tipologia vegetal, entretanto, a ocorrência de poucos indivíduos em classes de diâmetro maior que 40 cm, sugere que a floresta tem sido afetada por grandes

distúrbios, uma vez que, em florestas naturais não perturbadas é mantido uma densidade constante, no que diz respeito às árvores com Diâmetro à altura do peito (DAP) superior a 10 cm (ROCHA, 2001; ROSSI *et al.*, 2007; AZEVEDO, 2008).

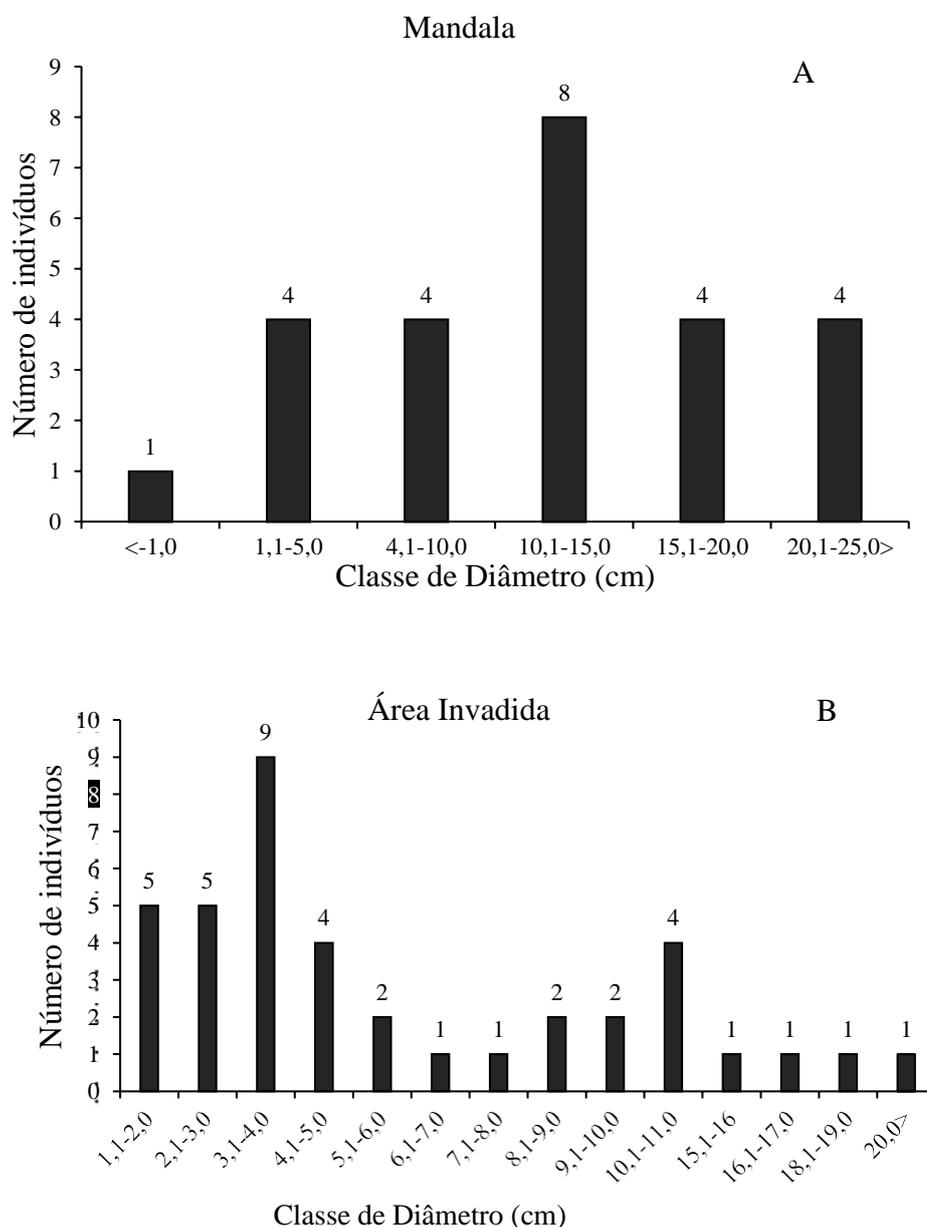
Figura 5. Estrutura Diamétrica e Hipsométrica dos indivíduos amostrados na área da Floresta, no SAF e no Pomar de manga, UFPB – Campus III, Bananeiras, PB. A) Classe de Diâmetro da Floresta. B) Classe de Altura da Floresta. C) Classe de Diâmetro do SAF. D) Classe de Altura do SAF. E) Classe de Diâmetro do Pomar de manga. F) Classe de Altura do Pomar de manga.



Na figura 6 se encontram os valores das classes de diâmetros obtidos através do método do quadrado inventário nas áreas onde predominam espécies herbáceas. A classe entre 3,1-4,0 cm obteve maior número de indivíduos na área invadida (n=9). A espécie com maior valor de

diâmetro acima do solo (DAS) foi a *Lourteigia ballotifolia* com 18 cm. Já na Mandala foram visto o maior número de indivíduos na série entre 10,1-15,0 cm e a espécie *Allium schoenoprasum* apresentou o maior valor de DAS (24,73 cm). Observa-se que na área invadida existem menos indivíduos com diâmetro acima de 4mm em relação a Mandala, e que esses indivíduos são caracterizados por ervas daninhas ou herbáceas espontâneas como por exemplo a *Cyperus distans*. Mesmo não possuindo uma grande representatividade na área, mas é necessário a observação de sua presença, tendo em vista que, essa espécie indica as condições físicas e químicas dos solos, como problemas de compactação, mal arejados e pobre em nutrientes (PRIMAVESI 2017; GOMES & KHATOUNIAN, 2020).

Figura 6. Estrutura milimétrica dos indivíduos amostrados na Área invadida e na Mandala, UFPB – Campus III, Bananeiras, PB. A) Mandala. B) Área Invadida.



Levantamento da macrofauna edáfica

Foram coletados 4448 indivíduos nas cinco áreas analisadas, sendo distribuídos por 14 grupos taxonômicos (Tabela 4). Aqueles encontrados em maior quantidade foram da ordem Hymenoptera (formigas, vespas e abelhas) com maior representatividade na floresta, Thysanoptera (tripes) e Diptera (moscas e mosquitos) com maior representatividade na Mandala, seguido da ordem Orthoptera (grilos, gafanhotos e esperanças) e Coleoptera (besouros) ambos com maior representatividade na floresta. Foram coletados também outros artrópodes da subclasse aracnídea com maior densidade nos sistemas de Floresta e SAF. O número expressivo de aracnídeos nessas áreas se deve a presença da serapilheira, uma vez que, as serapilheiras amenizam as variações de temperatura e umidade (UETZ, 1979).

Tabela 4. Número de indivíduos capturados por armadilha *pitfall*, distribuídos por grupo taxonômico, nos cinco sistemas de uso e manejo do solo, UFPB – Campus III, Bananeiras/PB – Brasil.

Grupo Taxonômico	Floresta	SAF	Pomar de manga	Mandala	Á. Invadida
	Número de indivíduos				
Hymenoptera	499	367	405	587	329
Orthoptera	152	120	19	23	22
Coleoptera	124	49	12	15	27
Diptera	29	84	49	87	40
Blattodea	14	16	9	3	16
Hemiptera	8	17	21	30	11
Lepdoptera	34	11	8	4	9
Mantodea	7	0	0	0	0
Isoptera	57	0	0	78	0
Dermaptera	12	11	0	6	3
Isopoda	94	132	0	24	0
Thysaptera	66	86	78	116	69
Odonata	3	1	1	0	0
Trichoptera	0	0	0	0	0
Outrs_artropds	169	113	22	26	24
Total	1268	1007	624	999	550

O grupo Hymenoptera foi o mais frequente (2187 indivíduos) nas áreas analisadas. Ribeiro *et al.*, (2018) e Azevedo *et al.*, (2011) verificaram um maior número de indivíduos pertencentes ao grupo Hymenoptera nos seus estudos. Cabral *et al.*, (2021) encontraram resultados semelhantes utilizando também armadilhas *pitfall* em um experimento conduzido na sede do

Polo na Universidade Estadual de Alagoas- UNEAL, onde em todas as glebas ocorreu uma forte dominância de Hymenoptera e afirmam que a intensidade de uso do solo, bem como o tipo de cobertura vegetal, constitui fator determinante sobre a biodiversidade e abundância das comunidades de macroinvertebrados terrestres. Além disso, a predominância de Hymenoptera pode ser explicada pelo fato de esta ordem ser abundante e principalmente por ocupar os mais diversos tipos de ambientes (LIMA *et al.*, 2020).

Na Mandala e no Pomar de manga pode ser visto maior número de indivíduos de Dípteros e Thysanopteros, diferentemente dos números encontrados na Floresta, tendo em vista que essa área possui uma maior biodiversidade de espécies vegetais. Almeida 2023, explica que algumas espécies como, por exemplo, do gênero *Spondia* sp. possui frutos que funcionam como hospedeiros de moscas-das-frutas (dípteros), além de grande potencial para uso no controle biológico, pois estes frutos servem como verdadeiros multiplicadores de parasitóides, que podem fornecer vários serviços ecológicos para o ambiente, como a manutenção e/ou aumento da população de insetos benéficos, como é o caso dos braconídeos do grupo dos Hymenopteros.

Nesse caso, tais plantas podem ser utilizadas para atuarem como agentes de controle biológico de espécies-pragas (ARAÚJO 2022). Alguns estudos realizados com dípteros apontam que muitas vezes estes se multiplicam em frutos hospedeiros alternativos, nas imediações de plantios, e são atraídos e capturados pelas armadilhas instaladas nestes pomares também por serem alvos em armadilhas de solo do tipo *Pitfall* (TACCA *et al.*, 2017; SANTOS *et al.*, 2018).

Da mesma forma que os tripes (Thysanoptera) são conhecidos como fitófagos possui seus inimigos naturais e em ambientes desequilibrados sua população pode aumentar. Silveira *et al.*, (2005) teve nos seus estudos o intuito de registrar a interação de espécies de *Orius* spp. e tripes no mesmo “habitat”, visando à utilização desses predadores em programas de controle biológico de tripes e observaram uma associação interespecíficas entre o grupo de Thysanopteros e outros grupos taxonômicos, além de constatar que diferentes espécies de *Orius* spp. e tripes ocorrem simultaneamente em diversas plantas no mesmo habitat mostrando a importância desse conhecimento de modo a aumentar a sustentabilidade dos programas de controle biológico, bem como para reduzir o seu custo.

Associações não significativas desses predadores também foram verificadas nas espécies de tripes *Frankliniella occidentalis*, *Thrips palmi* e *Thrips australis*, consideradas pragas de importância agrícola, demonstrando que o fato de terem sido coletados juntos em alguma ocasião. Os seguintes predadores e parasitas mais abundantes encontrados foram adultos de *Solenopsis invicta* (Hymenoptera: Formicidae), aranhas (Araneae), *Orius* spp. (Hemiptera:

Anthocoridae), *Crematogaster* spp. (Hymenoptera: Formicidae), *Anthicus* spp. (Coleoptera: Anthicidae) (FERNANDES *et al.*, 2010; BELLA & AGUIAR 2020).

Coleópteros, orthopteros, lepdopteros e outros artrópodes (Tabela 4) teve a maior abundância na Floresta e no SAF, esses valores maiores nessas áreas podem ser explicados pelo fato destas serem consideradas mais diversificadas (SILVA *et al.*, 2019). A complexidade vegetal, menor intensificação de manejo e maior riqueza de áreas com plantas de espécies diferentes faz com que seja um ambiente atraente para as mais diversas espécies de insetos (CONG *et al.*, 2015). Em trabalhos realizados por Neves (2023) e Santos *et al.*, (2016) onde foi utilizado também armadilhas do tipo *Pitfall*, relataram o fato de ocorrer maior abundância em relação a outras áreas de cultivo agrícola é resultado do potencial atrativo dessas plantas por disponibilizarem recursos de plantas florais, sítios de oviposição e local de abrigo. Portanto, são plantas que quando utilizadas proporcionam benefícios dos agroecossistemas.

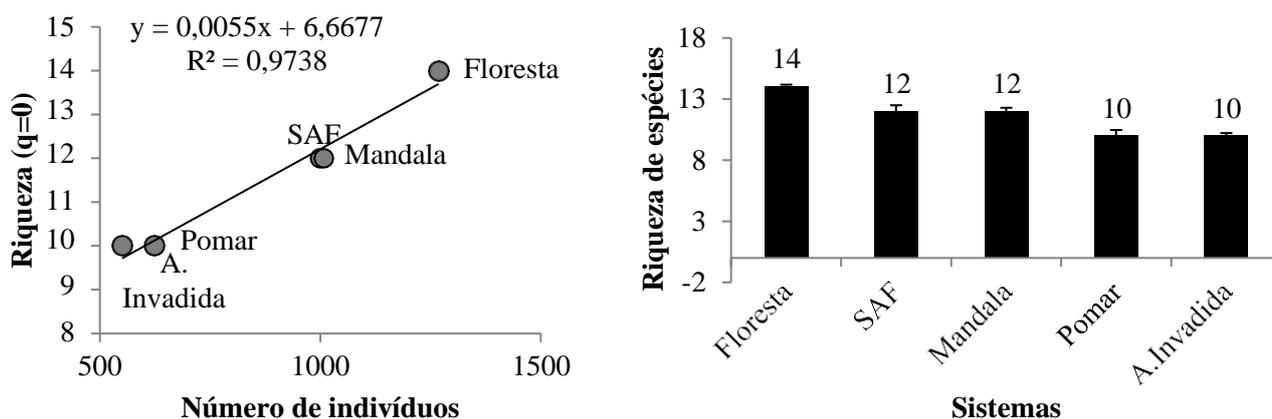
Ferreira *et al.*, (2018), observaram nos seus estudos que para a ordem Orthoptera ocorreu diferença significativa entre as armadilhas, este comportamento pode ser explicado pela oferta de nitrogênio fornecida pela massa da parte aérea, promovendo um microclima com alta umidade relativa para estes insetos e provavelmente com altos conteúdos de açúcares são mais aceitos por este grupo do que materiais pobres em nutrientes. O número expressivo de outros artrópodes na floresta pode ser explicado pela serapilheira do solo, já que, a melhor cobertura vegetal possui elevada diversidade e abundância e essas espécies também demonstram grande potencial como bioindicadores da restauração ecológica de acordo com (ARENHARDT *et al.*, 2023).

Quanto aos índices de diversidade calculados nas áreas estudadas, houve maior diversidade de ordens e espécies, através do Índice de Shannon (S'), na Floresta ($H' = 1,95$) e no SAF ($H' = 1,93$) e índices menores no Pomar de manga ($H' = 1,28$), Mandala ($H' = 1,48$) e na área invadida ($H' = 1,44$). Tal fato ocorreu, possivelmente, em função da menor dominância na área invadida ($D = 0,61$) e no pomar ($D = 0,55$), em relação às outras áreas estudadas SAF, Floresta e Mandala: ($D = 0,80$), ($D = 0,79$) e ($D = 0,62$) respectivamente. O Índice de Shannon é afetado por espécies raras, ou seja, o índice valoriza espécies com pouco registro de abundância nas unidades amostrais. No presente estudo o índice de equabilidade de Pielou variou entre 0,55 para o Pomar de manga, menos uniforme, até 0,77 para o SAF, mais uniforme (o número de indivíduos é semelhante para cada espécie), o que denota alta uniformidade na sua composição (KANIESKI *et al.*, 2010).

A menor riqueza de espécies foi observada nas áreas do Pomar de manga e A. invadida (10) e a maior riqueza foi encontrada na Floresta (14) (Figura 7). Corroborando com os estudos de Parisoto *et al.*, (2018) onde a área de Floresta apresentou maior diversidade de insetos, o que

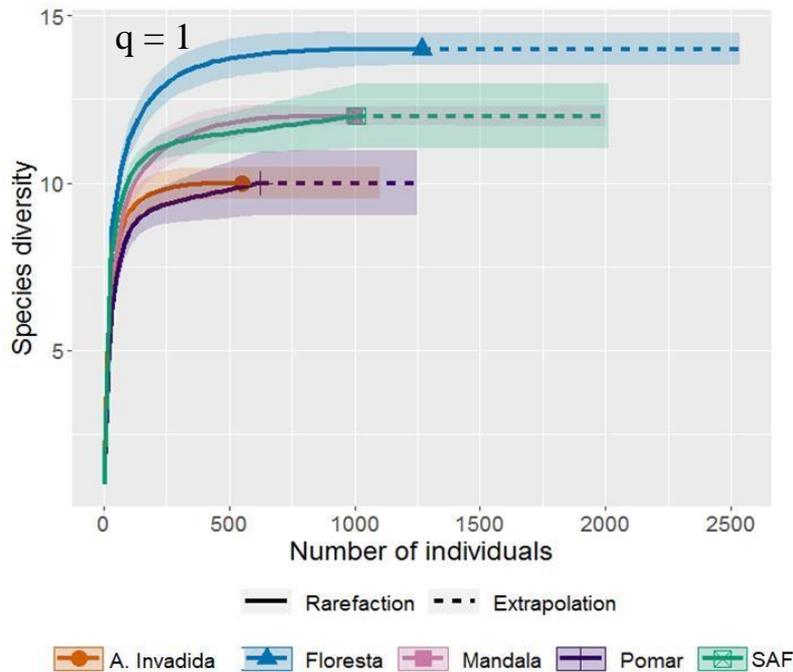
pode estar relacionado ao seu nível de manejo menos intensivo, ou seja, menor intervenção humana, proporcionando um ambiente mais equilibrado para o desenvolvimento de diferentes espécies e, com isso, um ambiente mais sustentável. Os autores ainda afirmam que quanto mais diversificado o arranjo, há mais chances de o sistema criar um ambiente viável à prosperidade de diferentes insetos.

Figura 7. Riqueza estimada para cada sistema de uso e manejo do solo em áreas de Brejo de Altitude em Bananeiras, Paraíba, Brasil.



Na figura 8 pode ser observado as curvas de rarefação, com seus respectivos intervalos de confiança, para as áreas com diferentes usos evidenciando sobreposição do SAF e da Floresta em relação a diversidade de espécies. De acordo com Coimbra *et al.*, (2019) a vegetação nativa apresenta a maior diversidade de grupos, sendo significativamente superior aos sistemas cultivados. Entre os sistemas de produção, o SAF apresenta a maior diversidade de grupos, indicando que a diversificação vegetal, a entrada de diferentes tipos de exsudatos e resíduos culturais, e promove melhoria da qualidade de matéria orgânica, o que favorece as condições para o aumento da diversidade de grupos de macrofauna edáfica.

Figura 8. Curva de rarefação baseada no número de grupos – linha contínua (extrapolação – linha pontilhada), considerando diferentes sistemas: área de Floresta, SAF, Mandala, Pomar de manga e área invadida por *Sporobolus indicus*. diversidade de Shannon ($q = 1$) em áreas de Brejo de Altitude em Bananeiras, Paraíba, Brasil



Os resultados observados na Figura 6 indicam que nas áreas de Floresta, SAF e Mandala, cujas curvas de rarefação se encontram acima das demais, podemos esperar maior diversidade de espécies para a área de Floresta em comparação às demais áreas estudadas. Os atributos químicos, físicos e microbiológicos do solo foram fatores determinantes nas condições ambientais que influenciam a distribuição dos grupos de fauna edáfica nos ecossistemas onde a maioria dos grupos foi associada à floresta que apresentou maior complexidade florística (PEREIRA *et al.*, 2020).

Os resultados desse estudo assim como os estudos de Monteiro & Farias (2023) contribuem para a visualização de alguns impactos da agricultura ao ecossistema, fomentando o desenvolvimento sustentável e técnicas alternativas. O cultivo sustentável é de grande importância para a estabilidade do ecossistema, tendo uma entomofauna com uma maior diversidade de grupos taxonômicos.

CONCLUSÕES

Nos estudos de fitossociologia a família com maior representatividade vegetal foi a Fabaceae, sendo que a Floresta apresentou um maior número de espécies (19 espécies) do que as demais áreas;

Conclui-se que a Floresta possui maior número efetivo de riqueza e diversidade de espécies (qD) e o Pomar de manga e A. invadida foram semelhantes, sendo consideradas a menor diversidade e riqueza;

Foi observado também que as espécies que demonstraram maior valor de importância nas áreas estudadas foram a *Artocarpus heterophyllus* Lam. (25,7%) na Floresta, a *Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Walp. (48,5%), no SAF, *Allium schoenoprasum* Lam. (24,8%) na Mandala, *Mangifera indica* L. (76,3%) no Pomar de manga e *Sporobolus indicus* (L.) R. Br (29,8%) na Área invadida;

Nos estudos na diversidade entomológica verificou-se que o grupo Hymenoptera foi a mais frequente (2187 indivíduos) nas áreas analisadas;

A menor riqueza de espécies foi observada nas áreas do Pomar e da Mandala e a maior foi encontrada na Floresta.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, L. B.M.de. **Biodiversidade de moscas-das-frutas (diptera: tephritidae), hospedeiros e seus parasitoides (hymenoptera) em uma unidade de conservação e uma área urbana no Paraguai**. Dourados-MS. Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD). (Tese). Área de Concentração: Biodiversidade e Conservação. 2023.
- ANDRADE, C. M. S.; FONTES, J. C. A. Manejo sustentável de plantas daninhas em sistemas de produção tropical: Biologia e manejo do capim-capeta. **EMBRAPA Agrossilvipastoril**. Brasília-DF. 2015. p. 26-28.
- ALMEIDA, D. J. D.; SILVA, I. D. F. D.; SILVEIRA, F. P. D. M.; SANTIAGO, R. D.; COSTA, J. R. C. Poaceae cespitosa e decumbente adubadas com NPK: Efeitos na agregação do solo. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.44.n.1:50-55, 2014.
- ANGIOSPERM PHYLOGENY GROUP (APG III). Uma atualização da classificação do grupo filogenético de angiospermas para as ordens e famílias de plantas com flores: APG III. *Botanical Journal of the Linnean Society*.2009.
- ALVES, A. R.; RIBEIRO, I. B.; SOUSA, J. R. L.; BARROS, S. S.; SOUSA, P. R. Análise da estrutura vegetacional em uma área de caatinga no município de Bom Jesus, Piauí. **Revista Caatinga**, v. 26, n. 4, p. 99-106, Out-Dez 2013.
- AGUIAR, M. D., SILVA, A. C., HIGUCHI, P., NEGRINI, M., & SCHOLLEMBERG, A. L. Similaridade entre adultos e regenerantes do componente arbóreo em Floresta com Araucária. **Floresta e Ambiente**, v.24, e00083214. <https://doi.org/10.1590/2179-8087.083214.2017>.
- ARAÚJO, L. H. B.; SILVA, R. A. R.; CHAGAS, K. P. T.; NÓBREGA, C. C.; SANTANA, J. A. S. Composição florística e estrutura fitossociológica de um fragmento de Floresta Ombrófila Densa no município de Macaíba, RN. **Revista Agro@ambiente**, v. 9, n. 4, p. 455 - 464, 2015.

ARAÚJO EL, RIBEIRO JC, CHAGAS MCM, DUTRA VS, SILVA JS. Moscas-das-frutas (Diptera: Tephritidae) em um pomar de goiabeira, no semiárido brasileiro. **Revista brasileira de Fruticultura**, v.35: 471-476. 2022.

ARENHARDT, Taise Cristina Plattau; KLUNK, Guilherme Alan; VITORINO, Marcelo Diniz. Parâmetros Ecológicos e Dinâmica Populacional da Entomofauna de Serapilheira em Áreas em Processo de Restauração Ecológica. **Biodiversidade Brasileira**, v. 13, n. 2, 2023.

AZEVEDO, C. P.; SANQUETTA, C. R.; SILVA, J. N. M.; MACHADO, S. A. Efeito de diferentes níveis de exploração e de tratamentos silviculturais sobre a dinâmica da floresta remanescente. **Floresta**, Curitiba, v. 38, n. 2, p. 277-293, 2008.

BATISTA, F. G.; OLIVEIRA, B. T. de. ALMEIDA, M.E. de. A; BRITO, M.S. de. MELO, R. R. de. ALVES, A. R. Florística e fitossociologia de um remanescente florestal da caatinga Caicó m, Brasil. **Revista Desafios** – v. 6, n. 3, 2019.

BEGON, M.; HAPER, J. L.; TOWNSED, C. R. Ecology: individuals, populations and communities. Third ed. Oxford: Blackwell Science, 1996. 1068 p.

BRAUN-BLANQUET, J. Fitossociologia. Bases para el estudio de las comunidades vegetales. Ed. Blume. Madrid, 1979.

BELLA, S; AGUIAR, A. F. NON-native insect pests from the Madeira Archipelago (Portugal): new records and further data (Insecta: Orthoptera; Thysanoptera; Hemiptera; Coleoptera; Diptera; Lepidoptera; Hymenoptera). *Fragmenta entomologica*, v. 52.n.2. 369–376. 2020.

COIMBRA, L. de A.; COSTA, N. M. da; ALMEIDA, L. F. de; VASCONCELOS, S. S. Macrofauna edáfica como indicador de qualidade do solo em sistemas agroflorestais com palma de óleo. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL, 23., 2019, Belém, PA. Anais[...]. Belém, PA: **Embrapa Amazônia Oriental**, 2019. p. 273-280. Biblioteca(s): Embrapa Amazônia Oriental.

CONG, W.-F. et al. Intercropping affects the rate of decomposition of soil organic matter and root litter. **Plant and Soil, Berlin**, v. 391, n. 1/2, p. 399-411, 2015.

DIAS-FILHO, M.B. Controle de capim-capeta [*Sporobolus indicus* (L.) R. Br.] em pastagens no Estado do Pará. Belém, PA: Embrapa Belém, 2015. 7 p. (Embrapa Belém. Comunicado Técnico, 268).

FABRICANTE, J. R; ARAÚJO, K. C.T. de. ANDRADE, L. A. de.; FERREIRA, J. V. A. invasão biológica de *Artocarpus heterophyllus* Lam. (Moraceae) em um fragmento de Mata Atlântica no Nordeste do Brasil: impactos sobre a fitodiversidade e os solos dos sítios invadidos. **Acta Botanica Brasilica**. 26(2): 399-407. 2012.

FERNANDES, F. L; PICANÇO, M. C; FERNANDES, M. E. de. S.; XAVIER, V. M; MARTINS, J. C; V; SILVA, V. F. da. Controle biológico natural de pragas e interações ecológicas com predadores e parasitóides em feijoeiro. *Biosci. J.*, Uberlândia, v. 26, n. 1, p. 6-14, Jan./Feb. 2010.

GEISELER, S. **Efeitos da população de *Artocarpus heterophyllus* Lam. sobre a estrutura do componente arbóreo e regenerante na Reserva Biológica de Saltinho, Tamandaré – PE.**

Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) -Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Ciência Florestal, Recife, 77 p. 2014.

GIÁCOMO, R. G; PEREIRA, M.G; CARVALHO, D. C. de; MEDEIROS, V. S. de; GAUI, T. D. Florística e Fitossociologia em Áreas de Cerradão e Mata Mesofítica na Estação Ecológica de Pirapitinga, MG. **Floresta e Ambiente**. v.22.n.3. 287-298. 2015.

HILL, M.O. Diversity and Evenness: A Unifying Notation and Its Consequences. **Ecology**, v. 54, n. 2, p. 427-432, 1973.

HSIEH, T. C; MA, K.; CHAO, A. iNEXT: An R package for rarefaction and extrapolation of species diversity (Hill numbers). **Methods in Ecology and Evolution**. 7. 10.1111/2041-210X.12613. 2016.

JACOBS, L. E; ELTZ, F. L. F; ROCHA, M. R; GUTH, P. L; HILCKMAN, C. Diversidade da fauna edáfica em campo nativo, cultura de cobertura milho + feijão de porco sob plantio direto e solo descoberto. In: XXXI CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 31,2007, Gramado. Anais... Gramado: SBCS, 2007.

KAWAKITA, K.; RODRIGUES, R. S.; FILGUEIRAS, T. S. Poaceae em uma planície de inundação no Brasil: listagem florística e novas ocorrências. *Hoehnea*, 43(2):203-216, 2016.

KANIESKI, M. R. ARAUJO, A. C.B.; JONAS LONGH, S. J. Quantificação da diversidade em Floresta Ombrófila Mista por meio de diferentes Índices Alfa. **Scientia**. Piracicaba, v. 38, n. 88, p. 567-577, dez. 2010.

LIMA, H. C. de et al. Fabaceae. In: JARDIM BOTÂNICO DO RIO DE JANEIRO. Lista de Espécies da Flora do Brasil. Rio de Janeiro, 2019. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/2012/FB000115>. Acesso em: 18 agosto. 2023.

LUNA, R. G.de. **Florística e fitossociologia, deposição de serapilheira e atividade microbiana em áreas de caatinga sob pastejo caprino**. Tese (Doutorado em Agronomia) - Centro de Ciências Agrárias. Universidade Federal da Paraíba, Areia, 167p. 2015.

LISBOA, G. dos; VERES, Q. J. I; WATZLAWICK, L. F; FRANÇA, L.C. de. J; CLEBSON LIMA CERQUEIRA, C. L; MIRANDA, D. L. C.de; STEPKA, T. F; LONGHI, R.V. Fitossociologia e dinâmica de crescimento em um fragmento de floresta estacional semidecidual. *Nativa*, Sinop, v. 7, n. 4, p. 452-459, jul./ago. 2019.

MATA, E. L. de. O; CARVALHO, L.S; COSTA, V. da. B; COSTA, K. G. Fitossociologia em Diferentes Sistemas de uso da terra na Zona Rural de Cameté (Pará, Brasil). *Floresta e Ambiente*. v.19. n.4.520-540.2012.

MARANGON, L. C; SOARES, J. S; FELICIANO, A.L. P; CARLOS FREDERICO LINS, C.F; BRANDÃO, S. Regeneração natural em um fragmento de floresta estacional semidecidual em Viçosa, Minas Gerais. *R. Árvore*, Viçosa-MG, v.32, n.1, p.183-191, 2008.

MEDEIROS, F. S; SOUZA, M. P; CERQUEIRA, C. L; ALVES, A. R.; SOUZA, M. D; BORGES, C. H. A. Florística, fitossociologia e modelagem da distribuição diâ métrica em um fragmento de Caatinga em São Mamede-PB. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v.14, n.2, p. 85-95, Abril-Junho, 2018.

MELO, F.V; BROWN, G.G; CONSTANTINO, R; LOUZADA, J. N. C; LUIZÃO, F. J; MORAIS, J. W; ZANETT, R. A importância da meso e macrofauna do solo na fertilidade e comobiondificadores. Boletim Informativo da SBCS, jan.-abr. 2009. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/428233/1/aimportanciadamesoemacrofaunadosolo.pdf>. Acesso em: 19 julho. 2023.

MONTEIRO, C. P; FARIAS, P. M. de. Contribuição ecológica da entomofauna (Arthropoda: Insecta) associada a policultivo orgânico de olerícolas. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 18, n.2, 2023.

NEVES, D. C. avaliação da comunidade de invertebrados de solo em diferentes sistemas agrícolas. Chapecó- SC, **Revista Verde**. v.18.n.2. 2023.

OLIVA, E. V; REISSMANN, C. B; MARQUES, R., BIANCHIN, J. E; DALMASO, C. A.; WINAGRASKI, E. Florística e estrutura de duas comunidades arbóreas secundárias com diferentes graus de distúrbio em processo de recuperação. *Ciência Florestal*, 28(3), 1088-1103. <https://doi.org/10.5902/1980509833465.2018>.

PARISOTO, G. J; PEREIRA, P. V. de. M; ZAWADNEAK, M.A. C; SILVA, L. X. da. Diversidade de insetos como indicador de sustentabilidade em diferentes sistemas de manejo de produção orgânica. Encontro Internacional sobre Gestão Ambiental e Meio Ambiente (ENGEMA). Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade da Universidade de São Paulo (FEA/USP). ISSN: 2359-1048. Dezembro, 2018.

PERDOMO, M.; MAGALHÃES, L.M.S. Ação alelopática (*Artocarpus heterophyllus*) em laboratório. **Floresta e Ambiente**. v. 14.n.1: 52-55.2007.

PEREIRA I.M, ANDRADE L.A, BARBOSA MRV E SAMPAIO E.V.S.B. Composição florística e análise fitossociológica do componente arbustivo-arbóreo de um remanescente florestal no Agreste paraibano. **Acta Botanica Brasilica**, v.16.n.3: 357–369.2002.

PEREIRAI, J. de. M; BARETTA, D; OLIVEIRA FILHO, L. C. I. de; MALUCHE-BARETTAIV, C. R. D; CARDOSO, E. J. B.N. Fauna edáfica e suas relações com atributos químicos, físicos e microbiológicos em Floresta de Araucária. *Ciência Florestal*. Santa Maria, v. 30, n. 1, p. 242-257, jan./mar.DOI: <https://doi.org/10.5902/1980509831377>. 2020.

PEET, ROBERT K. A medição da diversidade de espécies. **Revisão anual de ecologia e sistemática**, v. 5, n. 1, pág. 285-307, 1974.

QUATTROCCHI, U. CRC world dictionary of grasses: common names, scientific names, eponyms, synonyms, and etymology. Boca Raton: **CRC Press**. 2006. p. 2383.

REFLORA – HERBÁRIO VIRTUAL. Disponível em Reflora - Herbário Virtual. Disponível em: <https://reflora.jbrj.gov.br/reflora/herbarioVirtual/> Acesso em 10/8/2023.

ROCHA, R. M. Taxas de recrutamento e mortalidade da floresta de terra-firme da Bacia do Rio Cuieiras na região de Manaus-AM. 2001. 49 p. Dissertação (Mestrado em Ciências de Florestas Tropicais), Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA/UFAM), Manaus, 2001.

- ROSSI, L. M. B.; KOEHLER, H. S.; SANQUETTA, C. R.; ARCE, J. E. Modelagem de mortalidade em florestas naturais. **Floresta**, Curitiba, v. 37, n. 2, p. 275-291, 2007.
- SANTOS, W. G. N.; FERNANDES, E. C.; ARAUJO, E. L.; FERREIRA, A. D. C. L.; FILHO, M. L. B. L. Moscas-dasfrutas em um pomar comercial de mangueira, no litoral do Rio Grande do Norte. **Acsa- Agropecuária científica no semi-árido**, v.9, n.1, p.01-06, 2013.
- SILVEIRA, L. C. P; BUENO, V. H. P; LOUZADA, J. N.C; MENDES, L; CARVALHO. R. Percevejos predadores (*orius spp.*) (hemiptera: anthocoridae) e tripes (*thysanoptera*): interação no mesmo habitat? **Árvore**, Viçosa-MG, v.29, n.5, p.767-773, 2005.
- PINTO, A. S.; MONTEIRO, F. K. da S.; LOPES, S. de F. Estrutura e composição florística de um fragmento de floresta semidecídua na região agreste do estado da Paraíba, Nordeste brasileiro. **Gaia Scientia**, [S. l.], v. 13, n. 4, 2019. DOI: 10.22478/ufpb.1981-1268.2019v13n4.47659. Disponível em: <https://periodicos.ufpb.br/ojs/index.php/gaia/article/view/47659>. Acesso em: 3 set. 2023.
- SANTOS, T.da. S. Levantamento entomológico em área de caatinga como bioindicador de qualidade ambiental. **Revista Multidisciplinar de Educação e Meio Ambiente**. v3. n.1. 2022.
- SANTOS, M. da. S. **Fauna edáfica como bioindicador ambiental em áreas de Caatinga sob pastejo caprino**. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências Agrárias. Pós-Graduação em Zootecnia, Areia-PB, 2016.
- SANTOS, J. N. B; MEDEIROS, R. L. S. de; SANTOS, T. E. D; BARROS, A. P; OLIVEIRA, E. J. B. L de; FERNANDE, F. A. da.S; WANDERLEY, M. J. A; BARBOSA, A. da. S. Diversity and Structure of Adult and Regenerating Arbor Component in Forest Submontana, Paraíba-Brazil. **Journal of Experimental Agriculture International**, [S. l.], v. 25, n. 5, p. 1–14, 2018. DOI: 10.9734/JEAI/2018/42854. Disponível em: <https://journaljeai.com/index.php/JEAI/article/view/1>. Acesso em: 3 set. 2023.
- SANTOS, E. D.; SORIANI, R; LEITE, C. A.M; BARBOSA, C. A C; SILVA, M. C. M.da; COLOMBO, M. C; CHAGAS, T. L K; AMARAL, H. F Avaliação da qualidade física dos agregados sob influência da macrofauna invertebrada nos diferentes manejos de preparo do solo. **Revista Terra & Cultura: Cadernos de Ensino e Pesquisa**, v. 34, n. esp., p. 52-63, 2018.
- SANTOS, J. P. C. R.; DE MELO LEITE, C.; DE SOUSA, A. A. T. C.; DE SOUZA, L. M.; PIRES, C. S. S.; SUJII, E. R. Avaliação dos grupos funcionais de insetos atraídos por adubos verdes. **Cadernos de Agroecologia**, v. 10, n. 3, 2016. Disponível em: <<https://goo.gl/PsiqJa>>. Acesso: 30 Agosto.2023.
- SILVA, K. E. da; SOUZA, C. R. de; AZEVEDO, C. P. de; ROSSI, L. M. B. Dinâmica florestal, estoque de carbono e fitossociologia de uma floresta densa de terra-firme na Amazônia Central Forest dynamic, carbon stock and phytosociology of terra firme dense forest in Central Amazonia. Piracicaba, **Scientia Forestalis**. v. 43, n. 105, p. 193-201, mar. 2015.
- SOUZA, D. A. S.; APARÍCIO, W. C. S. Diversidade e similaridade florística em áreas sob influência de uma usina hidrelétrica na Amazônia. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, Maringá, v. 11, n. 4, p. 1195-1216, 2018.

TACCA, D; KLEIN, C.; PREUSS, J. Antropodofauna do solo em um bosque de eucalipto e um remanescente de mata nativa no sul do Brasil. **Revista Thema**, v. 14. N. 2. 2015.

THOMANZINI M.J; THOMANZINI A.P.B.W. Levantamento de insetos e análise entomofaunística em floresta, capoeira e pastagem no Sudeste Acreano. Rio Branco, **EMBRAPA Acre**. 41p. (Circular Técnica, 35).2002.

THOMAZINI, M. J; THOMAZINI, A. P. de B. W. Levantamento de insetos e análise entomofaunística em floresta, capoeira e pastagem no sudeste acreano. **Embrapa Acre**. Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 35. Rio Branco, AC: Embrapa Acre, 2002.41 p.2002.

YARED, J. A. G; COUTO, L; LEITE, H. G. Diversidade de espécies em florestas secundária e primária, sob efeito de diferentes sistemas silviculturais, na Amazônia Oriental. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.24, n.1, p.83-90, 2000.