



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS NATURAIS
DOUTORADO EM RECURSOS NATURAIS**

TESE DE DOUTORADO

**DINÂMICA DA SERRAPILHEIRA E ATIVIDADES EDÁFICAS EM
ÁREAS DEGRADADAS NO SERIDÓ PARAIBANO**

THYAGO DE ALMEIDA SILVEIRA

Área: Processos ambientais.

Linha de Pesquisa: Modelagem de processos ambientais.

Orientador: Prof. Dr. Francisco de Assis Salviano de Sousa.

Campina Grande, agosto de 2017.



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS NATURAIS
DOUTORADO EM RECURSOS NATURAIS**

TESE DE DOUTORADO

**DINÂMICA DA SERRAPILHEIRA E ATIVIDADES EDÁFICAS EM ÁREAS
DEGRADADAS NO SERIDÓ PARAIBANO**

Tese de Doutorado do aluno Thyago de Almeida Silveira apresentada ao Programa de Pós-graduação em Recursos Naturais, como exigência dos procedimentos necessários para obtenção do título de Doutor em Recursos Naturais.

Orientador: Prof. Dr. Francisco de Assis Salviano de Sousa.

Campina Grande, agosto de 2017.

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCG

S587d

Silveira, Thyago de Almeida.

Dinâmica da serrapilheira e atividades edáficas em áreas degradadas no seridó paraibano / Thyago de Almeida Silveira. – Campina Grande, 2017.

161 f. : il. color.

Tese (Doutorado em Recursos Naturais) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, 2017.

"Orientação: Prof. Dr. Francisco de Assis Salviano de Sousa".

Referências.

1. Ciclagem Biogeoquímica. 2. Decomposição do Tecido Vegetal. 3. Macrofauna. 4. Solo. 5. Semiárido Brasileiro (SAB). I. Sousa, Francisco de Assis Salviano de. II. Título.

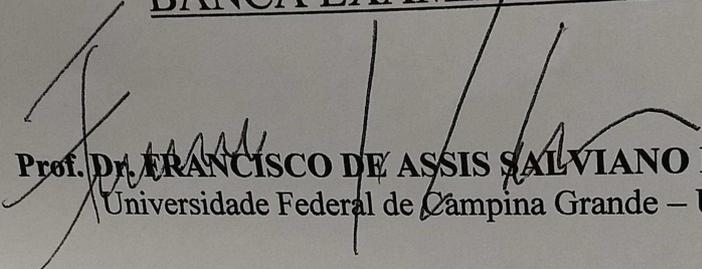
CDU 504.12(043)

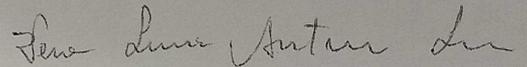
THYAGO DE ALMEIDA SILVEIRA

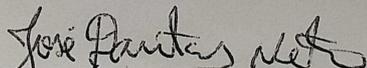
"DINÂMICA DA SERRAPILHEIRA E ATIVIDADES EDÁFICAS EM ÁREAS
DEGRADADAS NO SERIDÓ PARAIBANO"

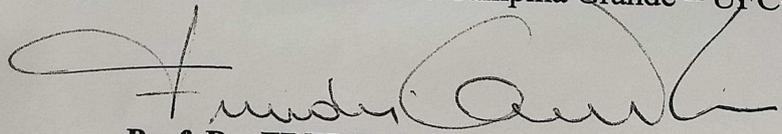
APROVADA EM: 31/08/2017

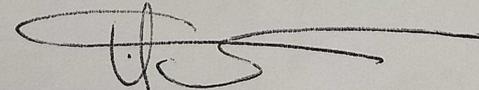
BANCA EXAMINADORA

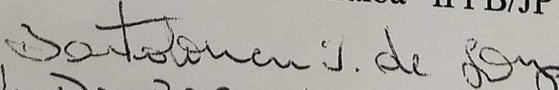

Prof. Dr. FRANCISCO DE ASSIS SALVIANO DE SOUZA
Universidade Federal de Campina Grande – UFCG


Profa. Dra. VERA LÚCIA ANTUNES DE LIMA
Universidade Federal de Campina Grande – UFCG


Prof. Dr. JOSÉ DANTAS NETO
Universidade Federal de Campina Grande – UFCG


Prof. Dr. FREDERICO CAMPOS PEREIRA
Instituto Federal da Paraíba – IFPB/Picuí


Prof. Dr. GILCEAN SILVA ALVES
Instituto Federal da Paraíba – IFPB/JP


Prof. Dr. BARTOLOMEU ISRAEL DE SOUZA
Universidade Federal da Paraíba – UFPB/JP

EPIGRAFE

Saudade (Antonio Pereira)

*“Saudade é um parafuso que quando na rosca cai,
só entra se for torcendo por que batendo não vai.
Depois que enferruja dentro, nem destorcendo não sai.*

*Se quiser plantar saudade, escale bem a semente.
Plante em local bem seco e bem quente.
Por que se plantar no molhado, quando crescer mata gente.*

*Saudade mata é verdade, mas desta morte eu me esquivo.
Como morrer de saudade, se é de saudade que eu vivo!”*

DEDICATÓRIA

A minha mãe Maria Carmem de Almeida Silveira, que sempre proporcionou boas oportunidades em minha vida!

Ao meu pai, Manoel de Sousa Silveira, que sempre quis ter um filho doutor!

A minha esposa, Nathália Barbosa de Figueiredo Silveira, pela paciência e companheirismo; e, a minha filha, Maria Júlia Barbosa de Figueiredo Silveira, por toda alegria diária!

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por me conceder o Dom da Vida e da Sabedoria!

Aos meus pais Manoel e Carmem por todo empenho e oportunidades! as opo a

A toda minha família pela força e apoio incondicional durante minha vida!

A minha esposa Nathália, minha filha Maria Júlia, e a meu enteado Antonio Carlos, por todo apoio, e por serem a razão pela qual sempre tenho buscado dar o melhor, me desgastando e aprendendo por amor a vocês!

Ao orientador Prof. Dr. Francisco de Assis Salviano de Sousa, pela amizade, orientação e por sempre estar ao meu lado, me impulsionando e insentivando!

Ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais da UFCG.

À Cleide Santos, secretária do curso, pela constante presença!

Aos Professores do PPGRN Vera Lúcia, pela Coorientação Informal, José Dantas Neto, e Pedro Vieira.

Aos colegas de curso Luis Jorge, Ruth Silveira, Telma Lúcia, Maria Helena, Mariana Nóbrega, Ricardo Lima, Maria Adriana, Marco Escobar, Rodrigo Araujo, Andre Aires, e Leonia Pessoa.

Aos colegas professores (as) e Técnicos (as) do IFPB Campus Picuí, Luciano Pacelli, Márcio e Montesquie Vieira, Ronaldo José, Nahun Isaque, Daniela Batista, Macedo, Suelânio, Lucínio, Graça Negreiros, Verônica Arnould, Mirelly, Hertha Cristina, Kelly Samara, Cesário, André Silva, Aguinaldo Tejo, Fernanda, Antonio, Anderson, Pablo e Bruno.

Aos colegas professores (as) e Técnicos (as) do IFPB Campus Cabedelo, Lício Romero, Turla Alquete, Valéria Goes, Andressa, Ana Lígia, Rafaela, Thiago Ruffo, Maurício Zorro, Jefferson, Victor, Letta, Raquel e Anne Josane. Vocês me acolheram no momento exato da minha fraqueza, e me deram uma casa para ser minha para sempre!

Aos colegas professores (as) e Técnicos (as) e servidores terceirizados do IFPB Campus Avançado Cabedelo Centro, Margareth, Rivânia, Keite, Marcelo, Cláudio, Oriana, Andre, Cláudia, Ricardo, Ariana, Paulo Glavão, Fábio Lucena, Ticiano, Ynakan, Jailma, Dona Fátima e Robério.

Aos Ao meu grande companheiro de pesquisa e compadre, Prof. Dr. Frederico Campos, agradeço pelo apoio e segurança nos momentos mais críticos e por estarmos juntos sempre em nossas grandes vitórias! Você faz parte de tudo isso, desde sempre!

Ao grande amigo, Prof. Dr. Alexandre D'Andrea, que atuou como parceiro e coorientador desta pesquisa, me ajudando na configuração desta tese e de todas as análises realizadas. Sem suas contribuições eu não teria conseguido chegar em resultados tão significantes. A você o meu muito obrigado!

Aos agricultores rurais, alunos e amigos da Fazenda Gavião, Dona Guia e Sr. Severino, Raniere e Robson Ferreira; e da Fazenda Izidro, Jair. Obrigado pela abertura de suas propriedades para o desenvolvimento e apoio a essa pesquisa! Os resultados são tão seus quantos meus!

Ao Prof. Dr. Gilcean Alvez e a Prof^a. Dr^a. Virginia Araújo, pelas grandes contribuições na dinâmica de decomposição da serrapilheira.

A Brisa Luna, por sua disponibilidade, compreensão e motivação em formar uma turma de estudantes entomólogos no IFPB Campus Cabedelo. Sem sua contribuição a macrofauna da tese seria impossível!

Ao amigo Hermano Rolin, do IFPB Campus Sousa, por sua rica contribuição com as análises de solo.

Aos meus bolsistas e estagiários, Ismael, Sandyerlly, Luzia, Aurielly, Monica, Ana Carolina, Joyce, Alyce, Maria de Fátima, Maria da Conceição, Nelly, José Arimatéia, Fabrícia, Arlene, Thaynar, Islaine, Cláudio, Karolayne, Antonio Carlos e Maria Rafaella.

Ao Sr. Heleno Silva, pela ajuda na instalação do experimento, e por todos ensinamentos práticos de um verdadeiro técnico e mateiro da Caatinga.

Aos meus amigos e familiares que durante todo tempo de doutorado me impulsionaram, dando forças para completar essa etapa da minha vida!

SUMÁRIO

SUMÁRIO.....	01
LISTA DE FIGURAS.....	03
LISTA DE TABELAS.....	05
LISTA DE SIGLAS.....	07
RESUMO.....	09
ABSTRACT.....	10
1. INTRODUÇÃO.....	11
2. OBJETIVO GERAL.....	16
2.1. Objetivos Específicos.....	16
3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	17
3.1. O Semiárido e o Bioma Caatinga.....	17
3.2. Sistema de Indicadores para Identificação e Monitoramento dos Processos de Desertificação.....	19
3.3. Serrapilheira.....	21
3.3.1. Catingueira (<i>Caesalpinia pyramidalis</i> Tul.).....	23
3.3.2. Marmeleiro (<i>Croton blanchetianus</i> Bail.).....	24
3.4. Restauração de Áreas Degradadas (RAD).....	25
3.5. A Decomposição da Serrapilheira e Sua Utilização na Restauração de Áreas Degradadas.....	26
3.6. Macrofauna Edáfica.....	27
3.7. Qualidade Físico-Química de um Solo.....	29
3.8. Respiração do Solo.....	30
4. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	32
4.1. Caracterização da Área de Estudo.....	32
4.2. Análise Temporal da Degradação Ambiental do Município de Picuí.....	34
4.3. Escolha das Áreas para Montagem do Experimento.....	36
4.4. Análises da Serrapilheira.....	41
4.4.1. Escolha das Espécies Vegetais para Formação da Serrapilheira..	41
4.4.2. Formação da Serrapilheira.....	42
4.4.3. Decomposição da Serrapilheira.....	43
4.4.4. Análise do Tecido Vegetal da Serrapilheira.....	45
4.5. Análise do Solo.....	45
5.5.1. Análises Físicas e Químicas (Fertilidade)	45
4.6. Análises da Macrofauna.....	46
4.6.1. Macrofauna Decompositora da Serrapilheira.....	46
4.6.2. Macrofauna Decompositora do Solo.....	47
4.6.3. Caracterização da Macrofauna Decompositora.....	48
4.7. Análises do Efluxo de CO ₂	48
4.7.1. Medições do Efluxo de CO ₂ no Solo.....	48
4.8. Análises Estatísticas.....	50

4.8.1. Análise da Normalidade dos Dados.....	50
4.8.2. Delineamento Experimental.....	50
5. RESULTADOS.....	52
5.1. Caracterização da Degradação Ambiental do Município de Picuí.....	52
5.2. Análise da Precipitação Pluviométrica.....	62
5.3 Análises da Serrapilheira.....	65
5.3.1. Análise da Decomposição da Serrapilheira.....	65
5.3.2. Análise do Tecido Vegetal da Serrapilheira.....	68
5.3.2.1. Carbono Oxidável (Matéria Orgânica – MO).....	70
5.3.2.2. Nitrogênio (N).....	70
5.3.2.3. Fósforo (P).....	71
5.3.2.4. Potássio (K).....	72
5.3.2.5. Relação C/N.....	73
5.3.2.6. Porcentagem remanescente da serrapilheira.....	69
5.4. Análises do Solo.....	77
5.4.1. Análises Granulométricas.....	77
5.4.2. Umidade e Densidade.....	79
5.4.3. Análises de Fertilidade.....	81
5.5. Análises da Macrofauna.....	89
5.5.1. Macrofauna Decompositora da Serrapilheira.....	89
5.5.2. Macrofauna Decompositora do Solo.....	90
5.5.3. Caracterização das Espécies da Macrofauna Decompositora.....	91
5.5.3.1. Diplura.....	93
5.5.3.2. Hymenoptera.....	94
5.5.3.3. Coleoptera.....	94
5.5.3.4. Arachnida (Aracnae e Pseudoscorpiones).....	95
5.5.3.5. Orthoptera	96
5.5.3.6. Blattodea.....	96
5.6. Análises do Efluxo de CO ₂ no Solo.....	98
5.7. Análises Estatísticas.....	103
5.7.1. Análise da Normalidade dos Dados.....	103
5.7.2. Análise das Diferenças Estatísticas Significantes.....	118
5.7.3. Análise das Correlações Espaciais.....	127
6. CONCLUSÕES.....	130
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	134

LISTA DE FIGURAS

Figura 01. Delimitação do SAB.....	17
Figura 02. Localização das áreas de estudo.....	32
Figura 03. Classificação dos solos do município de Picuí - PB.....	33
Figura 04. Área de localização dos experimentos.	
Figura 05. Área Preservada: (a) período chuvoso e (b) período seco.....	38
Figura 06. Área Restaurada: (a) período chuvoso e (b) período seco.....	39
Figura 07. Área Degradada: (a) período chuvoso e (b) período seco.....	40
Figura 08. Parcelas experimentais.....	40
Figura 09. Quadrantes para coleta do solo.....	41
Figura 10. Disposição dos litterbags de acordo com a espécie estudada nas áreas experimentais.....	44
Figura 11. Posicionamento do colar de PVC para medição do efluxo de CO ₂ no solo.....	49
Figura 12. Carta Altimétrica de Picuí - PB.....	52
Figura 13. Cartas imagem do Município de Picuí.	53
Figura 14. Mapa das Classes de Degradação do Município de Picuí.....	53
Figura 15. NDVI calculado para a década de 1990 (a), 2000 (b) e 2010 (c).....	54
Figura 16. SAVI calculado para a década de 1990 (a), 2000 (b) e 2010 (c).....	55
Figura 17. IAF calculado para a década de 1990 (a), 2000 (b) e 2010 (c).....	56
Figura 18. Mapa da Biomassa viva de Picuí nas décadas de 1990 (a), 2000 (b) e 2010 (c).	57
Figura 19. Extração de Feldspato no garimpo Lagoa do André 01 (a) e vista panorâmica do garimpo Lagoa do André 02 (b).....	60
Figura 20. Extração de Paralelepípedo no garimpo Taque do Caboclo (a) e localização do garimpo Taque do Caboclo em meio à vegetação nativa (b).....	60
Figura 21. Áreas degradadas (a) e (b) localizadas próximo ao Garimpo Taque do Caboclo no sudeste do município, e gado pastando em área gravemente degradada (c) e (d) localizadas na sudoeste do Município de Picuí.	61
Figura 22. Áreas preservadas (a) e (b) localizadas nas regiões mais altas do município, e onde a vegetação conseguiu se recuperar ao longo das três décadas do estudo (c e d).....	62
Figura 23. Distribuição da precipitação pluviométrica durante estudo do experimento.....	63
Figura 24. Precipitações e temperaturas anuais e médias dos últimos 30 anos de Picuí.....	64
Figura 25. Taxa de decomposição acumulada total da serrapilheira.....	65
Figura 26. Distribuições medias da decomposição da serrapilheira.....	67
Figura 27. Médias anuais da análise química da serrapilheira decomposta.....	69
Figura 28. Médias da distribuições de umidade e densidade do solo.....	80
Figura 29. Aporte de espécies vegetais e suas respectivas serrapilheiras das Áreas Preservadas (a e b), Restaurada (c e d), e Degradada (e e f).	83
Figura 30. Representantes de ordens da macrofauna edáfica encontrados em amostra de serrapilheira e solo: (a) Diplura; (b) Hymenoptera; (c) Coleoptera; (d) Pseudoscorpiones; (e) Orthoptera; (f) Araneae; (g) Blattodea.....	92

Figura 31. Ajuste do processamento da medição do Influxo (a) e Efluxo (b) de CO ₂ , no software SoilFluxPro 4.0.	100
Figura 32. Análise gráfica da normalidade dos dados da decomposição de P da serrapilheira remanescente da Área Restaurada.....	105
Figura 33. Análise gráfica da normalidade dos dados da Relação C/N da serrapilheira remanescente da Área Degradada.....	105
Figura 34. Análise gráfica da normalidade dos Teores de Silte + Argila da granulometria da Área Preservada.	107
Figura 35. Análise gráfica da normalidade dos teores de Areia Média da granulometria da Área Degradada.	107
Figura 36. Análise gráfica da normalidade para amostras de PST da Área Preservada.....	111
Figura 37. Análise gráfica da normalidade para as amostras de Ca ⁺² na Área Preservada.....	111
Figura 38. Análise gráfica da normalidade para as amostras de SB na Área Preservada.....	111
Figura 39. Análise gráfica da normalidade para as amostras de V na Área Restaurada.....	112
Figura 40. Análise gráfica da normalidade para as amostras de MO na Área Restaurada.....	112
Figura 41. Análise gráfica da normalidade para as amostras de Na ⁺ na Área Degradada.....	112
Figura 42. Análise gráfica da normalidade para as amostras de Al ⁺³ na Área Degradada.....	113
Figura 43. Análise gráfica da normalidade para as amostras de CTC na Área Degradada.....	113
Figura 44. Análise gráfica da normalidade para as amostras de PST na Área Degradada.....	113
Figura 45. Análise gráfica da normalidade para as amostras da Macrofauna Decompositora da Serrapilheira na Área Preservada.....	114
Figura 46. Análise gráfica da normalidade para os dados da macrofauna decompositora de solo na Área Restaurada.....	115
Figura 47. Análise gráfica da normalidade para os valores do Efluxo de CO ₂ na Área Preservada.....	116
Figura 48. Análise gráfica da normalidade para os valores do Efluxo de CO ₂ na Área Restaurada.	117
Figura 49. Análise gráfica da normalidade para os valores do Efluxo de CO ₂ na Área Degradada.....	117
Figura 50. Análise gráfica da normalidade para os valores da temperatura do solo na Área Preservada.....	118

LISTA DE TABELAS

Tabela 01. Quantificação das classes de degradação ambiental do Município de Picuí - PB.....	54
Tabela 02. Quantificação das classes de degradação ambiental do Município de Picuí - PB para os anos de 1998 e 2000.....	58
Tabela 03. Teores médios de nutrientes na serrapilheira em relação aos teores iniciais e a relação C/N.....	74
Tabela 04. Granulometria média do solo.	77
Tabela 05. Porcentagens médias da fração de solo fino.....	78
Tabela 06. Fertlidades médias do solo.....	81
Tabela 07. Média da abundância das espécies da macrofauna decompositora de serrapilheira.....	89
Tabela 08. Média das Espécies da Macrofauna decompositora de serrapilheira.....	90
Tabela 09. Média da abundância das espécies da macrofauna decompositora no solo.....	90
Tabela 10. Média das Espécies da Macrofauna do solo.....	91
Tabela 11. Média das medições do Efluxo de CO ₂	98
Tabela 12. Testes de Normalidade para os dados de decomposição da serrapilheira.....	103
Tabela 13. Testes de Normalidade para os dados de Decomposição da Serrapilheira.....	104
Tabela 14. Testes de Normalidade para os dados das Análises Granulométricas.....	106
Tabela 15. Testes de Normalidade para os dados das Frações de Areia Fina.	108
Tabela 16. Testes de Normalidade para das amostras de Umidade e Densidade.....	109
Tabela 17. Testes de Normalidade para das amostras de Fertilidade.....	109
Tabela 18. Testes de Normalidade para os dados da Macrofauna Decompositora da Serrapilheira.....	114
Tabela 19. Testes de Normalidade para os dados da Macrofauna Decompositora de Solo.....	115
Tabela 20. Testes de Normalidade para os valores do Efluxo de CO ₂	116
Tabela 21. Testes de Normalidade para os dados de Temperatura do Solo.....	118
Tabela 22. Testes de diferenças na decomposição da serrapilheira.....	119
Tabela 23. Testes de diferenças na dispersão dos elementos químicos da serrapilheira decomposta.....	120
Tabela 24. Testes de diferenças na Granulometria dos Solos.....	121
Tabela 25. Testes de diferenças na porcentagem de fração de terra fina.....	122
Tabela 26. Testes de diferenças na umidade e densidade.....	123
Tabela 27. Testes de diferenças na fertilidade do solo.....	123
Tabela 28. Testes de diferenças médias dos valores da macrofauna da serrapilheira.....	125
Tabela 29. Testes de diferenças médias dos valores da macrofauna do solo..	125
Tabela 30. Testes de diferenças médias dos valores do Efluxo de CO ₂	126
Tabela 31. Testes de diferenças médias dos valores da Temperatura do Solo.....	126
Tabela 32. Correlação entre os valores da Preciptação Acumulada e Taxa de Decomposição da Serrapilheira.....	127

Tabela 33. Correlação entre os valores da Temperatura do solo com Efluxo de CO ₂	128
Tabela 34. Correlação entre os valores da Macrofauna da Serrapilheira e Taxa de Decomposição da Serrapilheira.....	129

LISTA DE SIGLAS

AL - Alagoas.
Al - Alumínio.
ANOVA - Análise da Variância.
BH - Bahia.
C - Carbono.
C/N - Relação Carbono Nitrogênio.
Ca - Calcio.
CBERS - China-Brazil Earth Resources Satellite.
CCD - Câmera Imageadora de Alta Resolução.
CE - Ceará.
CO₂ - Gás Carbônico.
CTC - Capacidade de Troca de Cátions.
EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária.
ETM - Enhanced Thematic Mapper.
H - Hidrogênio.
IAF - Índice de Área Folear.
IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis.
IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.
IBM - International Business Machine.
IRGA - *Infra-red Gas Analyser*.
K - Potássio.
K-S - Kolmogorov-Smirnov.
LANDSAT - *Land Satellite*.
MA - Maranhão.
MaxVer - Máxima Verossimilhança.
Mg - Magnésio.
MG - Minas Gerais.
MIN - Ministério da Integração Nacional.
MO - Matéria Orgânica .
N - Nitrogênio.
NDVI - Índice de Vegetação por Diferença Normalizada.
P - Fósforo.
PAN-BRASIL - Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca.
PB - Paraíba
PE - Pernambuco.
pH - Potencial Hidrogênionico.
PI - Piauí.
PST - Percentual de Sódio Trocável.
RN - Rio Grande do Norte.
S - Enxofre.
SAB - Semiárido Brasileiro.
SAVI - Índice de Vegetação Ajustado por Solo.
SB - Soma de Bases Trocáveis.
SE - Sergipe.
SIG - Sistemas de Informação de Geográfica.
UNESCO - Organização das Nações Unidas.

UTM - Universal Transversa de Mercator.
UFPB - Universidade Federal da Paraíba.
V - Saturação por bases.
WGS-84 - Datum World Geodetic System 1984.

DINÂMICA DA SERRAPILHEIRA E ATIVIDADES EDÁFICAS EM ÁREAS DEGRADADAS NO SERIDÓ PARAIBANO

Resumo: No Semiárido Brasileiro (SAB), onde predomina o Bioma Caatinga, o processo de desertificação tem-se intensificado devido às ações antrópicas, sendo atingida severamente e alterada por corte de lenha, agricultura, queimadas, caça e ação contínua de rebanhos bovinos e caprinos, restando apenas uma pequena parcela preservada e protegida. No município de Picuí, no Seridó Oriental Paraibano, durante as últimas quatro décadas, as fazendas de subexistências, localizadas na zona rural, receberam o plantio de monocultivos que fez com as terras fossem completamente devastadas, tornando-se improdutivas. Nesse sentido, o objetivo deste trabalho foi identificar alterações ambientais na decomposição da serrapilheira de Marmeleiro e Catingueira, e na fauna edáfica em áreas degradadas do bioma Caatinga que estão passando por diferentes processos de sucessão ambiental na Paraíba. Para tanto, foi realizada a caracterização histórica da degradação ambiental utilizando imagens de satélite e índices de vegetação, em seguida, foi montado um experimento na Fazenda Agroecológica Gavião e Izidro, em três áreas, sendo elas Degradada, Restaurada e Preservada, cuja metodologia abrangeu estudos de decomposição da serrapilheira, análises físicas e químicas do solo, da macrofauna decompositora e da respiração do solo (Efluxo de CO₂). Os resultados da caracterização mostraram como o processo de degradação aconteceu nas últimas décadas, e que a vegetação se recompôs. A decomposição da serrapilheira identificou que duas espécies são importantes provedoras de nutrientes para o solo, sendo que o Marmeleiro se decompõe mais rápido, e Catingueira deposita mais nutrientes no solo. As análises dos solos, revelaram que apesar de serem pedregosos e muito arenosos, eles possuem uma fertilidade muito boa, e que é o processo da ciclagem de nutrientes da serrapilheira, advinda das vegetação presente nas áreas, que contribui significativamente para tal. A macrofauna decompositora foi identificada em maior quantidade na serrapilheira depositada nos litterbags na superfície, do que a presente no solo. Já o Efluxos de CO₂ foram muito baixos, e ressalta-se a importância da identificação do fenômeno do Influxo de CO₂, que foi medido em condições semelhantes a de uma região desértica, evidenciando que se não houver intervenções nas áreas degradadas com condições semelhantes, esses processos tendem a se expandir para outras áreas. Todos os resultados indicaram que a Área Preservada se comportou melhor, exaltando a necessidade da proteção e manutenção de áreas semelhantes, pois os processos de ciclagem de nutrientes ocorre mais facilmente em ambientes semelhantes.

Palavras-chave: Ciclagem Biogeoquímica. Decomposição do Tecido Vegetal. Macrofauna. Solo. Semiárido Brasileiro (SAB).

LITTER DYNAMICS AND EDAPHIC ACTIVITIES IN DEGRADED AREAS IN THE IN THE SERIDÓ OF PARAIBA

In the Brazilian semi-arid, where the Caatinga Biome predominates, the process of environmental degradation has intensified due to the anthropic actions, being severely affected and altered by firewood cutting, agriculture, burned, hunting and continuous action of cattle and goats, leaving only a small preserved and protected portion. In Picuí municipality, in Seridó Oriental Paraibano, during the last four decades, the subexistences farms, located in the rural area, were planted with monocultures caused the completely land devastated by degradation of its soils, becoming quite unproductive. In this sense, the work objective was to identify environmental changes in the litter decomposition and in the edaphic fauna in degraded areas of the Caatinga biome that are undergoing different environmental succession processes in Paraíba. For this purpose, the historical characterization of the environmental degradation using satellite images and vegetation indexes was realized, then, an experiment was made at the Agroecological Farm Gavião and Izidro, in three areas, a Degraded, Restored and Preserved Areas, whose developed procedures associated litterbags decomposition, physical and chemical soil analyzes, decomposing macrofauna and soil respiration measurements (Efflux de CO₂). The characterization results showed how the degradation process occurred in the last decades, and that the vegetation was recovered. For the litter decomposition it was identified that the two species are important nutrients suppliers to the soil, and the Marmaleiro decomposes faster, and Catingueira deposits more nutrients in the soil. Soil analyzes, revealed that, although they are rocky and very sandy, they have a very good fertility, which is the cycling nutrients process from the litter, from the vegetation present in the areas, contributes significantly to this. The decomposing macrofauna was identified in greater quantity in the litterbags deposited in the surface than in the soil. The CO₂ fluxes measured were very low, and it is important to identify the CO₂ Influx phenomenon, which was measured in conditions similar a desert region, evidencing that if there aren't interventions in the degraded areas with similar conditions, they process trend to expand to another areas. All results indicated that the Preserved Area behaved better, exalting the need for protection and maintenance of similar areas, because the processes of nutrient cycling occur more easily in similar environments.

Key words: Biogeochemical Cycling. Vegetal Tissue Decomposition. Macrofauna. Soil. Brazilian Semi-Arid (SAB).

1. INTRODUÇÃO

Desde os primórdios a humanidade tem utilizado o meio que o cerca para prover sua subsistência. Nesse embate, ele o homem, estabeleceu uma relação de dependência com o meio ambiente, e através de suas decisões socioeconômicas passou a ser o principal beneficiado, de forma a promover transformações e adaptações para favorecê-lo.

Se de início as transformações eram desprezíveis, ao longo dos anos elas se acentuaram e tornaram-se intensas, principalmente após a terceira revolução industrial e da segunda guerra mundial, de forma a serem sentidas e notadas cotidianamente (MELPHI, 2009). Ao promover mudanças no meio ambiente, a humanidade passou a ser produtora de processos de degradação.

Tais processos de degradação ambiental se intensificaram no mundo inteiro devido às ações antrópicas, e se agravaram pela exploração dos recursos naturais, que visando à sobrevivência e comercialização, tem contribuído para a expansão de áreas que estarão, em curto prazo, envoltas em um processo de desertificação.

No Brasil, as áreas mais susceptíveis ao processo de desertificação localizam-se na região do Semiárido Brasileiro (SAB), onde estão presentes nos estados do Maranhão (MA), do Piauí (PI), do Ceará (CE), do Rio Grande do Norte (RN), da Paraíba (PB), de Pernambuco (PE), de Alagoas (AL), de Sergipe (SE), da Bahia (BH), de Minas Gerais (MG), abrangendo um total de 1.482 municípios, dos quais 38,42% apresentam um nível de degradação ambiental severo, ligado à monocultura e 5,86% apresentam condição muito grave em relação ao grau do território comprometido do SAB (ALVES, SOUZA e NASCIMENTO, 2009). Essa área é ocupa o total de 980.133,079 km², onde vivem cerca de 18 milhões de pessoas, 42,57% da população nordestina e 11,85% da população do Brasil (IBGE, 2010).

No (SAB) onde predomina o Bioma Caatinga, o processo de desertificação tem-se intensificado e a paisagem vem sendo severamente alterada pelo corte de lenha, pela agricultura, pela mineração, por queimadas, por caça e pela ação

contínua de rebanhos bovinos e caprinos, restando apenas uma pequena parcela preservada e protegida (SAMPAIO, 1995; LEAL et. al, 2005; ALVES et. al., 2009).

De acordo com o IBAMA (2009) cerca de 80% das áreas originais do Bioma Caatinga já foram antropizados, o que segundo ALVES (2012) o torna o terceiro Bioma brasileiro mais modificado pelo homem, ultrapassado apenas pela Mata Atlântica e pelo Cerrado.

Por apresentar rios intermitentes e efêmeros, vegetação abundantemente xerófila e adaptada, que brota durante um curto período chuvoso e passa a maior parte do ano ressequida, a Caatinga apresenta resistência própria. Acrescenta-se a essa resistência natural as condições climáticas adversas, que muitas vezes causam anos de estiagem, fazendo com que a semiaridez se agrave ainda mais, proporcionando uma maior capacidade de resiliência. Essas características únicas, muitas vezes imprevisíveis do SAB agravaram-se ao longo das últimas décadas, e as relações socioecológicas e econômicas de dependência local acentuaram-se ainda mais.

Alves (2012) explicita que as populações residentes em áreas degradadas do SAB apresentaram uma queda relevante em sua qualidade de vida, podendo desenvolver problemas de saúde, nutrição, econômicos e sociais, tornando-se assim vulneráveis às alterações ambientais. Como exemplo, pode-se citar as relações dos agricultores do SAB, que dominaram as técnicas de plantio das diversas culturas agrícolas tradicionais, e o solo era fértil. Com o passar dos anos o solo foi se tornando pobre, por um lado, por causa das intempéries climáticas como as secas prolongadas, e por outro lado, pelo uso dos pacotes tecnológicos verdes, com agrotóxicos e defensivos agrícolas e pela adoção de criação de bovinos e caprinos de forma extensiva.

Esses elementos interligados à falta de assistência técnica direcionada e falta de uma política de gestão dos recursos hídricos que proporcionasse soluções para promover a convivência com a seca, que foi agravado periodicamente devido

desgaste da cobertura vegetal e do uso incorreto das terras, contribuindo para que os agricultores se desfizessem dessas áreas improdutivas, abandonando-as.

Envoltos nesse cenário de intensa devastação, a produção da biomassa na Caatinga sofreu uma redução drástica, favorecendo a exposição direta do solo, deixando-os com baixos níveis de fertilidade (ANDRADE et al., 2008; ALVES et al., 2009). Conseqüentemente, a presença de matéria orgânica na camada superficial do solo, denominada de serrapilheira, diminuiu ao passo que o solo perdeu a capacidade de reter nutrientes, justificando sua condição imprópria para o cultivo de qualquer cultura agrícola.

Esses processos de desertificação, a partir da perda da biomassa viva, podem ser identificados e quantificados a partir da utilização das Geotecnologias, que pode verificar de forma eficaz as diversas alterações ocorridas ao longo das décadas na cobertura vegetal de uma determinada área. A interação entre as imagens de satélite e os softwares dos diversos Sistemas de Informação Geográfica (SIGs), fornecem ferramentas robustas para traçar diagnósticos temporais progressivos, inferir e descobrir motivos pelos quais a vegetação tem se modificado ao longo dos anos, verificando se houveram evoluções ou retrocessos na vegetação, especialmente quando são traçados no SAB e no Bioma Caatinga, que apresentam uma sazonalidade única, permitindo sua caracterização de forma mais detalhada.

Há de se considerar, também, que o solo é um sistema biodinâmico, no qual organismos diversos desempenham diversos papéis para garantir a manutenção e sobrevivência das comunidades vegetais e animais nos ecossistemas terrestres (FRACETTO, 2009). Nesse sentido, é a produção e a decomposição da serrapilheira que possibilitam a transferência de matéria orgânica, nutrientes e energia da vegetação para o solo (ALVES, 2012). E o conhecimento da estrutura da fauna edáfica, presente na camada superficial, de 0 a 10 cm de profundidade do solo, proporcionará um melhor entendimento desse processo de decomposição (STORK e EGGLETON, 1992; ARAÚJO, 2009).

O processo de decomposição da serrapilheira é um dos mais importantes na biosfera, pois proporciona nutrientes importantes para o crescimento das plantas, bem como na transformação de energia e na emissão de CO₂ para a atmosfera (COÛTEAUX *ET AL.*, 1995; AERTS, 2006; AUSTIN E VIVANCO, 2006; BERG E MCCLAUGHERTY, 2008; SILVER e MIYA, 2001; MELILLO *et al.*, 1982). É através desse processo de decomposição que se processa todo o ciclo biogeoquímico na natureza, possibilitando a passagem dos nutrientes minerais pelo solo, água e planta e conseqüentemente retornarem ao solo através da decomposição da matéria orgânica (ALVES, 2012).

Evidentemente que, a dinâmica da decomposição de resíduos vegetais vai depender de diversos fatores, dentre eles, do manejo da cultura de cobertura, da natureza do material vegetal, do volume de produção de biomassa, das condições físicas, químicas e biológicas do solo, da qualidade e quantidade dos nutrientes orgânicos disponíveis e das condições climáticas como chuva e temperatura do ar (ALVES, 2012).

Dessa forma, o estudo da produção e decomposição da serrapilheira define a caracterização dos padrões de ciclagem de nutrientes (GOLLEY, 1983), pois representa a principal via de retorno de nutrientes e matéria orgânica à superfície do solo (PAGANO e DURIGAN, 2000). Essa caracterização, associada aos padrões de emissão de CO₂, provenientes da própria decomposição da serrapilheira, a respiração de organismos e o sistema radicular das plantas podem revelar padrões de distribuição e correlação para dar suporte a estratégias mais robustas de implantação de projetos de restauração de solos degradados na Caatinga, haja vista que, quanto mais preservada ou recuperada for a área, maior será a frequência simultânea de processos decorrente da atividade da fauna edáfica no solo.

Assim, diante do exposto, a tese explicará a premissa de que áreas que passaram por um processo de degradação ambiental histórico, tendem a se recuperar ao longo de um período em repouso por sua capacidade natural de sucessão ambiental.

Seu pressuposto enfatiza que quanto maior for a capacidade que uma área degradada tiver para reter nutrientes no solo através do acúmulo de serrapilheira, maior será a atividade da sua fauna edáfica, e mais rápido será a sua capacidade de restauração.

A partir da premissa e do pressuposto pode-se relacionar a problemática do processo de desertificação das áreas no Semiárido paraibano com o estudo da sua capacidade de restauração, tendo em vista a comprovação da seguinte hipótese:

Há diferenças, estatisticamente significativas, nas atividades da fauna edáfica em áreas degradadas do Bioma Caatinga presentes na região do Seridó Oriental Paraibano que estão passando por um processo sucessão ambiental.

2. OBJETIVO GERAL

Identificar alterações ambientais na decomposição da serrapilheira e na fauna edáfica em áreas degradadas do bioma Caatinga que estão passando por diferentes processos de sucessão ambiental nas últimas três décadas no SAB, na Paraíba.

2.1. Objetivos Específicos

- Estimar a quantidade de biomassa viva perdida no Município de Picuí – PB a partir da análise multitemporal da cobertura vegetal utilizando imagens de satélites.
- Analisar a decomposição da serrapilheira das espécies nativas Caatingueira (*Caesalpinia pyramidalis Tul.*) e Marmeleiro (*Croton blanchetianus*).
- Identificar e caracterizar as espécies que compõem a macrofauna edáfica decompositora da serrapilheira com camada de 0 a 10 cm;
- Comparar a dinâmica comportamental das características físico-químicas de solos preservados com solos degradados.
- Realizar medições das emissões de CO₂ do solo em função das atividades da macrofauna edáfica resultantes da decomposição da serrapilheira e respiração do solo;

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1. O Semiárido e o Bioma Caatinga

O SAB estende-se por 980.133,079 km², cobrindo 11,53%% do território nacional (Figura 01). Encontra-se entre o retângulo envolvente delimitado pelos pares de coordenadas 46°33'34,26" W e 2°45'24,38" S, e 34°44'38,15" W e 17°53'32,01", abrangendo 1.135 municípios. Fazem parte desse semiárido os estados do Rio Grande do Norte (92,97%), de Pernambuco (87,60%), do Ceará (86,74%), da Paraíba (86,20%), da Bahia (69,31%), do Piauí (59,41%), de Sergipe (50,67%), de Alagoas (45,28%) e de Minas Gerais (17,49%) (MEDEIROS et al., 2012).



Figura 01 - Delimitação do SAB.

O Ministério da Integração Nacional (MIN, 2005) definiu uma nova delimitação do SAB a partir de três critérios técnicos: precipitação pluviométrica média anual

inferior a 800 mm; índice de aridez de até 0,5 calculado pelo balanço hídrico, que relaciona precipitação e evapotranspiração potencial no período de 1961 a 1990, e por fim o risco de seca maior que 60%, tomando-se por base o período entre 1970 e 1990.

De acordo com Salgado (2014) os tipos de solo do SAB são sedimentares arenosos ou de origem arqueana, pertencentes às associações de Neossolos, Luvisolos, Argissolo e Planossolos. São classes gerais de solos pouco profundos, de baixa permeabilidade, baixo teor de matéria orgânica, mas relativamente ricos em bases trocáveis. Devido a rápida mineralização da matéria orgânica, ação da grande disponibilidade de calor e luz solar recebidas anualmente, a maioria dos solos do Semiárido apresenta características químicas adequadas, mas tem limitações físicas, principalmente no que se refere à topografia, profundidade, pedregosidade e drenagem (OLIVEIRA et al., 2003).

O clima do SAB é caracterizado por temperaturas médias elevadas (23 a 27°C) e evapotranspiração potencial (geralmente, acima de 2.000 mm/ano), o que agrava ainda mais a escassez de oferta de água à superfície (Andrade-Lima, 1981; Sampaio, 1995). Embora o SAB seja um dos mais chuvosos do mundo, os índices pluviométricos são baixos, em torno de 250 a 800 mm anuais. As temperaturas médias mensais variam pouco na região semiárida ($\leq 5^{\circ}\text{C}$) e são mais afetadas pelas variações de altitude e de insolação (ARAÚJO, 2012).

No Semiárido predomina o Bioma Caatinga, único genuinamente brasileiro, cuja flora corresponde a espécies adaptadas às secas, sendo decíduas, dominada por espécies xerófitas, com uma grande quantidade de plantas espinhosas, formando arbustos e árvores com folhas pequenas, adaptadas para a redução da transpiração (MEDEIROS *et al.*, 2009).

Alves (2012) explicita que a prevalência de secas estacionais e periódicas estabelece regimes intermitentes aos rios e deixa a vegetação, na maior parte tempo, sem folhas, mas que após curtos períodos de chuva a folhagem das plantas rebrotam esverdeando a paisagem. Essas peculiaridades adaptativas da vegetação

são determinadas, principalmente, pela temperatura e disponibilidade de água, que apresentam no estresse hídrico um dos fatores mais limitantes de produtividade e distribuição geográfica das espécies vegetais (COSTA *et al.*, 2010).

Na região do Semiárido há um grande potencial de biodiversidade, com uma enorme riqueza de plantas adaptadas ao meio ambiente seco que poderiam ser exploradas economicamente, como por exemplo, as plantas produtoras de óleo (catolé, faveleira, marmeleiro e oiticica); de látex (pinhão e maniçoba); de cera (carnaúba); de fibras (bromeliáceas); medicinais (babosa e juazeiro); frutíferas (umbuzeiro) dentre outras, (FUNDAJ,1998). Entretanto, para inserção de culturas agrícolas não foram levados em conta as características próprias de um ambiente semiárido de clima tropical, pelo contrário, na Caatinga foram aplicados métodos e práticas agrícolas usados em solos de clima temperado (ALVES, 2012). As matas foram derrubadas e iniciaram-se lavouras nômades, queima da vegetação em larga escala, caça e ação contínua de rebanhos bovinos e caprinos, expondo-se os solos à erosão, restando apenas uma pequena parcela preservada e protegida (SAMPAIO, 1995; LEAL *et al.* 2005; ALVES *et al.* 2009; PIMENTEL, 2010).

Com a intensa devastação a produção da biomassa desse ambiente sofreu uma redução drástica, favorecendo a exposição direta dos solos a intempéries, prejudicando a manutenção de populações da fauna silvestre; a qualidade da água, o equilíbrio do clima e a qualidade do solo, deixando-o com baixos níveis de fertilidade e mais susceptíveis à degradação (ANDRADE *et al.*, 2008; ALVES *et al.*, 2009; LIRA, 2010).

3.2 Sistema de Indicadores para Identificação e Monitoramento dos Processos de Desertificação

A utilização das metodologias para a avaliação de áreas em processo de desertificação foi sendo construída, paulatinamente, de diferentes formas. Diversos índices foram aplicados, e surgiram indicadores básicos que permitiram traçar o perfil socioeconômico e ambiental da desertificação a níveis globais. Com o objetivo de tornar os diagnósticos das áreas em processo de desertificação precisos, de

forma a utilizar parâmetros conhecidos e aceitos internacionalmente, foram adotados pela UNESCO padrões para uniformizar o monitoramento dos processos de desertificação na região latino americana.

De acordo com Matallo Junior (2001) os indicadores utilizados para identificação e monitoramento dos processos de desertificação são divididos em dois grupos, os Indicadores de Situação e Indicadores de Desertificação.

Os Indicadores de Situação compõe a adoção de parâmetros relativos a clima e a dados socioeconômicos. Os indicadores climáticos auxiliam na definição dos níveis de degradação, sendo, portanto, monitorados constantemente; já os indicadores sociais e econômicos ajudam na caracterização local do fenômeno. Por sua vez, os Indicadores de Desertificação, favorecem a identificação do fenômeno em nível ambiental, através da caracterização da vegetação, dos solos e dos recursos hídricos (MATALLO JUNIOR, 2001).

Como trabalho se restringe a análise de biomassa viva, a classe de indicadores para desertificação indicada é a classe dos Indicadores Biológicos, apresentados no Quadro 1.

Quadro 1 - Indicadores de Situação e de Desertificação.

INDICADORES DE DESERTIFICAÇÃO				
Indicadores	Definição	Unidade de medida	Método	Período de coleta
Indicadores Biológicos de Desertificação				
Cobertura vegetal	Porcentagem de uma determinada área com cobertura vegetal nativa. As mudanças da cobertura vegetal original são os primeiros indícios da ocupação humana. Sua importância fundamental está na proteção que exerce sobre o solo contra os efeitos erosivos. Sua eliminação ou diminuição, acompanhadas de técnicas inadequadas de uso e manejo dos solos permite que se iniciem e acelerem os processos de desertificação.	% de cobertura vegetal nativa em relação à área total	Imagens orbitais	A cada 5 anos
Estratificação	Número de estratos existente	Número de	Pesquisa	Determinar

da Vegetação	numa determinada área. Em geral os processos de desertificação uniformizam a vegetação em termos de estratos e número de espécies. As áreas mais degradadas têm * um único estrato	estratos	de campo por amostra de território	
Composição específica	Espécies nativas existentes na área. Por extinção ou por eliminação natural do sistema, as espécies tendem a diminuir com o tempo. Relaciona-se com o antropismo e os métodos inadequados de manejo	Número de espécies	Pesquisa de campo por amostra de território	Determinar
Espécies indicadoras	Espécies associadas ao fenômeno de degradação de um ecossistema. Existem espécies que indicam o processo de empobrecimento do solo, seja por perda de fertilidade, por erosão ou salinização.	Espécies	Pesquisa de campo por amostra de território	Determinar

FONTE: Adaptado de Matallo Junior, 2001.

Outrora, os indicadores podem ser usados adotando-se várias seqüências de combinação, excluindo-se para determinadas regiões os que são menos favoráveis para serem aplicados. O estabelecimento deste conjunto de indicadores está condicionado ao favorecimento de um processo consistente para a avaliação e monitoramento da desertificação tendo em vista a estimativa da biomassa viva (vegetação) através do indicador de cobertura vegetal. Esse indicador pode ser avaliado através da estimativa da quantidade de biomassa viva perdida ao longo dos anos, através do Processamento Digital das Imagens (PDI).

Os indicadores ou índices de vegetação representam uma técnica amplamente usada na área do Sensoriamento Remoto, por indicarem a presença e condições da vegetação monitorada, fundamenta no fato de que a produção primária de uma comunidade vegetal tem estreita relação com a energia solar absorvida, o que define o desenvolvimento dessa comunidade (FONTANA et al., 1998).

Diversos índices foram aplicados, e surgiram indicadores básicos que permitiram traçar o perfil socioeconômico e ambiental da desertificação a níveis globais. Com o objetivo de tornar os diagnósticos das áreas em processo de desertificação precisos, de forma a utilizar parâmetros conhecidos e aceitos

internacionalmente, foram adotados pela UNESCO padrões para uniformizar o monitoramento dos processos de desertificação na região latino americana (MATALLO JUNIOR, 2001).

3.3 Serrapilheira

A serrapilheira é a principal fonte de nutriente para solo, sendo formada de folhas, flores, frutos, sementes, madeiras, restos de animais e material fecal que caem sobre a camada superficial do solo (ARAÚJO, 2012; ALVES, 2012). A produção de serrapilheira é frequentemente utilizada como medida de produtividade primária acima do solo. Assim, trabalhos que envolvem esse tema são fundamentais para o entendimento do processo de ciclagem de nutrientes, crescimento de floresta, padrões de sucessão, fluxo de carbono, distúrbios ecológicos e interações das variáveis ambientais em ecossistemas florestais (VASCONCELOS e LUIZÃO, 2004; ZHOU et al., 2007; GONZÁLEZ-RODRÍGUEZ et al., 2011).

Além dos fatores supracitados, a serrapilheira também atua na proteção do solo contra as elevadas temperaturas, no armazenamento de uma grande variedade de sementes; promovendo abrigo para uma fauna abundante, composta por micro e macro invertebrados que atuam na decomposição desses materiais, fertilizando naturalmente os solos e contribuindo para a manutenção da dinâmica do ecossistema (ALVES, 2012).

Raij (1991) define essa camada de deposição como horizonte O, sendo constituída prioritariamente por restos orgânicos em decomposição e por material totalmente decomposto. A serrapilheira é importante por atuar na superfície do solo como um sistema de entrada e saída, recebendo entradas via vegetação e, uma vez, decomposta supre o solo e as raízes com nutrientes e matéria orgânica, desempenhando um papel essencial na restauração da fertilidade do solo (ALVES, 2012).

Quando acumulada sobre o solo a serrapilheira contribui para interceptar as gotas de chuva e minimizar os efeitos erosivos. Ela atua como um compartimento de

armazenamento de água, que mesmo com pouca capacidade em termos quantitativos, funciona como um isolante térmico, contribuindo para a redução da evaporação e mantém o microclima estável na superfície do solo (FIGUEIRÓ, 2005). Além disso, a serrapilheira desempenha papel importante no crescimento das plantas, influenciando os atributos químicos, físicos e biológicos do solo.

3.3.1. Catingueira (*Caesalpinia pyramidalis* Tul.)

A catingueira (*Caesalpinia pyramidalis* Tul.) é uma leguminosa arbórea de porte médio com 4 a 10 metros de altura, não possui espinhos, endêmica do semiárido e de ampla dispersão. É encontrada no bioma Caatinga presentes nos estados do Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe e Bahia (MAIA, 2004).

De acordo com Nishizawa et. al. (2005) a catingueira (*Caesalpinia pyramidalis* Tul.) é uma das espécies da Caatinga mais explorada como fonte de lenha, carvão e estacas. Além disso, as folhas, flores e casca são usadas também para fins medicinais no tratamento das infecções catarrais, nas diarreias e disenterias (FRANCELINO et. al., 2003; FIGUEIRÔA et. al., 2005; SANTOS et. al., 2008).

É considerada como uma espécie colonizadora de áreas antropizadas sendo muito importante em termos de restauração de áreas degradadas, já que é uma planta pioneira e pode ocupar nichos mais inóspitos para as demais plantas, proporcionando melhorias nas condições do solo que permitirão a continuidade da sucessão no bioma (SANTANA, 2011; FIGUEIREDO, 2010; MAIA, 2004).

Segundo Souza Neto (2009) a catingueira (*Caesalpinia pyramidalis* Tul.) possui folhas bipinadas, com 5-11 folíolos alternos ou opostos, levemente ondulados, com tamanho variando de 1-3 cm nas folhas de ramos jovens, apresentando coloração rosada e adultos, verde, que apresentam um cheiro desagradável, próprio da árvore. Já as flores são amarelas, dispostas em racimos curtos, cujo fruto torna-se uma vagem achatada, pontada, de 8-11 cm de comprimento e 2 cm de largura, de cor castanho claro, que contém 5-7 sementes, as

quais, através da deiscência violenta da vagem, são sacudidas a longas distâncias (MAIA, 2004).

3.3.2. Marmeleiro (*Croton blanchetianus* Baill.)

O Marmeleiro (*Croton blanchetianus* Baill.) é uma planta originária do Brasil, que cresce de forma espontânea e silvestre estando presente em todo SAB.

Sua característica mais marcante é capacidade de se reproduzir com facilidade em ambientes degradados, sendo considerada como a pioneira encontrada com abundância em ambientes antropizados, como arbusto colonizador das caatingas em estágio sucessionais, indicada para restauração florestal na restauração de solos e proteção contra erosão (CARVALHO et. al., 2001; MAIA, 2004; ALVES et. al., 2014).

Possui porte variável com até 6,0 m de altura, apresentando-se como arbusto ou árvore, e formando grandes conjuntos homogêneos na caatinga. Possui folhas simples, ramoso com aspecto esponjoso pilosas, elítico-ovais, com aroma que lembra o óleo de pinho, providas de estípulas grandes, especialmente nos ramos jovens (ALVES et. al., 2014).

Tem importância econômica muito representativa, sendo utilizado para extração de madeira para produção de lenha, na construção de cercas, casas de taipa e preparação de gaiolas para pesca da lagosta (MATOS, 1997; MAIA, 2004; LORENZI e MATOS, 2002). As flores são pequenas, esbranquiçadas, em espigas terminais, cujo fruto é uma cápsula de deiscência explosiva, com sementes oleaginosas e brilhantes (ALVES et. al., 2014).

De acordo com Maia-Silva et. al. (2012) o Marmeleiro (*Croton blanchetianus* Baill.) é muito importante para os criadores de abelhas do Nordeste, sendo considerada uma das principais fontes de néctar da caatinga, que é responsável pela produção de um mel com sabor muito apreciado e com alto valor comercial.

Na medicina popular é utilizado via oral, para inchaço (FRANCO e BARROS, 2006), hemorragia uterina, hemoptise, dor de estômago, vômitos e diarreia (MATOS, 1999). Também, de acordo com CARVALHO et. al. (2001), pode ser utilizado como forragem em que suas folhas fenadas servem como alimento para bovinos, caprinos e ovinos.

3.4 Restauração de Áreas Degradadas (RAD)

O conceito nacional e internacional de RAD se agrega em muitos casos com o conceito de restauração de áreas degradadas. A restauração é definida de acordo com o Art. 2º, Inciso XIV, da Lei nº. 9.985/2000 (BRASIL, 2000), como sendo a restituição de um ecossistema ou de uma população silvestre degradada o mais próximo possível da sua condição original.

Ao levar em consideração solos degradados do Nordeste brasileiro e mais especificamente os do bioma Caatinga, temos que a utilização dos recursos naturais ainda se fundamenta em princípios puramente extrativistas, sem a perspectiva de um manejo sustentável, observando-se perdas irrecuperáveis na diversidade florística e faunística, como consequência da simplificação da rede alimentar, redução da resiliência e da estabilidade do ambiente diante dos fatores do meio (PEREIRA, 2013).

No município de Picuí, localizado no Seridó Oriental Paraibano, onde as atividade agrícola e mineradora são, de fato, as mais depredatórias do ambiente local, o processo de exploração por garimpagem tem sido uma atividade desenvolvida por décadas, rudimentarmente como uma atividade informal, sem a utilização de técnicas adequadas que levem em consideração o manejo correto de produtos químicos, a preservação e restauração das áreas utilizadas.

Soma-se ao uso indevido das terras, a exploração crescente da vegetação pela indústria ceramista e pelo plantio de várias monoculturas. Esse tipo de indústria evoluiu ao longo das últimas duas décadas e se utiliza da extração ilegal de madeira da Caatinga, e da retirada de argila do fundo dos açudes para favorecer

a criação de empregos informais, que contribuiu significativamente para o aumento do processo de desertificação do solo local.

Já a degradação por cultivo agrícola ocorreu através da monocultura, principalmente de algodão, milho, feijão e sisal, nas décadas de 1970, 1980 e 1990, na forma de substância. Evidentemente, que a degradação continua pela exploração do corte de lenha e da queima, associada a diminuição das propriedades, contribuiu em escala paritaria, pressionando ainda mais a porção da vegetação restante, proporcionando a utilização da cobertura vegetal para fins de uso econômico.

Tais eventos causaram problemas para a população desses municípios que sofrem paulatinamente com o aumento das áreas susceptíveis à desertificação. Uma vez detectado esse problema e certificado o estágio atual que se encontram tais áreas, há a necessidade de mitigar esses impactos e propor formas para recuperar as áreas já degradadas.

3.5 A Decomposição da Serrapilheira e Sua Utilização na Restauração de Áreas Degradadas

A utilização da produção de serrapilheira associada a estudos para restauração de áreas degradadas tem tido bastante ênfase na conservação e manutenção natural de diversos ecossistemas florestais, abordando a obtenção do aporte necessário para o manejo, especialmente quando este está relacionado ao processo de detecção e correção de distúrbios no solo devido à degradação natural e antrópica (CUNHA, 1997; KÖNIG et al., 2002; ARATO et al., 2003; NAVARRO HEVIA et al., 2005; DESCHEEMAEKER et al., 2006; CORRÊA et al., 2006; PEZZATTO e WISNIEWSKI, 2006; SANTANA e SOUTO, 2006; COSTA et al., 2007; PANDEY et al., 2007; PLEGUEZUELO et al., 2009; SOUTO et al., 2009; COSTA et al., 2010).

De acordo com Souto (2006) na área onde predomina o Bioma Caatinga a produção de serrapilheira tem se mostrado pequena quando comparada àquela observada em florestas tropicais no Brasil. Essa diferença entre os Biomas pode ser

explicada pelo regime pluviométrico da Caatinga, que se concentra em poucos meses do ano, e pela baixa capacidade de armazenamento de água no solo, devido a predominância de solos rasos. Entretanto, há de se considerar que outros fatores também influenciam na decomposição da serrapilheira na Caatinga, como por exemplo, a latitude, altitude, temperatura do ar, precipitação, estágio sucessional, herbivoria e estoque de nutrientes do solo (ARAÚJO, 2012).

Alves (2012) reforça a perspectiva de que a quantidade de composto orgânico da serrapilheira varia de acordo com o grau de estrutura da floresta. Na fase de restauração de uma floresta, definida como fase sucessional, a formação vegetal interfere diretamente na produção de serrapilheira, de tal modo que florestas secundárias se caracterizam por apresentar menor produção do que florestas em início de regeneração, já que estas últimas apresentam dominância de espécies pioneiras (LEITÃO FILHO, 1993).

De acordo com Santana (2005) estudo sobre a produção de serrapilheira possibilita estimar o índice de produtividade do ecossistema, fornecer subsídios sobre o material vegetal em decomposição, quantificar o teor de nutrientes que retornam ao solo e revelar importantes informações sobre o ciclo fenológico das plantas.

Sob essa perspectiva, diversas ações têm sido realizadas com o objetivo de conter o processo da degradação no SAB (HOFFMANN *et al.*, 2006; SOUTO, 2006; ANDRADE *et al.*, 2008; PEREIRA *et al.*, 2008; PEREIRA, 2010; ALVES, 2012; HOOKE e SANDERCOCK, 2012; PEREIRA, 2013; SALGADO, 2014). Essas iniciativas tiveram suas propostas viabilizadas no estudo da decomposição da serrapilheira, tendo em vista a recomposição da cobertura vegetal e criação de espaços que possam promover um ambiente favorável a restauração natural ou restauração impulsionada dos solos.

3.6 Macrofauna Edáfica

Segundo Turco *et al.*, (1994) as propriedades biológicas de uma determinada

localidade ou região podem ser consideradas como indicadores sensíveis de alterações ambientais decorrentes do uso agrícola e pecuário. Esses indicadores podem ser utilizados no monitoramento e são ferramentas que orientam o planejamento e a avaliação das práticas de manejo utilizadas.

Assim, a fauna edáfica se constitui em um fator primordial para a avaliação dos organismos do solo. Essa fauna pode ser classificada quanto ao tamanho dos seus componentes. A macrofauna é composta por organismos com tamanho maior que 2 milímetros, como invertebrados artrópodes (formigas, aranhas, cupins, besouros), anelídeos (vermes), moluscos (caracóis e lesmas); a mesofauna, compreende animais de tamanho entre 0,1 e 2 milímetros, como artrópodes (ácaros e colêmbolas) e anelídeos (vermes enquitreídeos). Já a microfauna é composta por organismos menores que 0,1 milímetros, como nematoides, rotíferos, protozoários, bactérias e fungos (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

O conhecimento da comunidade da fauna edáfica pode contribuir para a avaliação do grau de sustentabilidade de uma prática, seja de restauração de uma área degradada ou até mesmo no caso de um sistema natural interferido (LINDEN et al., 1994). A macrofauna edáfica é fortemente influenciada pela ação antrópica, especialmente pela agricultura e pecuária intensiva, e pode modificar consideravelmente a abundância e a diversidade da comunidade, principalmente pela perturbação do ambiente físico e pela modificação da quantidade e qualidade da matéria orgânica presente no solo (LAVELLE *et al.*, 1993).

A macrofauna difere dos outros grupos por ser facilmente visível sem recurso ótico. Isso torna esse grupo um bioindicador promissor (AQUINO, 2004). A maior concentração de organismos pertencentes à macrofauna encontra-se na camada superficial de 0-10 cm de profundidade, que é a camada mais afetada pelas práticas de manejo, como preparo do solo, adubação e deposição de resíduos orgânicos (BARETTA *et al.*, 2006).

A macrofauna edáfica é constituída por uma complexidade de organismos que diferem no tamanho, metabolismo, atividades e mobilidade (PASINI & BENITO,

2004). Esses organismos possuem diâmetro variando de 2 a 20 mm, além de apresentar as características de construir ninhos, cavidades, galerias e transportar materiais no solo (AQUINO, 2004; SILVA *et al.*, 2006).

3.7. Qualidade Físico-Química de um Solo

De acordo com Carvalho *et al.*, (2004) há uma crescente preocupação com a qualidade do solo, pois o seu uso e a movimentação intensiva podem diminuir a capacidade produtiva e a manutenção da população biológica sustentável.

Um solo saudável possui a capacidade para exercer suas funções na natureza de modo estável (DORAN, 1997), atuando em funções que proporcionam o crescimento das plantas; regula e compartimenta o fluxo de água no ambiente; estoca e promove a ciclagem de elementos na biosfera e serve como tampão ambiental na formação, na atenuação e na degradação de compostos prejudiciais ao ambiente (KARLEN *et al.*, 1997; LARSON; PIERCE, 1994).

A qualidade do solo pode ser mensurada pela avaliação de seus atributos físicos, químicos e biológicos (SANTANA e BAHIA FILHO, 1998; LISBOA, 2009; MIELNICZUK, 1999; REEVES, 1997). Recomendam-se, portanto, para a determinação da qualidade de um solo a utilização de atributos ou indicadores que podem sofrer mudanças em curto e médio prazos.

As propriedades físicas atuam como agentes cimentantes na agregação do solo, de modo a influenciar diretamente na retenção de água, no arejamento, na penetração das raízes e na resistência à erosão (ARAÚJO, SANTOS, e MONTEIRO, 2008; CRASWELL e LEFROY, 2001; JIAO, WHALEN, e HENDERSHOT, 2006; SCHOLLES *et al.*, 1994). Já as propriedades químicas favorecem as trocas energéticas absorvendo cargas negativas e retendo cátions no solo. Atuam na complexa formação dos elementos químicos e dos micronutrientes, além de ser fonte de carbono e energia aos microrganismos heterotróficos (WOLF e SNYDER, 2003).

Baretta (2007) evidencia que o Carbono Orgânico Total (COT); pH, teores de P, K, Ca, Mg, H+Al, o Carbono da Biomassa Microbiana (CBM), a emissão de CO₂ pela respiração do solo, a umidade do solo, o quociente metabólico (qCO₂), a mesofauna e a macrofauna são atributos do solo com potencial para serem utilizados como indicadores de sua qualidade, além de servir para avaliar a biodiversidade, atividade biológica e a sustentabilidade dos sistemas.

Conforme Power et al., (1998) um indicador adequado de qualidade do solo deve compreender três das várias características do solo: estrutura física, qualidade nutricional, quantidade de matéria orgânica, composição física e química, atividade microbiana e integração biológica da atividade dos organismos.

3.8 Respiração do Solo

A respiração do solo, ou o efluxo de CO₂, é uma ação proveniente dos processos biológicos, como a decomposição de resíduos orgânicos e a respiração de organismos e do sistema radicular das plantas, sendo, portanto importante sua determinação para o balanço de CO₂ na atmosfera (DAVIDSON; SAVAGE e VERCHOT et al., 2002). Entretanto, o efluxo de CO₂ não está apenas relacionado aos fatores mencionados acima, mas correlaciona-se também com demais somatórios dos fatores ambientais, como temperatura do ar e umidade do ar e com uso e o manejo do solo.

De acordo com Ribeiro (2014) as mudanças na cobertura vegetal afetam diretamente a atividade da microbiota do solo, conseqüentemente a produção de CO₂, cujas características são mais sensíveis às alterações na qualidade do solo, são causadas por mudanças de uso e práticas de manejo do solo. Dessa forma, as avaliações dessas relações, e mais especificamente do efluxo de CO₂ têm sido propostas como um bioindicadores do estado e das alterações da quantidade de matéria orgânica no solo, e sugerida como uma medida sensível do aumento ou decréscimo de sua quantidade (TÓTOLA e CHAER, 2002, ROSCOE et al., 2006).

Segundo Lundegårdh (1927) apud D'Andréa (2009) e Kimball e Lemon, 1971)

quase todo o CO₂ produzido no solo é conduzido à superfície e daí liberado por difusão para atmosfera. Na atmosfera a concentração de CO₂ é significativamente menor quando comparada com a encontrada nos poros do solo, isso ocorre por causa da presença de raízes e organismos, o que origina um fluxo ascendente do gás das camadas mais profundas até a superfície do solo (BALL e SMITH, 1991).

Em ecossistemas de vegetação natural e preservada há uma tendência para o aumento do efluxo de CO₂. Em contrapartida, ambientes de intenso uso agrícola, quase sempre, desencadeiam processos que levam à decomposição acelerada dos compostos orgânicos, resultando em perdas de carbono do solo, principalmente na forma de CO₂ para a atmosfera (SCHARPENSEEL, 1997).

Para estabelecer padrões e identificar semelhanças e diferenças na emissão de CO₂, em áreas de Caatinga, são necessários novos estudos para compreender melhor a respiração do solo, bem como outros parâmetros que possam apresentar correlações de modo a verificar quais interações físicas, químicas e biológicas ocorrem entre o solo, a vegetação e a atmosfera, bem como suas consequências na influência do ecossistema e do clima, e na vida daqueles que sobrevivem do solo.

4. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

4.1. Caracterização da Área de Estudo

O município de Picuí fica localizado na Mesorregião geográfica da Borborema e Microrregião do Seridó Oriental paraibano ($6^{\circ} 33' 19''$ S e $36^{\circ} 20' 56''$ W), a uma altitude de 440 m acima do nível médio do mar (Figura 02).



Figura 02 – Localização das áreas de estudo.

Limita-se ao norte com o estado do Rio Grande do Norte, ao sul com os municípios de Nova Palmeira, Pedra Lavrada e Baraúna; a leste com os municípios de Cuité e Nova Floresta; e a oeste, com o município de Frei Martinho e, novamente com o estado do Rio Grande do Norte.

De acordo com o IBGE (2017) a população estimada de Picuí é de 18.737 habitantes e sua área territorial é de 661,657 km². O município está incluído na área geográfica de abrangência do semiárido brasileiro, definida pelo Ministério da Integração Nacional em 2005, delimitação que teve como critérios o índice pluviométrico, o índice de aridez e o risco de seca (PAN-BRASIL, 2005).

Segundo a EMBRAPA (2013) os solos do município de Picuí são classificados como Neossolos Litólicos Eutróficos e Neossolos Regolíticos Eutróficos (Figura 03).

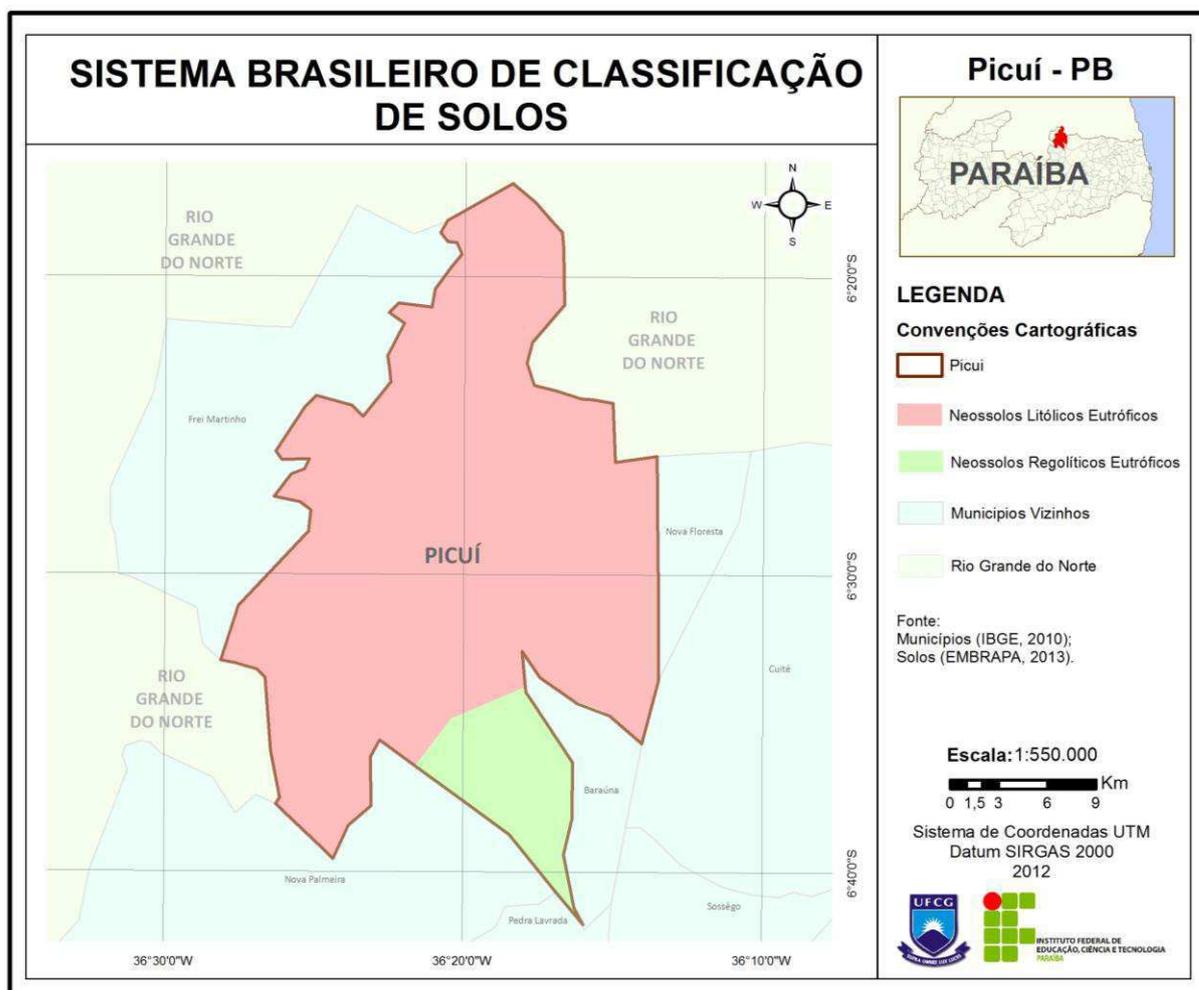


Figura 03 – Classificação dos solos do município de Picuí - PB.

Segundo o IBGE (2013) a economia do município de Picuí é diversificada, sendo o setor terciário responsável pela maior parte da contribuição do seu PIB, onde predomina a administração e serviços públicos com 53,80%, serviços com 29,07% e impostos com 5,91%, seguidos do setor secundário, onde a indústria com 7,00% predomina, e por fim, o setor terciário, com a agropecuária, que é responsável por apenas 4,22% do total da economia do município.

Também há de se considerar a atividade primária do setor mineral, que é desenvolvida concomitantemente com a agricultura. Historicamente essa atividade é realizada por garimpagem informal, de forma precária e predatória, sem a utilização

de técnicas adequadas que levem em consideração o manejo correto de produtos químicos, a preservação e a restauração das áreas utilizadas. Mas, essa realidade tem mudado. Em 2013 foi institucionalizada a Cooperativa de Mineradores de Picuí, essa associação agregou os garimpeiros e vem possibilitando a regularização da profissão, bem como beneficiar os minerais explorados.

Segundo a classificação climática de Köppen (KÖPPEN e GEIGER, 1928) no município de Picuí predomina o clima tipo **Bsh**: semiárido quente, seco com temperatura média anual por volta dos 23,5°. Abrange uma das partes mais seca do estado da Paraíba, com precipitação pluviométrica média anual de 339 mm (SILVA, 2002). Os meses de janeiro a maio são os mais chuvosos e outubro e novembro os mais secos (SANTOS et al., 2014).

O município Picuí atingiu o auge de sua produção agrícola nas décadas de 1960 e 1970 através das plantações de sisal e algodão, entretanto, o solo perdeu a sua capacidade de produção, tornando-se improdutivo, e essas áreas foram abandonadas. Algumas foram completamente desmatadas para venda da lenha, e outras foram reservadas para produção pequenos cultivos e pasto. Algumas dessas não conseguiram se recupera de forma alguma e permanecem degradadas e inertes, já outras estão passando por um processo de sucessão ecológica.

4.2. Análise Temporal da Degradação Ambiental do Município de Picuí

Para caracterização ambiental através da análise temporal de Picuí foram adquiridas imagens do SRTM para caracterização morfométrica do relevo, imagens do satélite Landsat 7 representativas para as décadas de 1990 e 2000 dos sensores Enhanced Thematic Mapper (ETM), e do satélite CBERS 2B do sensor CCD (Câmera Imageadora de Alta Resolução) representando a década de 2010, todas correspondentes ao períodos pós-chuvosos, referenciadas ao Datum World Geodetic System 1984 (WGS-84), de órbita 215 e ponto 65 e com resolução espacial de 30 metros (Landsat 7) e 20 metros (CBERS) sem cobertura de nuvens.

As imagens dos satélite Landsat auxiliaram na confecção de mosaicos (junção de duas ou mais imagens para compor uma única imagem combinada) dos anos 1990, 2000, e 2010, para verificar e identificar as como ocorreu o processo de degradação das áreas no município de Picuí – PB, e conseqüentemente como ocorreu a perda de biomassa viva ao longo deste período.

A imagem do satélite Landsat 7 é composta de sete bandas (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7), e a imagem do satélite CBERS 2B é composta por quatro bandas (1, 2, 3 e 4), representadas em tons de cinza. A junção de três bandas forma uma imagem ou composição colorida, que é baseada na adição de cores primárias R (Red-vermelho), G (Green-verde), B (Blue-azul) as bandas 4,3 e 2. Após o estabelecimento das imagens coloridas, as mesmas passaram por várias combinações de contrastes, de tal modo que as imagens foram maximizadas para obtenção de imagens nítidas onde os alvos vegetação, solo exposto e corpos aquáticos fossem facilmente identificados.

Após o estabelecimento das imagens coloridas, as mesmas passaram por várias combinações de contrastes, de tal modo que elas foram maximizadas para obtenção de imagens nítidas, nas quais os alvos vegetação, solo exposto e corpos hídricos fossem facilmente identificados.

Em seguida elas passaram pela fase de georreferenciamento, que é um procedimento que elimina distorções existentes, acarretadas pelo movimento dos satélites, causadas no processo de formação da imagem. Todas imagens foram georeferenciadas no Sistema de Coordenadas UTM (Universal Transversa de Mercator), e referenciadas ao DATUM Sirgas 2000. Posteriormente, foram realizados recortes individuais em cada uma das imagens, a fim delimitar a área do Município de Picuí, e gerar as Cartas Imagens para as décadas estudadas.

Para verificação dos níveis de degradação para as três décadas, foram realizadas classificações digitais supervisionadas, utilizando o método da Máxima Verossimilhança (MaxVer), para a definição das áreas das classes de degradação.

Para análise da biomassa viva de uma determinada região, são utilizados os índices:

1. Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), que foi proposto por Rouse et al. (1973), que é calculado pela diferença de reflectância identificada nas imagens de satélite nas bandas que apresentam a faixa do infravermelho próximo (*NIR*) a do vermelho na faixa do visível (*VIS*) dividida pela soma das faixas *NIR* e *VIS*, conforme apresentado na Equação 1:

$$NDVI = (NIR - VIS) / (NIR + VIS) \quad \text{Eq. (1)}$$

2. O Índice de Vegetação Ajustado por Solo (SAVI) proposto por Huete (1988), introduzindo um fator no NDVI para incorporar o efeito da presença do solo, mantendo-se o valor do NDVI dentro de -1 a +1. Esse índice é calculado de acordo com a Equação 2:

$$SAVI = (NIR - VIS) \times (1 + L) / (NIR + VIS + L) \quad \text{Eq. (2)}$$

, onde L é uma constante, cujo valor mais frequentemente usado é 0,5 (Accioly et al., 2002; Boegh et al., 2002; Silva et al., 2005);

3. O Índice de Área Foliar (IAF) é uma variável biofísica definida como o total de área foliar por área de superfície do terreno (WATSON, 1947), este índice é o indicador de biomassa viva, sendo calculado pela equação empírica proposta por Allen et al. (2002), conforme mostrada na Equação 3.

$$IAF = \text{Ln} ((0.69 - SAVI) / 0.59) / 0.91 \quad \text{Eq. (3)}$$

, onde Ln é o Logarítmo Neperiano.

4.3. Escolha das Áreas para Montagem do Experimento

Foram realizadas visitas exploratórias nas zonas rurais dos municípios de Picuí com a intenção de identificar três áreas propícias para a instalação do experimento de campo desta pesquisa. Uma área em melhor estágio de conservação (ÁREA I), uma área degradada em processo de restauração espontânea (ÁREA II), e

uma área degradada que não sofreu nenhuma intervenção (ÁREA III) (Figura 04).



Figura 04 – Área de localização dos experimentos.

A área de Caatinga em melhor estágio de conservação fica localizada entre os retângulo envolvente de coordenadas (36°3'2,75" W e 6°47'31,84" S) na zona rural de Picuí, na Fazenda Izidro (Figura 5).

- **Área I** – Área pertencente à Fazenda Caraubeiras, sua vegetação encontra-se em estágio preservado, e seus solos tem sido utilizados em sistema agrossilvipastoris, dividindo a produção de gramíneas e capim coma criação de ovelhas. A vegetação apresenta um estado de conservação onde pode ser vista bromeliáceas, cactáceas, plantas arbustivas e de grande porte. Essa área é constituída por uma comunidade complexa e de alta diversidade florística (Figura 05).



(a)

(b)

Figura 05 – Área Preservada: (a) período chuvoso e (b) período seco.

A área degradada que está passando por um processo de restauração espontânea, AREA II, está localizada no município de Picuí, na Fazenda Izidro ($36^{\circ}25'11,31''$ W e $6^{\circ}36'22,07''$ S), podendo ser caracterizada da seguinte forma:

- **Área II** – Área pertencente à Fazenda Izidro, seu solo foi utilizado para o plantio de sequeiro (feijão e milho) e está se restaurando há mais de 30 anos. Apresenta solos com uma boa quantidade de serrapilheira. Sua vegetação encontra-se em fase sucessional avançada, apresentando boa diversidade de espécies (Figura 06).



(a)

(b)

Figura 06 – Área Restaurada: (a) período chuvoso e (b) período seco.

Já a área degradada (AREA III), também está localizada no município de Picuí, na Fazenda Agroecológica Gavião (36°25'25,27" W e 6°36'8,25" S), não sofreu nenhuma intervenção, ficando apenas sobre pousio por cerca de mais de dois anos. Esta área pode ser detalhada da seguinte forma:

- **Área III** – Área localizada bem próxima à Área II, apresenta elevado grau de degradação devido a atividade do plantio de milho, feijão, sisal e algodão. O solo é arenoso, com baixa capacidade de agregação devido à baixa variedade de espécies vegetais, apresentando gramínea pouco desenvolvida e as Malvas, conhecidas por Mela-Bode (*Malvaceae Herissantia tiubae* (K.Schum.) Brizicky) e Ervaço (*Malvaceae Sida galheirensis* Ulbr.) (Figura 07).



(a)

(b)

Figura 07 – Área Degradada: (a) período chuvoso e (b) período seco.

As três áreas selecionadas, foram delimitadas por um retângulo envolvente contendo 12x6 metros, e cercadas por tela de nylon, para evitar a entrada de animais. Dentro dessa área foram criadas três parcelas de 2x4 metros, cada um contendo duas parcelas experimentais de 2x2 metros (Figura 08).

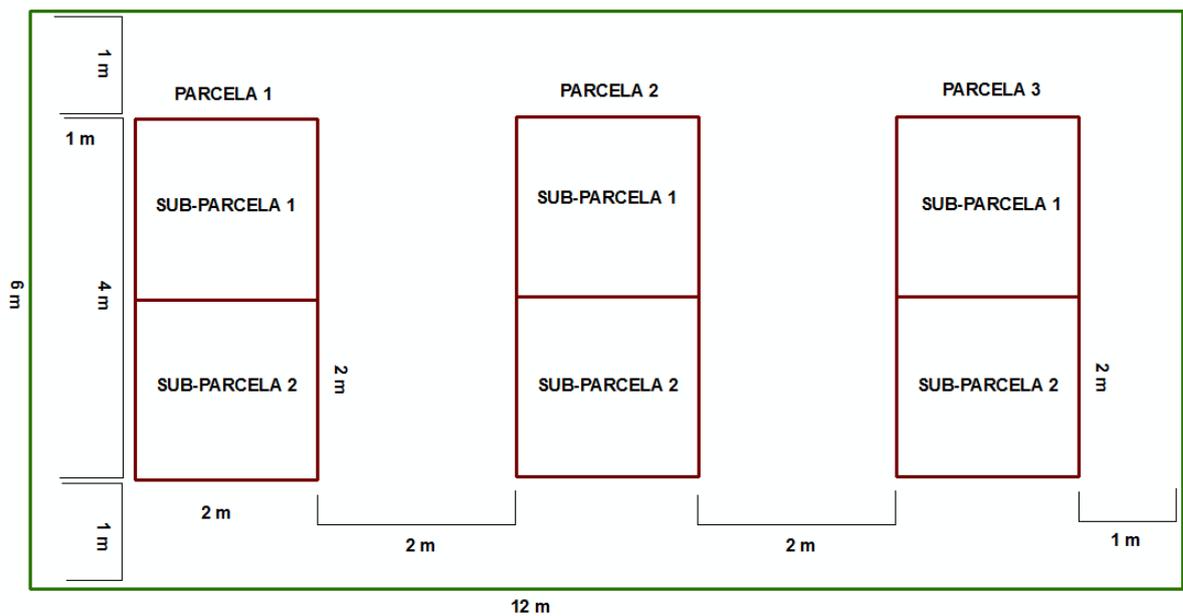


Figura 08 – Parcelas experimentais.

As parcelas de 2x2 metros, previamente estabelecidas, foram subdivididas ainda

em quatro de 1x1 metro, onde foram realizadas as coletas respeitando sempre o sentido horário, a partir do quadrante mais ao noroeste, a cada 90 dias (Figura 09).

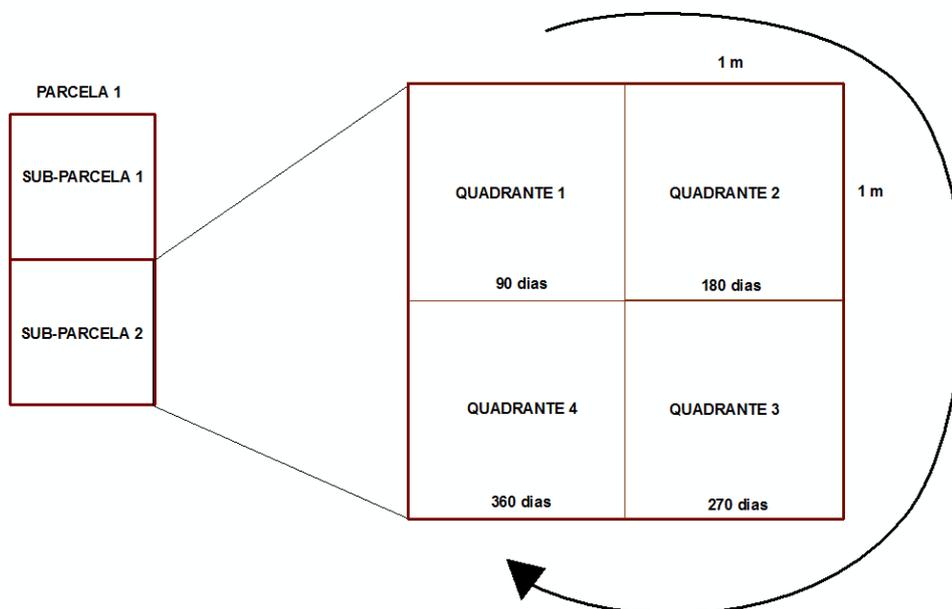


Figura 09 – Quadrantes para coleta do solo.

O experimento foi montado na primeira semana do mês de fevereiro de 2016, e a avaliação foi realizada no período de 90 (03/05/2016), 180 (09/08/2016), 270 (08/11/2016) e 360 (08/02/2017) dias.

Durante esse período os dados de precipitação foram medidos mensalmente pelos moradores da Fazenda Gavião, em pluviômetro já instalado na área a mais de cinco anos. Esses dados foram todos computados e analisados mês a mês, e em valores acumulados dos últimos três meses anteriores as datas de coleta definidas acima, e comparados com as médias históricas de dados de precipitação.

4.4 Análises da Serrapilheira

4.4.1. Escolha das Espécies Vegetais para Formação da Serrapilheira

Foram realizadas pesquisas, in loco, nas quatro áreas experimentais para definir as principais espécies vegetais e arbóreas que predominam na região, bem como àquelas espécies que aparecem com mais frequência em áreas degradadas, e que estão espontaneamente se recuperando. Foi verificado a presença de três principais

espécies vegetais nativas: a Jurema-preta (*Mimosa hostilis Benth.*), a Caatingueira (*Caesalpinia pyramidalis Tul.*) e o Marmeleiro (*Croton blanchetianus*).

Essas três espécies são consideradas como indicadoras biológicas de áreas que estão se recuperando e são importantíssimas no processo de decomposição de matéria orgânica no solo. Entretanto, para efeitos desta pesquisa optou-se por utilizar a espécie Caatingueira (*Caesalpinia pyramidalis Tul.*) e Marmeleiro (*Croton blanchetianus*) na análise da decomposição da serrapilheira. Estas espécies foram selecionadas, devido à sua dominância entre as plantas arbóreo-arbustivas em regiões do SAB (SANTANA e SOUTO, 2006; BARBOSA et al, 2007; COSTA et al, 2009; ARAÚJO, 2012; SOUTO et al, 2013; SOUZA , ARTIGAS e LIMA, 2015; SANTOS et al, 2016; NÓBREGA NETO, 2016).

Por questões metodológicas a espécie a Jurema-preta (*Mimosa hostilis Benth.*) não foi utilizada na análise de decomposição, pois possuem folhas compostas (folíolos) e, portanto, existia a grande possibilidade de perdas de material através da abertura da malha dos *litterbags*, ou seja, sacos de tela para avaliar a serrapilheira em decomposição (AQUINO e CORREIA, 2005).

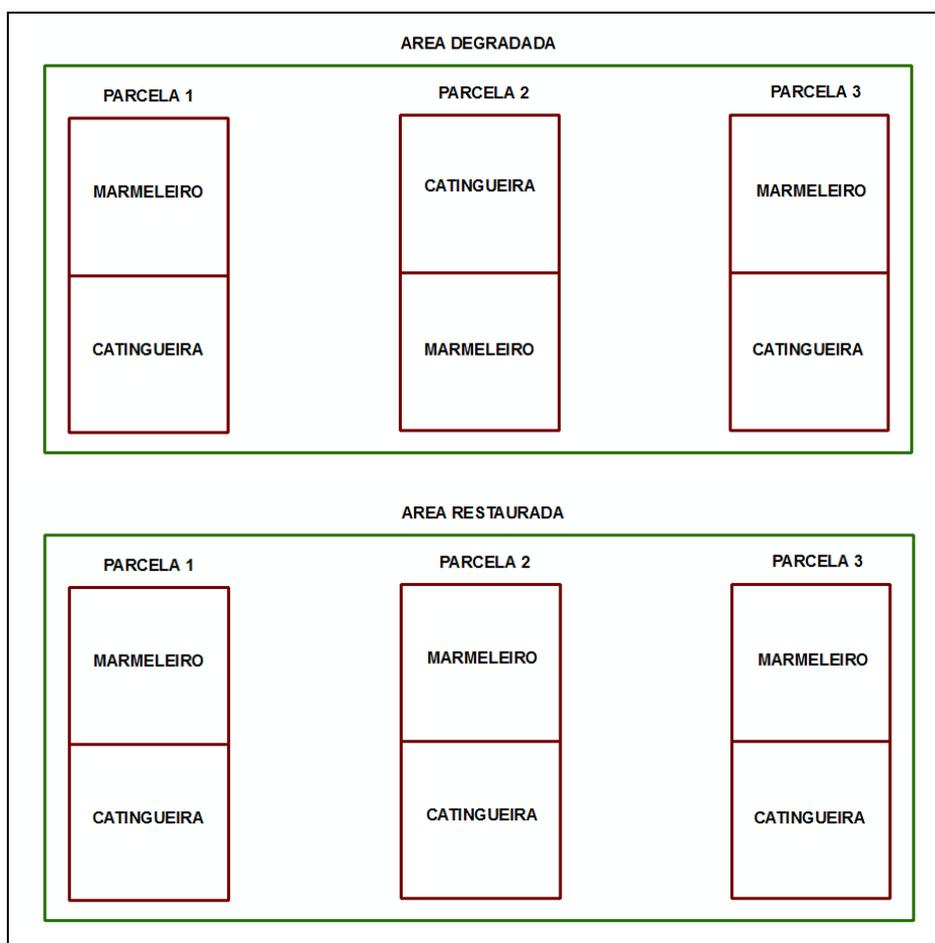
4.4.2. Formação da Serrapilheira

Para a formação da serrapilheira foram coletados cerca de 42 kg de folhas verdes de Caatingueira e Marmeleiro, na ÁREA I, haja vista que essa vegetação é mais abundante. As folhas foram separadas por espécie, lavadas e deixadas *in natura* para secar naturalmente, e posteriormente foram postas para secar em uma estufa a 65°C por um período de aproximadamente 72 horas.

Em seguida esse material foi pesado e colocado dentro de *litterbags*. Os *litterbags* foram confeccionados em náilon, com dimensões de 20x20 cm e malha de 1,0 mm e alguns espaços de 2 mm para permitir a entrada da macrofauna. Em seguida, foram colados e grampeados para não permitir que as partes se separassem, prevenindo possíveis danos.

Foram confeccionados 18 *litterbags* para cada área experimental, totalizando, portanto, 54 *litterbags*. Em cada *litterbag* foi colocado aproximadamente 15,0 gramas de folhas de cada espécie, que foram individualmente identificados, por etiquetas e fitas de diferentes espessuras, separados por área, parcela e subparcela. Em seguida, os *litterbags* foram transportados para as áreas de estudo, onde cada subparcela recebeu um *litterbag* que foi colocado sob o solo, e preso com hastes de ferro para evitar o deslocamento e ou extravio por animais.

Para a disposição dos *litterbags* no solo foi feito um sorteio para casualizar qual parcela receberia a espécie vegetal a ser decomposta, Marmeleiro ou Catingueira, nas três área (Figura 10).



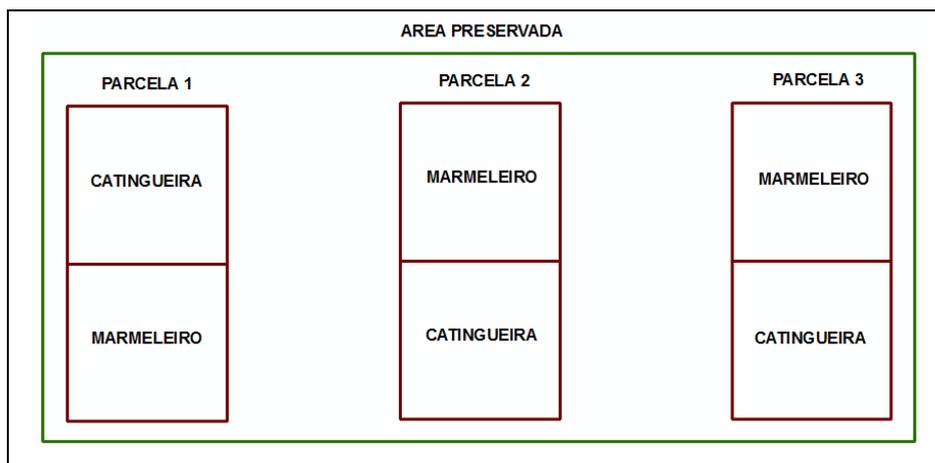


Figura 10 – Disposição dos litterbags de acordo com a espécie estudada nas áreas experimentais.

4.4.3. Decomposição da Serrapilheira

Trimestralmente, para os intervalos de exposição de 90, 180, 270 e 360 dias dos *litterbags* de serrapilheira, incluindo os períodos chuvoso e seco (de dezembro de 2015 a dezembro de 2016), foram retirados um *litterbag* de cada quadrante, conforme especificação da Figura 5, com a serrapilheira de cada espécie vegetal (Figura 6), totalizando 2 *litterbags* por parcela. Os *litterbags* foram cuidadosamente retirados do solo e acondicionadas em sacos plásticos fechados, visando minimizar a perda de umidade e de material. Em seguida, foram colocadas em caixa de isopor, protegidas do sol e do calor e transportadas para o laboratório.

Os *litterbags* foram pesados e os valores computados, e para estimar a taxa de decomposição individual das espécies foi utilizada a Equação 04, de Olson (1963):

$$k = \text{Ln}[1 - (dM_s / MS_o)] \quad \text{Eq. (4)}$$

Em que:

- k é taxa de decomposição;
- Ln é o Logaritmo Neperiano;
- MS_o é a massa seca inicial;

- dM_s é a perda de massa seca no período considerado, obtida a partir da diferença entre a massa da bolsa no período inicial (MS_o) e no período de coleta (MS_n), ou seja, $dM_s = MS_o - MS_n$.

4.4.4. Análise do Tecido Vegetal da Serrapilheira

A análise do tecido vegetal proveniente da serrapilheira que restou indica a quantidade de carbono (C), nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) que foram depositadas no solo. Para tanto, após a análise da decomposição as amostras foram todas enviada para o Laboratório de Solos do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba, na cidade de Areia – PB, para serem realizadas as análises de tecido vegetal.

A quantidade de carbono (C) oxidável, o nitrogênio (N) total, a quantidade de fósforo (P) e a quantidade de potássio (K) foram todos calculados conforme metodologia adotada por Tedesco et all (1995).

4.5. Análise do Solo

4.5.1. Análises Físicas e Químicas (Fertilidade)

Em cada quadrante foram coletadas três amostras de solo correspondentes à profundidade de 0-10 cm para caracterização físicas e químicas (fertilidade) do solo, seguindo metodologia indicada e adaptada por Macedo (2004).

Uma das amostras foi obtida sem deformação com utilização de um cilindro com bordas cortantes de peso conhecido e volume interno de 100 cm³, para o cálculo da umidade e densidade total. Outra amostra coletada com o trado holandês foi utilizada para fazer as análises físicas granulométricas. Mais uma amostra coletada com o trato foi utilizada para fazer as análises químicas (pH, Fósforo (P), Potássio (K⁺), Sódio (Na⁺), Cálcio (Ca⁺²), Magnésio (Mg⁺²), Alumínio (Al⁺³), Soma de Bases Trocáveis (SB), Saturação de Bases (V), Capacidade de Troca de Cátions (CTC), e Matéria Orgânica (MO)).

Essas amostras foram colocadas em sacos plásticos estéreis, identificadas e fechadas para evitar a perda de umidade e de material. Logo após, todas amostras foram colocadas em caixa de isopor, protegidas do sol e do calor, para serem levadas para o laboratório.

A composição granulométrica pelo método da dispersão total, separadas por peneiramento, sendo calculadas as frações de cascalho (peneira 2,00mm), areia muito grossa (peneira 1,00mm), areia grossa (peneira 0,50mm), areia média (peneira 0,25mm) areia fina (peneira 0,53mm) e silte mais argila (fundo da peneira). Para a determinação da umidade do solo foi usado o método termogravimétrico, conforme Embrapa (1997), e a densidade do solo foi determinada pelo método do anel volumétrico. Ambas amostras foram processadas no Laboratório de Biologia do Instituto Federal de Ensino, Ciência e Tecnologia da Paraíba (IFPB) Campus Cabedelo.

As análises químicas (fertilidade) foram realizadas seguindo, os métodos descritos pela Embrapa (1997), e realizadas no laboratório de solos do IFPB, Campus de Sousa.

4.6 Análises da Macrofauna

4.6.1. Macrofauna Decompositora da Serrapilheira

Para o desenvolvimento da caracterização da macrofauna edáfica decompositora de serrapilheira foi adotada metodologia adaptada de Araújo (2012).

No Laboratório de Solos do IFPB Campus Cabedelo as amostras foram conduzidas para a extração das populações constituintes da macrofauna no Berlese-Tullgren modificado. Esse equipamento é composto por tábuas retangulares, contendo 14 módulos com lâmpadas de 40W, dividida em dois compartimentos.

O compartimento superior tem anéis com as amostras e lâmpadas, enquanto o compartimento inferior tem os funis e os frascos de plástico com uma solução de

álcool 70 (álcool etílico hidratado 70º INPM) para o recolhimento dos organismos. O tempo médio definido para exposição à luz e calor foi de 36 horas, cuja temperatura, na parte superior variou gradativamente de 35º á 55ºC. .

Os *litterbags* com a serrapilheira foram introduzidas nos funis, as lâmpadas aqueceram paulatinamente os insetos desceram para a região mais fria, caindo nos frascos receptores, devidamente identificados, contendo a solução.

4.6.2. Macrofauna Decompositora do Solo

Para o desenvolvimento da caracterização da macrofauna do solo foi adotada metodologia adaptada e indicada por Macedo (2004).

A obtenção da macrofauna edáfica do solo obedeceu ao mesmo padrão temporal de coleta dos *litterbags*. Entretanto, foi coletada apenas uma porção de substrato, de 0 – 10 cm de profundidade, em cada quadrante.

Para a coleta do solo foi utilizada a metodologia proposta por Macedo (2004). Nas coletas das amostras foram utilizados anéis de aço, introduzidos no solo com sucessivos golpes de martelo com uma tábua resistente sobreposta na parte superior do anel até que o mesmo seja totalmente preenchido. Posteriormente, para retirada do anel do solo, foi utilizado um martelo pedológico que foi introduzido lateralmente no solo até a retirada por completo da amostra.

As amostras foram cuidadosamente acondicionadas em sacos plásticos, identificados e fechados, visando minimizar as perdas de umidade e de material. Em seguida foram colocadas em caixa de isopor, protegidas do sol e do calor e transportadas para o laboratório.

No Laboratório de Solos do IFPB Campus Cabedelo as amostras foram conduzidas para a extração das populações constituintes da macrofauna no Berlese-Tullgren modificado. No qual, tempo médio definido para exposição à luz e calor foi

de 36 horas, cuja temperatura, na parte superior variou gradativamente de 35° á 55°C.

As amostras de solo foram colocadas nos funis, e quando as lâmpadas aquecerem o solo secou progressivamente de cima para baixo, tornando-se desfavorável à presença dos organismos, que migraram para as camadas mais profundas do solo da amostra e acabaram caindo nos funis, que os direcionarão para os frascos receptores, devidamente identificados, contendo a solução de álcool 70 (álcool etílico hidratado 70^º INPM).

4.6.3. Caracterização da Macrofauna Decompositora

No Laboratório de Biologia do IFPB Campus Cabedelo, cada frasco contendo a macrofauna da serrapilheira e do solo, foram identificados com o auxílio de uma lupa eletrônica, sendo feita a contagem e identificação das espécies presentes em cada amostra. Para avaliar o comportamento ecológico da macrofauna determinada, foi feita uma caracterização da macrofauna encontrada, bem como, foi mensurada o número total de indivíduos (abundância).

4.7 Análises do Efluxo de CO₂

4.7.1 Medições do Efluxo de CO₂ no Solo

Para as medições de CO₂, foi instalado no centro de cada parcela um colar de PVC de 10 cm para facilitar a captação do efluxo de CO₂ que emana do solo (Figura 11).

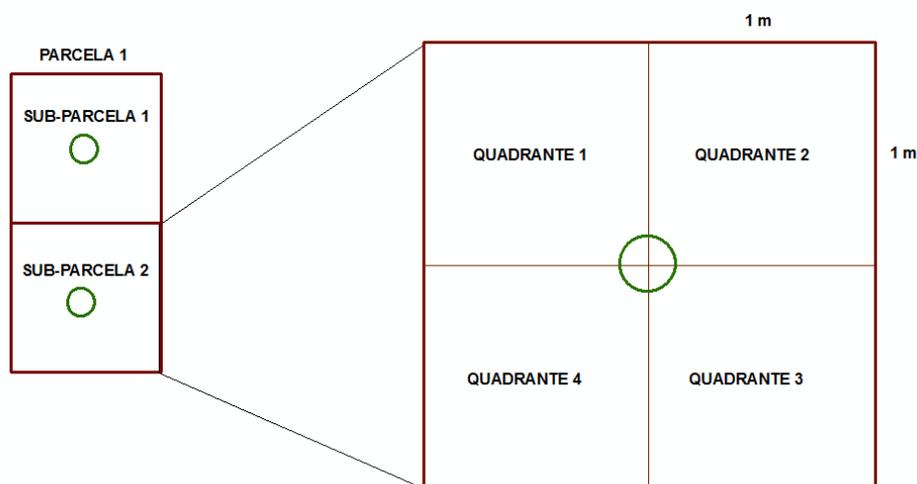


Figura 11 – Posicionamento do colar de PVC para medição do efluxo de CO₂ no solo.

As medições do fluxo de CO₂ do solo foram realizadas utilizando um analisador de gás por absorção na faixa do infravermelho (*Infra-red Gas Analyser - IRGA*) modelo ADC LCA-4, acoplado a uma campânula (câmara) cilíndrica de polietileno modelo *ADC Soil Hood*.

O IRGA opera no modo diferencial, com fluxo de ar nas tubulações de entrada e saída da campânula de $240 \mu\text{mol s}^{-1}$ (302 mL min^{-1}), que é mantido por meio de um sistema de bombeamento localizado no interior do aparelho. A campânula possui área superficial de $98,5 \text{ cm}^2$ e volume interno de 926 mL , sendo equipada com *coller* para mistura do ar. Para identificação dos valores medidos o equipamento é calibrado em laboratório com um padrão de concentrações conhecidas de dois gases, geralmente nitrogênio e carbono.

Para evitar a perda de CO₂ dentro da campânula, uma luva de 100 mm de cano de esgoto, denominada de colar, é inserida no solo. Em cada ponto de medição do fluxo de gases, também foi registrada a temperatura a 12 cm de profundidade, com o uso de um termômetro de solo.

As emissões de CO₂ foram calculadas por meio da diferença entre a concentração dos gases presentes no ar que entra e do ar que deixa a campânula, por um período de tempo de 90 segundos após o início das medições. Além do fluxo de CO₂, foi medida, também, a temperatura do solo.

Os dados das medições de CO₂ foram todas processadas no programa SoilFluxPro 4.0 de distribuição gratuita.

4.8 Análises Estatísticas

4.8.1. Análise da Normalidade dos Dados

Para identificar a natureza do conjunto de amostras das três áreas em estudo: dados de precipitação, decomposição e macronutrientes químicos da serrapilheira, macrofauna da serrapilheira e do solo, físicos (granulometria, fração fina, umidade e densidade) e químicos (fertilidade), efluxo de CO₂ (efluxo, temperatura e umidade) do solo; foram submetidos à estatística exploratória utilizando o teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov (K-S) e Shapiro-Wilk, e à análise gráfica (FIELD, 2009).

4.8.2. Delineamento Experimental

Para o estudo da decomposição da serrapilheira foi adotado um delineamento experimental de parcelas subdivididas por blocos casualizados, conforme definido no esquema de sorteio mostrado anteriormente na Figura 09.

As médias de cada variável estudada, nas três diferentes áreas, foram verificadas através da análise de variância (ANOVA) com aderência o teste-T de Tukey (para distribuições normais) e o Teste de Wilcoxon (para distribuições não normais) para verificar se existiam diferenças significativas para a par entre as variáveis, a um nível de confiança de 95%.

A correlação espacial de Pearson (para a distribuição normal), e a de Spearman (para distribuição não normal), foram utilizadas para avaliar o nível de relação (com 95% de confiança) entre as seguintes variáveis: taxa de decomposição da serrapilheira e precipitação, temperatura do solo e quantidade do efluxo de CO₂, e abundância da macrofauna de serrapilheira e taxa de decomposição da serrapilheira.

Todas as análises estatística dos dados foram realizadas com o programa SPSS - Statistics Subscription Base Edition, em versão gratuita disponibilizado pela IBM (Internacional Business Machine) para testes por 30 dias.

5. RESULTADOS

5.1 Análise Temporal da Degradação Ambiental do Município de Picuí

Para verificar a formação do relevo do município foi adquirida uma imagem SRTM, que recebeu um tratamento digital, e resultou em um mapa características altimétricas que pode ser visualizado na Figura 12.

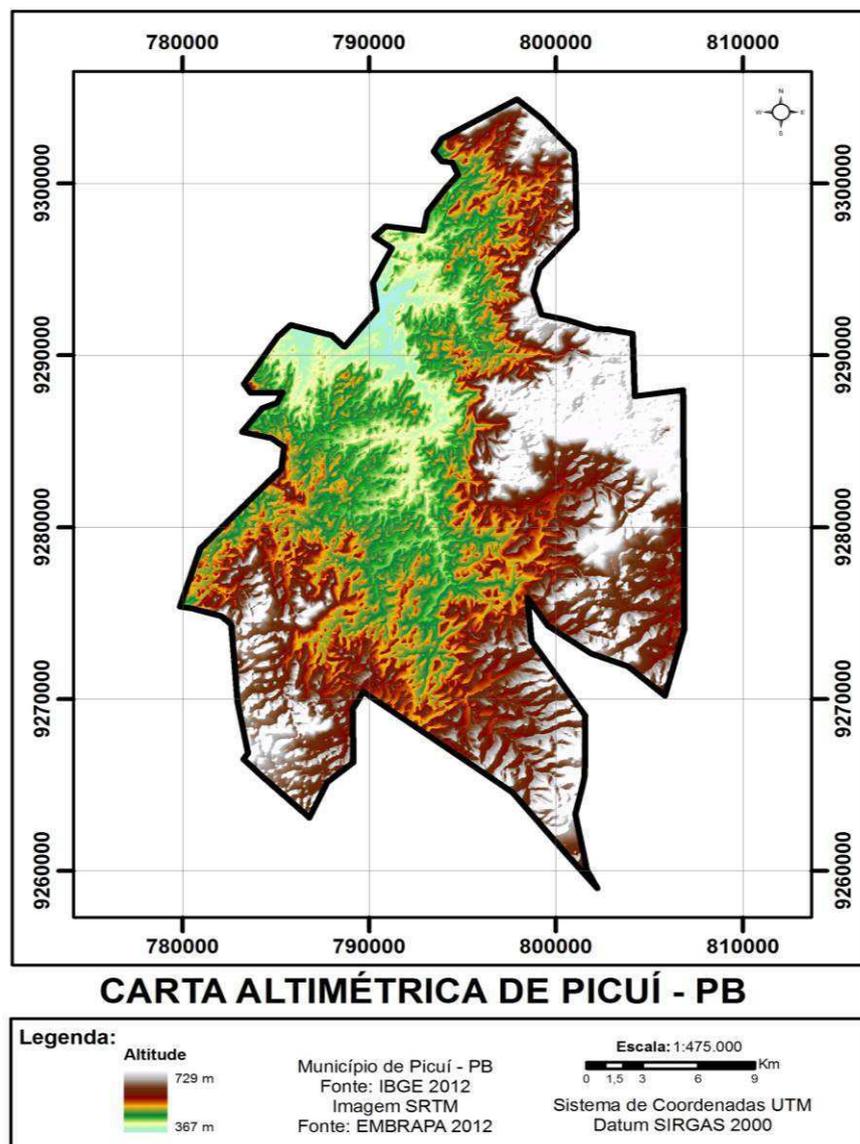
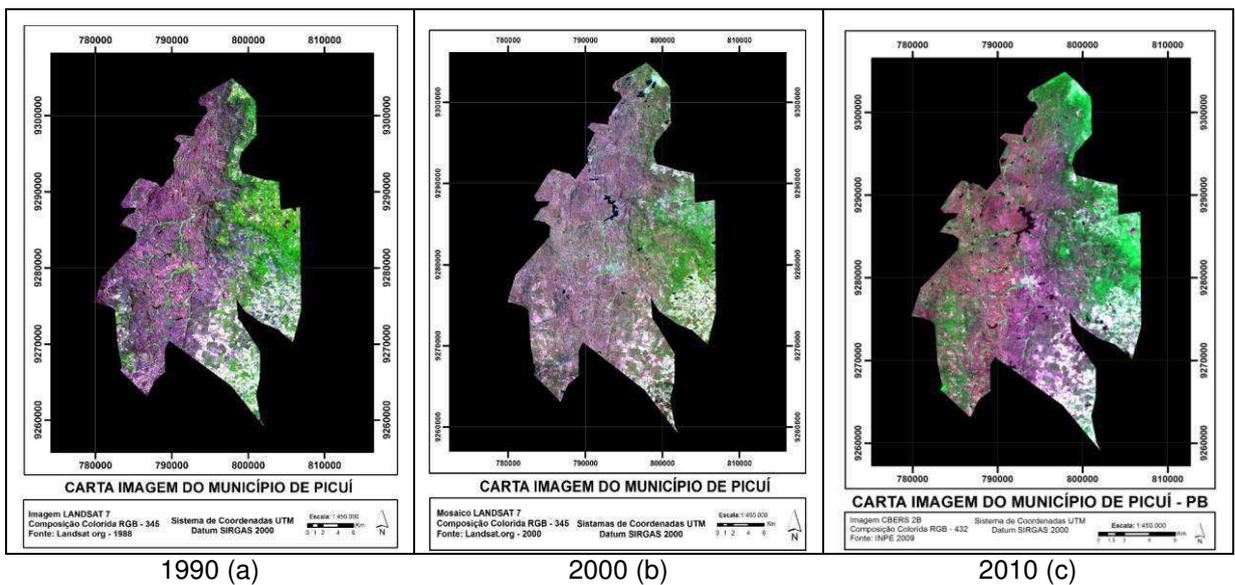


Figura 12 – Carta Altimétrica de Picuí – PB.

Conforme pode ser visto na Carta Altimétrica do Município de Picuí, as altitudes variam de 367 metros nas áreas mais baixas do município (regiões em tons

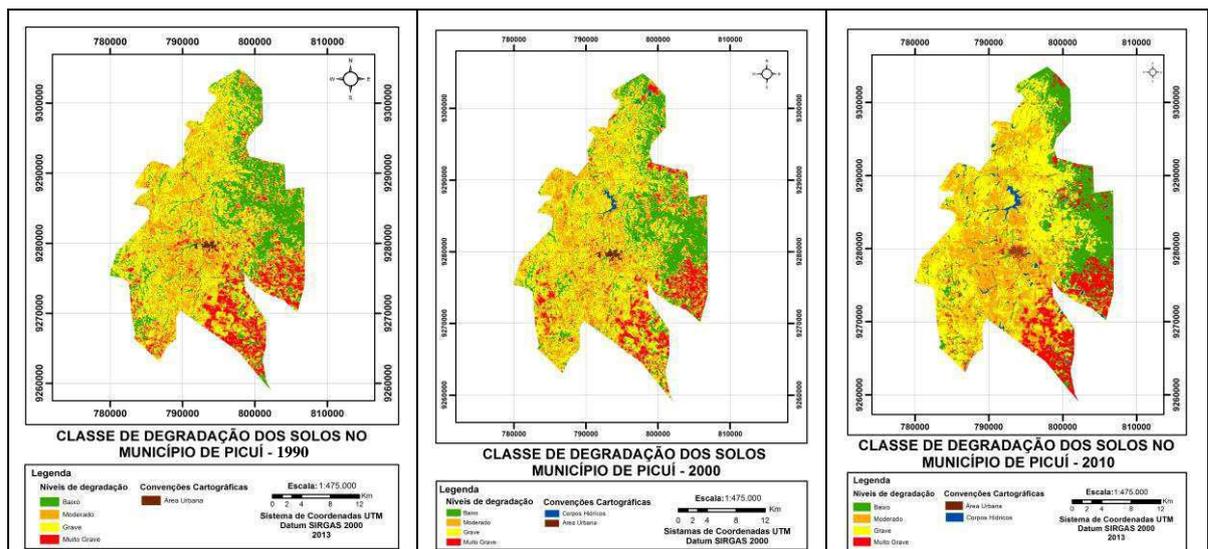
de verde claro) à 729 metros acima do nível médio dos mares, nas regiões mais altas, conforme pode ser visto em tons de marrom e branco.

Com o objetivo de revelar e estimar como era município de Picuí no passado, e como ocorreu a mudança na sua cobertura vegetal ao longo de três décadas foram geradas as Cartas Imagens do Município de Picuí (Figura 13) e os Mapas de Classe de Degradação (Figura 14).



1990 (a) 2000 (b) 2010 (c)

Figura 13 - Cartas imagem do Município de Picuí.



1990 (a) 2000 (b) 2010 (c)

Figura 14 - Mapa das Classes de Degradação do Município de Picuí.

O nível de degradação para essas três décadas foi estimado e quantificado, conforme na Tabela 01.

Tabela 01 - Quantificação das classes de degradação ambiental do Município de Picuí – PB.

Nível de degradação do solo	Km ² (1990)	%	Km ² (2000)	%	Km ² (2009)	%
Baixo	158,03	23,87	148,62	23,61	199,360	30,14
Moderado	188,82	28,52	177,41	28,18	255,381	38,66
Grave	240,83	36,38	239,39	38,03	124,241	18,81
Muito Grave	74,19	11,20	63,96	10,16	68,119	10,31

De forma geral pode-se verificar nos dados apresentados na Tabela 01, que a degradação ambiental do município de Picuí considerada como grave diminuiu de 36,38% da década de 1990 e 38,03% na década de 2000, para 18,81% na década de 2010. Em contrapartida, e inversamente proporcional a classe grave, os níveis baixo e moderado cresceram consideravelmente. Os níveis muito grave tiveram pouca variação ao longo das décadas estudadas.

Posteriormente, foram calculados os índices de vegetação também com base nas três últimas décadas. A Figura 15 apresenta o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI).

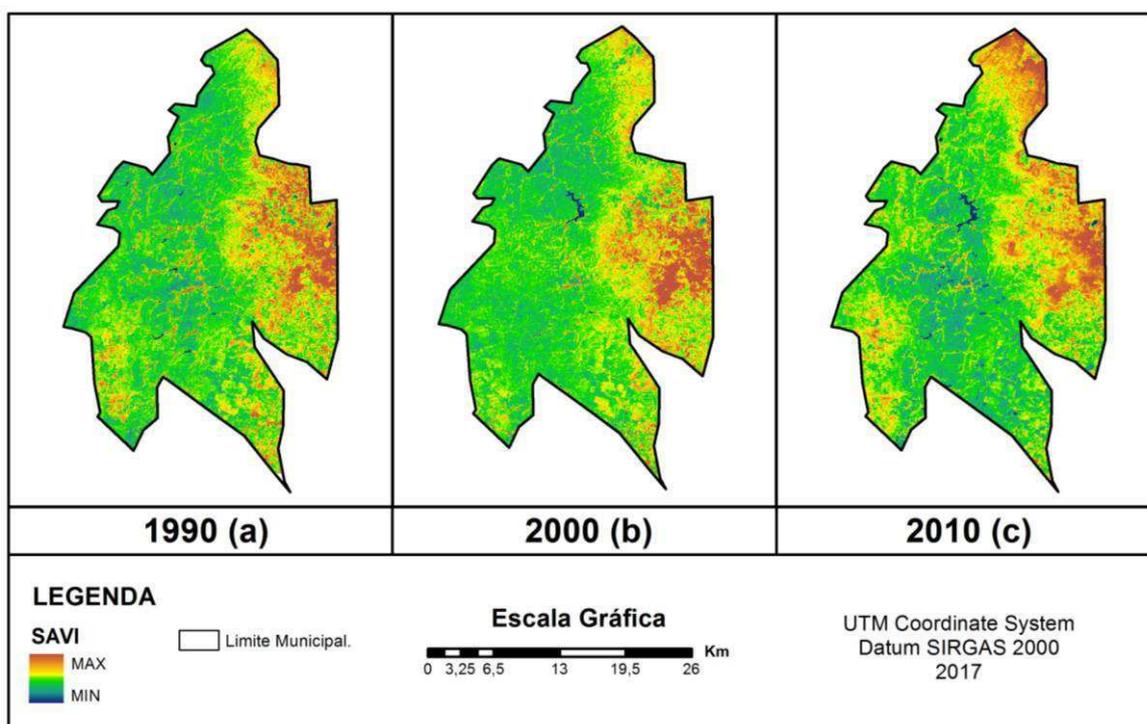


Figura 15 - NDVI calculado para a década de 1990 (a), 2000 (b) e 2010 (c).

Na Figura 15 o NDVI realça as áreas com vegetação mais densa,

apresentadas na coloração amarela e vermelha, que se relacionam às áreas de vegetação com maior vigor. As áreas degradadas são apresentadas em tonalidades de verde, do mais claro para o mais escuro, onde a vegetação está mais estressada, menos densas, com vegetação rala e espaçada e solos desnudos. As áreas com presença de água se tornam evidentes, pois aparecem representadas na tonalidade de azul, e suas repostas ao NDVI são apresentadas nos mínimos valores do índice.

Após o cálculo do NDVI, foram calculados os índices de solo também com base nas três últimas décadas. A Figura 16 apresenta o Índice de Vegetação Ajustado por Solo (SAVI).

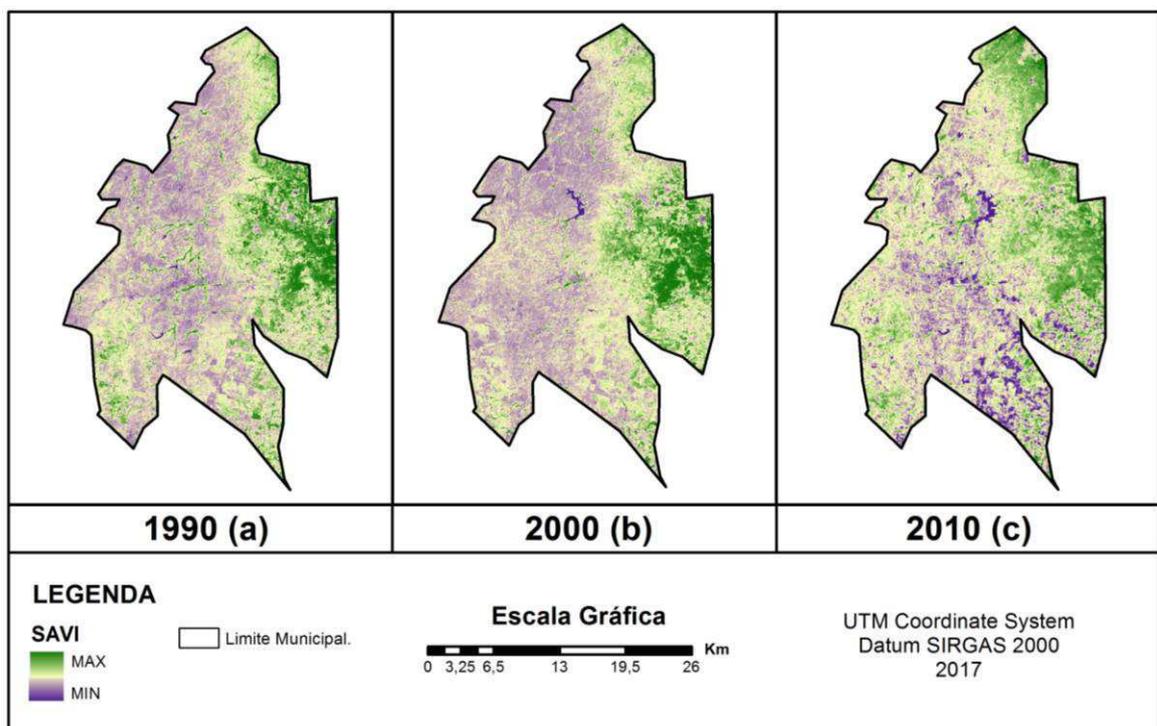


Figura 16 - SAVI calculado para a década de 1990 (a), 2000 (b) e 2010 (c).

O SAVI procura minimizar os efeitos da reflectância do solo ao considerar a incorporação de um fator de ajuste dependente da densidade de vegetação (GILABERT et al, 2002; EASTMAN, 2006). Os resultados do SAVI expressam similaridades em relação aos resultados obtidos com os valores NDVI. Entretanto, o SAVI destacou mais a influência do solo exposto, principalmente no início da retomada do desenvolvimento da vegetação nas áreas estudadas. Como é um índice do solo, a parte em evidencia é na tonalidade verde, consequentemente os valores mais altos do índice, representa as áreas com uma vegetação mais densa.

Já as tonalidades de roxo, do mais claro para mais escuro, apresentam áreas com uma vegetação se encontra mais rala ou solo exposto. Os mínimos valores do SAVI representam os corpos hídricos.

Após o cálculo do SAVI, foram calculados os índices de área foliar também com base nas três últimas décadas. A Figura 17 apresenta o Índice de Área Foliar (IAF), que identifica a quantidade de biomassa viva presente nas imagens.

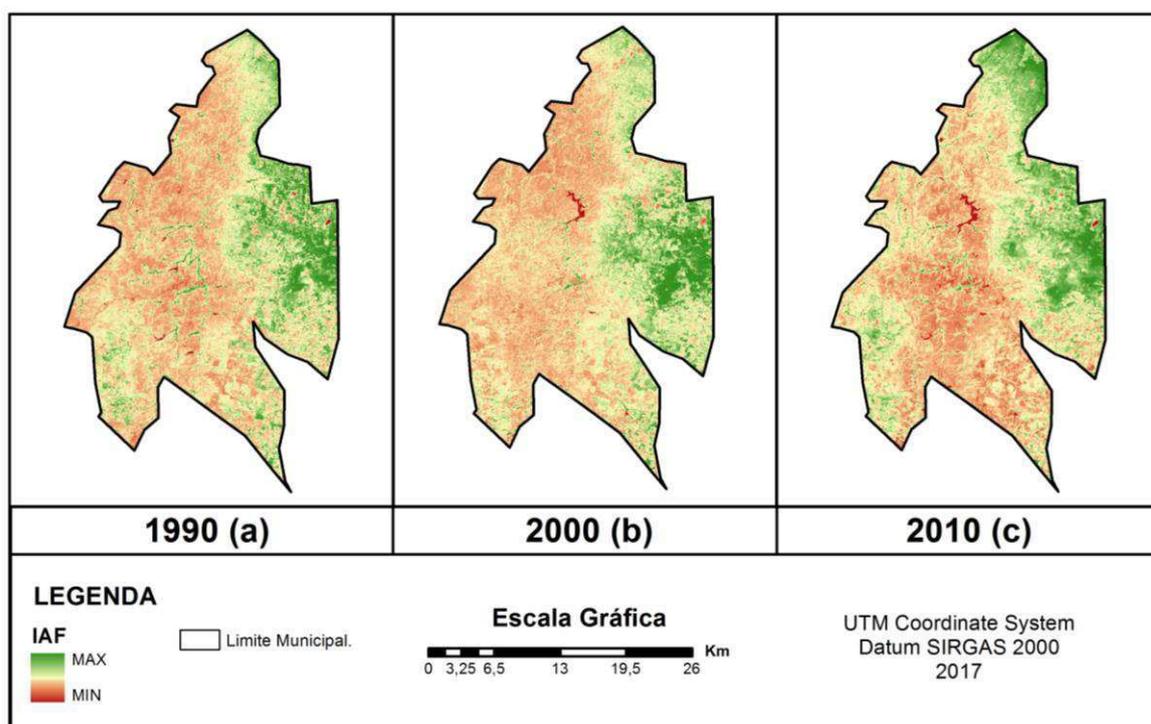


Figura 17 - IAF calculado para a década de 1990 (a), 2000 (b) e 2010 (c).

Como o IAF é um subproduto do NDVI e SAVI, as análises dos resultados obtidos para esse índice são muito semelhantes aos resultados já apresentados nas Figuras 05 e 06. Entretanto, por ser um Índice que relaciona-se com a quantidade da vegetação presente no município de Picuí, este fator se evidencia na representatividade da IAF, pois é definido pela razão entre a área foliar de toda a vegetação por unidade de área utilizado por essa vegetação.

Dessa forma os dados apresentados nas imagens na tonalidade de verde se assemelham aos dados que correspondem as áreas em que a presença da vegetação é mais exuberante, mais densas e preservadas devido à melhor disponibilidade hídrica no perfil do solo, conseqüentemente essa condição favoreceu

um melhor vigor vegetativo, fornecendo uma maior biomassa viva. Já as áreas em tons de vermelho, cuja presença de vegetação ocorre de forma espaçada, suprimida e contrastando com o solo que se encontra exposto, configurando áreas em processo de degradação ambiental.

Após o estabelecimento do IAF foram realizadas nas imagens das décadas de 1990, 2000 e 2010 classificações digitais supervisionadas, utilizando o método da Máxima Verossimilhança (MaxVer), tendo em vista a quantificação das Áreas Degradadas e da Vegetação Bioativa do município, conforme pode ser observado na Figura 18.

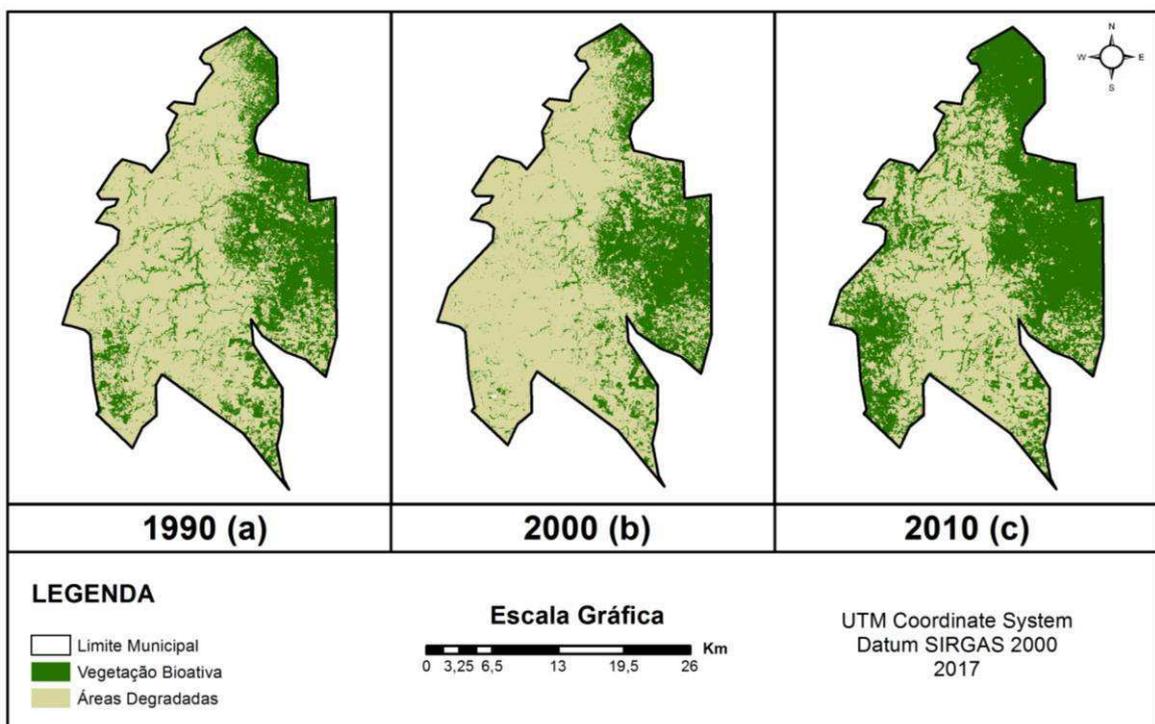


Figura 18 - Mapa da Biomassa viva de Picuí nas décadas de 1990 (a), 2000 (b) e 2010 (c).

O mapa da Vegetação Bioativa do Município de Picuí apresenta todas áreas com vegetação, em coloração verde, que ao longo das duas primeiras décadas sofreram perdas na estrutura de sua vegetação dando margem ao aparecimento de áreas degradadas, em coloração amarelo claro. De posse do Mapa de Biomassa Viva foi possível estimar, em km², as classes Degradadas e Verdes, quantificadas conforme mostrado na Tabela 02.

Tabela 02 - Quantificação das classes de degradação ambiental do Município de Picuí – PB para os anos de 1998 e 2000.

Descrição	Área Década 1990 (km²)	%	Área Década 2000 (km²)	%	Área Década 2010 (km²)	%
Vegetação Bioativa	203,95	30,81	182,08	27,55	327,05	49,41
Área Degradada	457,95	69,19	479,84	72,45	334,86	50,59
TOTAL	661,91	100,00	661,91	100,00	661,91	100,00

Na Tabela 02 verifica-se que a Vegetação Bioativa do Município de Picuí no início da década de 1990 era de 203,95 km², representando 30,81% da área total do município. Dez anos mais tarde, essa biomassa viva passou a corresponder a 27,55% da área total do município, o que equivalia à 182,08 km². Essa diminuição de 21,879 km² na área da Biomassa Viva do Município se deu por um período seco ocorrido após o início da década de 2000 (SANTOS et al, 2014), que proporcionou nas diversos espécies vegetais uma diminuição da estrutura foliar da vegetação.

De acordo com Silveira et al. (2013) o auge da degradação de terras apresentado no município foi em 1990, se deu principalmente pela degradação por cultivo agrícola, agricultura por monocultura, e pela criação de pastos para os rebanhos bovinos e caprinos, pela qual toda região do Seridó passou nas décadas de 1970 e 1980.

Nessa década de 1990 os agricultores se depararam com a estagnação do solo e das produções, passando a abandonar as áreas reservadas para produção, pois, não eram encontradas estratégias para recuperação das áreas degradadas, e a extensão rural não conseguia suprir essa demanda específica dos agricultores.

Na década de 2000, após sofrerem sem terras para plantio, os moradores do Município muitas vezes acabaram por extrair a vegetação ressequida para comercialização ilegal como lenha para as olarias, cuja exploração crescente da indústria ceramista evoluiu também nas décadas de 1990 e 2000. Esse tipo de indústria se utiliza da extração ilegal de madeira da caatinga, e a retirada de argila do fundo dos açudes, para favorecer a criação de empregos informais e ilegais, que contribuiu significativamente para a diminuição das áreas onde a degradação é baixa, contribuindo significativamente para o aumento das áreas degradadas, e

consequentemente com as áreas em processo de desertificação.

Já no início da década de 2010, observou-se um aumento da Vegetação Bioativa do Município de Picuí, e a área que apresentava 182,08 km², que no início da década de 2010, passou a ter 327,05 km², o que representa 49,41% da área verde do município. Associando estes valores aos acontecidos meteorológicos e climatológicos dos anos iniciais da década de 2010, analisados conforme Santos et al (2014), verificamos que a região do Seridó Oriental Paraibano passou por um período de constantes chuvas, o que proporcionou nas diversas espécies vegetais da Caatinga um aumento da sua estrutura foliar. Como consequência, neste período úmido com a presença da água nas plantas nativas da região, ocorreu desenvolvimento do mesófilo, a alta produção da fotossíntese pelos cloroplastos, e o aumento do dossel florestal, que corresponde a parte mais elevada das árvores da caatinga (FRANSCISCO et al, 2013 apud MOREIRA e ASSUNÇÃO, 1997).

Mesmo assim, a distribuição dessas chuvas ocorreu de forma muito irregular, chovendo mais em períodos sazonais a aproximadamente a cada dez anos, levando os moradores, que vivem principalmente da agricultura de base familiar, à buscarem formas alternativas de sobrevivência.

Em Picuí, uma das alternativas econômicas, e de subsistência, para sobrevivência são os garimpos a céu aberto. Os garimpos contribuem significativamente para a degradação, pois é uma atividade desenvolvida através de técnicas rudimentares, tendo como consequências mais drásticas o desmatamento de matas ciliares e contaminação do ambiente entorno por compostos químicos.

Esse processo de exploração é dividido entre a agricultura família, que ocorre durante o período chuvoso, e a garimpagem tem sido uma atividade desenvolvida no período seco, de rudimentar como uma atividade informal, sem a utilização de técnicas adequadas que levem em consideração o manejo correto de produtos químicos, e a preservação e recuperação das áreas utilizadas.

Para analisar esses espaços contrastantes correlacionando-os com o processo

de aumento da biomassa e diminuição das áreas degradadas, e validar a utilização dos índices de vegetação foram realizadas três visitas técnicas. A primeira visita técnica ocorreu no dia 04/05/2015. Nessa ocasião foram visitados os garimpos Lagoa do André 01, Lagoa do André 02 e Bernadino, mostrados ao norte da cidade de Picuí. No Mapa das Classes de Degradação do Município de Picuí (Figura 19) estas áreas aparecem como sendo identificadas em níveis de degradação de baixo a moderado. A Figura 19 mostra as áreas visitadas, nas quais identificam-se poucas áreas degradadas em torno dos garimpos.



(a)



(b)

Figura 19 - Extração de Feldspato no garimpo Lagoa do André 01 (a) e vista panorâmica do garimpo Lagoa do André 02 (b).

A segunda visita técnica ocorreu no dia 19/05/2015, na qual foi visitado o garimpo Taque do Caboclo, mostrados ao leste da cidade de Picuí. Como existiam áreas com nível de degradação ambiental muito grave, localizadas próximas, aproveitou-se a oportunidade para visitá-las. A Figura 20 mostra as áreas do garimpo visitadas.



(a)



(b)

Figura 20 - Extração de Paralelepípedo no garimpo Taque do Caboclo (a) e localização do garimpo Taque do Caboclo em meio à vegetação nativa (b).

A terceira visita ocorreu no dia 19/05/2015. A Figura 21 mostra as áreas classificadas com alto grau de degradação ambiental, denominadas de áreas envoltas em um processo de degradação de terras, que localizadas na parte sudeste (a e b) e sudoeste (c e d) do município de Picuí.

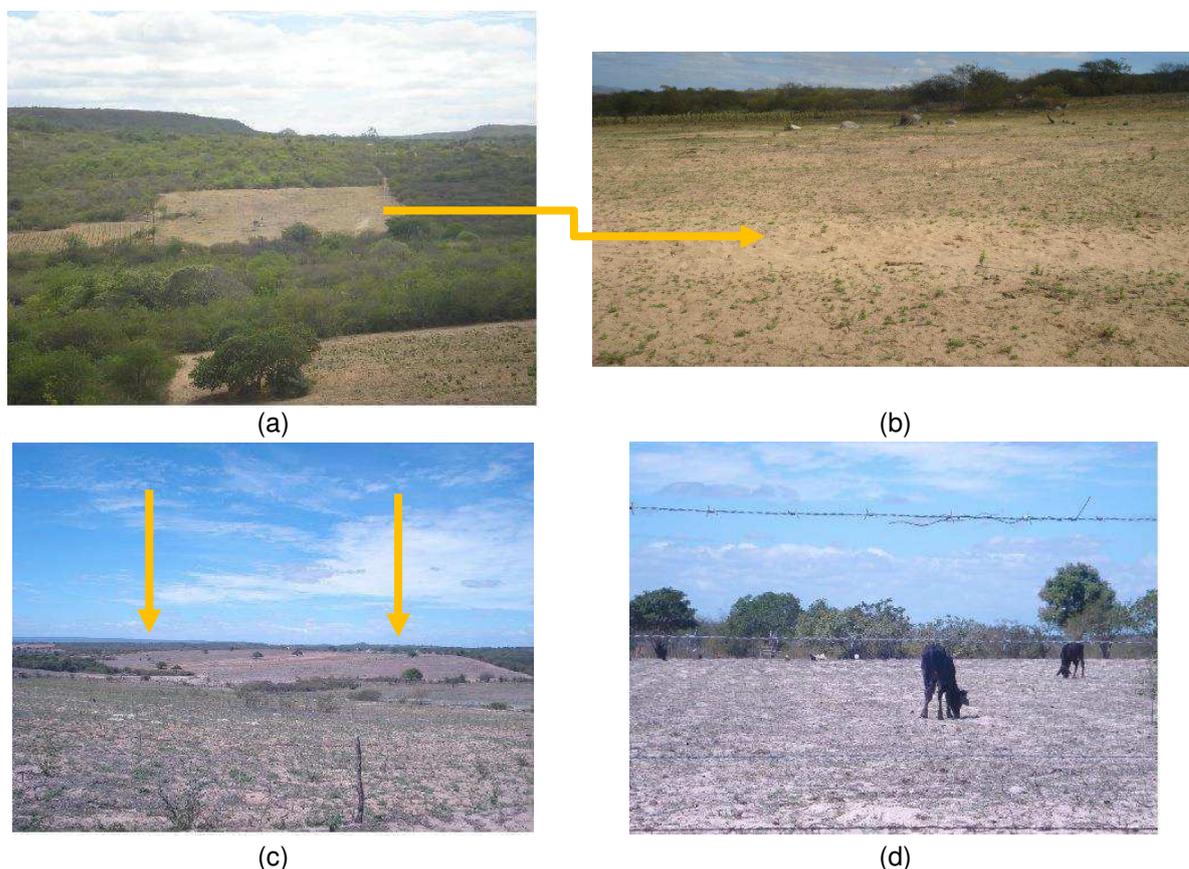


Figura 21 - Áreas degradadas (a) e (b) localizadas próximo ao Garimpo Taque do Caboclo no sudeste do município, e gado pastando em área gravemente degradada (c) e (d) localizadas na sudoeste do Município de Picuí.

A degradação ambiental das terras apresentadas na Figura 16 não se relacionam com a degradação por garimpo, e a princípio relacionam-se com a degradação das terras pela utilização das áreas para os cultivos agrícolas convencionais, e agricultura por, principalmente por meio das monoculturas do Agave (*Agave sisalana*, Perrine) e do Algodão (*Gossypium hirsutum*, L.), pelo qual o município passou nas décadas de 1970, 1980 e 1990. Além desse fator, pode-se verificar ao analisar a Carta Altimétrica de Picuí (Figura 11), que essas áreas são as cujo relevo possui áreas mais planas, propícias também para a criação de pastos.

As áreas onde a Caatinga se manteve preservada e cujas áreas se

recuperaram ficam nas áreas mais altas onde o clima é mais ameno, e cuja disponibilidade de água advinda dos processos de decomposição da serrapilheira e evapotranspiração, mantem a umidade no solo de forma mais intensa (Figura 22).

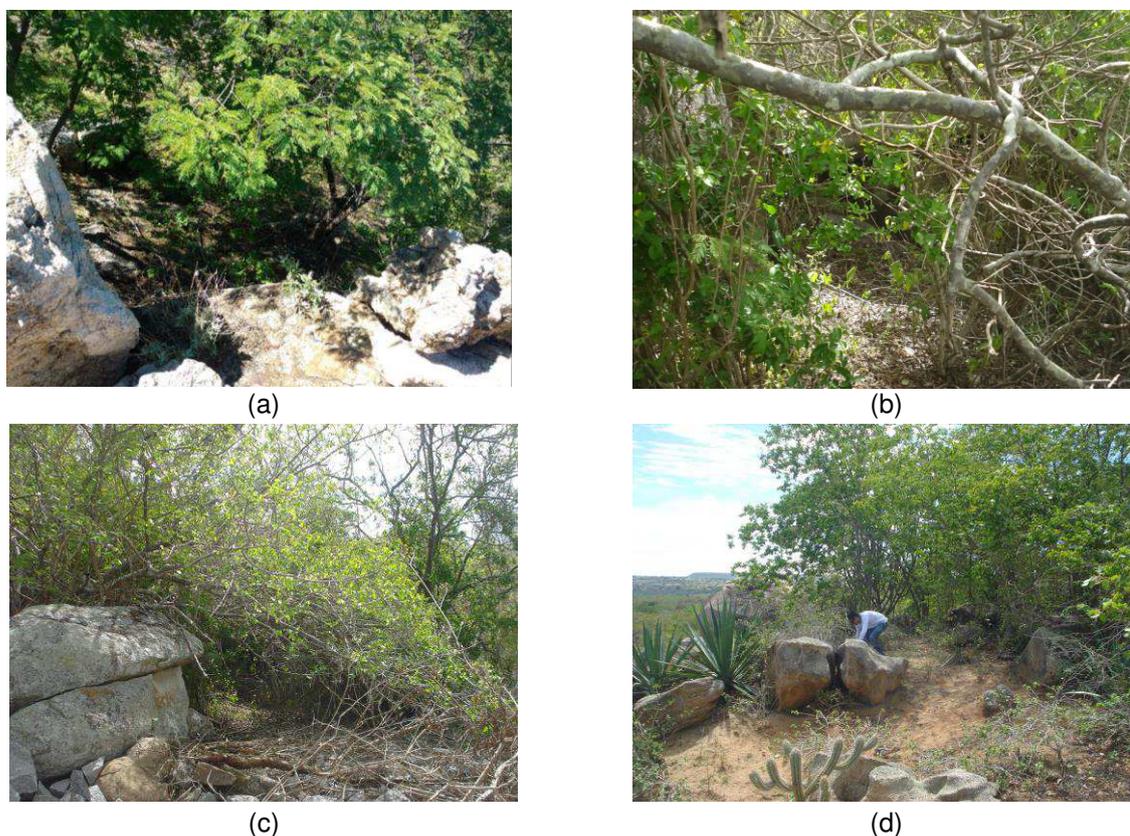


Figura 22 - Áreas preservadas (a) e (b) localizadas nas regiões mais altas do município, e onde a vegetação conseguiu se recuperar ao longo das três décadas do estudo (c e d).

A figura 22 mostra uma vegetação de Caatinga do tipo arbustiva, de alto à médio porte, que possuem uma alta densidade de espécies, presentes em regiões mais altas como topos de morros, onde o acesso se torna mais difícil, consequentemente a sua retirada para exploração também, e que em grande parte localiza-se na região nordeste.

5.2 Análise da Precipitação Pluviométrica

Os dados de precipitação pluviométrica demonstram a distribuição dos dados de chuva durante os 360 dias de avaliação do experimento (Figura 23).

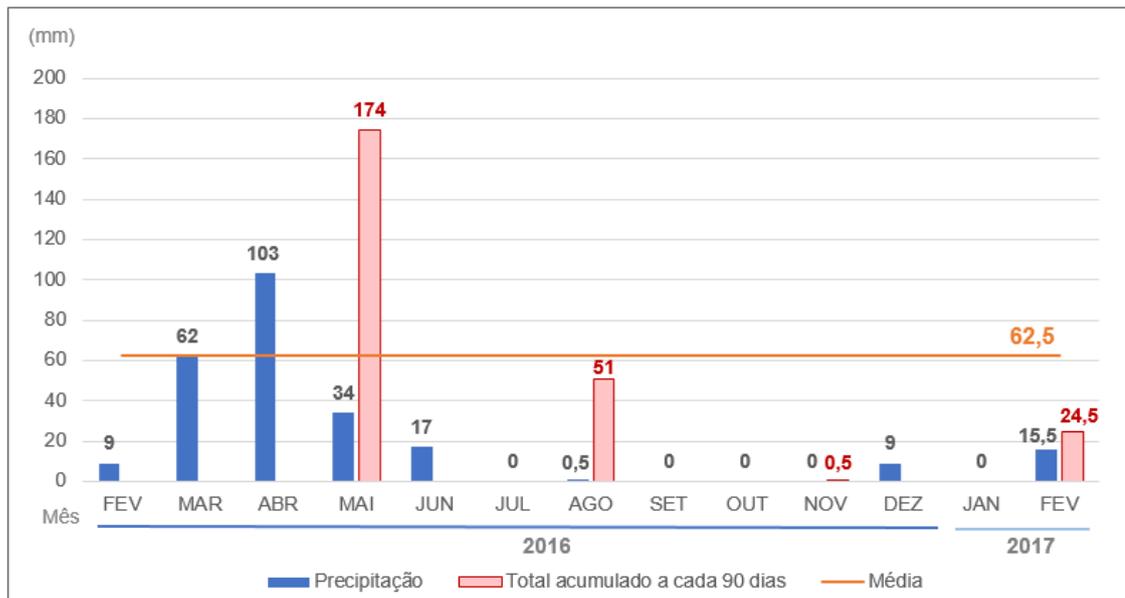


Figura 23 - Distribuição da precipitação pluviométrica durante estudo do experimento.

Na Figura 23 são apresentadas a quantidade de chuva precipitada, em barras da cor azul, ao longo do ano da avaliação do experimento, as precipitações acumuladas, referentes aos meses anteriores as datas de coleta realizadas, apresentadas nas barras vermelhas, e a média das precipitações, na linha de cor laranja.

A precipitação total foi de 250 mm, dos quais 174 mm foram precipitados nos meses iniciais do estudo, consequentemente fevereiro, março e abril, 51 mm dos meses de maio a julho, 0,5 mm dos meses de agosto a outubro, e 24,5 mm nos meses finais do experimento.

A distribuição das chuvas, para o período estudado, se comporta semelhante ao verificado por Santos et al (2014), que analisou a incidência pluviométrica nos últimos 30 anos, identificando que para o município de Picuí, o período mais chuvoso tem distribuições regulares variando de janeiro a julho (Figura 24).

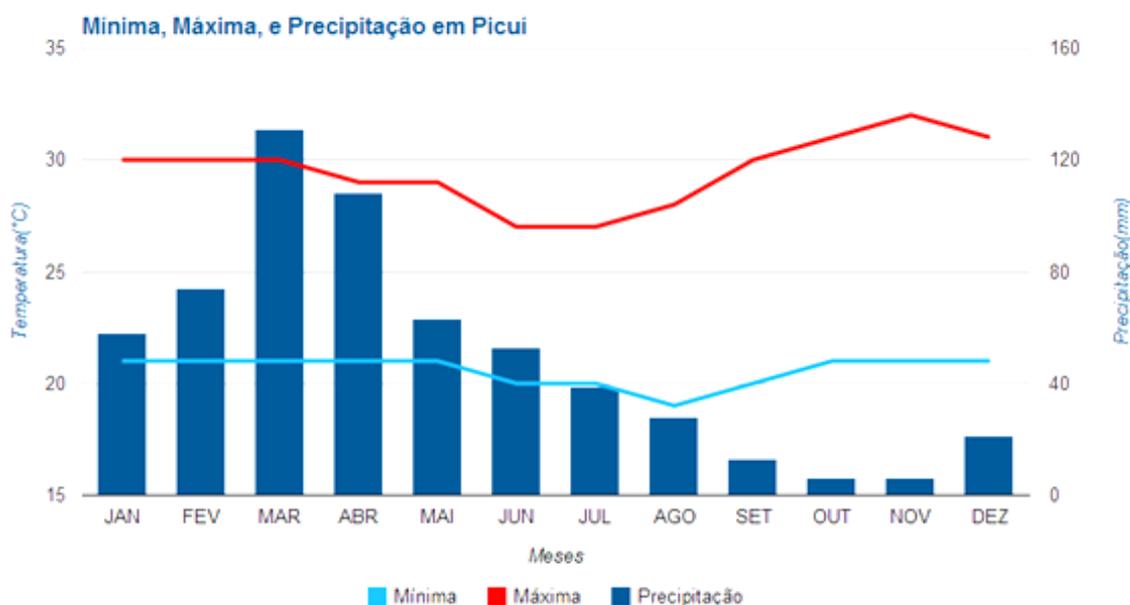


Figura 24 - Precipitações e temperaturas anuais e médias dos últimos 30 anos de Picuí.

FONTE: Adaptado de Santos et al., 2014.

Na Figura 24 percebe-se também que durante os meses mais chuvosos a temperatura máxima varia entre 25° e 30° célsius, e a mínima varia de 22° a 18° célsius. Essa época representa a transição entre as estações verão e outono, quando a posição do sol permanece mais tempo sobre o hemisfério norte, o que favorece a obtenção de temperaturas mais amenas em relação às outras épocas do ano.

Contrariamente, as temperaturas mais elevadas, são identificadas no período de Agosto, Setembro, Outubro, Novembro e Dezembro, cuja quantidade de chuva precipitada apresenta os piores registros, e cujo período da primavera e do verão é considerado apenas como verão, justamente quando a inclinação do sol em relação à terra é menor e, portanto, os raios solares chegam mais paralelamente ao hemisfério sul, permitindo que o período seco se instale em toda região do SAB.

Evidentemente que ao comparar o Gráfico 01 com o Gráfico 02, percebe-se que o ano de 2016 e o início de 2017, consequentemente correspondentes ao estudo do experimento, pode-se inferir que este período foi um período atípico, e mais seco do que nos anos anteriores.

5.3. Análises da Serrapilheira

5.3.1 Análise da Decomposição da Serrapilheira

Após 90, 180, 270 e 360 dias de exposição os litterbags foram coletados, pesados e a taxa de decomposição média (k) acumulada de cada espécie (catingueira e marmeleiro) foi estimada para área do estudo (Figura 25).



Figura 25 – Taxa de decomposição acumulada total da serrapilheira.

A Figura 25 evidencia que a taxa de decomposição a Catingueira e do Marmeleiro ocorreu seguindo uma tendência da decomposição, sendo maior na área Preservada, Restaurada e Degradada, e que a decomposição do Marmeleiro foi maior do que a da Catingueira.

Conforme proposto por Olson (1963), $K = 1$, ou -1 , indica que 100% do material foi decomposto em um ano. Já uma taxa de $K = 4$, indica, por exemplo, que a perda total de massa ocorre em 0,25 anos e $K = 0,25$ em 4 anos (ALVES, 2012). Em suma, quando maior for o valor do K , mais rápido ocorrerá a decomposição da serrapilheira.

Evidentemente que há de se considerar, que a decomposição da serrapilheira é caracterizada como um processo onde os tecidos mais facilmente atacados por fungos e bactérias, tais como celulose e hemicelulose, se desestruturam

rapidamente (POGGIANI, 1985). Porém, à medida que o ataque vai progredindo, permanecem substâncias gradativamente mais resistentes à decomposição que, podem demorar dezenas de anos para desaparecerem do solo.

Tais fatores podem estar associados, também, aos terores de lignina, que relacionam-se com as taxas de decomposição da serrapilheira, que é um dos principais reguladores químicos da decomposição da matéria orgânica nos estágios mais avançados do processo, havendo acréscimo na concentração de lignina com o decorrer da decomposição (CORTEZ et al. 1996; SANTANA, 2005).

Em estudo realizado por Araújo (2012) as taxas de decomposição da Catingueira e do Marmeleiro apresetaram uma baixa concentração de lignina nas etapas iniciais do processo de decomposição, o que caracteriza tecidos vegetais com a alta taxa de decomposição. Posteriormente, os valores da lignina aumentaram de acordo com o período de exposição, corroborando, também, com os resultados encontrados por Santana (2005).

Tais processos só podem se ocorrer com essa efetividade em áreas onde a vegetação e o solo estão mais preservados, possibilitando o desenvolvimento de múltiplos processos e a ativação dos fungos e bactérias, que se desenvolvem mais facilmente em ambientes mais protegidos de inteperes climáticos e físicos, como ferificou-se na área preservada. Por conseguinte, na área restaurada, cujas taxas de decomposição foram medianas, e na área degradada, cuja vegetação onde

Na Figura 26 são apresentados perda média da massa do tecido vegetal anual e as taxas médias de decomposição anual para cada área experimental.

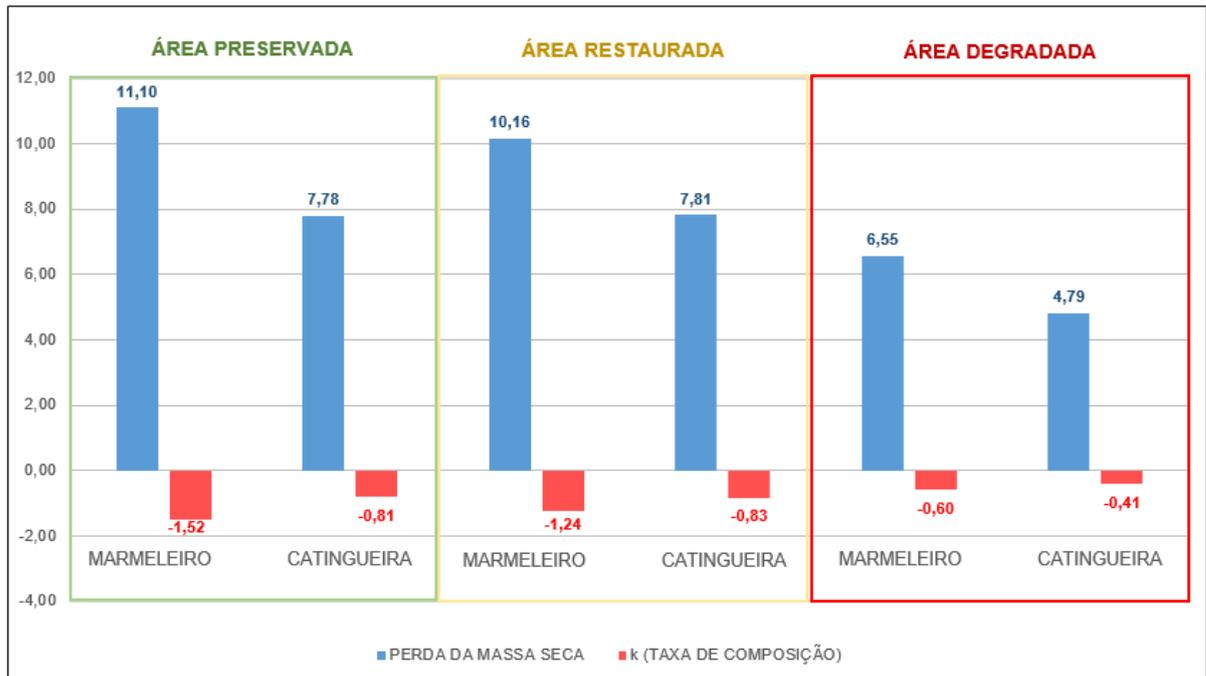


Figura 26 – Distribuições medias da decomposição da serrapilheira.

Figura 26 corrobora com a Figura 25 apresentado tanto a maior perda de massa foliar (11,1 g/ano), quanto a maior taxa de decomposição do Marmeleiro (-1,52) na área Preservada, e conseqüentemente também na área Restaurada (10,16 g/ano e -1,24) e na área Degradada (6,55 g/ano e -0,6).

As decomposições da Catingueira ocorreram sempre em menores proporções do que do Marmeleiro. Na área Preservada e Restaturada a decomposição da Catingueira ocorreu de forma semelhante, entretanto, na área Degradada, a decomposição ocorreu aproximadamente 60% a menos em comparação as demais.

O coeficiente de decomposição da serrapilheira de Catingueira variou de -0,81 à -0,41, já a do Marmeleiro variou de -1,52 a -0,41, em 360 dias, corroborando com os valores de Alves (2012) que encontrou valores de decomposição, os quais variaram de -0,96 a -1,40, estando bem próximo aos valores estimados para florestas estacionais semideciduais, que têm variado de -1,02 (SCHLITTER et al., 1993) a -1,6 (MORELLATO, 1992), e à faixa de -1,1 a -1,7 estimada para florestas neotropicais (ANDERSON et al., 1983).

As diferenças nas taxa de decomposição da serrapilheira entre florestas tropicais podem ser atribuídas ao tipo de cobertura vegetal, à qualidade do material, à atividade da fauna do solo e às condições ambientais, especialmente temperatura e umidade (ANDERSON et al., 1983; CÉSAR, 1993).

Os valores obtidos para os coeficientes de decomposição do presente trabalho estão também em consonância com o trabalho desenvolvido por Souto (2006) em uma área de caatinga da Paraíba (-1,25). Assim como semelhante ao de Araújo (2012), que avaliou a decomposição (k) da massa remanescente de serrapilheira decomposta em um período de 360 dias de exposição em 2010 (-1,17) e 2011 (-1,40), em estudo localizado nos municípios de São José dos Cordeiros e São João do Cariri, na Paraíba.

Esses valores de decomposição evidenciam que nas áreas degradada, onde a cobertura vegetal foi retirada, não há, portanto, quantidade de matéria orgânica em abundância, e o solo se encontra muito frágil a intemperes climáticos, como chuva, e mecânicos, como voçorocas.

Já nas áreas onde a vegetação de caatinga está passando por um processo de restauração, tanto na área restaurada, quanto na área preservada, a quantidade de matéria orgânica se sobressai, evidenciando que quanto maior for a cobertura vegetal em áreas de caatinga, maior será a quantidade de processos físicos, químicos e biológicos que estará ocorrendo para depositar no solo uma quantidade maior de serrapilheira.

5.3.2 Análise do Tecido Vegetal da Serrapilheira

Os resultados das análises química de Carbono (MO (%)), Nitrogênio (N (g.kg⁻¹)), Fósforo (P (g.kg⁻¹)) e Potássio (K (g.kg⁻¹)), e C/N (%) da serrapilheira decomposta podem ser visualizados na Figura 27.

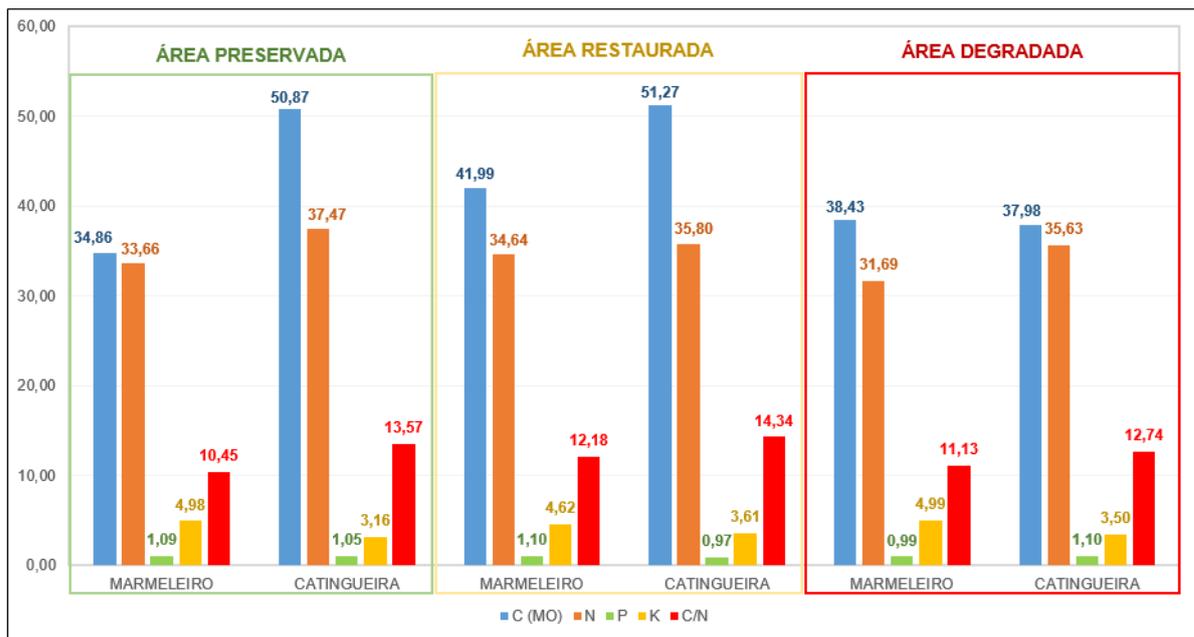


Figura 27 – Médias anuais da análise química da serrapilheira decomposta.

A partir da análise do Figura 27 pode-se perceber que o gradiente médio de desprendimento e concentração dos nutrientes seguiu a ordem: C (MO) > N > K > P. Souto et al., (2009) afirmam que a concentração de nutrientes na serrapilheira em área de caatinga segue a ordem: N > Ca > K > Mg > P. Em um estudo para quantificar os macronutrientes de serrapilheira de espécies vegetais decompostas da Caatinga, em área do Seridó Paraibano, localizada no Município de Várzea, Alves (2012) encontrou a seguinte ordem nos resultados das análises dos nutrientes: N > Ca > K > P > Mg > S > Na.

Já Holanda (2012) obteve o seguinte resultado Ca > N > K > Mg > P, ao realizar um estudo com serrapilheira remanescente em Pombal - PB. Souto (2006) verificou em estudo, realizado no Município de Santa Terezinha (PB), que as concentrações dos nutrientes na serrapilheira de amostras seguiam a seguinte distribuição: N > Ca > S > K > Mg > P. E Santana (2005) encontrou a seguinte dispersão da concentração de nutrientes: N > Ca > K > Mg > P, em estudo de decomposição de serrapilheira na Estação Ecológica do Seridó, em Serra Negra do Norte – RN.

5.3.2.1 Carbono Oxidável (Matéria Orgânica – MO)

Não são encontrados na literatura muitos trabalhos que referenciam estudos de análise dos macronutrientes contendo a quantificação da porcentagem do Carbono (C) em sua forma oxidável, como Matéria Orgânica (MO) em espécies vegetais da Caatinga. A maioria dos trabalhos fazem menção a escala de macronutrientes citados acima, o que evidencia ainda mais a importância desta pesquisa.

Dentro desse contexto, o Carbono Oxidável corresponde a fração do tecido vegetal que é transformado em MO, e absorvido pelo solo no processo de decomposição. Neste trabalho, foram encontrados valores percentuais de MO acima dos demais elementos, variando de acordo com cada espécie estudada. O Marmeleiro teve sua dispersão média de 34,86% na Área Preservada, 41,99% na Área Restaurada e 38,43% na Área Degradada. Por sua vez, a Caatingueira teve dispersão média de 50,87% na Área Preservada, 51,27% na Área Restaurada e 37,98% na Área Degradada.

5.3.2.2 Nitrogênio (N)

O Carbono (MO) juntamente com o Nitrogênio (N) são os grandes responsáveis pela velocidade da decomposição do tecido vegetal. Pois, de acordo com Almeida (2010) é a partir da diminuição de massa vegetal que ocorre, paulatinamente, o completo extravasamento da parede celular das folhas, e em consequência, o aumento na concentração de N no resíduo, uma vez que o mesmo estava contido nos aminoácidos, ácidos nucleicos, nucleotídeos, clorofila entre outras coenzimas. Sendo, portanto, um elemento vital nos processos de reprodução e crescimento vegetal (MARSCHNER, 1995).

Área Preservada os valores de Nitrogênio dispendidos da serrapilheira foram de 33,66 g.kg⁻¹ para o Marmeleiro e 37,47 g.kg⁻¹ para a Caatingueira; na Área Restaurada de 34,64 g.kg⁻¹ para o Marmeleiro e 35,80 g.kg⁻¹ para a Caatingueira; e

na Área Degradada de 31,69 g.kg⁻¹ para o Marmeleiro e 35,63 g.kg⁻¹ para a Caatingueira.

Os valores encontrados para as três áreas são maiores que ao encontrado em valores médios no trabalho desenvolvido por Almeida (2010) em área do Curimataú Paraíbano (30,681 g.kg⁻¹), cerca de 11% a mais; aproximadamente 30% a mais que Alves et al., (2014) encontraram no teor final de N (24,69 g.kg⁻¹) em estudo no Seridó da Paraíba; e cerca de 46% a mais os por em estudo realizado no município de Floresta (PE), por Alves (2011), que encontrou os valores para o N para uma área de Caatinga em regeneração (10,3 a 13,6 g.kg⁻¹), e Caatinga Preservada (11,7 a 18,6 g.kg⁻¹).

5.3.2.3 Fósforo (P)

De acordo com Marschner (1995) na composição vegetal o Fósforo (P) faz parte: (1) dos ácidos nucleicos e dos compostos energéticos como o trifosfato de adenosina (ATP), importante composto que armazena e fornece energia durante os processos metabólicos como respiração e fotossíntese; (2) da síntese de proteínas; (3) e auxiliam na síntese das moléculas derivadas de carboidratos; (4) participam na constituição dos fosfolipídeos, componentes essenciais da membrana celular.

Grande parte do P disponível no tecido vegetal encontra-se no vacúolo da célula, na forma mineral, que uma parte é liberada quando o vacúolo é rompido através da dissolução em água (MARSCHNER, 1995), e as outras partes, não solúveis em água, como os ácidos nucleicos, os fosfolipídeos e fosfoproteínas só se tornam disponíveis quando são sintetizados, e mineralizados no solo pela população microbiana (AITA e GIACOMINI, 2003).

No presente trabalho, os valores da decomposição do P variaram entre 0,99 g.kg⁻¹ à 1,10 g.kg⁻¹ do Marmeleiro, e 0,97 g.kg⁻¹ à 1,10 g.kg⁻¹ da Catingueira, sendo, portanto, o macronutriente com menor retorno ao solo.

Holanda (2012) em trabalho na Paraíba verificou teores restantes de P variando de 1,25 à 2,63 g.kg⁻¹, e Alves (2011) em Pernambuco, obteve valores

oscilando entre 1,1 e 1,8 g.kg⁻¹. Em trabalho realizado no Seridó do Rio grande do Norte, Santana (2005) encontrou valores de P entre 0,10 a 3,6 g.kg⁻¹, enquanto Souto (2006) em 360 dias mediu valores remanescentes de P entre 0,70 g.kg⁻¹ e 0,81 g.kg⁻¹ em trabalho no município de Santa Teresinha-PB.

Esses valores são compatíveis, também, com a concentração média de P (0,90 g.kg⁻¹) na serrapilheira da Caatinga determinados por Kauffman et al. (1993) em Serra Talhada-PE, assim também como 1,30 g.kg⁻¹, encontrado por Dantas (2003) em uma Caatinga arbórea no Agreste paraibano, e Alves (2012) em trabalho realizado em Caatinga no Seridó da Paraíba (0,84 a 1,67 g.kg⁻¹).

5.3.2.4 Potássio (K)

O Potássio (K) é um macronutriente encontrado no citoplasma das folhas, e em seu núcleo, nos cloroplastos, há a concentração do dobro da sua constituição na encontrada no vacúolo celular (ALMEIDA, 2010). Malavolta (2006) especifica que os principais papéis funcionais do K são a translocação de açúcares, a abertura e o fechamento dos estômatos e a regulação osmótica.

Segundo Andrade (1997) o K é o nutriente de mais rápida liberação da serrapilheira, pelo fato de ser facilmente lixiviado devido a sua forma iônica, não necessitando de prévia mineralização. Sendo passível, portanto, que esse desprendimento ocorra pela água das chuvas que escorre pela copa das árvores Santana (2005).

Neste trabalho os dados da decomposição do Potássio permearam os valores no Marmeleiro de 4,98 g.kg⁻¹ e 3,16 g.kg⁻¹ da Caatingueira na Área Preservada; 4,62 g.kg⁻¹ do Marmeleiro e 3,61 g.kg⁻¹ da Caatingueira para a Área Restaurada; e 4,99 g.kg⁻¹ do Marmeleiro e 3,50 g.kg⁻¹ da Caatingueira na Área Degradada.

Em estudo desenvolvido na Paraíba, Alves (2012) encontrou os valores médios do K oscilando entre 0,64 e 2,23 g.kg⁻¹. Vital (2004) obteve valores entre 0,1 e 13,3 g.kg⁻¹ da concentração de K em trabalho desenvolvido em Floresta Estacional

Semidecidual em zona ripária. Por outro lado, Santana (2005) obteve os valores de 1,9 a 10,94 g.kg⁻¹.

Alves (2011) registrou valores entre 3,6 a 4,2 g.kg⁻¹ do potássio em área no Pernambuco. Na Paraíba Souto (2005) obteve valores entre 2,29 e 7,0 g.kg⁻¹ do K remanescente, e Almeida (2010) calculou valores variando de 3,29 à 3,47 g.kg⁻¹.

5.3.2.5 Relação C/N

De acordo com Taylor et al. (1989) a relação C/N é considerada como o melhor parâmetro para estimar as taxas de decomposição. Geralmente é utilizada como um dos principais indicadores, pois quanto maior o seu valor, maior também será o seu tempo disponível para que os microorganismos presentes no solo possam decompô-la (ALVES, 2012).

Holanda (2012) especifica que a relação C/N ideal para o desenvolvimento das atividades microbianas, pois os nutrientes são mineralizados ou imobilizados dos resíduos vegetais para o solo, quando ela fica entre 20 e 30. Caso a relação se apresentar menor que 20 a 30, haverá um excesso de N no resíduo, que será mineralizado pelos microrganismos, permanecendo disponíveis para as plantas já num primeiro momento (SANTOS & CAMARGO, 1999).

Coleman e Crossley (1996) confirmaram que durante a decomposição o N é imobilizado simultaneamente pelos microrganismos, resultando em aumento nos teores desse elemento na serapilheira, entretanto com a continuação do processo de decomposição a relação C/N diminui, tornando-se satisfatória para a ação microbiana.

Os valores da Relação C/N deste trabalho variaram de 10,45 a 12,18 para o Marmeleiro, e de 12,74 a 14,34 para a Catingueira. Esses valores são significativos para a região, entretanto se diferenciam dos encontrados por SOUTO et al. (2009) que acharam valores de 22,67 à 24,28; e Alves (2014) que obteve o valor correspondente à 22,59.

Esses valores também estão abaixo da relação C/N, encontrada por Almeida (2010), de 18,8 a 25,4, e abaixo dos limites de C/N encontrados por Santana (2005) e Souto (2006).

5.3.2.6 Porcentagem remanescente da serrapilheira

As diferenças entre os teores médios de nutrientes iniciais e finais do estudo, bem como a relação C/N da serrapilheira decomposta expostas às condições ambientais, encontra-se descrito na Tabela 03.

Tabela 03 - Teores médios e porcentagem de nutrientes na serrapilheira em relação aos teores iniciais.

DATA COLETA	C (MO)	N	P	K	C/N
	%	----- g.kg ⁻¹ -----			%
BIOMASSA INICIAL					
Marmeleiro	38,68	21,88	3,33	9,43	10,45
Catingueira	31,59	30,63	1,85	8,27	10,31
ÁREA PRESERVADA					
Marmeleiro	34,86	33,66	1,09	4,98	10,45
Catingueira	50,87	37,47	1,05	3,16	13,57
ÁREA RESTAURADA					
Marmeleiro	41,99	34,64	1,10	4,62	12,18
Catingueira	51,27	35,80	0,97	3,61	14,34
ÁREA DEGRADADA					
Marmeleiro	38,43	31,69	0,99	4,99	12,74
Catingueira	37,98	35,63	1,10	3,50	11,13
TOTAL DA VARIAÇÃO					
Marmeleiro	-0,75	34,35	-6,81	-13,70	4,02
Catingueira	45,34	17,01	-2,43	-14,55	8,10

Observa-se, na tabela acima, que a dinâmica de cada elemento variou ao longo do estudo, aumentando ou perdendo sua quantidade inicial. Nas três áreas do estudo a MO proveniente da Catingueira se sobressaiu, sempre aumentando sua oferta total em 45,34% em relação a sua massa inicial, enquanto a MO do Marmeleiro teve uma redução média da oferta de 0,75%, conforme pode ser visto na Tabela 03.

Os valores se contrastam inicialmente, pois na Área Preservada houve um acúmulo do MO pela Catingueira (19,28%) e a liberação pelo Marmeleiro (3,82%), já

na Área Restaurada foram registrados acumulos maiores para a Catingueira (19,68%) e menores para o Marmeleiro (3,31%), e na Área Degradada, houve um desprendimento do Marmeleiro (0,25%) e um acúmulo da Catingueira (6,39%).

Essas valores se justificam pela própria decomposição e perda do material foliar ocorrido nos *litterbags*, em que o Marmeleiro sofreu uma maior redução de sua biomassa em relação ao Catingueira.

Ao verificar o N ao final do período de estudo, percebe-se que o mesmo apresentou teores médios mais elevados em relação ao inicial nas três áreas, tanto para o Marmeleiro (34,35 g.kg⁻¹), quanto para a Catingueira (17,01 g.kg⁻¹).

Vuono et al., (1989) informam que os aumentos do N são atribuído à adição desse elemento por precipitações atmosféricas, restos de insetos, materiais caídos das árvores e imobilização para utilização pelos microrganismos na elaboração de protoplasma.

Em estudo realizado com espécies vegetais da Caatinga, Almeida (2010) verificou comportamento semelhante ao do N, que sofreu de acumulação do nutriente, seguido de outra de liberação ao final do estudo, semelhante ao registrado nesse estudo.

Os comportamentos do P foram semelhantes ao do K, e ambos apresentaram desprendimento rápido do material foliar para o solo. Foi observado para o P um decréscimo médio de 6,81 g.kg⁻¹ para o Marmeleiro, com maiores ocorrências na Área Degradada (2,34 g.kg⁻¹), seguidas pela Área Preservada (2,24 g.kg⁻¹) e Área Restaurada (2,23 g.kg⁻¹).

Já a Catingueira teve uma perda de P na ordem média de -2,43 g.kg⁻¹, apresentando as maiores ocorrências na área Restaurada (0,88 g.kg⁻¹), seguidas pela Área Preservada (0,80 g.kg⁻¹) e pela Área Restaurada (0,75 g.kg⁻¹).

Aita e Giacomini (2003) informam que o P pode apresentar desprendimentos significativos de decomposição devido às perdas das frações desses nutrientes solúveis em água. E foi o que Almeida (2010) verificou também, identificando uma tendência de liberação do nutriente P nas diferentes espécies avaliadas durante o seu período experimental de 360 dias.

Em relação ao K foi verificado a dissipação média de 13,70 g.kg⁻¹ para o Marmeleiro, enquanto a Catingueira teve perdas registradas de 14,55 g.kg⁻¹ em relação a massa inicial. Na Área Preservada as perdas registradas foram de 4,45 g.kg⁻¹ e 5,11 g.kg⁻¹, respectivamente para o Marmeleiro e Catingueira, na Área Restaurada o Marmeleiro teve uma perda de 4,81 g.kg⁻¹ e a Catingueira 4,66 g.kg⁻¹, e na Área Degradada o Marmeleiro perdeu 4,44 g.kg⁻¹ e a Catingueira 4,77 g.kg⁻¹.

De acordo com Andrade (1997) o K é o nutriente que possui a mais rápida liberação, dentre os outros presentes na serapilheira em todos os ecossistemas, pois segundo Kolm e Poggiani (2003) ele é um elemento muito móvel nas plantas. Coleman e Crossley (1996) afirmam ainda que, como o K não é um elemento estrutural, ele é facilmente lixiviado pelas partículas de água até encontrar as partículas do solo onde fica fixado.

Marschner (1995) explicita que por ser um elemento que não está associado a nenhum componente estrutural do tecido vegetal, o K possui uma elevada disponibilidade para o ambiente.

Já Alves (2011) registrou valores entre 3,6 a 4,2 g.kg⁻¹ do potássio em área no Pernambuco. Souto et. al. (2009) encontrou valores decompostos de 19,33% em relação as quantidades iniciais de K na Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN), em Santa Terezinha - PB.

Santana (2005) obteve os valores de K dissipados variando de 1,9 a 10,94 g.kg⁻¹. Por sua vez, Alves (2012) encontrou valores mínimos e máximos de K que ficaram entre 0,84 e 22,94 g.kg⁻¹. Souto (2005) obteve valores entre 2,29 e 7,0 g.kg⁻¹.

A relação C/N teve sua média proporcional com acréscimos para a Catingueira de 8,10 % nas três áreas, e 4,02 % para o Marmeleiro. Como a relação C/N é considerada o parâmetro mais importante em estudos de decomposição, ela revela que, para esse trabalho, quanto menor for a porcentagem de decomposição, maior será a capacidades de desprendimento do tecido vegetal. Contrariamente, e corroborando com dos resultados anteriores das taxas de decomposição e desprendimento dos demais nutrientes, a relação C/N da Catingueira teve acréscimos que fizeram seu tecido vegetal perdurar mais.

Neste trabalho os valores da relação C/N teve acréscimos que variaram para o Marmeleiro de 0,00 % à 2,29 %, e para a Catingueira variou de 0,81 % à 4,02 %. Em termos de valores da C/N, os que foram apresentados na Tabela 03 são muito próximos os encontrados Holanda (2012), que verificou valores para a relação C/N entre 10 e 18. Santana (2005) e Souto (2006) em trabalhos na Caatinga verificaram valores bem maiores da relação, que oscilaram entre 21,6 e 32,9.

5.4 Análises do Solo

5.4.1. Análises Granulométricas

As análises granulométricas correspondem as frações médias das porções de cascalho, areia, silte e argila no solo das três áreas em estudo (Tabela 04).

Tabela 04 - Granulometria média do solo.

DATA COLETA	CASCALHO	AREIA MUITO GROSSA	AREIA GROSSA	AREIA MÉDIA	AREIA FINA	SILTE + ARGILA	TOTAL
ÁREA PRESERVADA							
03/05/2016	38,13	20,95	12,37	12,69	14,20	1,67	100,00
08/09/2016	36,94	14,91	10,57	13,88	20,69	3,02	100,00
08/11/2016	41,80	19,15	13,27	13,22	11,12	1,45	100,00
08/02/2017	48,72	19,08	12,65	10,55	7,43	1,57	100,00
MÉDIA	41,40	18,52	12,21	12,58	13,36	1,93	100,00
ÁREA RESTAURADA							
03/05/2016	18,21	13,54	19,88	24,68	21,48	2,22	100,00

08/09/2016	17,75	11,45	12,79	23,58	29,26	5,17	100,00
08/11/2016	13,18	12,47	19,78	30,72	22,45	1,40	100,00
08/02/2017	25,35	13,13	18,43	25,12	17,13	0,83	100,00
MÉDIA	18,76	12,35	17,00	26,47	22,95	2,47	100,00

ÁREA DEGRADADA							
03/05/2016	24,74	11,93	15,11	23,43	23,08	1,71	100,00
08/09/2016	21,75	11,49	14,68	23,77	25,97	2,34	100,00
08/11/2016	11,17	13,42	17,65	27,97	27,95	1,85	100,00
08/02/2017	24,13	13,38	17,07	23,60	21,02	0,80	100,00
MEDIA	19,02	12,76	16,47	25,11	24,98	1,66	100,00

Na Tabela 04 são apresentados os valores médios das frações de cascalho, areia e silte e argila. Ao verificar os valores percebe-se uma variação muito grande nos valores pesados para o cascalho, que variam de acordo com a quantidade e tamanho das amostras de rochas agregadas encontrados no solo.

É perceptível que as frações de areia (muito grossa, grossa, média e fina) não variam muito em sua constituição, sendo também, muito parecidas. Entretanto, para caracterizar melhor as proporções, foi feito o a subtração do cascalhos e recalculados as frações de terra fina das análises (Tabela 05).

Tabela 05 - Porcentagens médias da fração de solo fino.

DATA COLETA	AREIA MUITO GROSSA	AREIA GROSSA	AREIA MÉDIA	AREIA FINA	SILTE + ARGILA	TOTAL
ÁREA PRESERVADA						
03/05/2016	33,69	20,02	20,60	22,90	2,79	100,00
08/09/2016	23,40	16,73	21,98	33,00	4,89	100,00
08/11/2016	33,10	22,86	22,61	18,86	2,57	100,00
08/02/2017	36,91	24,79	20,94	14,27	3,08	100,00
MÉDIA	31,78	21,10	21,53	22,26	3,34	100,00
ÁREA RESTAURADA						
03/05/2016	16,60	24,42	30,17	26,08	2,73	100,00
08/09/2016	14,01	15,55	28,63	35,56	6,25	100,00
08/11/2016	14,26	22,77	35,45	25,89	1,63	100,00
08/02/2017	17,85	24,74	33,68	22,65	1,07	100,00
MÉDIA	15,20	20,93	32,58	28,25	3,04	100,00

ÁREA DEGRADADA						
03/05/2016	15,86	20,14	31,32	30,36	2,31	100,00
08/09/2016	14,85	18,79	30,25	33,11	3,00	100,00
08/11/2016	15,06	19,87	31,50	31,49	2,09	100,00
08/02/2017	17,75	22,55	31,02	27,62	1,05	100,00
MÉDIA	15,76	20,33	31,01	30,85	2,05	100,00

Os valores médios da granulometria para as três áreas em estudo são dentro dos valores médios encontrados por Farias (2007), Galindo (2008) Almeida (2010), e também por Araújo (2012).

A Tabela 05 indica que a partir das frações médias de areia penereiradas, cuja porcentagem dos valores se concentram em cerca de 97%, concluindo que maior parte da sua composição é areia. Um solo muito arenoso, formado aproximadamente por 2,8% de argila + silte, só poderia ser classificado como um Neosolo Regolítico.

Tanto na Tabela 05, quanto na Tabela 06, os valores de cascalho e areia grossa são maiores na Área Preservada, que detém uma quantidade maior de árvores, raízes e matéria orgânica na camada superficial do solo. Galindo (2008) confirma que esses teores mais elevados de cascalho nos horizontes superficiais estão relacionados com maior disponibilidade de água, favorecendo o desenvolvimento do estrato lenhoso.

5.4.2 Umidade e Densidade

O cálculo da umidade e da densidade se dão de forma concumitantes, e esses dois parâmetros podem ser vistos na Figura 28.

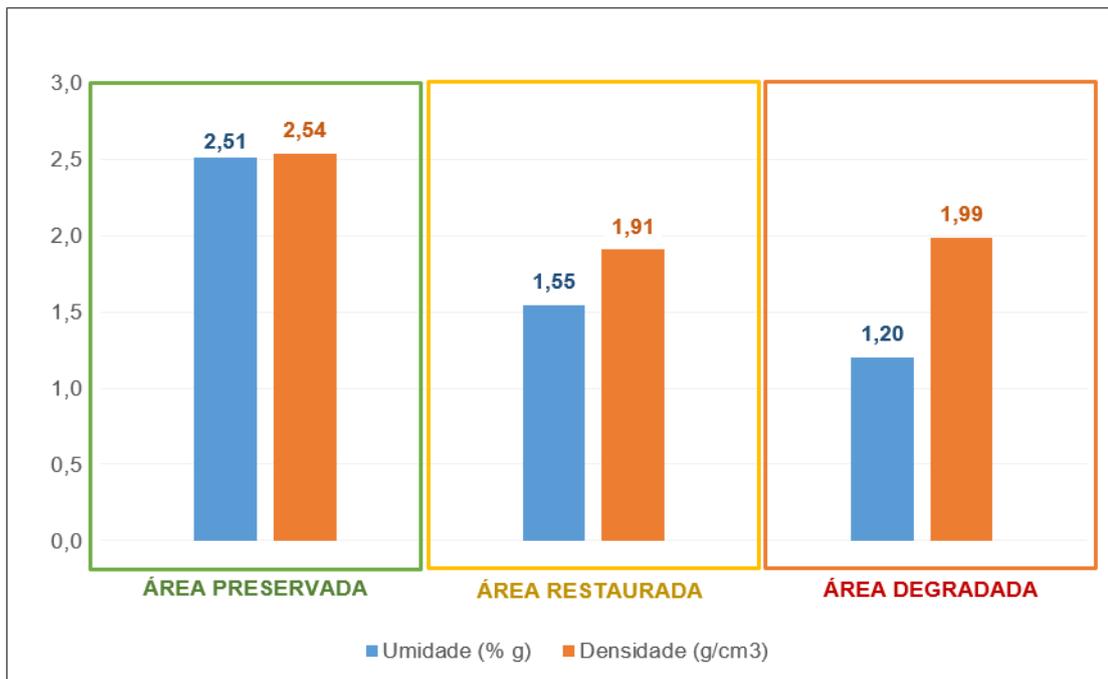


Figura 28 - Médias da distribuições de umidade e densidade do solo.

A umidade do solo é um parametro manifestado pela capacidade de retenção de água no solo, e como nas áreas degradadas, onde os solos estão totalmente expostos sem proteção alguma da cobertura vegetal, a umidade é menor (1,20 % g), e conseqüentemente, maior nas áreas Restauradas (1,55% g) e Preservada (2,51 % g), indicando que nos solos onde a vegetação da Caatinga está presente, até em forma de matéria orgânica sob o solo, há a tendência maior para a retenção de água, e conseqüentemente, a capacidade de agregação do solo (densidade) também será maior.

Na Área Preservada, apesar do solo ser mais pedregoso (41,40 % de cascalho), sua densidade (2,54 g/cm³) é maior que nas outras áreas, indicando que este solo está mais protegido contra intemperes físicos, como a chuva ou a erosão, e agregado, especialmente pela quantidade maior de raízes presentes. Já na Área Restaurada, onde a umidade é 1,55 % g, e a densidade 1,91 g/cm³, o solo é menos compactado, mas mais úmido, pela maior quantidade plantas e raízes encontradas, do que na Área Degradada, que apesar de ter uma densidade um pouco maior do que a da Área Restaurada, possui a umidade mais baixa (1,20 % g), indicando uma maior desagregação do solo, que não consegue reter água por falta de compostos orgânico em sua estrutura.

Em trabalho realizado por Farias (2007) foi encontrado os valores representativos para Neossolos Regolíticos de 1,67 g/cm³ para a Densidade e 4,6 % para Umidade. Almeida (2010) encontrou valores para densidade do solo variando de 1,66 à 2,6 g/cm³.

MELO et. al. (2010) ressalta que a densidade dos solos da na Microbacia do Riacho do Tronco, em Boa Vista – PB, variou de 1,46 a 1,83 g/cm³. Já em solos manejados de Caatinga no Piauí, Santiago et. al. (2013) encontrou valores de densidade de 1,44 g/cm³ e umidade de 4,67 %.

Por sua vez, Galindo et. al. (2008) estudando diferentes áreas degradadas na Caatinga do Sertão Pernambucano, encontrou valores médios de umidade e densidade para áreas conservadas, respectivamente, de 1,53 g/cm³ e 5,95 %; para áreas moderadamente degradadas de 1,22 g/cm³ e 7,8 %; e, em áreas degradadas 1,59 g/cm³ e 6,82 %.

5.4.3. Análises de Fertilidade

Na Tabela 06 são apresentados os valores de fertilidade do solo.

Tabela 06 - Fertilidades médias do solo.

DATA COLETA	pH	P	K ⁺	Na ⁺	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Al ⁺³	H ⁺ +Al ⁺³	SB	CTC	V	MO	PST
	H ₂ O	mg.dm ⁻³	cmolc.dm ⁻³							%	g.kg ⁻¹	%	
ÁREA PRESERVADA													
03/05/2016	6,00	9,67	0,31	0,14	3,83	0,53	0,03	2,62	4,82	7,44	66,22	33,74	2,01
08/09/2016	5,98	8,25	0,33	0,12	7,72	0,98	0,07	1,95	9,15	11,09	83,34	35,42	1,10
08/11/2016	6,32	27,83	0,44	0,10	6,37	1,50	0,84	2,43	8,41	10,85	77,40	36,44	0,97
08/02/2017	6,35	25,06	0,62	0,10	7,50	1,13	0,34	0,67	9,36	10,03	92,27	30,84	1,04
MÉDIA	6,16	17,70	0,43	0,12	6,35	1,04	0,32	1,92	7,93	9,85	79,81	34,11	1,28
ÁREA RESTAURADA													
03/05/2016	7,12	12,16	0,60	0,05	5,93	0,83	0,00	0,20	7,42	7,62	96,99	20,99	0,68
08/09/2016	7,08	8,92	0,36	0,04	2,80	0,67	0,00	0,00	3,87	3,87	100,00	6,83	1,18
08/11/2016	6,90	17,04	0,49	0,06	2,27	0,83	0,00	0,83	3,65	4,48	82,58	6,79	1,37
08/02/2017	7,03	19,41	0,58	0,06	2,50	1,00	0,00	0,00	4,14	4,14	100,00	7,20	1,37
MÉDIA	7,03	14,38	0,51	0,05	3,38	0,83	0,00	0,26	4,77	5,03	94,89	10,45	1,15

ÁREA DEGRADADA													
03/05/2016	6,00	9,67	0,31	0,14	3,83	0,53	0,03	2,62	4,82	7,44	66,22	33,74	2,01
08/09/2016	7,17	11,36	0,77	0,06	4,40	0,97	0,00	0,08	6,20	6,27	98,64	19,29	0,95
08/11/2016	6,83	26,85	1,54	0,05	3,97	0,93	0,00	0,78	6,49	7,27	89,44	22,58	0,75
08/02/2017	6,78	27,68	1,46	0,06	4,23	1,17	0,00	0,45	6,92	7,37	93,85	20,79	0,84
MÉDIA	6,70	18,89	1,02	0,08	4,11	0,90	0,01	0,98	6,11	7,09	87,04	24,10	1,14

Ao analisar a Tabela 06 percebe-se que o solo das áreas do estudo possuem seu pH variando de 5,98 a 7,17 (H₂O). Podendo ser caracterizado como de ácido alcalino caracterizando-se como um solo ácido, na Área Preservada e Degradada, e alcalino na área Restaurada.

De acordo com Pruski (2011) para a maioria das culturas agrícolas a faixa ideal de pH do solo varia de 5,5 a 7, pois permite maior disponibilidade e aproveitamento dos nutrientes essenciais à planta.

Em relação a quantidade de Fósforo (P) verificou-se que nos primeiros 180 dias do trabalho ela apresentou-se baixa, variando em cerca de 10 mg.dm⁻³, e posteriormente, nos 180 dias finais do experimento sua quantidade duplica, e ou quase triplica, e os valores médios chegam a ser registrados em cerca de 23,98 %, fujindo dos padrões de regularidade dos demais elementos catalogados.

Esse fato pode ser explicado por que nos primeiros 180 dias do estudo as folhas das espécies vegetais presentes nas áreas em estudo, estavam todas ligadas ao galhos das suas respectivas árvores, no período mais chuvoso e mais frio. Nos demais 180 dias do experimento, com a chegada do período mais seco, as folhas caíram permanecendo sob solo (Figura 29), se decompondo e transferindo Matéria Orgânica, especialmente na forma dos macronutrientes, e como o solo é bastante argiloso, esses macronutrientes ficam prontamente disponíveis para absorção.



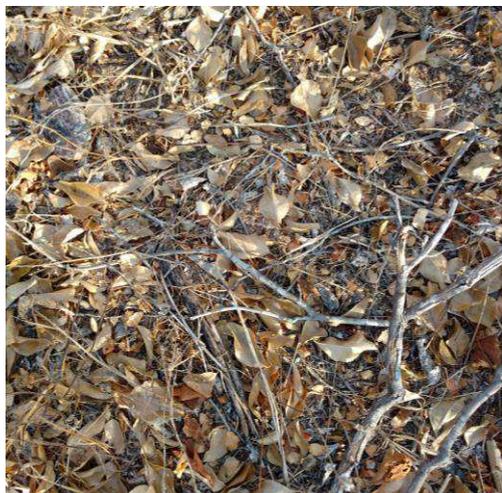
(a)



(b)



(c)



(d)



(e)



(f)

Figura 29 – Aporte de espécies vegetais e suas respectivas serrapilheiras das Áreas Preservadas (a e b), Restaurada (c e d), e Degradada (e e f).

Um vez que o aumento do P foi considerável em todas as áreas, associá-se a esse fator, também a decomposição da serrapilheira presente nos *litterbags*, que também transferiu P para o solo, assim como C, N e K.

Em revisão sobre os fatores que controlam a disponibilidade de fósforo no solo no semiárido nordestino, Salcedo (2006), citando vários autores, destaca a importância das fontes orgânicas para a reciclagem no elemento, pois o teor de P inorgânico disponível é insuficiente na maioria dos solos da região e a maior parte do solo (30 a 60%) encontra-se na forma orgânica, o qual precisa ser hidrolisado por enzimas antes de poder reciclar com ânion ortofosfato.

Flutuações temporais na atividade e biomassa microbiana e, conseqüentemente, no P nela imobilizado, podem ocorrer em função da temperatura e umidade da camada superficial do solo e, por conseguinte, elevar as taxas de mineralização do elemento, situação esta passível de ocorrer efetivamente na Caatinga (ALMEIDA, 2010)

O nutriente Potássio (K^+) está diretamente associados com a característica do material de origem e com a disponibilidade hídrica, onde o teor de água no solo afeta a difusão e o seu gradiente de concentração (ERNANI et al., 2007). Para esse trabalho foram verificados valores de K^+ variando de 0,31 à 0,44 $mg.dm^{-3}$ para a Área Degradada, 0,36 à 0,60 $mg.dm^{-3}$ para a Área Restaurada, e 0,31 à 0,46 $mg.dm^{-3}$ para a Área Preservada.

Assim como o P, foi perceptível, também, um acréscimo nos teores de K^+ nos últimos 180 dias do experimento. Esse fato se relaciona com o acúmulo da serrapilheira e a dispersão dos seus nutrientes, tanto os naturais, quanto os dos *litterbags*.

A Soma de Bases Trocáveis (SB) reflete a soma de cálcio, magnésio, potássio e, se for o caso, também o sódio, todos na forma trocável, do complexo de troca de cátions do solo (LOPES e GUILHERME, 2004). Sua importância na fertilidade dos solos refere-se ao fato que são utilizadas no cálculo da saturação por

bases (%V), além do fato de representarem de 60-90% do complexo de troca catiônica do solo, que fornecem suporte a uma adequada nutrição mineral e produtividade das plantas, devido às funções essenciais que cada mineral exerce (BRITO, 2010).

Quanto maior for o valor da SB, maior será também a indicação que o solo possui um nível de fertilidade maior. Os valores médios da SB encontrados neste trabalho foram maiores na Área Preservada (7,93 $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$), e respectivamente na Degradada (6,11 $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$), e Restaurada (4,77 $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$). E apesar da Área Preservada possuir um valor maior da SB, a Área Degradada se mostrou mais fértil do que a área Restaurada.

A Capacidade de Troca de Cátions (CTC) representa a quantidade total dos cátions Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , H^+ e Al^{3+} retidos na superfície do solo, em condições de serem trocados e permutados.

Ronquim (2010) explicita que a capacidade de troca iônica dos solos representa, portanto, a graduação da capacidade de liberação de vários nutrientes favorecendo a manutenção da fertilidade por um prolongado período. Se a CTC do solo está ocupada por cátions essenciais como Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+ , pode-se dizer que esse é um solo bom para a nutrição das plantas, do contrário, se a CTC possui cátions potencialmente tóxicos como H^+ e Al^{3+} , este solo será pobre.

Neste trabalho os valores médios de CTC da Área Preservada (9,85 $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$) foi maior do que na Área Restaurada (5,03 $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$) e Degradada (7,09 $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$), e a soma dos cátions Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+ foi superior a dos H^+ e Al^{3+} , indicando que esses solos são propícios a realização de boas trocas de nutrientes. Entretanto, Farias (2007), estabeleceu o valor de uma CTC representativa para Neossolos Regolíticos como sendo de 3,97 $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$. Ao comparar os valores encontrados com o valor de referência, verifica-se que os deste trabalho são superiores, mesmo nos solos que foram perturbados.

A Saturação por bases (V%) é a porcentagem de íons benéficos aderidos quimicamente a parte mineral do solo. Quanto maior esse valor, mais nutrientes a planta tem para absorver (PRIMAVESSI, 2002). De acordo com Lopes e Guilherme (2004) é um dos parâmetros que revela a fertilidade de um solo com mais ênfase, pois é um parâmetro utilizado para separar solos considerados férteis ou eutróficos (V% >50), de solos de menor fertilidade ou distróficos (V% < 50%).

As V% determinadas para os solos das Áreas Preservada, Restaurada e Degradada, foram respectivamente 79,81%, 94,89% e 87,04%, indicando que todos os solos são eutróficos, com altos níveis de fertilidade. Vale salientar que, apesar dos níveis de fertilidade serem menores na Área Preservada, a diversidade de espécies vegetais é bem maior, o que permite que os nutrientes presentes no solo sejam sintetizados e permutados de forma eficaz, justificando a proporcionalidade inversa dos valores de SB e CTCV.

Essa mesma proporção foi determinada também para os valores de SB, CTC e V% nas outras duas áreas do estudo. Na Área Restaurada foram registrados menores valores de SB e CTC, e conseqüentemente o maior valor de V%. E na Área Degradada, que se comportou com valores médios entre as demais, a fertilidade foi maior que na Área Preservada, indicando que o solo, apesar de ser mais seco e desagregado, possui bons aportes minerais.

A Matéria Orgânica tem efeito direto sobre as características físicas, químicas e biológicas do solo, sendo considerada uma peça fundamental para a manutenção da capacidade produtiva dos solos em qualquer ecossistema terrestre (PEREIRA, 2013).

De acordo com Wendling et al., (2005), ela se torna uma cobertura eficiente do solo impede a ação direta das gotas de chuvas, mantendo mais estáveis as variações de temperatura e umidade, favorecendo o desenvolvimento do sistema radicular e a atividade microbiana, contribuindo para a criação de um ambiente mais favorável à agregação das partículas do solo e, conseqüentemente, melhoria da sua qualidade

Os valores encontrados e MO revelam incrementos significativos na Área Preservada (34,11 g.kg⁻¹), na Área Degradada (24,10 g.kg⁻¹), e na Área Restaurada (10,45 g.kg⁻¹). E de acordo com Brito (2007) podem ser classificados, respectivamente, como solos cujo teor de MO é alto, médio e baixo.

Tótoła e Chaer (2002) destacam que a matéria orgânica do solo é o melhor atributo para determinar sua qualidade, porém, em função da biota e dinâmica do solo, é importante avaliar seus teores associados à capacidade de troca de cátions, uma vez que esta variável se relaciona diretamente com os incrementos de matéria orgânica através do manejo da caatinga.

Os valores de MO influenciam diretamente a CTC do solo, em virtude do aumento do balanço de cargas negativas ou da diminuição da atividade do H⁺, da qual participam também os cátions presentes na solução do solo (FALLEIRO et al., 2003).

Nos solos da Área Restaurada pode-se verificar, tanto, os menores valores de MO, quanto os menores valores de CTC, contrariamente os teores de MO e CTC foram maiores nas Áreas Preservada e Degradada. Pode-se afirmar, portanto, que nos solos das áreas experimentais em estudo, não existe deficiência de macronutrientes para as plantas.

A Porcentagem de Sódio Trocável (PST) são valores fundamentais para avaliar a salidade dos solos. De acordo com EMBRAPA (1999) e Richards (1954) um solo pode ser considerado salino quando a sua PST for menos que 15%.

A PST do solo está ligada à fertilidade por várias condições importantes, tais como, estrutura, solubilidade de minerais, disponibilidade de nutrientes, atividade de microrganismos e absorção de íons pela planta são influenciadas pela reação do solo (RONQUIM, 2010). Segundo Brito (2010) em regiões semiáridas, solos salinos provocam sérios problemas de dispersão do solo, com deterioração da estrutura e, conseqüentemente, das propriedades de infiltração de água e aeração.

Os solos das três áreas apresentaram PST muito baixa, sendo 1,28% na Área Preservada, 1,15% na Área Restaurada, e 1,14% na Área Degradada, e apesar dos valores indicarem uma salinidade presente, que pode ser prejudicial para a estrutura do solo, os parâmetros de SB, CTC, V% e MO indicam que esses solos tem uma boa qualidade.

Os dados de fertilidade são bem semelhantes, em valores médios, aos encontrados em estudos diversificados na Paraíba relacionados a dinâmica solo-planta-vegetação. A exemplo de Melo et al (2007), Galindo et al (2008), Almeida (2010), Brito (2010), Pereira (2010), Araújo (2012), Alves (2012), e mais aproximados com o estudo desenvolvido por Pereira (2013) realizado em diferente áreas degradadas, também, no município de Picuí.

5.5 Análises da Macrofauna

5.5.1. Macrofauna Decompositora da Serrapilheira

A abundância da macrofauna decompositora de serrapilheira ao longo do período do estudo pode ser visto na Tabela 07.

Tabela 07 - Média da abundância das espécies da macrofauna decompositora de serrapilheira.

DATA COLETA	ÁREA PRESERVADA	ÁREA RESTAURADA	ÁREA DEGRADADA	TOTAL
03/05/2016	6,00	9,00	15,00	30,00
08/09/2016	1,00	1,00	3,00	5,00
08/11/2016	12,00	27,00	47,00	86,00
08/02/2017	0,00	9,00	59,00	68,00
TOTAL	19,00	46,00	124,00	189,00
MÉDIA	4,75	11,50	31,00	47,25

A Tabela 07 apresenta a quantidade de espécies encontradas durante as quatro coletas realizadas ao longo ano do estudo. Fica evidente que a quantidade das espécies totais e médias da macrofauna é bem maior, respectivamente, na Área Degradada (124, e 31,00), Restaurada (46,00 e 11,50) e Preservada (19,00 e 4,7).

Apesar da Área Preservada conter uma maior quantidade de espécies vegetais, raízes, e processos de ciclagem, e a sua vegetação apresentar-se mais preservada e diversificada, entende-se que a macrofauna está mais distribuída sob a superfície do seu solo, por que existem um aporte maior vegetal, de folhas, flores e galhos, sendo espalhados mais diversificadamente sobre o solo. Na Área Restaurada, onde encontra-se uma diversidade considerável de espécies vegetais, não tanto quando na Área Preservada, a macrofauna se mostra um pouco mais abundante, mas também, distribuída uniformemente na área do estudo, fato também evidenciado pelo aporte de serrapilheira existente.

Já a Área Degradada, apresenta-se de forma contraditória as demais áreas, se sobressaindo em quantidade de espécies totais contabilizada. Tal fato está ligado a pouca, ou nenhuma, disponibilidade de vegetação na área, e que, dessa forma, quando a macrofauna presente se deparou com os *litterbags* sob o solo degradado,

transformou-os em um local de abrigo, aonde existia disponível umidade, alimentação, e abrigo para os invertebrados climáticos (sol, ventos e chuva).

A caracterização da macrofauna decompositora de serrapilheira, identificada durante o ano de estudo pode ser visto na Tabela 08.

Tabela 08 - Média das Espécies da Macrofauna decompositora de serrapilheira.

Macrofauna / Área	Preservada	Restaurada	Degradada	TOTAL
<i>Hymenoptera</i>	13,00	6,00	28,00	47,00
<i>Orthoptera</i>	3,00	1,00	0,00	4,00
<i>Coleoptera</i>	1,00	9,00	0,00	10,00
<i>Blattodea</i>	0,00	1,00	0,00	1,00
<i>Diplura</i>	2,00	22,00	95,00	119,00
<i>Pseudoscorpiones</i>	0,00	7,00	0,00	7,00
<i>Araneae</i>	0,00	0,00	1,00	1,00
TOTAL	19,00	46,00	124,00	189,00
MÉDIA	4,75	7,67	62,00	24,81

As espécies encontradas durante todo o estudo foram de ordens, Araneae, Blattodea, Coleoptera, Diplura, Hymenoptera, Pseudoscorpiones e Orthoptera.

5.5.2. Macrofauna Decompositora do Solo

A abundância da macrofauna decompositora de solo ao longo do período do estudo pode ser visto na Tabela 09.

Tabela 09 - Média da abundância das espécies da macrofauna decompositora no solo.

MÉDIA DA ABUNDÂNCIA DA MACROFAUNA DO SOLO				
Data coleta / Área	Preservada	Restaurada	Degradada	TOTAL
03/05/2016	0,00	2,00	0,00	2,00
08/09/2016	0,00	0,00	0,00	0,00
08/11/2016	0,00	0,00	2,00	2,00
08/02/2017	0,00	0,00	1,00	1,00
TOTAL	0,00	2,00	3,00	5,00
MÉDIA	0,00	0,50	0,75	1,25

A Tabela 09 apresenta a quantidade de espécies encontradas durante as quatro coletas realizadas ao longo do ano do estudo. Fica evidente que a quantidade

das espécies totais e médias da macrofauna é quase inexistente, respectivamente, na Área Degradada(3 e 0,75), Restaurada (2 e 0,50) e Preservada (0 e 0).

Por possuir um solo muito arenoso e sem muita matéria orgânica sendo decomposta, a macrofauna edáfica prefere se concentrar acima da superfícies. A caracterização da macrofauna decompositora do solo, identificada durante o ano de estudo pode ser visto na Tabela 10.

Tabela 10 - Média das Espécies da Macrofauna do solo.

Macrofauna / Área	Preservada	Restaurada	Degradada	TOTAL
<i>Hymenoptera</i>	0,00	0,00	2,00	2,00
<i>Orthoptera</i>	0,00	1,00	1,00	2,00
<i>Coleoptera</i>	0,00	1,00	0,00	1,00
<i>Blattodea</i>	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Diplura</i>	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Pseudoscorpiones</i>	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Araneae</i>	0,00	0,00	0,00	0,00
TOTAL	0,00	2,00	3,00	5,00
MÉDIA	0,00	1,00	1,50	2,50

Como na Caatinga o folhiço é praticamente inexistente, a fauna de artrópodes de solo também é pouco representativa, sendo identificadas no solo as espécies de ordem Coleoptera, Hymenoptera e Orthoptera. Esse padrão também foi observado por Leal (2002), comparando a fauna de formigas da zona da mata, agreste e sertão de Pernambuco. (LEAL, 2002).

5.5.3. Caracterização das Espécies da Macrofauna Decompositora

As espécies encontradas durante todo o estudo foram da classe Insecta incluindo as ordens, Blattodea, Coleoptera, Hymenoptera, Orthoptera, a classe Arachnida, com ordens Araneae e Pseudoscorpiones e a classe Entognatha de ordem Diplura, sendo os mais abundantes, Diplura , seguida da Hymenoptera.

A ordem de predominância dos grupos seguiu as ordens para a serrapilheira: Diplura > Hymenoptera > Coleoptera > Pseudoscorpiones > Orthoptera > Araneae =

Blattodea (Figura 30).; e, para o solo o solo: Hymenoptera = Orthoptera > Coleoptera.



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)



(f)



(g)

Figura 30 - Representantes de ordens da macrofauna edáfica encontrados em amostra de serrapilheira e solo: (a) Diplura; (b) Hymenoptera; (c) Coleoptera; (d) Pseudoscorpiones; (e) Orthoptera; (f) Araneae; (g) Blattodea.

Essa composição total da comunidade de invertebrados difere da encontrada por Almeida (2010), que observou ocorrências bem superiores em número de indivíduos, seguindo a orde: Acarine > Collembola > Hymenoptera > Diptera. Já Araújo et al. (2009) encontrou resultados quanto à ordem de predominância dos grupos: Acarine > Collembola > Diptera > Hymenoptera, também em área de Caatinga na Paraíba.

5.5.3.1. Diplura

Os Diplura são hexápodes ápteros com metamorfose simples que, devido às peças bucais internas, pertencem ao grupo dos Entognatha (Hennig, 1981). Possuem mandíbulas e maxilar que ficam ocultos dentro de uma tipo de bolsa na cápsula cefálica (FIGUEIREDO, 2009).

Apresentam coloração clara e medem de 5 a 15 mm, portanto podem medir 60 mm no caso de espécies tropicais e subtropicais (EDWARDS e FLECTCHER, 1971). De acordo com Figueiredo (2009) possuem cercos geralmente alongados formando dois filamentos caudais. São desprovidos de olhos e asas (apterigotos) e suas antenas são do tipo moniliforme, tórax pouco desenvolvido e o abdome com 10 segmentos (KROLOW, 2009).

Os Dipluras ocupam todos os continentes, com exceção das regiões polares e dos terrenos permanentemente congelados, e estendem-se a todos os ecossistemas subterrâneos do solo, localizando-se nos horizontes A e B, sendo mais abundantes nos meses mais quentes do que nos mais frios (MOCHOLÍ, 2009).

São encontrados em lugares úmidos no solo, sob cascas, pedras e madeiras, troncos em putrefação e cavidades (TRIPLEHORN e JOHNSON, 2005) e também vivem em ambientes muito secos como a Caatinga (FIGUEIREDO, 2009). Sua alimentação varia, de acordo com a família correspondente, entretanto, a maioria é herbívora, podendo ser também carnívoros (CONDÉ e PAGÉS, 1991).

5.5.3.2. Hymenoptera

Na Ordem Hymenoptera, as espécies de formigas são os principais representantes, e constituem cerca de 10% da biomassa total de animais de florestas tropicais, savanas, campos e outros habitats importantes do planeta (Agosti et al. 2000). Devido a essa marcante dominância numérica, as formigas ocupam um papel ecológico chave nos ecossistemas, pois são os principais organismos a tornar o Nitrogênio disponível para as plantas (HÖLLDOBLER e WILSON, 1990).

Como as plantas são a base de toda a cadeia alimentar, todos os demais organismos do sistema, de herbívoros a predadores de topo, são indiretamente influenciados pelas formigas (LEAL et al, 2003). Segundo Wink (2005) as formigas são o grupo taxonômico dominante na maioria dos ecossistemas, estando presentes nos mais diferentes habitats. A predominância do grupo Hymenoptera na caatinga também pode ser observados nos trabalhos de Rodrigues et.al.(2007) e Souto et. al. (2008).

Gondim et al. (2010) estudando a área de Caatinga no Agreste da Paraíba, detectaram o grupo Hymenoptera como o mais abundante independente do período seco ou chuvoso. Já Bruchman et al. (2015) mencionam que este grupo se movimentam seus ninhos no período de seca em busca de alimento. E Gomes (2014) menciona que o elevado número de indivíduos do grupo Hymenoptera, está relacionado ao fato deste grupo ser mais resistentes às altas temperaturas.

5.5.3.3. Coleoptera

Os insetos da Ordem Coleoptera, conhecidos popularmente como besouros, representam um dos grupos animais mais diversos, apresentando aproximadamente 300.000 espécies descritas (RICHARDS e DAVIES 1994, LAWRENCE et al. 1999). Tamanha riqueza se traduz em nada menos que 40% das espécies de insetos e 30% de todas as espécies animais (LAWRENCE e BRITTON, 1991).

Os besouros consomem todo tipo de recurso alimentar, existindo espécies predadoras, herbívoras, brocadoras de sementes, galhadoras, polinizadoras e detritívoras (LOUZADA, 2008). Esses besouros são detritívoros e são fortemente influenciados pela cobertura vegetal e pelo tipo de solo (LOUZADA & ZANETTI, 2013).

Essencialmente fitófagos, alimentam-se de partes verdes, flores, néctar, pólen, frutos maduros e casca de várias espécies vegetais (ARNETT, 1963; CROWNSON, 1981, MARTINS, 1997, LAWRENCE, et al., 1999). Podem também alimentar-se das fezes de mamíferos (coprófagos), carcaças (necrófagos), fungos (micetófagos) e frutos em decomposição (carpófagos), entre outros materiais (saprófagos), e têm o hábito de enterrar os recursos alimentares no perfil do solo (LOUZADA, 2008; KORASAKI et al., 2013).

5.5.3.4. Arachinida (Aracnae e Pseudoscorpiones)

As ordem Arachinida é composta predominantemente por animais terrestres (DUNLOP e WEBSTER, 1999), e constitui a maior e mais importante classe de quelicerados, pois nela estão incluídas as formas mais comuns e familiares, como aranhas, escorpiões e carrapatos (SOUZA, 2007).

Estão envolvidas em processos fundamentais no ecossistema, tais como, a transferência de energia na cadeia alimentar (ROMÃO, 2008; DIAS et al., 2005). Vivem, preferencialmente, na serapilheira, podendo ocupar espaços no solo, utilizando muitos invertebrados do solo como presas (CATANOZI, 2010).

Todas são predadoras e alimentam-se de uma grande variedade de presas (NYFFELER et al. 1994), sobretudo insetos (NENTWIG, 1989), pequenos animais, como sapos e lagartos, que habitam o solo da floresta na região neotropical (ARMAS, 2000, MENIN et al., 2005, BARBO et al., 2009).

Por estarem no topo da cadeia alimentar dos invertebrados (CODDINGTON et al. 1991) e pela sua alta diversidade e abundância, as aranhas e os escorpiões

possuem relevante importância ecológica (CODDINGTON et al. 1991, CHURCHILL 1997), e podem ser utilizadas em monitoramentos ambientais (NEW, 1999).

5.5.3.5 Orthoptera

Ordem Orthoptera é um grupo, onde estão inseridos os gafanhotos, grilos, esperanças e paquinhos, são insetos de tamanho e forma variáveis, asas podem estar presentes, reduzidas ou ausentes, asas anteriores coriáceas e posteriores membranosas e pernas posteriores saltadoras, pronoto grande, estendendo-se sobre os lados do tórax, vários são capazes de produzir sons e possuem ouvidos timpânicos (CONSTANTINO, 2002).

Segundo Santos Júnior (2013) este grupo é reconhecido, principalmente, por sua importância ecológica e econômica, por que são desfolhadores (consumidores primários) e, por isso, contribuem de forma direta na introdução de matéria orgânica no solo e, também, por comporem a base alimentar de muitos vertebrados (por exemplo, sapos, lagartos, aves, macacos, etc.) e de invertebrados, principalmente.

Os gafanhotos constituem um dos maiores, e possivelmente o mais dominante, grupo de insetos herbívoros da Terra características que os tornam insetos especialmente importantes para o sistema de defesa fitossanitária visando à proteção das plantas cultivadas (GANGWERE et al. 1997).

Encontram-se distribuídos em todos os ecossistemas terrestres, sendo sua biodiversidade mais diversa nos trópicos, com uma grande diversidade de formas e cores, envolvendo imitações de folhas ou outras vegetações, permitindo com que estes espécimes sejam confundidos com o ambiente em que estão inseridos (SANTOS JÚNIOR, 2013)

5.5.3.6. Blattodea

A ordem Blattodea é constituída principalmente por insetos do tipo baratas, e permanecem praticamente inalterados quanto aos seus hábitos e sua forma corpórea primitiva (ROBINSON, 1996). Por isso, a barata é considerada o inseto de

maior capacidade de adaptação às mais variadas condições do meio ambiente e o mais resistente do reino animal (POTENZA, 2005).

Geralmente apresentam tamanho variando de médio a grande, possuindo corpo ovalado e achatado, pernas adaptadas para correr, e a maioria apresenta asas e antenas longas (CONSTANTINO, 2002). Cochran (1999) e Potenza (2005) explicitam que esses insetos vivem em praticamente todos os ecossistemas e ambientes ao redor do mundo, com exceção aonde o clima é polar.

As espécies selvagens vivem de insetos mortos ou vegetais, ou detritos, mas as espécies domésticas atacam todas as substâncias comestíveis que encontram, causando grandes danos, mais para que eles estragem do que o que eles consomem (TORRES, 2015).

Zorzenon (2002) acrescenta que muitas espécies silvestres vivem na natureza e são importantes na cadeia ecológica, servindo de alimento para outros animais e auxiliando na incorporação de nutrientes ao meio em que se encontram.

De acordo Torres (2015) as baratas geralmente procuram lugares úmidos, quentes e protegidos, como a serrapilheira das florestas, o esgoto, ou as cavernas, embora, possam suportar ambientes secos, quando comem alimentos ricos o suficiente em água, por isso não é incomum encontrar algumas baratas nas regiões desérticas.

Esses são os insetos mais comuns ao convívio humano devido à disponibilidade de alimento, abrigo e água. São reservatórios naturais de microorganismos patógenos, podendo afetar a saúde humana (DÍAZ et al., 2003). Segundo Potenza (2009), as baratas são capazes de transportar um grande número de bactérias, fungos, helmintos, protozoários e vírus. A sua presença causa aflição, angústia, stress e é tida como vetora mecânica de doenças (CORNWELL, 1968, 1976).

5.6. Análises do Efluxo de CO₂ no Solo

As medições do Efluxo de CO₂ no solo foram realizadas, e suas médias anuais computadas e representadas na Tabela 11, juntamente com os valores de temperatura do solo registrados na hora da medição.

Tabela 11 - Média das medições do Efluxo de CO₂.

MÉDIA DO EFLUXO DE CO₂		
DATA COLETA	EFLUXO DE CO₂	TEMPERATURA
ÁREA PRESERVADA		
03/05/2016	2,03	28,44
08/09/2016	0,37	35,36
08/11/2016	0,40	35,02
08/02/2017	0,39	35,98
MÉDIA	0,80	33,70
ÁREA RESTAURADA		
03/05/2016	1,25	28,35
08/09/2016	0,26	38,34
08/11/2016	0,29	32,61
08/02/2017	0,33	33,86
MÉDIA	0,53	33,29
ÁREA DEGRADADA		
03/05/2016	1,30	28,89
08/09/2016	-0,02	40,08
08/11/2016	0,16	30,00
08/02/2017	0,15	31,41
MÉDIA	0,40	32,59

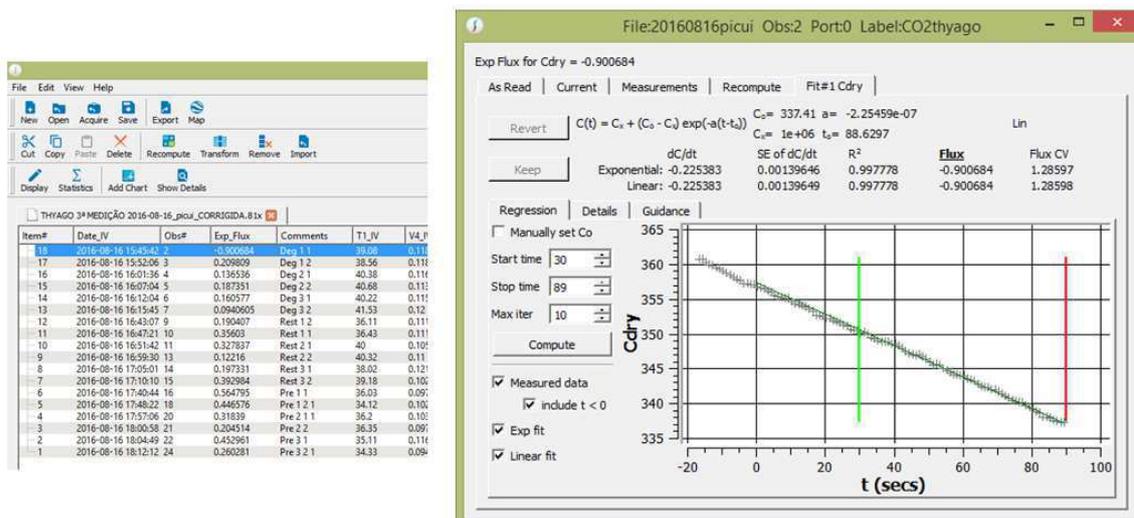
As medições do Efluxo de CO₂ no solo, comportaram-se sempre com valores muito baixos. Tais efeitos são de fato relativos a presença da cobertura vegetal, que regula a quantidade de processos que ocorre nessas áreas de Caatinga no SAB. Evidentemente, que conforme valores das demais variáveis estudadas, os valores do Efluxo de CO₂ na Área Preservada, correspondentes a 0,80 $\mu\text{mol}(\text{CO}_2).\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$, foram superiores as medições na Área Restaurada, com 0,53 $\mu\text{mol}(\text{CO}_2).\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$, e na Área Degradada (0,40 $\mu\text{mol}(\text{CO}_2).\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$).

Em relação as quatro medições realizadas durante o experimento, verifica-se que a primeira medição, feita no dia 03/05/2016, foi a que conseguiu se sobressair das demais medições, com maiores valores registrado nas três áreas em estudo, respectivamente, 2,03, 1,25 e 1,30 $\mu\text{mol}(\text{CO}_2).\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$. Vale lembrar que nessa data a precipitação acumulada dos meses anteriores foi de 174 mm, o solo estava úmido e sua temperatura mais amena, a vegetação estava toda exuberante, no ápice da sua biomassa.

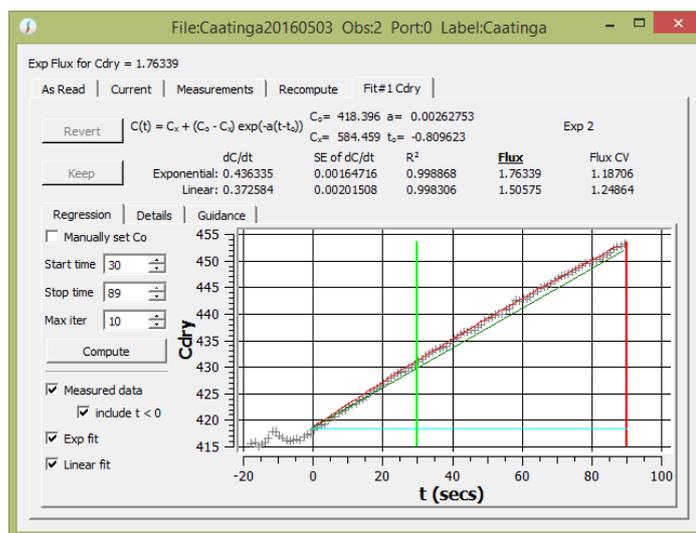
Na segunda coleta, realizada no dia 08/09/2016, as precipitações acumuladas registradas (51 mm) foram inferiores ao valor médio anual (62,5 mm), solo já estava seco, a vegetação já tinha perdido toda sua biomassa, estando em processo avançado de hibernação, e o clima estava muito quente e seco. Os valores de efluxo foram os menores resgistrados, e as temperaturas do solo foram as maiores medidas.

Conforme dados apresentadas na Tabela 12, o valor do Efluxo de CO_2 para a Área Preservada foi de 0,37 $\mu\text{mol}(\text{CO}_2).\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$ com uma temperatura de 35,36°C, na Área Restaurada de 0,26 $\mu\text{mol}(\text{CO}_2).\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$ com a temperatura média de 38,34°C, na Área Degradada foi registrado o valor de -0,02 $\mu\text{mol}(\text{CO}_2).\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$ a uma temperatura média de 40,08°C.

O valor negativo da média da medição do Efluxo de CO_2 na Área Degradada, inicialmente pareceu ser um erro de registro do momento da leitura do equipamento em campo, mas, ao verificar os comportamentos no processamento dos dados (Figura 24), percebeu-se que as leituras registradas estavam condizentes com o valor médio apresentado, e com o que estava acontecendo naquele momento no solo da Área Degradada.



(a)



(b)

Figura 31 – Ajuste do processamento da medição do Influxo (a) e Efluxo (b) de CO₂, no software SoilFluxPro 4.0.

Na Figura 24 (a) são apresentados todos os valores medidos do Efluxo de CO₂ no dia 08/09/2016. A primeira medição foi realizada na primeira parcela (DEG-P1-SUBP1) da Área Degradada, às 15:45:42, onde foi registrado o valor de negativo de -0,900684 μmol(CO₂).m⁻²s⁻¹. Ao verificar o ajuste quadrado do programa sobre a medição, percebe-se que o mesmo teve o valor de 99% (R²=0,997778), com um coeficiente de variação de 1,28597 (Flux CV), resultando na distribuição dos valores medidos bem próximos a reta da equação, comprovando que a medição foi realizada de forma perfeita. Já na Figura 24 (b) em medição realizada no mesmo local, no dia 03/05/2016, foi identificado um Efluxo de CO₂ de 1,76339 μmol(CO₂).m⁻²s⁻¹.

$^2s^{-1}$, com valores bem próximos do ajuste quadrado de 99% e coeficiente de variação de 1,18.

Vale salientar, também, que esses dados, do dia 08/09/2016, foram os únicos dados coletados no período da tarde, das 15:45hs às 18:12hs. Todas as outras coletas (03/05/2016, 08/11/2016 e 03/02/2017) foram realizadas no período intervalar da manhã para o início da tarde, respectivamente dentro dos horários das 09:56hs às 13:49hs.

Percebeu-se, então, que o que ocorreu no momento desta medição foi o fenômeno do Influxo de CO_2 , até então, nunca antes registrado para nenhuma área do SAB, onde predomina o Bioma Caatinga. Naquele momento não existia nenhum processo biológico de ciclagem de nutrientes ocorrendo no solo, que pudesse favorecer o processo de respiração, do contrário, o CO_2 foi sugado para o interior do solo.

Ao longo dos anos, diversos estudos tem associado o processo de absorção do CO_2 (Influxo) em regiões desertícas, áridas e semiáridas, a temperaturas maiores que $30^\circ C$ e solos alcalinos, cujo pH é maior que 7 (SCHINDLER, 1999; SCHIMEL et al., 2001; RETH et al. 2005; SCHLESINGER et al., 2009; WANG et al., 2010).

Nessas situações o CO_2 ao invés de ser liberado do solo para a superfície através do processo orgânico de respiração, ele é absorvido, ou inspirado para o solo sendo transformado em carbonatos pelo processo de respiração inorgânica (GOMBERT, 2002; KOWALSKI et al., 2008) e ventilação subterrânea (SERRANO-ORTIZ et al., 2010; SANCHEZ-CAÑETE et al., 2011), posteriormente dissolvido pelo lençol freático (SCANLON et al., 2006), e enfim retorna para superfície pelo processo de respiração orgânica, ou é novamente absorvido pela respiração inorgânica (CHEN et al. 2014; SCHIMEL et al., 1994; CHEN et al., 2013; WANG et al., 2013; XIE et al., 2013).

Conforme foi descrito pelos autores acima, o Influxo medido na Área Degradada só foi registrado, por que a temperatura do solo estava muito alta

(40,08°C), e o pH, calculado nas análises de fertilidade, estava em 7,17 (H₂O), se comportando naquele momento como alcalino. Esse evento, inédito, encontrado nesse trabalho vem completar parte de uma lacuna que ainda não tinha sido comprovada, em relação às áreas que estão passando por processos de desertificação.

Esse paradigma, agora pode de fato ser esclarecido, a partir desses resultados, que comprovam que em áreas severamente degradadas, cujos solos possuem pouca, ou nenhuma vegetação, onde não são encontradas espécies vegetais e arbóreas, que possam favorecer a criação de um local hospício para o desenvolvimento da macrofauna do solo, e conseqüentemente os demais processos decorrentes da ciclagem de nutrientes, há uma forte tendência dessas áreas se tornarem áreas que estão passando por processos de desertificação, e caso não sejam recuperadas pela inserção de projetos de restauração, elas não vão por si só se recuperar.

As demais medições, do dia 08/11/2016 e 03/02/2017, registraram valores tanto de CO₂, quanto de temperatura muito semelhantes, sem identificação de grandes variações.

É importante exaltar, ainda que, alguns estudos foram realizados para avaliar o Efluxo de CO₂ em áreas de Caatinga na Paraíba. Alves et al.,(2006) realizaram medições do efluxo de CO₂ em Patos, localizado na mesoregião do sertão paraíbano, e encontraram valores médios de 1,35 $\mu\text{mol}(\text{CO}_2).\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$. Correia (2010) que estabeleceu 0,86 $\mu\text{mol}(\text{CO}_2).\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$ em Santa Terezinha-PB, e Ferreira et al. (2013) encontraram Efluxo de CO₂ durante o período chuvoso (Fev-12 a Ago-12) de 2,81 $\mu\text{mol}(\text{CO}_2).\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$ e 1,18 $\mu\text{mol}(\text{CO}_2).\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$ no período seco (Set-12 a Jan-13). Todas as citações acima, mostraram valores pequenos de Efluxo de CO₂ medidos no solo, e cujos valores encontrados nesse trabalho, estão variando dentro dos valores apresentados.

5.7 Análises Estatísticas

5.7.1. Análise da Normalidade dos Dados

Para verificar o comportamento do conjunto de amostras da decomposição da serrapilheira (perda de massa seca e taxa de decomposição) foram aplicados os testes de Kolmogorov-Smirnov (K-S), que possui mais aderência para amostras grandes, e teste de normalidade de Shapiro-Wilk, que adere melhor em amostras menores, como a do estudo em questão. O resultado do teste pode ser visto na Tabela 12.

Tabela 12 - Testes de Normalidade para os dados de decomposição da serrapilheira.

Normalidade / Área	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	Estatística	df	Sig.	Estatística	df	Sig.
Perda de Massa Seca						
Preservada	0,36	4,00	-	0,80	4,00	0,10
Restaurada	0,27	4,00	-	0,85	4,00	0,21
Degradada	0,31	4,00	-	0,89	4,00	0,38
Taxa de decomposição (K)						
Preservada	0,28	4,00	-	0,92	4,00	0,53
Restaurada	0,23	4,00	-	0,91	4,00	0,47
Degradada	0,34	4,00	-	0,86	4,00	0,25

O teste de normalidade para os dados da Decomposição da Serrapilheira é mostrado na Tabela 12, identificando-se a normalidade das distribuições ($p\text{-value} > 0,05$), através da aderência de Shapiro-Wilk.

Para verificar o comportamento do conjunto de amostras da análise do tecido vegetal decomposto da serrapilheira foi aplicado o teste Kolmogorov-Smirnov (K-S) e Shapiro-Wilk. O resultado do teste pode ser visto na Tabela 13.

Tabela 13 - Testes de Normalidade para os dados de Decomposição da Serrapilheira.

Normalidade / Área	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estatística	df	Sig.	Estatística	df	Sig.
Área Preservada						
C (MO)	0,38	4,00		0,78	4,00	0,07
N	0,28	4,00		0,94	4,00	0,65
P	0,34	4,00		0,81	4,00	0,12
K	0,28	4,00		0,81	4,00	0,12
C/N	0,18	4,00		0,98	4,00	0,90
Área Restaurada						
C (MO)	0,27	4,00		0,88	4,00	0,32
N	0,27	4,00		0,90	4,00	0,44
P	0,38	4,00		0,73	4,00	0,02
K	0,26	4,00		0,91	4,00	0,47
C/N	0,29	4,00		0,82	4,00	0,14
Área Degradada						
C (MO)	0,29	4,00		0,86	4,00	0,25
N	0,28	4,00		0,88	4,00	0,34
P	0,27	4,00		0,88	4,00	0,35
K	0,22	4,00		0,98	4,00	0,89
C/N	0,41	4,00		0,70	4,00	0,01

O teste de normalidade para os dados provenientes da Decomposição da Serrapilheira remanescente é mostrado na Tabela 13, identificando-se a normalidade da distribuição para grande parte das variáveis ($p\text{-value} > 0,05$), através da aderência de Shapiro-Wilk. As únicas exceções são identificadas para os teores remanescente de P na Área Restaurada, e para a relação C/N na Área Degradada ($p\text{-value} < 0,05$). Analisa-se, então, graficamente a distribuição dessas duas variáveis (Figura 32 e 33).

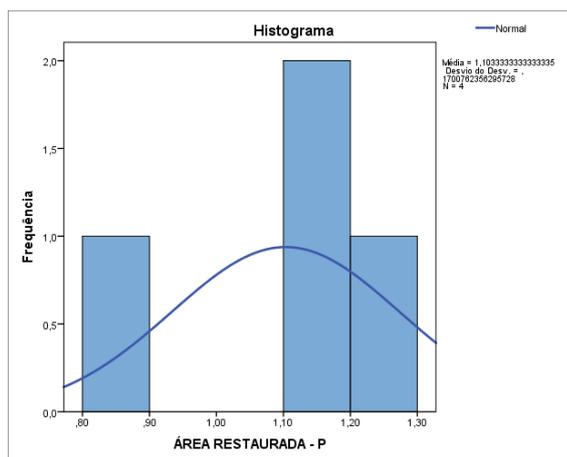


Figura 32 – Análise gráfica da normalidade dos dados da decomposição de P da serrapilheira remanescente da Área Restaurada.

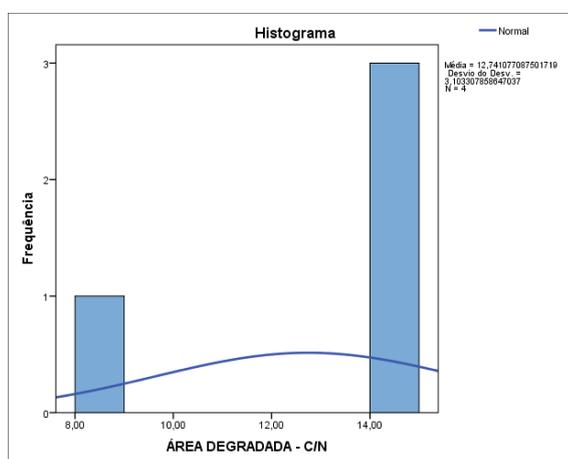


Figura 33 – Análise gráfica da normalidade dos dados da Relação C/N da serrapilheira remanescente da Área Degradada.

De acordo com as Figuras 25 e 26 a distribuições não paramétrica das variáveis são confirmadas. Salienta-se que foram realizados testes de normalização, mas não foram obtidos resultados favoráveis, por causa do número reduzido dos valores médios das variáveis ($n = 4$).

Para verificar o comportamento do conjunto das análises granulométricas foi aplicado o teste Kolmogorov-Smirnov (K-S) e Shapiro-Wilk. O resultado do teste pode ser visto na Tabela 14.

Tabela 14 - Testes de Normalidade para os dados das Análises Granulométricas.

Normalidade / Área	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estatística	df	Sig.	Estatística	df	Sig.
Área Preservada						
CASCALHO	0,23	4,00		0,90	4,00	0,43
MUITO GROSSA	0,34	4,00		0,88	4,00	0,34
GROSSA	0,30	4,00		0,90	4,00	0,42
AREIA MÉDIA	0,28	4,00		0,91	4,00	0,46
AREIA FINA	0,19	4,00		0,98	4,00	0,90
SILTE + ARGILA	0,39	4,00		0,74	4,00	0,03
Área Restaurada						
CASCALHO	0,28	4,00		0,94	4,00	0,65
MUITO GROSSA	0,20	4,00		0,96	4,00	0,76
GROSSA	0,33	4,00		0,77	4,00	0,06
AREIA MÉDIA	0,36	4,00		0,81	4,00	0,12
AREIA FINA	0,26	4,00		0,96	4,00	0,75
SILTE + ARGILA	0,29	4,00		0,87	4,00	0,30
Área Degradada						
CASCALHO	0,33	4,00		0,79	4,00	0,08
MUITO GROSSA	0,30	4,00		0,83	4,00	0,17
GROSSA	0,26	4,00		0,89	4,00	0,36
AREIA MÉDIA	0,41	4,00		0,69	4,00	0,01
AREIA FINA	0,18	4,00		0,98	4,00	0,87
SILTE + ARGILA	0,27	4,00		0,94	4,00	0,66

O teste de normalidade para os dados das Análises Granulométricas é mostrado na Tabela 14, identificando-se a normalidade da distribuição para grande parte das variáveis ($p\text{-value} > 0,05$). As únicas exceções são identificadas para os teores de Silte + Argila da Área Preservada, e para os teores de areia média na Área Degradada ($p\text{-value} < 0,05$). Analisa-se, então, graficamente a distribuição dessas duas variáveis (Figura 34 e 35).

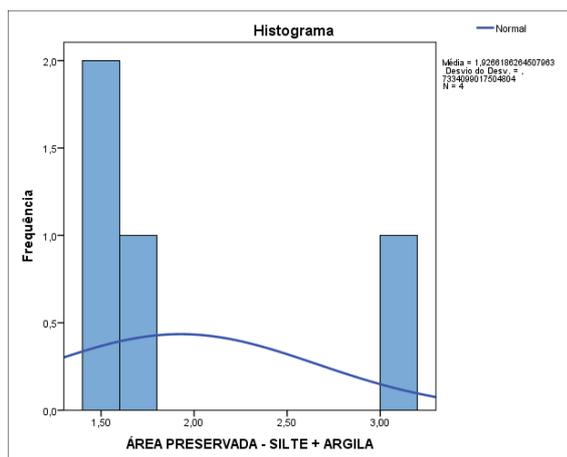


Figura 34 – Análise gráfica da normalidade dos Teores de Silte + Argila da granulometria da Área Preservada.

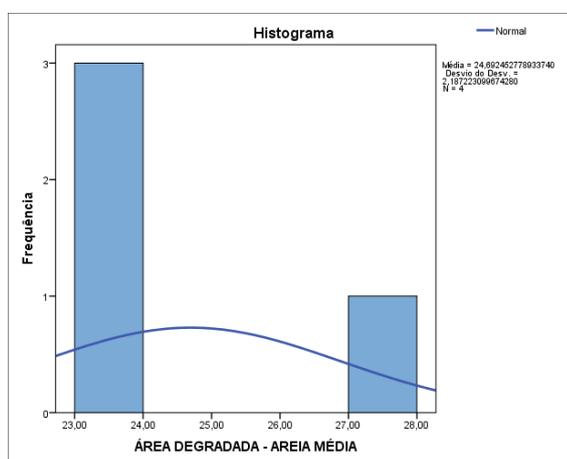


Figura 35 – Análise gráfica da normalidade dos teores de Areia Média da granulometria da Área Degradada.

De acordo com as Figuras 34 e 35 a distribuições não paramétrica das variáveis são confirmadas. Salienta-se que foram realizados testes de normalização, mas não foram obtidos resultados favoráveis, por causa do número reduzido dos valores médios das variáveis ($n = 4$).

Para verificar o comportamento do conjunto das Frações de Areia Fina foi aplicado o teste Kolmogorov-Smirnov (K-S) e Shapiro-Wilk. O resultado do teste pode ser visto na Tabela 15.

Tabela 15 - Testes de Normalidade para os dados das Frações de Areia Fina.

Normalidade / Área	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estatística	df	Sig.	Estatística	df	Sig.
Área Preservada						
MUITO GROSSA	0,34	4,00		0,86	4,00	0,27
GROSSA	0,19	4,00		0,98	4,00	0,89
AREIA MÉDIA	0,24	4,00		0,94	4,00	0,63
AREIA FINA	0,22	4,00		0,96	4,00	0,78
SILTE + ARGILA	0,34	4,00		0,80	4,00	0,10
Área Restaurada						
MUITO GROSSA	0,28	4,00		0,89	4,00	0,36
GROSSA	0,33	4,00		0,78	4,00	0,07
AREIA MÉDIA	0,22	4,00		0,94	4,00	0,68
AREIA FINA	0,35	4,00		0,85	4,00	0,23
SILTE + ARGILA	0,28	4,00		0,86	4,00	0,28
Área Degradada						
MUITO GROSSA	0,26	4,00		0,86	4,00	0,27
GROSSA	0,30	4,00		0,92	4,00	0,51
AREIA MÉDIA	0,25	4,00		0,90	4,00	0,44
AREIA FINA	0,20	4,00		0,98	4,00	0,90
SILTE + ARGILA	0,24	4,00		0,97	4,00	0,84

O teste de normalidade para os dados das Frações de Areia Fina é mostrado na Tabela 15, identificando-se a normalidade da distribuição para todas as variáveis ($p\text{-value} > 0,05$).

Para verificar o comportamento do conjunto das amostras de umidade de densidade foi aplicado o teste Kolmogorov-Smirnov (K-S) e Shapiro-Wilk. O resultado do teste pode ser visto na Tabela 16.

Tabela 16 - Testes de Normalidade para das amostras de Umidade e Densidade.

Normalidade / Área	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estatística	df	Sig.	Estatística	df	Sig.
UMIDADE						
Preservada	0,26	4,00		0,90	4,00	0,41
Restaurada	0,29	4,00		0,86	4,00	0,28
Degradada	0,29	4,00		0,77	4,00	0,06
DENSIDADE						
Preservada	0,22	4,00		0,96	4,00	0,77
Restaurada	0,34	4,00		0,85	4,00	0,22
Degradada	0,27	4,00		0,88	4,00	0,35

O teste de normalidade para das amostras de Umidade e Densidade é mostrado na Tabela 16, identificando-se a normalidade da distribuição para todas as variáveis ($p\text{-value} > 0,05$).

Para verificar o comportamento do conjunto das amostras Fertilidade foi aplicado o teste Kolmogorov-Smirnov (K-S) e Shapiro-Wilk. O resultado do teste pode ser visto na Tabela 17.

Tabela 17 - Testes de Normalidade para das amostras de Fertilidade.

Normalidade / Área	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estatística	df	Sig.	Estatística	df	Sig.
ÁREA PRESERVADA						
pH	0,29	4,00		0,79	4,00	0,09
P	0,29	4,00		0,83	4,00	0,16
K ⁺	0,25	4,00		0,89	4,00	0,37
Na ⁺	0,25	4,00		0,88	4,00	0,35
Ca ⁺²	0,25	4,00		0,86	4,00	0,25
Mg ⁺²	0,20	4,00		0,99	4,00	0,95
Al ⁺³	0,25	4,00		0,86	4,00	0,27
H ⁺ + Al ⁺³	0,26	4,00		0,87	4,00	0,30
SB	0,34	4,00		0,78	4,00	0,07
CTC	0,29	4,00		0,84	4,00	0,18
V	0,16	4,00		1,00	4,00	0,99
MO	0,20	4,00		0,95	4,00	0,70
PST	0,39	4,00		0,73	4,00	0,02

ÁREA RESTAURADA						
pH	0,25	4,00		0,91	4,00	0,47
P	0,21	4,00		0,96	4,00	0,77
K ⁺	0,25	4,00		0,89	4,00	0,39
Na ⁺	0,16	4,00		0,99	4,00	0,96
Ca ⁺²	0,38	4,00		0,74	4,00	0,03
Mg ⁺²	0,25	4,00		0,94	4,00	0,68
Al ⁺³	0,00	0,00		0,00	0,00	-
H ⁺ + Al ⁺³	0,31	4,00		0,79	4,00	0,08
SB	0,39	4,00		0,73	4,00	0,03
CTC	0,37	4,00		0,76	4,00	0,05
V	0,35	4,00		0,75	4,00	0,04
MO	0,43	4,00		0,65	4,00	0,00
PST	0,29	4,00		0,80	4,00	0,10
ÁREA DEGRADADA						
pH	0,32	4,00		0,90	4,00	0,41
P	0,29	4,00		0,79	4,00	0,09
K ⁺	0,27	4,00		0,90	4,00	0,41
Na ⁺	0,42	4,00		0,69	4,00	0,01
Ca ⁺²	0,21	4,00		0,96	4,00	0,77
Mg ⁺²	0,30	4,00		0,92	4,00	0,54
Al ⁺³	0,44	4,00		0,63	4,00	0,00
H ⁺ + Al ⁺³	0,32	4,00		0,85	4,00	0,22
SB	0,29	4,00		0,90	4,00	0,43
CTC	0,38	4,00		0,74	4,00	0,03
V	0,32	4,00		0,85	4,00	0,24
MO	0,34	4,00		0,81	4,00	0,12
PST	0,37	4,00		0,76	4,00	0,04

O teste de normalidade para os dados de Fertilidade é mostrado na Tabela 17, identificando-se a normalidade da distribuição para grande parte das variáveis (p -value > 0,05). As únicas exceções são identificadas para PST da Área Preservada, Ca⁺², SB, CTC, V e MO da Área Restaurada, e Na⁺, Al⁺³, CTC e PST na Área Degradada (p -value < 0,05). Analisa-se, então, graficamente a distribuição dessas duas variáveis, conforme apresentadas nas Figuras de 36 à 44.

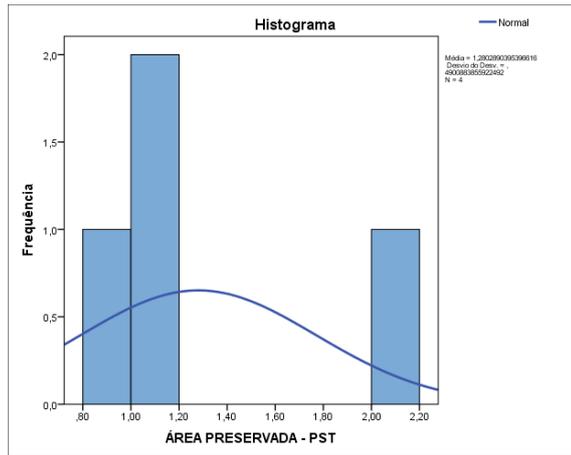


Figura 36 - Análise gráfica da normalidade para amostras de PST da Área Preservada.

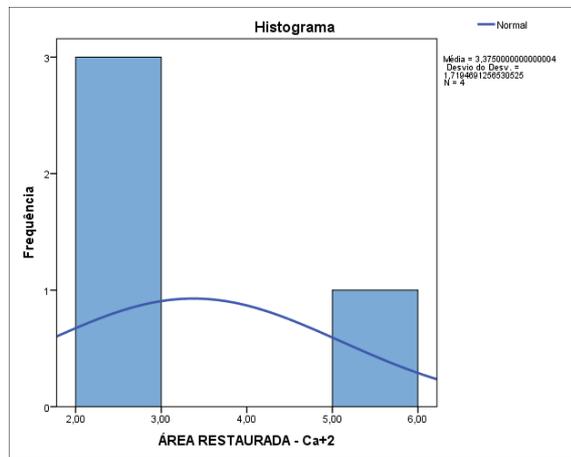


Figura 37 - Análise gráfica da normalidade para as amostras de Ca⁺² na Área Preservada.

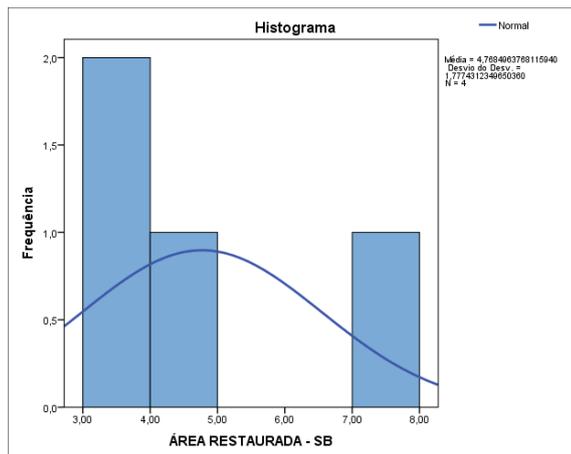


Figura 38 - Análise gráfica da normalidade para as amostras de SB na Área Preservada.

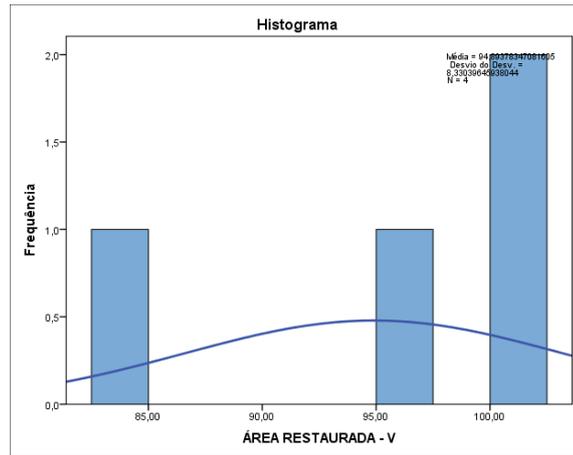


Figura 39 - Análise gráfica da normalidade para as amostras de V na Área Restaurada

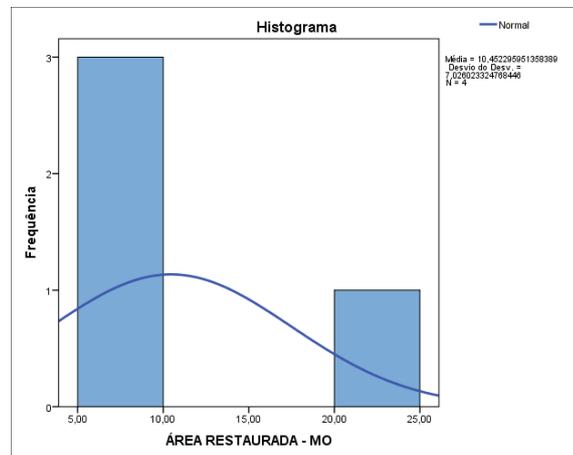


Figura 40 - Análise gráfica da normalidade para as amostras de MO na Área Restaurada.

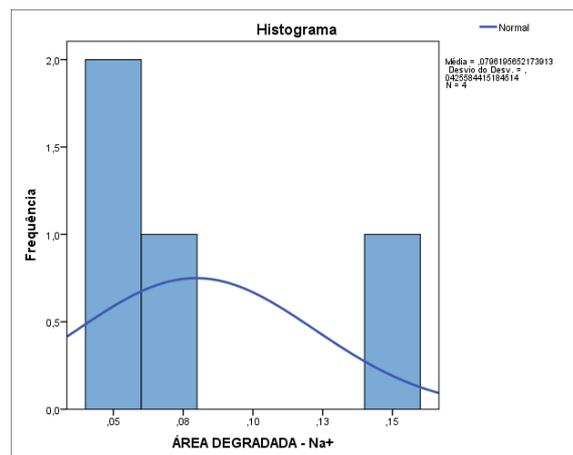


Figura 41 - Análise gráfica da normalidade para as amostras de Na+ na Área Degradada.

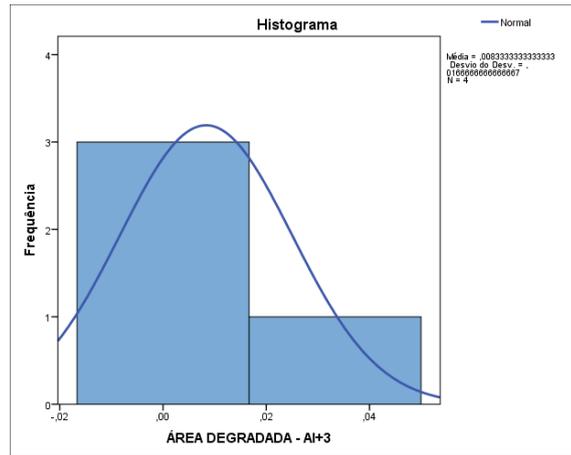


Figura 42 - Análise gráfica da normalidade para as amostras de AI+3 na Área Degradada.

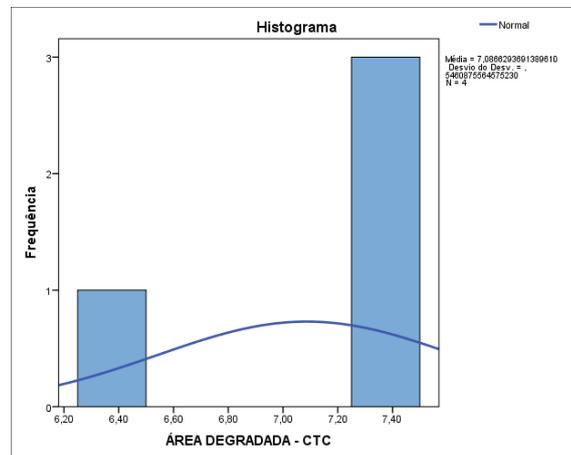


Figura 43 - Análise gráfica da normalidade para as amostras de CTC na Área Degradada.

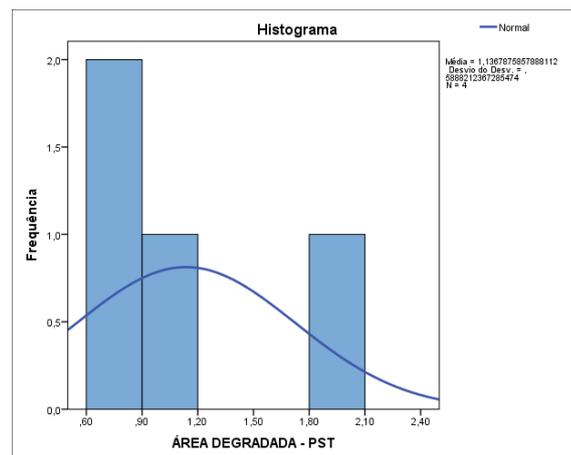


Figura 44 - Análise gráfica da normalidade para as amostras de PST na Área Degradada.

De acordo com as figuras apresentadas (36 à 44) as distribuições não paramétricas dessas variáveis são confirmadas. Salienta-se que foram realizados

testes de normalização, mas não foram obtidos resultados favoráveis, por causa do número reduzido dos valores médios das variáveis ($n = 4$), assim como, dos valores que não foram registrados, no caso valores zerados.

Para verificar o comportamento do conjunto dos valores de dados da Macrofauna Decompositora da Serrapilheira foi aplicado o teste Kolmogorov-Smirnov (K-S) e Shapiro-Wilk. O resultado do teste pode ser visto na Tabela 18.

Tabela 18 - Testes de Normalidade para os dados da Macrofauna Decompositora da Serrapilheira.

Normalidade / Área	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	Estatística	df	Sig.	Estatística	df	Sig.
Preservada	0,40	4,00		0,69	4,00	0,01
Restaurada	0,26	4,00		0,84	4,00	0,21
Degradada	0,29	4,00		0,84	4,00	0,19

O teste de normalidade para os dados da macrofauna decompositora da serrapilheira é mostrado na Tabela 18, identificando-se a normalidade da distribuição para grande parte das variáveis ($p\text{-value} > 0,05$). A única exceção foi identificadas para a Área Preservada ($p\text{-value} < 0,05$). Analisa-se, então, graficamente a distribuição dessa variável (Figura 45).

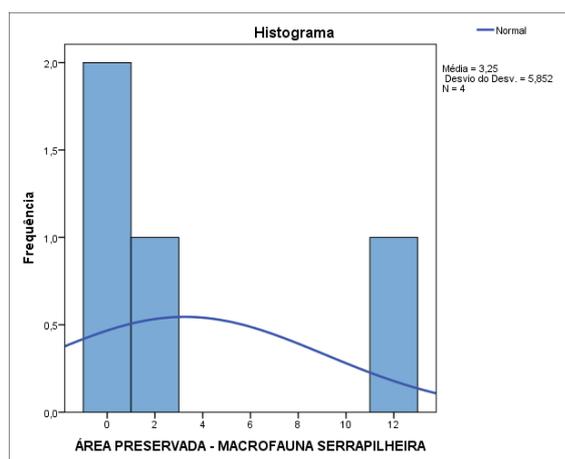


Figura 45 - Análise gráfica da normalidade para as amostras da Macrofauna Decompositora da Serrapilheira na Área Preservada.

De acordo com as Figura 45 apresentada, as distribuição não paramétrica dessa variável é confirmada. Salienta-se que foram realizados testes de normalização, mas não foram obtidos resultados favoráveis, por causa do número reduzido dos valores médios das variáveis ($n = 4$).

Para verificar o comportamento do conjunto dos valores de dados da Macrofauna Decompositora de Solo foi aplicado o teste Kolmogorov-Smirnov (K-S) e Shapiro-Wilk. O resultado do teste pode ser visto na Tabela 19.

Tabela 19 - Testes de Normalidade para os dados da Macrofauna Decompositora de Solo.

Normalidade / Área	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	Estatística	df	Sig.	Estatística	df	Sig.
Preservada	0,00	0,00	-	0,00	0,00	0,00
Restaurada	0,44	4,00	-	0,63	4,00	0,00
Degradada	0,28	4,00	-	0,86	4,00	0,27

O teste de normalidade para os dados da Macrofauna Decompositora de Solo é mostrado na Tabela 19, identificando-se a normalidade da distribuição apenas para a variável na Área Degradada ($p\text{-value} > 0,05$). As distribuições não normais foram identificadas na área Preservada e Restaurada ($p\text{-value} < 0,05$). Entretanto, como não foram contabilizados insetos no solo da Área Preservada, não foi possível analisá-la graficamente. Por sua vez, a distribuição dos valores na Área Restaurada é mostrada Figura 46.

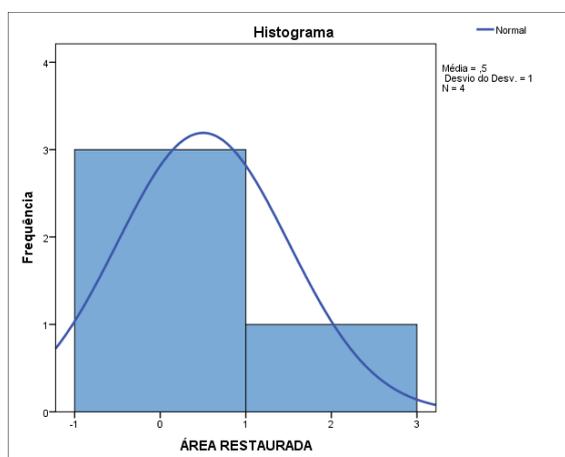


Figura 46 - Análise gráfica da normalidade para os dados da macrofauna decompositora de solo na Área Restaurada.

De acordo com as Figura 39 apresentada, as distribuição não paramétrica dessa variável é confirmada. Salienta-se que foram realizados testes de normalização, mas não foram obtidos resultados favoráveis, por causa do número reduzido dos valores médios das variáveis ($n = 4$), assim como, dos valores que não foram registrados, no caso valores zerados.

Para verificar o comportamento do conjunto dos valores do Efluxo de CO₂ foi aplicado o teste Kolmogorov-Smirnov (K-S) e Shapiro-Wilk. O resultado do teste pode ser visto na Tabela 20.

Tabela 20 - Testes de Normalidade para os valores do Efluxo de CO₂.

Normalidade / Área	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	Estatística	df	Sig.	Estatística	df	Sig.
Efluxo de CO ₂						
Preservada	0,44	4,00	.	0,64	4,00	0,00
Restaurada	0,41	4,00	.	0,68	4,00	0,01
Degradada	0,40	4,00	.	0,75	4,00	0,04

O teste de normalidade para dos valores do Efluxo de CO₂ é mostrado na Tabela 20, identificando-se a não normalidade das distribuições ($p\text{-value} < 0,05$). Analisa-se, então, graficamente as distribuições dessas variáveis (Figura 47, 48 e 49).

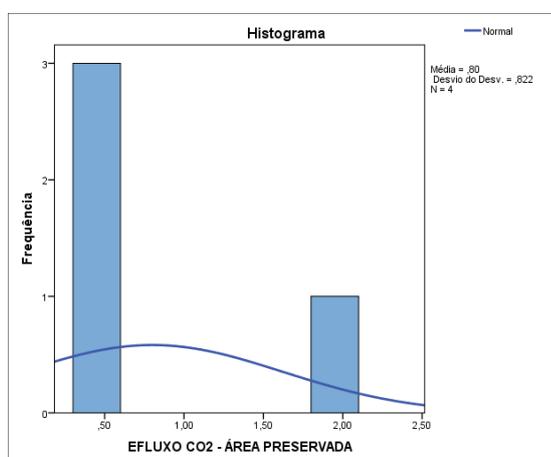


Figura 47 - Análise gráfica da normalidade para os valores do Efluxo de CO₂ na Área Preservada.

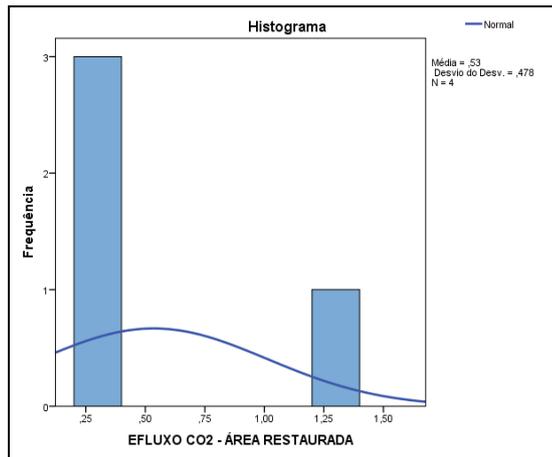


Figura 48 - Análise gráfica da normalidade para os valores do Efluxo de CO₂ na Área Restaurada.

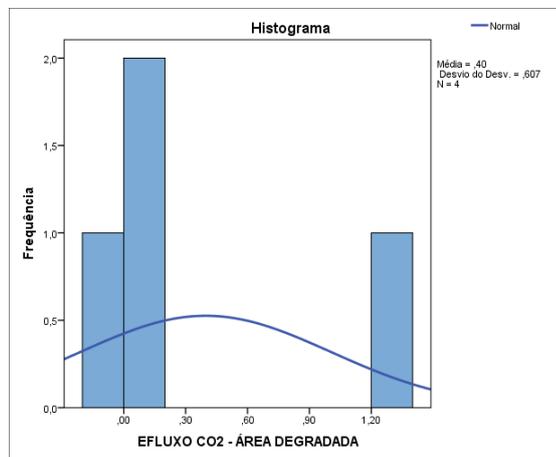


Figura 49 - Análise gráfica da normalidade para os valores do Efluxo de CO₂ na Área Degradada.

De acordo com as Figura 40, 41 e 42 apresentadas, as distribuições não paramétricas são confirmadas. Salienta-se que foram realizados testes de normalização, mas não foram obtidos resultados favoráveis, por causa do número reduzido dos valores médios das variáveis ($n = 4$).

Para verificar o comportamento do conjunto dos valores de Temperatura do Solo foi aplicado o teste Kolmogorov-Smirnov (K-S) e Shapiro-Wilk. O resultado do teste pode ser visto na Tabela 21.

Tabela 21 - Testes de Normalidade para os dados de Temperatura do Solo.

Normalidade / Área	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	Estatística	df	Sig.	Estatística	df	Sig.
Temperatura do Solo						
Preservada	0,40	4,00	.	0,73	4,00	0,03
Restaurada	0,20	4,00	.	0,99	4,00	0,94
Degradada	0,34	4,00	.	0,81	4,00	0,12

O teste de normalidade para dos valores do Temperatura do Solo é mostrado na Tabela 21, identificando-se a normalidade da distribuição para as variáveis na Área Restaurada e Degradada ($p\text{-value} > 0,05$). As distribuições não normais foram identificadas na área Preservada ($p\text{-value} < 0,05$). Analisa-se, então, graficamente as distribuição dessa variável (Figura 50).

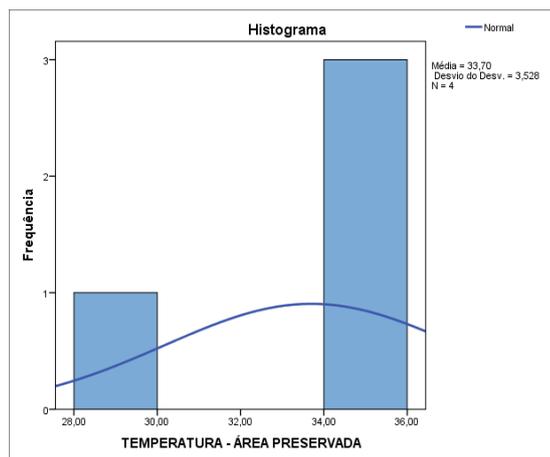


Figura 50 – Análise gráfica da normalidade para os valores da temperatura do solo na Área Preservada.

6.7.2. Análise das Diferenças Estatísticas Significantes

Para analisar as diferenças das variáveis e o comportamento delas entre as áreas do estudo, foram aplicados os testes para a análise de variância (ANOVA), com aderência o teste-T de Tukey (para distribuições normais), e o Teste de Wilcoxon (para distribuições anormais), fazendo comparações par a par.

Os resultados para avaliação das diferenças na decomposição da serrapilheira são apresentadas na Tabela 22.

Tabela 22 - Testes de diferenças na decomposição da serrapilheira.

AREA	Diferença média (I-J)	Erro Padrão	Sig.	Intervalo de Confiança 95%	
				Limite inferior	Limite superior
Perda de Massa Seca					
PRE - REST	0,93042	1,53	0,82	-3,34	5,20
PRE - DEG	4,54675*	1,53	0,04	0,28	8,82
REST - DEG	3,61633	1,53	0,10	-0,65	7,88
Taxa de Decomposição					
PRE - REST	0,27590	0,32	0,68	-0,62	1,17
PRE - DEG	,91657*	0,32	0,04	0,02	1,81
REST - DEG	0,64066	0,32	0,17	-0,25	1,53

* A diferença média é significativa no nível 0.05.

Na Tabela 22 são visualizados os resultados da ANOVA e test-T de Tukey, uma vez que as distribuições destas variáveis foram normais, identificando que houveram diferenças estatísticas significativas entre as médias da Decomposição da Serrapilheira que ocorreu nas Áreas Preservadas e Degradada, e não houve diferenças estatísticas entre as médias do processo de decomposição ocorrido nas Áreas Preservada e Restaurada.

Os resultados para avaliação das diferenças na dispersão dos elementos químicos da Serrapilheira Decomposta são apresentadas na Tabela 23.

Tabela 23 - Testes de diferenças na dispersão dos elementos químicos da serrapilheira decomposta.

Variável dependente		Diferença média (I-J)	Erro Padrão	Sig.	Intervalo de Confiança 95%	
					Limite inferior	Limite superior
MO	PRE - REST	7,13	5,27	0,40	-7,59	21,85
	PRE - DEG	3,57	5,27	0,78	-11,15	18,29
	REST - DEG	3,56	5,27	0,78	-11,16	18,28
N	PRE - REST	0,98	3,13	0,95	-7,76	9,71
	PRE - DEG	1,97	3,13	0,81	-6,77	10,70
	REST - DEG	2,94	3,13	0,63	-5,79	11,68
P	PRE - REST	0,01	0,17	1,00	-0,46	0,49
	PRE - DEG	0,10	0,17	0,82	-0,37	0,58
	REST - DEG	0,12	0,17	0,78	-0,36	0,59
K	PRE - REST	0,36	0,90	0,91	-2,14	2,86
	PRE - DEG	0,01	0,90	1,00	-2,49	2,51
	REST - DEG	0,37	0,90	0,91	-2,13	2,87
C/N	PRE - REST	1,73	1,48	0,50	-2,41	5,87
	PRE - DEG	2,29	1,48	0,14	-1,84	6,43
	REST - DEG	0,56	1,48	0,71	-3,57	4,70

Na Tabela 23 são visualizados os resultados da ANOVA e test-T de Tukey para todas variáveis, com exceção dos testes que envolveram a variável C/N da Área Degradada, que foram resultantes do teste de Wilcoxon, por causa da sua distribuição não paramétrica.

Em ambos casos não foram registradas diferenças estatísticas significativas entre as médias na dispersão dos elementos químicos da Serrapilheira Decomposta nas três áreas, indicando que esse processo ocorreu, e iria ocorrer, independentemente do tecido vegetal estar presente em uma Área Preservada, Restaurada ou Degradada.

Os resultados para avaliação das diferenças na Granulometria dos Solos são apresentadas na Tabela 24.

Tabela 24 - Testes de diferenças na Granulometria dos Solos.

Variável dependente		Diferença média (I-J)	Erro Padrão	Sig.	Intervalo de Confiança 95%	
					Limite inferior	Limite superior
CASCALHO	PRE - REST	22,77223*	3,94	0,00	11,76	33,78
	PRE - DEG	20,94745*	3,94	0,00	9,94	31,96
	REST - DEG	1,82478	3,94	0,89	-9,19	12,84
MUITO_GROSSA	PRE - REST	5,87422*	1,18	0,00	2,58	9,17
	PRE - DEG	5,96760*	1,18	0,00	2,67	9,27
	REST - DEG	0,09338	1,18	1,00	-3,20	3,39
GROSSA	PRE - REST	5,50697*	1,57	0,02	1,14	9,88
	PRE - DEG	3,91332	1,57	0,08	-0,46	8,28
	REST - DEG	1,59365	1,57	0,58	-2,78	5,96
AREIA_MEDIA	PRE - REST	13,43945*	1,69	0,00	8,73	18,15
	PRE - DEG	12,10951	1,69	0,07	7,40	16,82
	REST - DEG	1,32993	1,69	0,14	-3,38	6,04
AREIA_FINA	PRE - REST	9,22232	3,32	0,05	-0,05	18,49
	PRE - DEG	1,92207	3,32	0,83	-7,35	11,19
	REST - DEG	11,14439*	3,32	0,02	1,88	20,41
SILTE_ARGILA	PRE - REST	0,47870	0,88	0,71	-1,99	2,94
	PRE - DEG	0,25142	0,88	0,46	-2,21	2,72
	REST - DEG	0,73012	0,88	0,70	-1,73	3,19

* A diferença média é significativa no nível 0.05.

Na Tabela 24 são visualizados os resultados da ANOVA e test-T de Tukey para todas variáveis, com exceção dos testes que envolveram a variável Areia Média da Área Preservada, e Silte + Argila da Área Degradada, que foram resultantes do teste de Wilcoxon, por causa da sua distribuição não paramétrica.

Nos resultados são registradas diferenças significativas entre as médias dos teores de cascalho e areia muito grossa, entre as Áreas Presevada e Restaurada e Preservada e Degradada. Bem como, indenticadas diferenças estatísticas significativas entre os teores de Areia Grossa e Areia Média entre as Áreas Preservada e Restaurada, e diferenças nos teores de Areia Fina da Área Restaurada para Degradada.

Os resultados para avaliação das diferenças na porcentagem de Fração de Terra Fina são apresentados na Tabela 25.

Tabela 25 - Testes de diferenças na porcentagem de fração de terra fina.

Variável dependente		Diferença média (I-J)	Erro Padrão	Sig.	Intervalo de Confiança 95%	
					Limite inferior	Limite superior
MUITO_GROSSA	PRE - REST	16,09516*	2,56	0,00	8,96	23,23
	PRE - DEG	15,89318*	2,56	0,00	8,76	23,03
	REST - DEG	,20198	2,56	1,00	-6,93	7,34
GROSSA	PRE - REST	,76853	2,36	0,94	-5,82	7,35
	PRE - DEG	,76187	2,36	0,94	-5,82	7,35
	REST - DEG	1,53039	2,36	0,80	-5,05	8,11
MEDIA	PRE - REST	10,45262*	1,35	0,00	6,68	14,23
	PRE - DEG	9,49145*	1,35	0,00	5,71	13,27
	REST - DEG	,96117	1,35	0,76	-2,82	4,74
FINA	PRE - REST	5,28778	4,08	0,43	-6,11	16,69
	PRE - DEG	8,38785	4,08	0,15	-3,01	19,79
	REST - DEG	3,10008	4,08	0,74	-8,30	14,50
SILTE_ARGILA	PRE - REST	,41376	1,09	0,92	-2,64	3,47
	PRE - DEG	1,22425	1,09	0,53	-1,83	4,28
	REST - DEG	,81049	1,09	0,75	-2,24	3,86

*. A diferença média é significativa no nível 0.05.

Na Tabela 25 são visualizados os resultados da ANOVA e test-T de Tukey, uma vez que as distribuições destas variáveis foram normais, identificando que houveram diferenças estatísticas significativas entre as médias das porcentagens de Areia Muito Grossa e Areia Média entre as Áreas Preservada e Restaurada, e Preservada e Degradada, nas Áreas Prervadas e Degradada.

Os resultados para avaliação das diferenças na Umidade e Densidade são apresentadas na Tabela 26.

Tabela 26 - Testes de diferenças na umidade e densidade.

Variável dependente		Diferença média (I-J)	Erro Padrão	Sig.	Intervalo de Confiança 95%	
					Limite inferior	Limite superior
UMIDADE	PRE - REST	0,21	0,46	0,89	-1,08	1,50
	PRE - DEG	0,51	0,46	0,53	-0,78	1,81
	REST - DEG	0,30	0,46	0,79	-0,99	1,60
DENSIDADE	PRE - REST	0,07	0,16	0,91	-0,38	0,51
	PRE - DEG	0,09	0,16	0,83	-0,35	0,54
	REST - DEG	0,03	0,16	0,98	-0,42	0,47

Na Tabela 26 são visualizados os resultados da ANOVA e test-T de Tukey para todas variáveis, uma vez que as distribuições destas variáveis foram normais, identificando que não houveram diferenças estatísticas entre as médias da Umidade e Densidade do solo nas três áreas em estudo.

Os resultados para avaliação das diferenças na fertilidade do solo são apresentadas na Tabela 27.

Tabela 27 - Testes de diferenças na fertilidade do solo.

Variável dependente		Diferença média (I-J)	Erro Padrão	Sig.	Intervalo de Confiança 95%	
					Limite inferior	Limite superior
PH	PRE - REST	0,87083 [*]	0,22	0,01	0,25	1,49
	PRE - DEG	0,53333	0,22	0,09	-0,08	1,15
	REST - DEG	0,33750	0,22	0,32	-0,28	0,95
P	PRE - REST	3,31699	6,06	0,85	-13,59	20,23
	PRE - DEG	1,18749	6,06	0,98	-15,72	18,10
	REST - DEG	4,50448	6,06	0,74	-12,40	21,41
K ⁺	PRE - REST	0,08097	0,25	0,94	-0,62	0,78
	PRE - DEG	0,59197	0,25	0,10	-0,11	1,29
	REST - DEG	0,51100	0,25	0,16	-0,19	1,21
Na ⁺	PRE - REST	0,06391 [*]	0,02	0,02	0,01	0,12
	PRE - DEG	0,03719	0,02	0,10	-0,02	0,09
	REST - DEG	0,02672	0,02	0,28	-0,03	0,08
Ca ⁺²	PRE - REST	2,97917	1,02	0,14	0,14	5,82

	PRE - DEG	2,24583	1,02	0,12	-0,59	5,08
	REST - DEG	0,73333	1,02	0,07	-2,10	3,57
Mg ⁺²	PRE - REST	0,20417	0,20	0,59	-0,36	0,77
	PRE - DEG	0,13750	0,20	0,78	-0,43	0,71
	REST - DEG	0,06667	0,20	0,94	-0,50	0,64
Al ⁺³	PRE - REST	0,31917	0,15	0,14	-0,10	0,74
	PRE - DEG	0,31083	0,15	0,10	-0,11	0,73
	REST - DEG	0,00833	0,15	0,31	-0,42	0,43
H ⁺ + Al ⁺³	PRE - REST	1,66000	0,61	0,05	-0,03	3,35
	PRE - DEG	0,93625	0,61	0,32	-0,75	2,63
	REST - DEG	0,72375	0,61	0,48	-0,97	2,41
SB	PRE - REST	3,16628	1,19	0,14	-0,15	6,48
	PRE - DEG	1,82856	1,19	0,32	-1,49	5,14
	REST - DEG	1,33772	1,19	0,28	-1,98	4,65
CTC	PRE - REST	4,82628*	1,01	0,00	2,00	7,65
	PRE - DEG	2,76481	1,01	0,10	-0,06	5,59
	REST - DEG	2,06147	1,01	0,14	-0,76	4,89
V	PRE - REST	15,08659	8,12	0,07	-7,58	37,75
	PRE - DEG	7,23253	8,12	0,66	-15,44	29,90
	REST - DEG	7,85407	8,12	0,46	-14,81	30,52
MO	PRE - REST	23,65666	4,05	0,07	12,35	34,97
	PRE - DEG	10,01033	4,05	0,08	-1,30	21,32
	REST - DEG	13,64633	4,05	0,07	2,34	24,96
PST	PRE - REST	0,13021	0,34	0,71	-0,82	1,08
	PRE - DEG	0,14350	0,34	0,10	-0,81	1,09
	REST - DEG	0,01330	0,34	0,71	-0,94	0,96

*. A diferença média é significativa no nível 0.05.

Na Tabela 27 são visualizados os resultados da ANOVA e test-T de Tukey para todas variáveis, com exceção dos testes que envolveram a variável PST da Área Preservada, Ca⁺², SB, C e MO da Área Restaurada, Na⁺, Al⁺³, CTC e PST da Área Degradada, que foram resultantes do teste de Wilcoxon, por causa da sua distribuição não paramétrica.

Nos resultados são registradas diferenças estatísticas significativas entre as médias dos teores de pH, Na⁺ e CTC entre as Áreas Presevada e Restaurada. Os demais parâmetros do solo não apresentaram diferenças estatísticas significativas entre as áreas do estudo.

Os resultados para avaliação das diferenças médias dos valores da macrofauna da serrapilheira são apresentados na Tabela 28.

Tabela 28 - Testes de diferenças médias dos valores da macrofauna da serrapilheira.

REA	Diferença média (I-J)	Erro Padrão	Sig.	Intervalo de Confiança 95%	
				Limite inferior	Limite superior
PRE - REST	6,00	13,54	0,18	-31,81	43,81
PRE - DEG	24,00	13,54	0,11	-13,81	61,81
REST - DEG	18,00	13,54	0,42	-19,81	55,81

Na Tabela 28 são apresentados os resultados da ANOVA e test-T de Tukey para as comparações entre as Áreas Restaurada e Degradada, pois os dados da Área Preservada foram resultantes do teste de Wilcoxon, por causa da sua distribuição não paramétrica.

Nos resultados não são registradas diferenças estatísticas significativas entre as Áreas Presevada, Restaurada e Degradada. Os demais parâmetros do solo não apresentaram diferenças estatísticas significativas entre as áreas do estudo.

Os resultados para avaliação das diferenças médias dos valores da macrofauna do solo são apresentados na Tabela 29.

Tabela 29 - Testes de diferenças médias dos valores da macrofauna do solo.

(I) AREA	Diferença média (I-J)	Erro Padrão	Sig.	Intervalo de Confiança 95%	
				Limite inferior	Limite superior
PRE - REST	,500	,565	0,32	-1,08	2,08
PRE - DEG	,750	,565	0,18	-,83	2,33
REST - DEG	,250	,565	0,78	-1,33	1,83

Na Tabela 29 são apresentados os resultados da ANOVA e teste-T de Tukey para a Área Degradada, e teste de Wilcoxon para a Área Preservada e Restaurada,

por causa das distribuições não paramétricas dos dados. Nos quais, não são registradas diferenças estatísticas significativas entre as Áreas Presevada, Restaurada e Degradada.

Os resultados para avaliação das diferenças médias dos valores do Efluxo de CO₂ são apresentados na Tabela 30.

Tabela 30 - Testes de diferenças médias dos valores do Efluxo de CO₂.

(I) DATA	Diferença média (I-J)	Erro Padrão	Sig.	Intervalo de Confiança 95%	
				Limite inferior	Limite superior
PRE - REST	0,26	0,46	0,68	-1,02	1,55
PRE - DEG	0,40	0,46	0,68	-0,88	1,69
REST - DEG	0,14	0,46	0,14	-1,15	1,42

Na Tabela 30 são apresentados os resultados da ANOVA e teste de Wilcoxon, por causa das distribuições não paramétricas dos dados. Nos quais, não são registradas diferenças estatísticas significativas entre as Áreas Presevada, Restaurada e Degradada.

Os resultados para avaliação das diferenças médias dos valores da Temperatura do Solo são apresentados na Tabela 31.

Tabela 31 - Testes de diferenças médias dos valores da Temperatura do Solo.

(I) DATA	Diferença média (I-J)	Erro Padrão	Sig.	Intervalo de Confiança 95%	
				Limite inferior	Limite superior
PRE - REST	0,41	3,04	0,71	-8,07	8,89
PRE - DEG	1,11	3,04	0,71	-7,37	9,58
REST - DEG	0,69	3,04	0,97	-7,78	9,17

Na Tabela 31 são visualizados os resultados da ANOVA e test-T de Tukey para a Temperatura do Solo entre a Área Restaurada e Degradada, e entre a Preservada e Área Restaurada, e Preservada e Degradada os valores foram

resultantes do teste de Wilcoxon, por causa da sua distribuição não paramétrica. Em todas situações não foram indentificadas diferenças estatísticas significativas.

6.7.3. Análise das Correlações Espaciais

As correlações espaciais lineares foram utilizadas para avaliar o nível de correlação entre variáveis. Os resultados deste teste para análise da relação entre as variáveis Preciptação Acumulada e Taxa de Decomposição da Serrapilheira podem ser vistos na Tabela 32.

Tabela 32 – Correlação entre os valores da Preciptação Acumulada e Taxa de Decomposição da Serrapilheira.

Estatística		Preciptação Acumulada	
Taxa de Decomposição da Serrapilheira	Preservada	Correlação	0,93
		Sig.	0,07
		N	4
	Restaurada	Correlação	0,96*
		Sig.	0,03
		N	4
Degradada	Correlação	0,46	
	Sig.	0,53	
	N	4	

*. A correlação é significativa no nível 0,05 (2 extremidades).

Na Tabela 33 verifica-se que foi estabelecida a Correlação de Pearson para estabelecer a força entre a relação de dependência das variáveis Preciptação Acumulada e Taxa de Decomposição entre as três áreas do estudo.

Os dados apresentados revelam correlações lineares todas positivas, sendo que na Área Preservada (0,932) e Restaurada (0,961) elas são muito fortes, e na Área Degradada (0,464) a correlação é fraca. Entretanto, a única que é significativa é a da Área Restaurada, indicando que a Taxa de Decomposição da Serrapilheira foi maior quando precipitou mais.

Foi avaliado, também, o grau da relação entre a Temperatura do solo com Efluxo de CO₂, cujos resultados podem ser vistos na Tabela 33.

Tabela 33 – Correlação entre os valores da Temperatura do solo com Efluxo de CO₂.

Estatística			Efluxo de CO ₂		
			Preservada	Restaurada	Degradada
Temperatura	Preservada	Correlação	-0,80		
		Sig.	0,20	-	-
		N	4,00		
	Restaurada	Correlação		-0,82	
		Sig.	-	0,18	
		N		4,00	
	Degradada	Correlação			-0,60
		Sig.	-	-	0,40
		N			4,00

*. A correlação é significativa no nível 0,05 (2 extremidades).

Na Tabela 33 verifica-se que foi estabelecida a Correlação de Spearman, para as variáveis que tinham as distribuições não paramétrica e não paramétrica, e a de Pearson, para as variáveis que tinham a distribuições paramétricas, e paramétricas com não paramétricas, para estabelecer a força entre a relação de dependência das variáveis Temperatura do solo com Efluxo de CO₂ entre as três áreas do estudo.

Os dados apresentados revelam correlações lineares todas negativas, sendo que na Área Preservada (-0,80) e Restaurada (-0,82) elas são fortes, e na Área Degradada (-0,60) a correlação é moderada, e nenhuma delas significativas. Entretanto, e apesar de não serem significativas, essas correlações revelam que essas grandezas crescem de forma inversas, ou seja, quanto maior foi a temperatura, menor foi o Efluxo de CO₂. Corroborando com os dados registrados, principalmente, por que evidencia os dados inéditos do Influxo, que foram registrados no momento em que o solo apresentava a sua maior temperatura.

Os resultados do estudo da correlação entre as variáveis abundância da Macrofauna da Serrapilheira e Taxa de Decomposição da Serrapilheira podem ser vistos na Tabela 34.

Tabela 34 – Correlação entre os valores da Macrofauna da Serrapilheira e Taxa de Decomposição da Serrapilheira.

Estatística		Taxa de Decomposição (K)		
		Preservada	Restaurada	Degradada
Macrofauna de Serrapilheira	Preservada	Correlação Sig.	-0,25 0,75	
	Restaurada	Correlação Sig.		-0,64 0,36
	Degradada	Correlação Sig.		

*. A correlação é significativa no nível 0,05 (2 extremidades).

Na Tabela 34 verifica-se que foi estabelecida a Correlação de Spearman, para as variáveis que tinham as distribuições não paramétrica e não paramétrica, e a de Pearson, para as variáveis que tinham a distribuições paramétricas, e paramétricas com não paramétricas, para estabelecer a força entre a relação de dependência das variáveis Macrofauna da Serrapilheira e Taxa de Decomposição da Serrapilheira entre as três áreas do estudo.

Os dados apresentados revelam correlações lineares todas negativas, sendo que na Área Preservada (-0,25) ela é insignificante, na Restaurada (-0,82) e Degradada (-0,60) a correlação é fraca, e nenhuma delas significativas. Entretanto, e apesar de não serem significativas, baixas e desprezíveis, essas correlações revelam que essas grandezas crescem de forma inversas, ou seja, quanto maior for a Macrofauna da Serrapilheira, menor será a Taxa de Decomposição da mesma, corroborando com os valores de decomposição, principalmente da Caatingueira, que permanece mais tempo sob o solo, fazendo com que a ciclagem dos nutrientes ocorra de forma eficaz por mais tempo.

6. CONCLUSÕES

Esta pesquisa partiu do princípio de estabelecimento de um estudo que pudesse avaliar a dinâmica da decomposição da serrapilheira e das atividades edáficas ocorridas no Bioma Caatinga, em áreas degradadas do SAB.

A utilização das Geotecnologias permitiu caracterizar o uso e ocupação dos solos e vegetação nas três décadas estudadas. Verificou-se, tanto nos dados dos mapas de degradação, quanto nos índices de vegetação, que ocorreu uma diminuição das áreas verdes entre as duas primeiras décadas do estudo, fato que foi evidenciado pelas chuvas que foram escassas ocorridas nos anos iniciais da década de 2000, em 2010 a vegetação aumentou consideravelmente, por causa das chuvas ocorridas na região, que provocaram um aumento de quase metade da cobertura vegetal do município de Picuí, e a diminuição das áreas degradadas.

Os resultados apresentados para a decomposição da serrapilheira mostraram que o Marmeleiro possui uma perda de massa e uma taxa de decomposição maior e mais veloz do que a Catingueira, fato que foi observado para as três áreas do estudo, evidenciando que o seu tecido vegetal se dissipa no solo mais rápido e fácil, respectivamente, nas Áreas Preservada, Degradada e Restaurada. Por outro lado, a Catingueira demora mais tempo para se decompor, e o seu tecido vegetal permanece mais tempo sob o solo da Caatinga.

Ao relacionar a decomposição da serrapilheira com o desprendimento de seus elementos químicos, percebeu-se que a Catingueira, consegue dissipar mais nutrientes no solo do que o Marmeleiro. Esse fator associado ao seu processo lento de decomposição, permite disponibilizar para os solos do SAB, praticamente durante todo o período seco de hibernação das plantas, o aporte de matéria orgânica necessário a sobrevivência do Bioma Caatinga, que favorecerá a manutenção da ciclagem de nutrientes por todo período seco.

A caracterização física dos solos apresentou solos pedregosos e muito arenosos, com baixas porcentagens de nutrientes minerais, predominantemente semelhantes aos solos de Caatinga de outras partes do SAB. Ao verificar as

condições de umidade e densidade, percebe-se que os solos da Área Preservada conseguem reter mais água e ser mais densos, do que os solos da Área Preservada, que também retém mais água, do que os solos da Área Degradada.

Em relação às condições de fertilidade dos solos, as Áreas Preservada e Degradada se sobressairam dos solos da Área Restaurada, apresentando melhores aportes de minerais e nutrientes. Entretanto, todos foram considerados solos férteis, característica que foi evidenciada pelos processos provenientes da decomposição da matéria orgânica depositada sobre o solo, ainda que, essas quantidades sejam diferenciadas nas três áreas do estudo.

As espécies da Macrofauna identificadas, foram caracterizadas e são semelhantes as encontradas em outros estudos realizados no SAB. Saliencia-se que não foram encontradas muitas espécies no solo, do contrário, na serrapilheira que estava nos *liiterbags* o número de insetos identificados foi muito maior. Percebeu-se, também, que a quantidade da macrofuna foi muito maior na Área Degradada, Restaurada e Degradada, consecutivamente. E, que essa disposição estava associada a atração da macrofauna por um local protegido onde tinha disponível alimento e umidade.

Nas análises dos parâmetros medidos do Efluxo de CO₂ percebeu-se que todos os valores se comportaram baixos, mas próximos a estudos já realizados no Bioma Caatinga. Um fato inesperado, e único, que talvez tenha sido o mais importante de todo estudo, foi a medição do Influxo de CO₂, registrada nos 180 dias do experimento.

Por ser um fenômeno que só ocorre em regiões desérticas, e sob determinadas condições, esse registro vem confirmar que, realmente, existem áreas degradadas no SAB que estão passando por um processo de desertificação, e que se nada for realizado para auxiliar essas áreas a se recuperarem, elas tendem em um curto intervalo de tempo, que a ocorrência desses processos sejam mais constantes. Pois, caso não seja realizado nenhuma intervenção, há uma tendência natural dos processos de influxo se propagarem.

Ao relacionar os resultados do estudo com a premissa inicial da tese, verifica-se que as áreas do SAB que estão passando por um processo de degradação ambiental histórico não tendem a se recuperar por suas condições naturais, sendo pois necessário a adoção, urgentemente, de projetos de restauração de áreas que priorizem a utilização de plantas nativas, como o Marmeleiro e a Catingueira. Por sua vez, ao verificar o pressuposto inicial, percebe-se que, de fato, quanto maior for a quantidade de serrapilheira sobre o solo, maior serão os processos edáficos e biogeoquímicos que estarão acontecendo, entretanto, sua capacidade e tempo de restauração podem variar muito.

A hipótese traçada inicialmente para a pesquisa, pode ser rejeitada, pelo fato de que os testes estatísticos aplicados não identificaram diferenças significativas em todas as variáveis estudadas nas Áreas Preservada, Restauradas e Degradada. Foram registradas, sim, diferenças nas condições físicas e químicas, dentre as quais, alguns parâmetros se diferenciaram e outros não distam muito uns dos outros. Ainda assim, pode-se considerar que o objetivo geral proposto, bem como os objetivos específicos, foram todos alcançados. E, de forma concreta este trabalho revelou as áreas prioritárias de intervenção, pelas quais urgentemente devem ser traçadas políticas públicas, para a restauração de áreas degradadas, tendo em vista a necessidade de conscientização das diversas esferas da sociedade, com base na popularização destes dados.

Há de convir que, um projeto para a restauração de áreas degradadas, para áreas do SAB com presença do Bioma Caatinga, precisa ser realizado com a inserção de plantas nativas, que são naturalmente adaptadas as condições de clima e solo, como as bromeliáceas, cactáceas, e com espécies vegetais como a Catingueira e o Marmeleiro. O Marmeleiro, fornecerá para o solo um rápido e inicial aporte de MO para o solo, e a Catingueira dará a continuidade desse aporte, fazendo com que a ciclagem de nutrientes se mantenha no solo pelos períodos mais secos.

Por fim, sugere-se que este trabalho seja continuado e mais parâmetros físicos, químicos e biológicos possam ser analisados, outras regiões do SAB e do Bioma Caatinga possam ser estudados, e que esses resultados possam ser contrapostos com novas análises e com outros trabalhos semelhantes a este.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AERTS, R. The freezer defrosting: global warming and litter decomposition rates in cold biomes. **Journal of Ecology**, 94: 713–724. 2006.

AITA, C.; GIACOMINI, S. J. Decomposição e liberação de nitrogênio de resíduos culturais de plantas de cobertura de solo solteiras e consorciadas. **Rev. Bras. Ci. Solo**, v. 27, n. 4, p. 601-612, 2003.

ALVES, A. R.; SOUTO, J. S.; DOS SANTOS, R. V.; CAMPOS, M. C. C. **Decomposição de resíduos vegetais de espécies da Caatinga, na região de Patos, PB**. Revista Brasileira de Ciências Agrárias. v.1, n. único, p.57-63, 2006.

ALVES, J.J.A.; ARAÚJO, M.A. e NASCIMENTO, S.S. Degradação da Caatinga: uma investigação ecogeográfica. **Caatinga**. 22 (3): 126–135. 2009.

ALVES, J. J. A., SOUZA, E. N., NASCIMENTO, S. S. Núcleos de Desertificação no Estado da Paraíba. **Revista RA'E GA**, Curitiba, n. 17, p. 139-152, 2009. Editora UFPR.

ALVES, A. R. **Quantificação de biomassa e ciclagem de nutrientes em áreas de vegetação de caatinga no município de Floresta, Pernambuco**. 2011. 204 f. (Tese de doutorado). Programa de Pós Graduação em Ciências Florestais. Universidade Federal Rural de Pernambuco. 2011.

ALVES, G. S. **Dinâmica da Serrapilheira em Áreas da Caatinga e Vulnerabilidades Socioeconômicas no Município de Várzea-PB**. (Tese de doutorado). Programa de Pós-Graduação em Agronomia, do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba, 2012.

ALVES G. S., ALVES, G. M. F., MARTINS, L. R. A., SOUSA, J. S., SOUTO, J. S. Contribuição do *Croton blanchetianus* Baill na produção de serrapilheira e ciclagem de nutrientes em área do Seridó da Paraíba. **Revista Verde** (Pombal - PB - Brasil), v 9. , n. 3 , p. 50 - 57, jul-set, 2014.

ALMEIDA, M. A. X. **Fauna edáfica, decomposição foliar e liberação de nutrientes em área de caatinga do Curimataú da Paraíba, Brasil**. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Centro de Ciências Agrárias. Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2010.

ANDRADE, A. G. **Ciclagem de nutrientes e arquitetura radicular de leguminosas arbóreas de interesse para revegetação de solos degradados e estabilização de encostas**. 1997. 182 f. Tese (Doutorado), Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 1997.

ANDRADE, R.L; SOUTO, J.S; SOUTO, P.C.; BEZERRA, D.M. Deposição de serrapilheira em área de caatinga na RPPN “Fazenda Tamanduá”, Santa Terezinha – PB. **Caatinga**, n.21 v.2. p: 223-230, 2008.

AQUINO, A. M.; CORREIA, M. E. F. Invertebrados edáficos e o seu papel nos processos do solo. **Seropédica: Embrapa Agrobiologia**, 2005. 52 p. (Documentos, 201).

AQUINO, A. M. de. Fauna edáfica como bioindicadora da qualidade do solo. *In*: FERTBIO, BARETTA, D.; MAFRA, Á. L.; SANTOS, J. C. P.; AMARANTE, C. V. T. do.; BERTOL, I. Análise multivariada da fauna edáfica em diferentes sistemas de preparo e cultivo do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 11, p. 1675-1679, 2006.

ARAGÃO, A. S. L. MAURÍCIO, R. M. **Utilização da gliricídia (*Gliricidia sepium*) na alimentação de ruminantes. Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG.** Escola de Veterinária. Departamento de Zootecnia. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAA9G4AG/-utilizacao-gliricidia-na-limentacao-ruminantes>>. Acesso em 27 de outubro de 2015.

ARATO, H. D. et al. Produção e decomposição de serapilheira em um sistema agroflorestal implantado para recuperação de área degradada em Viçosa-MG. **Revista Árvore**. Viçosa-MG, v. 27, n. 5, p. 715-721. 2003.

ARAÚJO, A. S. F.; SANTOS, B. B.; MONTEIRO, R. T. R. Responses of soil microbial biomass and activity for practices of organic and conventional farming systems in PiauÍ state, Brazil. **European Journal of Soil Biology**, v. 44, n. 2, p. 225-230, 2008.

ARAÚJO, K. D.; DANTAS, R. T.; ANDRADE, A. P. de; PARENTE, H. N.; CORREIA, K. G.; PAZERA JR., E. Levantamento da macrofauna invertebrada do solo em área de caatinga no semiárido da Paraíba. **Geo-Ambiente On-Line**. n.13, p 19-31. 2009.

ARAÚJO, V. F. P. **Produção e Decomposição da Serrapilheira em um Ecosistema Semiárido do Nordeste Brasileiro: Variação Temporal e Espacial e Efeito da Fauna de Solo Sobre a Serrapilheira.** Tese (Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas. Universidade Federal da Paraíba, 2012.

ARNETT, R.H. 1963. **The Beetles of the United States (A manual for identification).** The Catholic University of America Press, Washington.

ATLAS, R. M.& BARTHA, R. **Microbial Ecology – Fundamentals and Applications.** 3rd ed. N. York, The benjamin/Cummings Publishing Company, Inc., 1993.

AUSTIN, A.T., VIVANCO, L. Plant litter decomposition in a semi-arid ecosystem controlled by photodegradation. **Nature**, 442 (7102): 555–558. 2006.

BARETTA, D. **Fauna do solo e outros atributos edáficos como indicadores da qualidade ambiental em áreas com Araucária Angustifolia no Estado de São Paulo.** Piracicaba. Tese (Doutorado). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, São Paulo, 2007. 158p.

BEARE, M.H.; PARMELEE, R.W.; HENDRIX, P.F. & CHENG, W. Microbial and

faunal interactions and effects on litter nitrogen and decomposition in agroecosystems. **Ecol. Monogr.**, 62: 569-591, 1992.

BERG, B., MCCLAUGHERTY, C.A., Plant Litter: Decomposition, Humus Formation, Carbon Sequestration. **Berlin: Springer-Verlag Press**, 2nd Edition. 328 p. 2008.

BORGES FILHO, E.L.; MACHADO, E.C. Avaliação microbiana do solo e dos aspectos morfológicos de hortaliças após a adição de adubos orgânicos em hortas. **e-Scientia**, v. 6, n.1, p. 8-15, 2013.

BRANDÃO, A. A. **Dinâmica temporal do efluxo de CO₂ do solo em área de Cerrado no Pantanal Matogrossense**. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Mato Grosso, Instituto de Física, Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental, Cuiabá, 2012.

BRASIL. **Lei Nº 9.985, de 18 de julho de 2000**. Regulamenta o art. 225, § 1o, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. Diário Oficial da república Federativa do Brasil. Brasília, DF, 18 jul. 2000. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9985.htm>. Acesso em: 17 mai. 2015.

BRAY, R.H. & KURTZ, L.T. Determination of total, organic and available forms of phosphorus in soils. **Soil Sci.**, 59:39-45, 1945.

BRITO, M. T. L. **Avaliação espacial de atributos químicos do solo no semiárido**. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) UFCG. Patos, PB. 2010.

BROWNELL, P., POLIS, G. A. 2001. **Scorpion Biology and Research**, Oxford University.

BRUCHMAN, G. E. C. et al. **Análise sazonal da entomofauna associada à vegetação no aterro da Souza Cruz, RS, Brasil**. Revista Jovens Pesquisadores, Santa Cruz do Sul, v. 5, n. 1, p. 25-39, 2015.

CARVALHO, F. C., ARAÚJO FILHO, J. A., GARCIA, R., PEREIRA FILHO, J. M., ALBUQUERQUE, V. M. Efeito do Corte da Parte Aérea na Sobrevivência do Marmeleiro (*Croton Sonderianus* Muell.Arg.). **Revista brasileira de zootecnia**, 30(3):930-934, 2001 (Suplemento 1).

CARVALHO FILHO, O.M. de; DRUMOND, M. A.; LANGUIDEY, P.H. **Gliricidia sepium - leguminosa promissora para regiões semi-áridas**. Petrolina, PE:

CATANOZI, G. **Análise espacial da macrofauna edáfica sob diferentes condições ambientais dos trópicos úmidos**. 2010. 141 p. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Ciências - Universidade Estadual de Campinas. Campinas – SP, 2010.

CHEN, X., WANG, W., LUO, G., YE, H. Can soil respiration estimate neglect the contribution of abiotic exchange? **Journal of Arid Land**. 2014, Vol. 6 No. 2.

CHEN, X., WANG, W. F., LUO, G. P., et al. 2013. Time lag between carbon dioxide influx to and efflux from bare saline-alkali soil detected by the explicit partitioning and reconciling of soil CO₂ flux. **Stochastic Environmental Research and Risk Assessment**, 27(3): 1–9.

CHURCHILL, T.B. 1997. Spiders as ecological indicators: an overview for Australia. **Mem. Mus. Vict.** 56:331-337.

COCHRAN, D. G. Cockroaches. **Their biology, distribution and control**. World Health Organization/CDS/WHOPES/99.3. Geneva, 1999.

CODDINGTON, J.A., GRISWOLD, C.E., SILVA-DÁVILA, D., PEÑARANDA, E. & LARCHER, S.F. 1991. **Designing and testing sampling protocols to estimate biodiversity in tropical ecosystems**. In *The unity of evolutionary biology: proceedings of the Fourth International Congress of Systematic and Evolutionary Biology* (E.C. Dudley, ed.). Dioscorides Press, Portland, p.44-60.

COLEMAN, D.C.; CROSSLEY, D.A. **Fundamental of soil ecology**. London: **Academic Press**, 1996. 205p.

CONDE, B., PAGES, J. 1991. Diplura. **The Insects of Australia**. Volume 1. pp. 269-271. CSIRO: University of Melbourne Press.

CORRÊA, F. L. O. et al. Produção de serapilheira em sistema agroflorestal multiestratificado no Estado de Rondônia, Brasil. **Ciência Agrotécnica**. Lavras, v. 30, n. 6, p. 1099-1105. 2006.

CORREIA, K.G. **Biota do solo e atividade microbiana de áreas em diferentes estágios sucessionais e aspectos sócioeconômicos no município de Santa Terezinha – PB**. Tese (Doutorado em Recursos Naturais) - Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais. Campina Grande, 2010. pgs.143.

CORTEZ, J.; DEMARD, J.M.; BOTTNER, P. & JOCTEUR MONROZIER, L. Decomposition of Mediterranean leaf litters: a microcosm experiment investigating relationships between decomposition rates and litter quality. **Soil Biology & Biochemistry**, 28 (4/5): 443–452. 1996.

COSTA, C. C. A. et al. Produção de serapilheira na Caatinga da Floresta Nacional do Açu. RN. **Revista Brasileira de Biociências**. Porto Alegre, v.5, supl.1, p. 246-248. 2007.

COSTA, C.C.A. et al., Análise comparativa da produção de serapilheira em fragmentos arbóreos e arbustivos em área de caatinga na FLONA de Açu-RN. **Revista Árvore**. v.34, n.2, p. 259-265, 2010.

COSTA, T. C. C., OLIVEIRA, M. A. J., ACCIOLY, L. J. O., SILVA, F. H. B. B. Análise da degradação da caatinga no núcleo de desertificação do Seridó (RN/PB). **Revista**

Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. v.13, (Suplemento), p.961–974, 2009. Campina Grande, PB.

CONSTANTINO, R. et al. **Textos de Entomologia**. Versão 3. 14 de outubro de 2002.

CORNWELL, P. B. **The cockroach: a laboratory insect and an industrial pest**. London: Vol. I. Hutchinson. 1968. 391p.

COÛTEAUX, M.; BOTTNER, P. & BERG, B. Litter decomposition climate and litter quality. **Tree**, 10 (2): 63–66. 1995.

CRASWELL, E. T.; LEFROY, R. D. B. The role and function of organic matter in tropical soils. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 61, p. 7-18, 2001.

CROWSON, R. A. 1981. **The Biology of the Coleoptera**. Academic Press, London.

CRUZ, R.; LIMA, J.S.; FONSECA, J.C.; FERNANDES, M.J.S.; LIMA, D.M.S.; DUDA, G.P.; MOREIRA, K.A.; MOTTA, C.M.S. Diversity of filamentous fungi of area from Brazilian Caatinga and high-level tannase production using mango (*Mangifera indica* L.) and surinam cherry (*Eugenia uniflora* L.) leaves under SSF. **Advances in Microbiology**, v. 3, p. 52-60, 2013.

CUNHA, G. C. **Aspectos da Ciclagem de nutrientes em diferentes fases sucessionais de uma Floresta Estacional do Rio Grande do Sul**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 1997. 86 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 1997.

DANTAS, J.S. **Dinâmica da produção e decomposição de folheto e ciclagem de nutrientes em um ecossistema de caatinga arbórea no agreste da Paraíba**. 2003. 32 f. Monografia (Graduação em Agronomia). Universidade Federal da Paraíba, 2003.

D'ANDRÉA, A. F.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; FREITAS, D. A. F.; ROSCAE, R.; GUIMARÃES, P. T. G. Variações de curto prazo nas emissões de CO₂ do solo em diferentes sistemas de manejo do cafeeiro. **Química Nova**, v. 32, n. 9, 2009. ISSN 2314-2317.

DAVIDSON, E. A.; SAVAGE, K.; VERCHOT, L. V. Minimizing artifacts and biases in chamber-based measurements of soil respiration. **Agricultural and Forest Meteorology**, n. 113, p. 21-37, 2002.

DEMETRIO, R. **Efeito da aplicação de matéria orgânica sobre a biomassa-C microbiana do solo e crescimento e absorção de nitrogênio em milho (Zeamays L.)**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Itaguaí, RJ, 1998. 98p.

DIAS, J. D. **Fluxo de CO₂ proveniente da respiração do solo em áreas de florestas nativa da Amazônia**. Dissertação (Mestrado) - - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba, 2006.

DIAS, M. F. R.; BRESCOVI, A. D.; MENEZES, M. Aranhas de solo (Arachnida: Araneae) em diferentes fragmentos florestais no sul da Bahia, Brasil. **Biota Neotropica**, Campinas, v. 5, n. 1, p. 173-183, 2005.

DÍAZ, C.; ENRÍQUEZ, D. e BISSET, J. A. Estado de laresistencia a insecticidas en cepas de terreno de la especie *Blattella germanica*(Dictyoptera: Blattellidae) procedentes del municipio Pinar del Río. **Rev. Cubana Med. Trop.**, v. 55, n. 3, Ciudad de la Habana, 2003.

DRUMOND, M. A., CARVALHO FILHO, O. M. de. **Introdução e avaliação de *Gliricidia sepium* na região semi-árida do Nordeste Brasileiro.** In QUEIRÓZ, M. A. de; GOEDERT, C. O.; RAMOS, S.R.R. ed. Recursos Genéticos e Melhoramento de Plantas para o Nordeste brasileiro. (on line). Versão 1.0. Petrolina-PE: Embrapa Semi-Árido / Brasília-DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, nov. 1999. ISBN 85-7405-001-6. Disponível em: <<http://www.cpatsa.embrapa.br/catalogo/livroorg/>>. Acesso em 28 de outubro de 15.

DRUMOND, M. A.; MORGADO, L. B.; RIBASKI, J.; ALBUQUERQUE, S. G.; CARVALHO FILHO, O. M. Contribuição da Embrapa Semi-Árido para o desenvolvimento dos sistemas agroflorestais no semi-árido brasileiro. **Agrossilvicultura**, Viçosa, MG, v. 1, n. 2, p. 145-153, 2004.

DUAN, C.J.; FENG, J.X. Mining metagenomes for novel cellulase genes. **Biotechnology Letters**, v. 32, p. 1765-1775, 2010.

DUNLOP, J. A., WEBSTER, M. 1999. Fossil evidence, terrestrialization and arachnid phylogeny. **Journal of Arachnology** 27:86-93.

EDWARDS, C. A., FLETCHER, K. E. 1971. **A comparison of extraction methods for terrestrial arthropods**, pp. 150-1 85. In J. Phillipson Led. Methods of study in quantitative soil ecology, population, production and energy flow. I.B.P. Handbook No. 18, Blackwell Scientific Publications, Oxford, UK.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solos**. Rio de Janeiro, 1997. 212p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA.. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Rio de Janeiro: EMBRAPA-SPI, 1999.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). 3. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA-SPI, 2013.

ERNANI, P.R.; ALMEIDA, J.A. & SANTOS, F.C. Potássio. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V.,V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B. & NEVES,

J.C.L., eds. **Fertilidade do Solo**. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007b. p.551-594.

FALLEIRO, R. M. et al. Influência dos sistemas de preparo nas propriedades químicas e físicas do solo. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 27, p.1097-1104, 2003.

FARIAS, D. R. **Adsorção e disponibilidade de fósforo em solos representativos do Estado da Paraíba**. Dissertação (Mestrado em Manejo de Solo e Água) pelo Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba. PPGMSA/CCA/UFPB, 2007.

FERREIRA, C. C., XAVIER, F.S., CORREIA, K. G., ANTONINO, A. C. D. **Estudo do Efluxo de CO₂ do Solo em Caatinga e Pasto no Agreste Meridional de Pernambuco, Brasil**. XIII Jornada de Ensino, Pesquisa e Extensão – JEPEX 2013 – UFRPE: Recife, 09 a 13 de dezembro. 2013.

FIELD, A. P. (2009). **Descobrimo a estatística usando o SPSS**. Porto Alegre, Brasil, Artmed, 2a edição.

FIGUEIREDO, A. R. **Taxonomia de Japygidae (Diplura) da Amazônia Central Manaus**. Dissertação (mestrado) - INPA/UFAM, Manaus, 2009.

FIGUEIREDO, J. M., ARAÚJO, J. M., BAKKE, O. A. **Crescimento Inicial de Três Espécies Forrageiras Arbóreas Nativas em Áreas Degradadas da Caatinga**. VI Congresso de Iniciação Científica da Universidade Federal de Campina Grande. 2009.

FIGUEIRÓ, A.S. **Mudanças ambientais na interface floresta-cidade e propagação de efeitos de borda no Maciço da Tijuca – Rio de Janeiro, RJ**. 2005. 247 f. (Tese Doutorado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005.

FIGUEIRÔA, J.M., PAREYN, F.G.C., DRUMOND, M., ARAÚJO, E.L. Madeireiras. In: SAMPAIO, E.V.S.B.; PAREYN, F.G.C.; FIGUEIRÔA, J.M.; SANTOS, A.G. (Orgs.). **Espécies da flora nordestina de importância econômica potencial**. Recife: Editora Universitária, 2005. p.101-133.

FONSECA, S. M. **Avaliações Diárias e Sazonais das Concentrações de CO₂ em um Ecossistema de Manguezal: Dimensões Micrometeorológicas e Econômicas**. Tese (Doutorado em Meteorologia Agrícola). Universidade Federal de Viçosa, 2010.

FRACETTO, F. J. C. **Estoque de carbono e nitrogênio e estrutura da comunidade de diazotróficas em solos de caatinga com plantio de mamona**. Dissertação (Mestrado). Pós-graduação em Ciências. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba, 2009.

FRANCELINO, M.R., FERNANDES FILHO, E.I., RESENDE, M., LEITE, H.G. Contribuição da caatinga na sustentabilidade de projetos de assentamentos no sertão norte-rio-grandense. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, n. 1, p. 79-86, 2003.

FRANCISCO, P. R. M., PEREIRA, F. C., SILVEIRA, T. A. Estimativa Da Deterioração Das Terras Semiáridas Do Município De Picuí-PB. **Polêmica**. v. 13, n.2, 2014.

FRANCO, E.A.P.; BARROS, F.R.M. Uso e diversidade de plantas medicinais no Quilombo Olho D'água dos Pires, Esperantina, Piauí. **Rev. Bras. Pl. Méd**, v. 8, n.3, p. 78-88, 2006.

FUNDAJ – Fundação Joaquim Nabuco. **Caracterização do Semi-Árido Brasileiro**. 2009. Disponível em: <<http://www.fundaj.gov.br/notitia/servlet/newstorm.ns.presentation.NavigationServlet?publicationCode=16&pageCode=377&textCode=7924&date=currentDate>> Acesso em: 18 nov. 2010.

GALINDO, I. C. L., RIBEIRO, M. R., VIEIRA SANTOS, M. F. A., LIMA, J. F. W. F., LIMA FERREIRA, R. F. A. Relações Solo-Vegetação em Áreas Sob Processo de Desertificação no Município de Jataúba, PE. **R. Bras. Ci. Solo**, 32:1283-1296, 2008.

GAMA-RODRIGUES, A. C.; BARROS, N. F.; SANTOS, M. L. Decomposição e liberação de nutrientes do folheto de espécies florestais nativas em plantios puros e mistos no sudeste da Bahia. **Rev. Bras. Ci. Solo**, v. 27, p.1021-11031, 2003.

GANGWERE, S. K.; MURALIRANGAN, M. C., MURALIRANGAN, M. 1997. The Binomics of Grasshoppers, Katydid and Their Kin. Wallingford, **CAB International**, xiii + 529 p.

GOMBERT P. 2002. Role of karstic dissolution in global carbon cycle. **Global and Planetary Change**, 33: 177–184.

GONDIM, S. C.; SOUTO, J. S.; CAVALCANTE, L. F.; ARAUJO, K. D.; RODRIGUES, M. Q. Biofertilizante bovino e salinidade da água na macrofauna do solo cultivado com maracujazeiro amarelo. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Mossoró, v.5, n.2, p.35-45, abr./jun., 2010.

GONZÁLEZ-RODRÍGUEZ, H.; DOMÍNGUEZ-GÓMEZ, T.G.; CANTÚ-SILVA, I.; GÓMEZ-MEZA, M.V.; RAMÍREZ-LOZANO, R.G.; PANDO-MORENO, M. & FERNÁNDEZ, C.J. Litterfall deposition and leaf litter nutrient return in different locations at Northeastern Mexico. **Plant Ecology**, 212 (10): 1747–1757. 2011.

HOLANDA, A. C. **Estrutura da comunidade arbustivo-arbórea e suas interações com o solo em uma área de caatinga, Pombal - PB**. 2012. 165 f. (Tese de doutorado). Programa de Pós Graduação em Ciências Florestais. Universidade Federal Rural de Pernambuco. Recife: PE, 2012.

HOFFMANN, R. B.; NASCIMENTO, M. S. V.; DINIZ, A. A.; ARAÚJO, L. H. A.; SOUTO, J. S. Diversidade da Mesofauna Edáfica como Bioindicadora para o Manejo do Solo em Areia, Paraíba, Brasil **Revista Caatinga**, vol. 22, núm. 3. 2009.

HÖLLDOBLER, B., WILSON, E.O. 1990. **The ants**. Harvard University Press, Cambridge, UK.

HOOKE, J.; SANDERCOCK, P. Use of vegetation to combat desertification and land degradation: Recommendations and guidelines for spatial strategies in Mediterranean lands. **Landscape and Urban Planning**, v. 107, p. 389–400. 2012.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **IBGE, Diretoria de Pesquisas, Coordenação de População e Indicadores Sociais, Estimativas da população residente com data de referência 1º de julho de 2017**. 2017. Disponível em <<http://cod.ibge.gov.br/2W154>>. Acesso em: 28 de Setembro de 2017.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produto Interno Bruto dos Municípios (infográficos: despesas e receitas orçamentárias e PIB)**. In IBGE e Órgãos Estaduais de Estatística, Secretarias Estaduais de Governo e Superintendência da Zona Franca de Manaus – SUFRAMA. 2013. Disponível em <<http://cod.ibge.gov.br/2W13R>>. Acesso em: 28 de Setembro de 2017.

JARAMILLO, V.J.; MARTÍNEZ-YRÍZAR, A. & SANFORD JR., R.L. Primary productivity and biogeochemistry of seasonally dry tropical forests. In: Dirzo, R.; Young, H.S.; Mooney, H.A. & Ceballos, G. (Eds.) **Seasonally Dry Tropical Forests: Ecology and Conservation**. Washington: Island Press. 109–128. 2011.

JIAO, Y.; WHALEN, J. K.; HENDERSHOT, W. H. No tillage and manure applications increase aggregation and improve nutrient retention in a sandyloam soil. **Geoderma**, v. 134, p. 24-33, 2006.

KÖNIG, F. G. et al. Avaliação da sazonalidade da produção de serapilheira numa floresta estacional decidual no município de Santa Maria- RS. **Revista Árvore**. Viçosa- MG, v. 26, n. 4, p. 429- 435. 2002.

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. **Klimate der Erde**. Gotha: Verlag Justus Perthes. 1928. Wall-map 150cmx200cm.

KORASAKI, V.; MORAIS, J. W. de; BRAGA, R. F. Macrofauna. In: MOREIRA, F. M. S.; CARES, J. E.; ZANETTI, R.; STÜRMER, S. L. (Eds.). **O ecossistema solo: componentes, relações ecológicas e efeitos na produção vegetal**. Lavras: Editora da UFLA, p. 79-128.2013.

LAVELLE, P.; BLANCHART, E.; MARTIN A. A hierarchical model for decomposition in (Homoptera:Cicadellidae) and attendant ants. *Annals of the Entomological Society of America*. v. 93, n. 1, p. 929-940, 2000.

LAWRENCE, D., FOSTER, D.R. Changes in forest biomass, litter dynamics and soils following shifting cultivation in southern Mexico: an overview. **Interciencia**, 27 (8): 400–408. 2002.

LAWRENCE, F. A., HASTING, A. M., DALLWITZ, T. A. P., ZURCHER, E. J. 1999. **Beetles of the world. A Key and information system for families and subfamilies**. Version 1.0 for MS-Windows. CSIRO Publishing, Melbourne.

LAWRENCE, J. F.; BRITTON, E. B. Coleoptera: the insects of Australia. In: WALTERHOUSE, D. F. (Ed). **The insects of Australia**. Canberra: Melbourne University Press, 1991. 360 p.

LEAL, I.R.; SILVA, J.M.C.; TABARELLI, M. & LACHER, T.E. Changing the course of biodiversity conservation in the Caatinga of Northeastern Brazil. **Conservation Biology**, 19 (3): 701–706. 2005.

LEAL, I. R; SILVA, J. M. C.; TIBARELLI, M.. Diversidade de formigas em Diferentes Unidades de Paisagem da Caatinga. **Ecologia e Conservação da Caatinga**. Recife: Ed. Universitária da UFPE, 2003.

LEITÃO FILHO, H. F.; PAGANO, S. N.; CESAR, O.; TIMONI, J. L.; RUEDA, J. J. **Ecologia da Mata Atlântica em Cubatão**. São Paulo: Editora da Universidade Estadual Paulista, 1993. 184p.

LEJON, D.P.H.; CHAUSSOD, R.; RANGER, J. & RANJARD, L. Microbial community structure and density under different tree species in an acid forest (Morvan, France). **Microbiol. Ecol.**, 50:614-625, 2005.

LINDEN, R. D.; HENDRIX, P. F.; COLEMAN, D. C.; VAN VILET, P. C. J. Faunal indicators of soil quality. *In*: DORAN, J. W.; COLEMAN, D. C.; BEZDICEK, D. F.; STEWART, B. A. (Eds.). **Defining soil quality for a sustainable environment**. Madison: Soil Science Society of American, 1994, p. 91-106.

LIRA, R.B. **Qualidade do solo e avaliação econômica do manejo sustentável da caatinga no projeto de assentamento Moacir Lucena, Apodi, RN**. 2010. 64 f. (Dissertação de mestrado). Programa de pós-graduação em Ciências do Solo. Universidade Federal Rural do semiárido.2010.

LISBOA, B. B. **Parâmetros microbiológicos como indicadores de qualidade do solo em sistemas de manejo**. 2009, 74 f. Dissertação (Mestrado em Ciências do Solo) – Universidade federal do Rio Grande do Sul. 2009. Acesso em: <<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/17697/00>>.

LOPES, J. F. B. et al. Deposição e decomposição de serapilheira em área de Caatinga. **Revista Agro@ambiente**. v. 3, n. 2, p. 72-79, 2009.

LOPES, A. S. GUILHERME, L. R. G. Interpretação de Análise de Solo: Conceitos e Aplicações. **Boletim Técnico**, Nº 2. Associação Nacional para Difusão de Adubos. 2004.

LORENZI, H.; MATOS, F.J.A. **Plantas Medicinais no Brasil: nativas e exóticas**. Nova Odessa: Instituto Plantarum de estudos da flora, 2002.

LOURENÇO, W.R. 2001. The Brazilian scorpion *Tityus stigmurus* (Chelicerata, Buthidae) and its complex of morphos. A new model is needed. **Biogeographica** 77(1): 21-34.

LOUZADA, J. N. C. Scarabeinae (Coleoptera, Scarabeidae) detritívoros em ecossistemas trpociais: diversidade e serviços ambientais. In: MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O.; BRUSSAARD, L. (Eds.). **Biodiversidade do solo em ecossistemas tropicais**. Lavras: Editora da UFLA, p. 323-369.2008.

LOUZADA, J. N. C.; ZANETTI, R. Bioindicadores. In: MOREIRA, F. M. S.; CARES, J. E.; ZANETTI, R.; STÜRMER, S. L. (Eds.). **O ecossistema solo: componentes, relações ecológicas e efeitos na produção vegetal**. Lavras: Editora da UFLA, p. 79128.2013.

LUGO, A.E. MURPHY, P.G. Nutrient dynamics of a Puerto Rican subtropical dry forest. **Journal of Tropical Ecology**, 2 (1): 22–72. 1986.

KOWALSKI, A. S., SERRANO-ORTIZ ,P., JANSSENS, I. A., et al. 2008. Can flux tower research neglect geochemical CO2 exchange? **Agricultural and Forest Meteorology**, 148: 1045–1054.

KROLOW, D. R. V. **Estudo da macro e mesofauna do solo em um sistema de produção de base ecológica**. Tese (Doutorado em Agronomia) Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2009.

MAIA, G.N. **Caatinga: árvores e arbustos e suas utilidades**. São Paulo D&Z, 2004. 413p.

MAIA-SILVA, C.; SILVA, C. I.; HRNCIR, M.; QUEIROZ, R. T.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. **Guia de plantas visitadas por abelhas na Caatinga**. Fortaleza-CE: Editora Fundação Brasil Cidadão, 2012. 191 p.

MACEDO, L. P. M. **Diversidade de formigas edáficas (*Hymenoptera: Formicidae*) em fragmentos da Mata Atlântica do Estado de São Paulo**. Tese (Doutorado). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2004.

MATOS, F.J.A. **O formulário fitoterápico do professor Dias da Rocha: informações sobre o emprego da medicina caseira, de plantas do Nordeste, especialmente do Ceará**. 2 ed. Fortaleza: EDUFC, 1997.

MATOS, F.J.A. **Plantas da medicina popular do Nordeste: propriedades atribuídas e confirmadas**. Fortaleza: EDUFC, 1999.

MATOS, L. V., CAMPELLO, E. F. C., RESENDE, A. S., PEREIRA, J. A. R., FRANCO, A. A. Conhecendo a leguminosa arbórea *Gliricidia sepium* (Jacq.) Steud. In *Plantio de Leguminosas Arbóreas para Produção de Moirões Vivos e Construção de Cercas Ecológicas*. Embrapa Agrobiologia. **Sistemas de Produção**, 3. ISSN 1679-6721. 2005. Disponível em:

<<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Moirao/MoiraoVivoCercaEcologica/autores.htm>>. Acesso em 13 de outubro de 2015.

MARSCHNER, H. Functions of mineral nutrients: macronutrients. *In* **Mineral nutrition of higher plants**. San Diego: Academic, 1995. p. 229-312.

MARTINS, U. R. 1997. **Cerambycidae sul-americanos (Coleoptera)**. Taxonomia, Vol. 1, Sociedade Brasileira de Entomologia, São Paulo.

MEDEIROS, P. H. A. *et al.* Interception measurements and assessment of Gash model performance for a tropical semi-arid region. **Ciência Agrônômica**, v. 40, n. 2, p. 165-174, 2009.

MEDEIROS, S. S., CAVALCANTE, A. M. B., MARIN, A. M. P., TINÔCO, L. B. M., SALCEDO, I. H., PINTO, T. F. **Sinopse do Censo Demográfico para o Semiárido Brasileiro**. Campina Grande: INSA, 2012.

MEDINA, E. & ZELWER, M. Soil respiration in tropical plant communities. In: Golley, P.M. & Golley, F.B. (Eds.). **Tropical Ecology, with Emphasis on Organic Production**. Athens: University of Georgia. 245–267. 1972.

MELIC, A. 2003. De los jeroglíficos a los tebeos: los artrópodos en la cultura. **Boln. S.E.A.**, 32: 325-357.

MELILLO, J.M.; ABER, J.D. & MURATORE, J.F. Nitrogen and lignin control of hardwood leaf litter decomposition dynamics. **Ecology**, 63: 621–623. 1982.

MELPHI, Adolpho Jose. **Prefácio**. In Curso de Gestão Ambiental. PHILIPPI JR, Arlindo. ROMERO, Marcelo de A. BRUNA, Gilda Collet - editores. Baureri, SP: Manole, 2004.

MELO, J. A. B., PEREIRA, R. A., DANTAS NETO, J., LIMA, E. R. V. Propriedades do solo e propensão à desertificação na Microbacia do Riacho do Tronco, Boa Vista, PB. **Revista Brasileira de Agroecologia**. 5(2): 234-246 (2010).

MENEZES, L. C. P. **Percepção Ambiental de Comunidades Rurais sobre Mudanças Climáticas: Estudo de caso no Semiárido Pernambucano**. Monografia (Graduação). Engenharia Agrícola e Ambiental. Universidade Federal Rural de Pernambuco, UFRPE, Brasil. 2011.

MENEZES, L. C. P., OLIVEIRA B. M. C. EL-DEIR, S. G. **Percepção ambiental sobre mudanças climáticas: estudo de caso no semiárido pernambucano**. *In* anais do Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental. IBEAS – Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais. Londrina, 2011.

MIKOLA, T. V. Z. **Revisão Bibliográfica da Ocorrência de Baratas em Ambiente Urbano no Brasil**. Monografia (Especialização) em Entomologia Urbana. Instituto de Biociências do Campus de Rio Claro. Universidade Estadual Paulista, 2010.

NEW, T.R. 1999. Untangling the web: spiders and the challenges of invertebrate conservation. *J. Insect Conserv.* 3:251-256.

NENTWIG, W. 1989. Seasonal and taxonomic aspects of the size of arthropods in the tropics and its possible influence on size-selectivity in the prey of a tropical spider community. *Oecologia.* 78:35-40.

NYFFELER, M., STERLING, W.L. & DEAN, D.A. 1994. **How spiders make a living.** *Env. Ent.* 23:1357-1367.

MIELNICZUK, J. Matéria Orgânica e a sustentabilidade de sistemas agrícolas. In: SANTOS, G. A.; CAMARGO, F. A. O. (Ed.). Fundamentos da matéria orgânica dos solos. **Porto Alegre: Gênese**, 1999, p.1-9.

MIN. Ministério da Integração Nacional. **Nova Delimitação do Semi-Árido Brasileiro.** Disponível em: <http://www.mi.gov.br/c/document_library/get_file?uuid=0aa2b9b5-aa4d-4b55-a6e1-82faf0762763&groupId=24915>. Acesso em 19 de outubro de 2015.

MMA. Ministério do Meio Ambiente - MMA. **Caatinga.** Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/biomas/caatinga>>. Acesso em 07 de outubro de 2015.

MOCHOLÍ, A. S. Clase: Entognatha, Orden DIPLURA, Manual. **Revista IDE@ - SEA**, nº 35, 2015. Disponível em: <http://sea-entomologia.org/IDE@/revista_35.pdf>. Acesso em: 19 de setembro de 2009.

MORELLATO, L.P.C. Nutrient cycling in two south-east Brazilian forests. I. Litterfall and litter standing crop. **Journal of Tropical Ecology**, 8 (2): 205–215. 1992.

NATIONAL ACADEMY SCIENCES (Washington). **Firewood crops: shrub and tree species for energy production.** Washington, 1980. 237p. UAPNPBS. Comunicado Técnico, 3)

NANNIPIERI, P. **Microbial biomass and activity measurements in soil: ecological significance.** In: KLUG, M. J.; REDDY, C. A. Current perspectives in microbial ecology. Washington: American Society for Microbiology, 1984. p. 515-521.

NAVARRO HEVIA, J. et al. Métodos de restauración demárgenes fluviales: mantas orgánicas. **Ríos con vida.** Publicación de AEMS- Ríos con Vida, n. 77, p. 19-22. 2005.

NISHIZAWA, T., TSUCHIYA, A., PINTO, M.M.V. **Characteristics and utilization of tree species in the semi-arid woodland of north-east Brazil.** In: NISHIZAWA, T., UITTO, J.I. (Eds.). The fragile tropics of Latin America: Sustainable management of changing environments. Tokyo: United Nation University Press, 2005. p.280-300.

NÓBREGA NETO, C. M. **Levantamento fitossociológico da mata ciliar do rio do Pedro no município de Picuí.** Monografia (Graduação – Tecnologia em Agroecologia) – Instituto Federal de Educação Tecnológica da Paraíba, IFPB –

Campus Picuí/Coordenação de Tecnologia em Agroecologia. 2016.

O'DONNELL, A.G.; SEASMAN, M.; MACRAE, A.; WAITE, I.; DAVIES, J.T. Plants and fertilizers as drivers of change in microbial community structure and function in soils. **Plant and Soil**, The Hague, v. 232, p. 135-145, 2001.

OLSON, J.S. Energy storage and the balance of producers and decomposers in ecological systems. **Ecology**, 42: 322–331.1963.

PANDEY, R. R. et al. Litterfall, litter decomposition and nutrient dynamics in a subtropical natural oak forest and managed plantation in northeastern India. **Forest Ecology and Management**, v. 240, p. 96–104. 2007.

PAN-BRASIL. **Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca**. Ministério do Meio Ambiente – MMA. Secretaria de Recursos Hídricos. 2005.

PEREIRA, D. D. **Cariris paraibanos: do sesmarialismo aos assentamentos de reforma agrária. Raízes da desertificação?** Tese (Doutorado em Recursos Naturais) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia Recursos Naturais. Campina Grande, 2008.

PEREIRA, F. C. **Espécies xerófilas: Comportamento e fenologia em áreas degradadas do Semiárido brasileiro**. Tese (Doutorado). Programa de Pós-graduação em Recursos Naturais. UFCG. 2013.

PEREIRA, F. C. **Metodologia para recuperação de áreas degradadas no semiárido da Paraíba utilizando Xique-xique (*Pilosocereus gounellei*) e a Macambira (*Bromelia laciniosa*)**. Dissertação (Mestrado em Recursos Naturais). Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande. 2010.

PEREIRA, I. M., ANDRADE, L. A., COSTA, J. R. M., DIAS, J. M. Regeneração natural na Caatinga sob diferentes níveis de perturbação, no Agreste Paraibano. **Acta bot. bras.** 15 (3): 413-426. 2001.

PEZZATTO, A. W. & WISNIEWSKI, C. Produção de serapilheira em diferentes seres sucessionais da floresta estacional semidecidual noeste do Paraná. **Floresta**. Curitiba, PR, v. 36, n. 1, 2006.

PIMENTEL, J. V. F. (Ed). **Caatinga e manejo agrossilvipastoril**. In: ANDRADE, E.; PEREIRA, O.; DANTAS, E. Semiárido e o manejo dos recursos naturais. Fortaleza: Imprensa Universitária, 2010. v. 1, cap. 5, p. 106 – 132.

PLEGUEZUELO, C. R. R. ET AL. Litter decomposition and nitrogen release in a sloping Mediterranean subtropical agroecosystem on the coast of Granada (SE, Spain): Effects of floristic and topographic alteration on the slope. **Agriculture, Ecosystems and Environment**. v. 134, p. 79–88. 2009.

POGGIANI, F. **Ciclagem de nutrientes em ecossistemas de plantações**

florestais de Eucalyptus e Pinus. Implicações Silviculturais. 1985. 211f. Tese (Doutorado) Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. 1985.

POTENZA, M. R. Aspectos Bioecológicos das Baratas Sinantrópicas. In: Reunião Itinerante de Fitossanidade do Instituto Biológico, 20-21 de set. 2005, Ribeirão Preto. Anais da **XII Reunião itinerante de fitossanidade do Instituto Biológico**, Ribeirão Preto: Instituto Biológico, 2005. p.35-41.

POWER, R. F; TIARKS, A. E; BOYLE, J. R. **Assesing soil quality: Practicable standard for sustainable forest productivity in United States.** In: BIGHAM, J. M., KRAL, D. M; VINEY, M. K; ADAMS, M. B; RAMAKRISHNA, K; DAVIDSON, E. A. (Ed.). The contribution of soil science to the development and implementation of criteria and indicators of sustainable forest management. Madison: Soil Science Society of Americam, 1998. p. 53-80.

PREVIATI, R.; ROCHA DA SILVA, J.R.; SOUZA, C.R.; JANKE, L. Isolamento e quantificação das populações de bactérias em geral e de actinomicetos presentes no solo. **Arquivo de Ciências Veterinárias e Zoologia da UNIPAR**, v. 15, n.2, p. 155-160, 2012.

PRIMAVESI, A. **Manejo ecológico do solo.** São Paulo: Nobel, 2002.

PRUSKI, F. F. Prejuízos decorrentes da erosão hídrica e tolerância de perdas de solo. In.: PRUSKI, F. F. (Ed.) **Conservação do solo e da água: práticas mecânicas para o controle da erosão hídrica.** Viçosa: Editora UFV, 2011. p.13-23.

RAIJ, B. V. Fertilidade do solo e adubação. **CERES**, Piracicaba: Instituto da Potassa & Fosfato, 1991. 343 p.

REEVES, D. W. The role of soil organic matter in maintaining soil quality in continuous cropping systems. **Soiland Tillage Ressearch**, New York, v. 43, p.131-147, 1997.

RETH, S., REICHSTEIN, M., FALGE, E. 2005. The effect of soil water content, soil temperature, soil pH-value and the root mass on soil CO₂ efflux—a modified model. **Plant and Soil**, 268: 21–33.

RICHARDS, L. A. (ed.) **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils.** U.S.D.A. Handbook 60, 1954.

RICHARDS, O. W., DAVIES, R. G. **Imm’s General Textbook of Entomology.** Vol. 2, 10th Edition. Chapman & Hall Ltd, London. 1994.

RIBEIRO, J. M. **Atributos Químicos e Microbiológicos do Solo em Sistemas Agroflorestais do Norte de Minas Gerais.** Dissertação (Mestrado). Curso de Pós-graduação em Produção Vegetal do Instituto de Ciências Agrárias. Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Montes Claros, 2014.

ROBINSON, W. H. **Urban etomology: Insect and mite pest in the human environment**. London: Chapman & Hall, 1996. 430 p.

RODRIGUES, M.Q.; SOUTO, J.S.; SANTOS, R.V.; BEZERRA, D.M.; SALES, F.C.V. Diversidade da fauna edáfica como bioindicadora para o manjo do solo no semi-árido da Paraíba. **Revista Pesquisa**. Campina Grande, v.1, n.1, p.137-142, 2007.

ROMÃO, J. A. Araneofauna (**Arachnida, Araneae**) de Solo em Fragmento de Caatinga e de Mata de Cipó, no Município de Lafaiete Coutinho, Bahia, Brasil. 2008. 102p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Santa Cruz. Santa Cruz – BA. 2008.

RONQUIM, C. C. Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite. 2010. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**, 8.

ROSCOE, R.; MERCANTE, F. M.; MENDES, I. C.; REIS JUNIOR, F. B.; SANTOS, J. C. F.; HUNGRIA, M. Biomassa Microbiana do Solo: Fração mais Ativa da Matéria Orgânica. In: ROSCOE, R.; MERCANTE, F. M.; SALTON, J. C. **Dinâmica da Matéria Orgânica do Solo em Sistemas Conservacionistas: modelagem matemática e métodos auxiliares**. Dourados – MS, Embrapa Agropecuária Oeste, 2006, 163-198 p.

SÁ, C. O., SÁ, J. L., RANGEL, J. H. A., MUNIZ, E. N. **Gliricídia Formas de plantio e cultivo**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa Tabuleiros Costeiros). 1ª edição. 2012.

SALCEDO, I. H. Biogeoquímica do fósforo em solos da região semi-árida do NE do Brasil. **Revista de Geografia**, v. 23, p.108-123, 2006.

SALGADO, E. V. **Capacidade de Suporte da Serapilheira da Caatinga na Recuperação de Solos Degradados no Semiárido**. Tese (Doutorado). Curso de Doutorado em Engenharia Agrícola, Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Ceará. 2014.

SAMPAIO, E.V.S.B. Overview of the Brazilian Caatinga. In: Bullock, S.H.; Mooney, H.A. e Medina, E. (Eds.). **Seasonally dry forests**. Cambridge: Cambridge University Press. 35–58. 1995.

SANCHEZ-CAÑETE E P, SERRANO-ORTIZ P, KOWALSKI A S, et al. 2011. Subterranean CO₂ ventilation and its role in the net ecosystem carbon balance of a karstic shrubland. **Geophysical Research Letters**, 38: L09802.

SANTANA, D. P.; BAHIA FILHO, A. F. C. **Soil quality and agricultural sustainability in the Brazilian Cerrado**. In: WORLD CONGRESS OF SOIL SCIENCE, 16., 1998. Montpellier: ISSS, 1998. CD-ROM.

SANTANA, J. A. S. **Estrutura fitossociológica, produção de serapilheira e ciclagem de nutrientes em uma área de Caatinga no Seridó do Rio Grande do**

Norte. 2005. 206 f. Tese (Doutorado em Agronomia). Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba. 2005.

SANTANA, J. A. S.; SOUTO, J. S. Diversidade e estrutura fitossociológica da caatinga na estação ecológica do Seridó-RN. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**. v. 6, n. 2, p. 232-242. 2006.

SANTANA, J. A. S., VIEIRA, F. A., PACHECO, M. V., OLIVEIRA, P. R. S. Padrão de distribuição e estrutura diamétrica de *Caesalpinia pyramidalis* Tul. (Catingueira) na Caatinga do Seridó. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, vol. 11, núm. 1, 2011, pp. 116-122. Universidade Estadual da Paraíba, Brasil.

SANTIAGO, F. S., MOREIRA DIAS, I. C. G., JALFIM, F. T., SILVA, N. C. G., BLACKBURN, R. M., NANES, M. B. **Conservação dos atributos do solo com manejo da caatinga no Semiárido do Piauí**. XXXIV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. 2013.

SANTOS, G.A.; CAMARGO, F.A.O. (Eds.). **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto alegre: Gênese,1999. p. 197-225.

SANTOS JÚNIOR, W. A. C. **Gafanhotos Gomphocerinae (Orthoptera: acrididae) da área de proteção ambiental do Rio Curiaú, Macapá, Amapá**. Dissertação (Mestrado em Biodiversidade Tropical). Fundação Universidade Federal do Amapá. Macapá, 2013. 72 f.

SANTOS, R. F., SILVEIRA, T. A., ROSENDO, E. E. Q., VITAL, S. R. O., PEREIRA, F. C., FRANCISCO, P. R. M. **Análise Climatológica das Tendências de Precipitação Pluvial dos Municípios de Picuí e Cuité, Paraíba – PB**. Congresso de Pesquisa e Inovação da Rede Norte Nordeste de Educação Tecnológica – CONNEPI, 2014.

SANTOS, J.P., ARAÚJO, E.L., ALBUQUERQUE, U.P. Richness and distribution of useful woody plants in the semiarid region of northeastern Brazil. **Journal of Arid Environments**, Amsterdam, v. 72, n. 5, p. 652-663, 2008.

SANTOS, R. C., CASTRO, R. V. O., CARNEIRO, A. C. O., CASTRO, A. F. N. M., PIMENTA, A. S., PINTO, E. M., MARINHO, I. V. Estoques de volume, biomassa e carbono na madeira de espécies da Caatinga em Caicó, RN. **Brazilian Journal of Forestry Research**. Pesquisa Florestal Brasileira, Pesq. flor. bras., Colombo, v. 36, n. 85, p. 1-7, jan./mar. 2016.

SAYNES, V.; HIDALGO, C.; ETCHEVERS, J.D. & CAMPO, J.E. Soil C and N dynamics in primary and secondary seasonally dry tropical forests in Mexico. **Applied Soil Ecology**, 29: 282–289. 2005.

SCANLON B R, KEESE K E, FLINT A L, et al. 2006. Global synthesis of groundwater recharge in semi-arid and arid regions. **Hydrological Processes**, 20: 3335–3370.

SCHLESINGER, W.H.; BELNAP, J.; MARION, G. On carbon sequestration in desert ecosystems. **Glob. Chang. Biol.**2009, 15, 1488–1490.

SCHIMEL, D. S., BRASWELL, B. H., HOLLAND, E. A. Climatic, edaphic, and biotic controls over storage and turnover of carbon in soils. **Global Biogeochemical Cycles**, 8: 279–293. 1994.

SCHIMEL, D. S., HOUSE, J. I., HIBBARD, K. A., et al. 2001. Recent patterns and mechanisms of carbon exchange by terrestrial ecosystems. **Nature**, 414: 169–172.

SCHINDLER, D. W. 1999. The mysterious missing sink. **Nature**, 398: 105–107.

SCHOLES, M. C.; SWIFT, M. J.; HEAL, O. W.; SANCHEZ, P. A.; INGRAM, J. S. I.; DALAL, R. Soil fertility research in response to the demand for sustainability. p. 1-14. In: WOOMER, P. L.; SWIFT, M. J. (Ed.). **The Biological Management of Tropical Soil Fertility**. Chichester. West Sussex, UK: John Wiley & Sons, 1994.

SERRANO-ORTIZ P, ROLAND M, SÁNCHEZ-MORAL S, et al. 2010. Hidden, abiotic CO₂ flows and gaseous reservoirs in the terrestrial carbon cycle: review and perspectives. **Agricultural and Forest Meteorology**, 150: 321–329.

SILVA, E. P. **Estudo da Vulnerabilidade Socioeconômico Ambiental e os Riscos a Desastre ENOS (El Niño Oscilação Sul) no Município de Picuí - Paraíba: um estudo de caso**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande. 2002.

SILVA, R. B.; SANTOS, A. C.; BATISTA, R. B. Respiração Edáfica como indicativo da qualidade do solo em Três agrossistemas. **Enciclopedia Biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiania, vol.6, N.11; Pag.1; 2010.

SILVER, W.L. & MIYA, R.K. Global patterns in root decomposition: comparisons of climate and litter quality effects. **Oecologia**, 129 (3): 407–419. 2001.

SOARES JR, F.L.; MELO, I.S.; DIAS, A.C.F.; ANDREOTE, F.D. Cellulolytic bacteria from soils in harsh environments. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, v. 28, p. 2195-2203, 2012.

SOUTO, P. C. **Acumulação e decomposição da serapilheira e distribuição de organismos edáficos em área de Caatinga na Paraíba, Brasil**. 146f. 2006. Tese (Doutorado em Agronomia – Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal da Paraíba, Areia – PB, 2006.

SOUTO, P.C. et al. Características químicas da serapilheira depositada em área de caatinga. **Revista Caatinga**. Mossoró, Brasil, v. 22, n. 1, p. 264-272. 2009.

SOUTO, P. C.; SOUTO, J. S., SANTOS, R. V., BAKKE, I. A. SALES, F. das C. V., SOUZA, B. V. Taxa de Decomposição da Serapilheira e Atividade Microbiana em Área de Caatinga. **Cerne**. Vol. 19, núm. 4, outubro-diciembre, 2013, pp. 559-565. Universidade Federal de Lavras. Lavras, Brasil.

SOUTO, P. C., SOUTO, J. S., SANTOS, R. V., BAKKE, I. A. Características químicas da serapilheira depositada em área de Caatinga. **Caatinga** (Mossoró,Brasil), v.22, n.1, p.264-272. 2009.

SOUTO, J. S.; GOMES, M. M. S.; RODRIGUES, M. Q.; LIMEIRA, C. H.; SOUTO, P. C. Distribuição da macrofauna do solo em áreas com jurema preta (*Mimosa tenuiflora*) e malva branca (*Sida cordifolia*). In: fertbio 2008, Londrina. **Anais... Londrina: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, 2008.**

SOUZA, B. I. ARTIGAS, R. C. LIMA, E. R. V. Caatinga e Desertificação. **Mercator**. Fortaleza, v. 14, n. 1, p. 131-150, jan./abr. 2015.

SOUZA, J. H. **Os aracnídeos (Arachnidae: Araneae, Scorpiones) na comunidade Quilombola de Mesquita, Goiás: um estudo de caso sobre a etnobiologia.** Dissertação (Mestrado em Biologia Animal). Universidade de Brasília – UNB. 2007.

SOUZA NETO, A. G. **Avaliação da Área Foliar de Cinco Espécies Florestais Ocorrentes no Semiárido Paraibano.** Monografia (Graduação) de conclusão de curso. de Engenharia Florestal. Universidade Federal de Campina Grande, Campus de Patos – PB. 2009.

STOTZKY, G.; NORMAN, A. G. Factors limiting microbial activities in soil: I. The level of substrate, nitrogen, and phosphorus. **Archives of Microbiology**, n. 40, p. 341-369, 1961.

TAYLOR, B.R.; PARKINSON, D.; PARSONS, W.F.J. Nitrogen and lignin content as predictors of litter decay rates: a microcosm test. **Ecology**, v.70, n.2, p.97-104, 1989.

TEDESCO, M. J.; GIANELO, C.; BISSANE, C. A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J. **Análise de solo, plantas e outros materiais.** 2. ed., Porto Alegre, Departamento de Solos, UFRGS. 1995. 174p.

TOLEDO, L.O. **Aporte de serrapilheira, fauna edáfica e taxa de decomposição em áreas de floresta secundária no Município de Pinheiral,** RJ. Seropédica, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2003. 80p. (Tese de Mestrado).

TORRES, F. P. CLASE INSECTA - Orden Blattodea. **Revista IDE@ - SEA**, nº 48, 2015. Disponível em: <http://sea-entomologia.org/IDE@/revista_48.pdf>. Acesso em 19 de agosto de 2017.

TÓTOLA, M. R.; CHAER, G. M. Microrganismos e processos microbiológicos como indicadores da qualidade dos solos. **Tópicos em Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 2, p.196-275, 2002.

TRIPLEHORN, C.A., JOHNSON, N.F. 2005. **Introduction to the Study of Insects.** 7nd ed. Borror and DeLong's. Thomson Brooks/Cole, Belmont.

VASCONCELOS, H.L.; LUIZÃO, F.J. Litter production and litter nutrient concentrations in a fragmented Amazonian landscape. **Ecological Applications**, 14: 884–892. 2004.

VITAL, A. R.T. ET AL. Produção de serapilheira e ciclagem de nutrientes de uma floresta estacional semidecidual em zona riparia. **Árvore**, v. 28, n. 6, p. 793-800, 2004.

VINHAL-FREITAS, I. C.; WANGEN, D. R. B.; FERREIRA, A. S.; CORRÊA, G. F.; WENDLING, B. Microbial and enzymatic activity in soil after organic composting. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v. 34, n.3, p. 757-764, 2010.

WALKLEY, A. BLACK, I.A. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. **Soil Sci.**, 37:29-38, 1934.

WANG, X. H., PIAO, S. L., CIAIS, P., et al. 2010. Are ecological gradients in seasonal Q10 of soil respiration explained by climate or by vegetation seasonality? **Soil Biology & Biochemistry**, 42: 1728–1734.

WANG, W. F., CHEN, X., LUO, G. P., ET AL. Modeling the contribution of abiotic exchange to CO₂ flux in alkaline soils of arid areas. **Journal of Arid Land**. 2013. DOI: 10.1007/s40333-013-0187-6.

WENDLING, B.; JUCKSCH, I.; MENDONÇA, E.S. & NEVES, J.C.L. Carbono orgânico e estabilidade de agregados de um Latossolo Vermelho sob diferentes manejos. **Pesq. Agropec. Bras.**, 40:487-494, 2005.

WINKC, G.J. V. C, FAGUNDES, C. K, ROVEDDER, A. P. Insetos edáficos como indicadores da qualidade ambiental. **Revista de Ciências Agroveterinárias**. 2005.

WOLF, B.; SNYDER, G. H. **Sustainable Soils**: The place of organic matter in sustaining soils and their productivity. New York: Ed. Food Products Press, Binghamton, 2003. 352p.

XIE, J. X., LI, Y., ZHAI, C. X., et al. 2009. CO₂ absorption by alkaline soils and its implication to the global carbon cycle. **Environmental Geology**, 56: 953–961.

ZHOU, G.; GUAN, L.; WEI, X.; ZHANG, D.; ZHANG, Q.; YAN, J.; WEN, D.; LIU, J.; LIU, S.; HUANG, Z.; KONG, G.; MO, J. & YU, A. Litterfall production along successional and altitudinal gradients of subtropical monsoon evergreen broadleaved forests in Guangdong, China. **Plant Ecology**, 188: 77–89. 2007.

ZORZENON, F. J. Noções sobre as principais pragas urbanas. **Biológico**, São Paulo, v.64, n. 2, p. 231-234, jul./dez., 2002.