



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**  
**DEPARTAMENTO DE SOLOS E ENGENHARIA RURAL**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DO SOLO**



**DINÂMICA TEMPORAL DO EFLUXO DE CO<sub>2</sub> E PRODUÇÃO DE  
GLOMALINA EM ÁREA DE CAATINGA SOB NEOSSOLO LITÓLICO**

**CÁSSIO RICARDO GONÇALVES DA COSTA**

**AREIA – PB**  
**MAIO DE 2019**

**CÁSSIO RICARDO GONÇALVES DA COSTA**

**DINÂMICA TEMPORAL DO EFLUXO DE CO<sub>2</sub> E PRODUÇÃO DE  
GLOMALINA EM ÁREA DE CAATINGA SOB NEOSSOLO LITÓLICO**

**AREIA – PB  
MAIO DE 2019**

**CÁSSIO RICARDO GONÇALVES DA COSTA**

**DINÂMICA TEMPORAL DO EFLUXO DE CO<sub>2</sub> E PRODUÇÃO DE  
GLOMALINA EM ÁREA DE CAATINGA SOB NEOSSOLO LITÓLICO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo da Universidade Federal da Paraíba, em cumprimento às exigências para obtenção do título de Mestre em Ciência do Solo.

**Orientadora:** Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup> Vânia da Silva Fraga

**Co-orientador:** Dr. George Rodrigues Lambais

**AREIA – PB  
MAIO DE 2019**

**Catálogo na publicação**  
**Seção de Catalogação e Classificação**

C838d Costa, Cássio Ricardo Gonçalves da.

DINÂMICA TEMPORAL DO EFLUXO DE CO<sub>2</sub> E PRODUÇÃO DE GLOMALINA EM ÁREA DE CAATINGA SOB NEOSSOLO LITÓLICO / Cássio Ricardo Gonçalves da Costa. - Areia, 2019. 82 f. : il.

Orientação: Vânia da Silva Fraga.  
Coorientação: George Rodrigues Lambais.  
Dissertação (Mestrado) - UFPB/CCA.

1. respiração edáfica. 2. micorrizas. 3. estabilidade de agregados. I. Fraga, Vânia da Silva. II. Título.

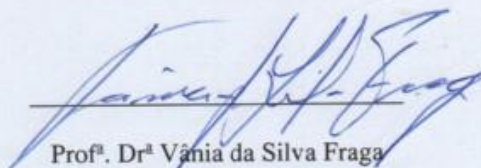
UFPB/BC

CÁSSIO RICARDO GONÇALVES DA COSTA

DINÂMICA TEMPORAL DO EFLUXO DE CO<sub>2</sub> E PRODUÇÃO DE  
GLOMALINA EM ÁREA DE CAATINGA SOB NEOSSOLO LITÓLICO

Aprovada em 29/05/2019

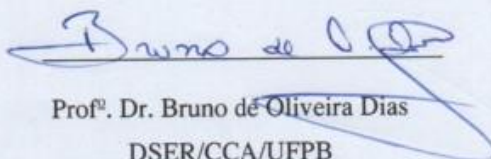
BANCA EXAMINADORA



Prof.ª Dr.ª Vânia da Silva Fraga

DSER/CCA/UFPB

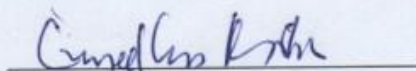
Orientadora



Prof. Dr. Bruno de Oliveira Dias

DSER/CCA/UFPB

Examinador



Dr. Emanuel Lima Martins

INSA/ MCTI

Examinador

AREIA - PB

MAIO DE 2019

## **AGRADECIMENTOS**

A minha orientadora Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup>. Vânia da Silva Fraga pelos ensinamentos de todos os dias, sempre contribuindo na nossa formação, especialmente como pesquisador na área de Ciência do Solo;

Ao meu coorientador Dr. George Lambais e o MSc. Renato Souza por todo apoio durante a condução do experimento;

Ao Instituto Nacional do Semiárido (INSA), seus funcionários e colaboradores pela parceria no projeto, possibilitando que essa pesquisa pudesse ser desenvolvida;

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoas de Nível Superior – CAPES – Código Financeiro 001 – pela bolsa concedida para o desenvolvimento da pesquisa;

Aos colegas do curso no PPGCS pelas conversas e lutas diárias, especialmente a minha turma 2017.1 que foi uma das maiores conquistas durante minha formação, me trazendo bons amigos e parceiros profissionais;

A todos os amigos que fiz na cidade de Areia-PB, e na Universidade Federal da Paraíba, levarei sempre ótimas lembranças;

Ao grande companheiro para todas as horas, Marcos Silva, grande tesouro que Areia me deu, por toda a dedicação, ajuda durante toda minha pesquisa, pela admiração que é mútua e por estar sempre ao meu lado acreditando em mim, a minha filha (felina) Ganesha, que parece ser metade de mim, em outro ser, me faz tão feliz.

## *Dedico*

A Deus, por ser minha fortaleza e pela proteção diária com as pessoas mais importantes na minha vida, meus pais Cícero e Reimaguina, meu irmão Carlos e sobrinhas M<sup>a</sup> Cecília e M<sup>a</sup> Heloísa por serem o meu elo de força e dedicação.

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	<b>1</b>
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	<b>2</b>
<b>RESUMO GERAL:</b> .....	<b>4</b>
<b>GENERAL ABSTRACT:</b> .....	<b>5</b>
<b>1. INTRODUÇÃO GERAL</b> .....	<b>6</b>
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>7</b>
2.1 <i>Características do Bioma Caatinga</i> .....	7
2.2 <i>Solos da região Semiárida</i> .....	8
2.3 <i>Produção de serrapilheira</i> .....	9
2.4 <i>Decomposição de serrapilheira e ciclagem de nutrientes</i> .....	10
2.5 <i>Efluxos de CO<sub>2</sub></i> .....	10
2.6 <i>Produção de glomalina e agregação do solo</i> .....	11
<b>3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>13</b>
<b>CAPÍTULO I: EFLUXOS DE CO<sub>2</sub> E CICLAGEM DE NUTRIENTES EM ÁREA DE CAATINGA SOB NEOSSOLO LITÓLICO</b> .....	<b>18</b>
<b>RESUMO:</b> .....	<b>18</b>
<b>CHAPTER I: CO<sub>2</sub> EFFLUXS AND CYCLING OF NUTRIENTS IN CAATINGA AREA UNDER ENTISOL</b> .....	
<b>ABSTRACT:</b> .....	<b>19</b>
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>20</b>
1.1 <i>Aporte e decomposição de serrapilheira e ciclagem de nutrientes</i> .....	20
1.2 <i>Efluxos de CO<sub>2</sub></i> .....	21
<b>2. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>22</b>
2.1 <i>Localização do Experimento e Condução da Pesquisa</i> .....	22
2.2 <i>Clima</i> .....	23

2.3 Solo da área.....	24
2.4 Histórico da área e tipo de vegetação.....	24
2.5 Produção de Serrapilheira.....	26
2.6 Decomposição de Serrapilheira.....	28
2.7 Análise química da serrapilheira.....	30
2.8 Efluxo de CO <sub>2</sub> .....	30
2.9 Umidade do Solo.....	32
2.10 Temperatura do Solo.....	32
2.11 Análises químicas e físicas do solo.....	33
2.12 Análises estatísticas.....	33
<b>3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>33</b>
3.1 Caracterização química do solo.....	33
3.2 Caracterização física do solo.....	35
3.3 Umidade do solo da área.....	36
3.4 Temperatura do solo da área.....	37
3.5 Produção de Serrapilheira.....	38
3.6 Taxa de decomposição da serrapilheira e ciclagem de nutrientes.....	41
3.7 Efluxos de CO <sub>2</sub> .....	48
3.8 Correlação entre as variáveis e os fatores climatológicos.....	49
<b>4. CONCLUSÕES.....</b>	<b>51</b>
<b>5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>52</b>
<b>CAPÍTULO II: PRODUÇÃO DE GLOMALINA DO SOLO E ESTABILIDADE DE AGREGADOS EM ÁREA DE CAATINGA SOB NEOSSOLO LITÓLICO .</b>	<b>59</b>
<b>RESUMO: .....</b>	<b>59</b>
<b>CHAPTER II: SOIL GLOMALINE PRODUCTION AND STABILITY OF AGGREGATES IN CAATINGA AREA UNDER ENTISOL .....</b>	<b>60</b>
<b>ABSTRACT: .....</b>	<b>60</b>
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>61</b>

<b>2. MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>62</b>
2.1 <i>Localização do Experimento e Condução da Pesquisa .....</i>	62
2.2 <i>Carbono Orgânico Total .....</i>	64
2.3 <i>Extração e contagem de esporos .....</i>	64
2.4 <i>Glomalina do solo .....</i>	65
2.5 <i>Estabilidade de Agregados .....</i>	66
2.5.1 <i>Peneiramento Úmido .....</i>	66
2.5.2 <i>Peneiramento Seco .....</i>	66
2.5.3 <i>Diâmetro Médio Ponderado de Agregados .....</i>	66
2.7 <i>Índice de Estabilidade de Agregados .....</i>	67
<b>3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>67</b>
3.1 <i>Correlação entre as variáveis analisadas .....</i>	70
<b>4. CONCLUSÕES.....</b>	<b>70</b>
<b>5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>71</b>

## LISTA DE TABELAS

### CAPÍTULO I

<b>Tabela 1-</b> Espécies vegetais registradas na área de Caatinga sob Neossolo Litólico. E. E. Profº Ignácio Salcedo, INSA, Campina Grande, PB.....	30
<b>Tabela 2-</b> Caracterização química do Neossolo Litólico na camada de 0-10 cm em área de Caatinga arbórea e arbustiva em processo de regeneração no Semiárido Paraibano.	39
<b>Tabela 3-</b> Caracterização física do Neossolo Litólico na camada de 0-10 cm em área de Caatinga arbórea e arbustiva em processo de regeneração no Semiárido Paraibano.....	41
<b>Tabela 4-</b> Variação mensal da produção de serrapilheira em kg ha <sup>-1</sup> em área de caatinga arbustiva-arbórea preservada no período de Outubro 2017 a Outubro 2018 em região semiárida na Paraíba .....	44
<b>Tabela 5-</b> Constante de decomposição (K), tempo médio de renovação (1/K) e tempos de decomposição de 50% (t 0,5) e 95% (t 0,05) da serrapilheira em área de Caatinga...50	
<b>Tabela 6-</b> Teores médios de macronutrientes e de carbono no material vegetal em g/kg com diferentes tempos de decomposição em área de Caatinga arbórea-arbustiva no semiárido Paraibano .....	52
<b>Tabela 7-</b> Médias mensais de emissão de CO <sub>2</sub> liberado do solo em ambientes com vegetação de porte arbóreo e arbustivo sob Caatinga no semiárido Paraibano .....	54
<b>Tabela 8-</b> Matriz de correlação entre as variáveis analisadas em ambientes sob vegetação de Caatinga no semiárido Paraibano .....	55

### CAPÍTULO II

<b>Tabela 1-</b> Teores de GFE = Glomalina Facilmente Extraível; COT = Carbono Orgânico Total; IEA = Índice de Estabilidade de Agregados sob vegetação de Caatinga arbórea-arbustiva no semiárido Paraibano .....	72
<b>Tabela 2-</b> Teores de GFE = Glomalina Facilmente Extraível; COT = Carbono Orgânico Total; IEA = Índice de Estabilidade de Agregados em função dos períodos seco e chuvoso, sob vegetação de Caatinga no semiárido Paraibano .....	72
<b>Tabela 3-</b> Matriz de correlação entre as variáveis analisadas em ambientes sob vegetação de Caatinga em dois períodos de avaliação no semiárido Paraibano .....	74

## LISTA DE FIGURAS

### CAPÍTULO I

<b>Figura 1-</b> Localização dos pontos de amostragem em área de Caatinga preservada, o transecto está posicionado em dois ambientes em transição de vegetação, Arbóreo (P1, P2 e P3) e Arbustivo. (P4, P5 e P6) .....	30
<b>Figura 2-</b> Precipitação mensal acumulada no período entre Outubro de 2017 a Outubro de 2018 na área experimental sob Neossolo Litólico, E. E. Prof <sup>o</sup> Ignácio Salcedo, INSA, Campina Grande, PB .....	31
<b>Figura 3-</b> Croqui do transecto de 180 m em área de Neossolo Litólico sob vegetação de caatinga arbórea/arbustiva .....	33
<b>Figura 4-</b> Aspecto geral da vegetação da área de estudo nos períodos A- seco e B- chuvoso no mesmo local .....	34
<b>Figura 5-</b> Coleta de serrapilheira: A e B - Croqui da área e posição dos coletores de serrapilheira, em dois ambientes em transição de vegetação, Arbóreo (P1, P2 e P3) e Arbustivo. (P4, P5 e P6) C – pesagem da massa seca .....	35
<b>Figura 6-</b> Decomposição da serrapilheira: A, B e C - croqui da área e posição das litter bags, em dois ambientes em transição de vegetação, Arbóreo (P1, P2 e P3) e Arbustivo (P4, P5 e P6) .....	36
<b>Figura 7-</b> Efluxo de CO <sub>2</sub> : croqui da área e posição das câmaras estáticas, em dois ambientes em transição de vegetação, Arbóreo (P1, P2 e P3) e Arbustivo (P4, P5 e P6) .....	38
..	38
<b>Figura 8-</b> Efluxo de CO <sub>2</sub> : A- Montagem das câmaras estáticas, e B- Titulação potenciométrica em laboratório .....	38
<b>Figura 9-</b> Temperatura do solo medida com sensor digital: A- época chuvosa, e B- época seca .....	40
<b>Figura 10-</b> Precipitação (mm) e umidade do solo (%) nos ambientes arbóreo e arbustivo, durante o período experimental, em área de Caatinga preservada na Paraíba .....	44
.....	44
<b>Figura 11-</b> Pluviosidade (mm) e temperatura do solo (°C) nos ambientes arbóreo e arbustivo, durante o período experimental, em área de Caatinga preservada na	

Paraíba .....	45
.....	
<b>Figura 12-</b> Variação mensal da produção de serrapilheira kg há <sup>-1</sup> nos ambientes arbóreo e arbustivo e da pluviosidade (mm) na área de estudo durante Outubro de 2017 a Outubro de 2018 .....	48
<b>Figura 13-</b> Correlação entre a produção de serrapilheira kg ha-1 nos ambientes arbóreo (A) e arbustivo (B) e da pluviosidade (mm) na área de estudo durante Outubro de 2017 a Outubro de 2018 .....	49
<b>Figura 14-</b> Percentuais médios do peso remanescente da serrapilheira em decomposição nos ambientes arbóreo e arbustivo e respectivos erros padrões, no período de outubro de 2017 a novembro de 2018 .....	50
<b>Figura 15-</b> Umidade e Temperatura do solo nos ambientes arbóreo e arbustivo em área de caatinga no semiárido Paraibano .....	51

## CAPÍTULO II

<b>Figura 1-</b> Localização dos pontos de amostragem em área de Caatinga preservada, o transecto está posicionado em dois ambientes em transição de vegetação, Arbóreo (P1, P2 e P3) e Arbustivo. (P4, P5 e P6) .....	69
<b>Figura 2-</b> Croqui da área, e número de amostragem em dois ambientes em transição de vegetação, Arbóreo (P1, P2 e P3) e Arbustivo. (P4, P5 e P6) .....	70
<b>Figura 3-</b> A- reação colorimétrica das amostras em função da proteína, B- Leitura em espectrômetro na absorvância de 595 nm .....	71
<b>Figura 4-</b> Número de esporos de FMA. encontrados em 50g de solo em ambiente arbóreo-arbustivo nos períodos seco e chuvoso, sob vegetação de Caatinga no semiárido Paraibano .....	76

**COSTA, C. R. G. Dinâmica temporal do efluxo de CO<sub>2</sub> e produção de glomalina em área de Caatinga sob Neossolo Litólico.** Areia, 2019, 82p. Dissertação, Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba. Orientadora: Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Vânia da Silva Fraga.

## **RESUMO GERAL**

O estudo da dinâmica do ecossistema Caatinga, onde se inclui o processo de ciclagem de nutrientes, através do aporte e decomposição de serrapilheira, a atividade microbiana medida através do efluxo de CO<sub>2</sub>, e da produção de glomalina, indicador de qualidade física do solo, torna-se necessário para que se possa conhecer as especificidades desse bioma e assim, propor medidas de conservação e manejo adequado dos solos dessas áreas. Esse trabalho teve como objetivo determinar *in-situ*, o efluxo de CO<sub>2</sub> e a produção de glomalina facilmente extraível no solo e sua relação com agregação, avaliar a produção e decomposição da serrapilheira e a ciclagem dos nutrientes, sob vegetação arbórea e arbustiva em uma área de caatinga preservada nos períodos seco e chuvoso. O trabalho foi desenvolvido na Estação Experimental Professor Ignácio Salcedo, do Instituto Nacional do Semiárido (INSA), localizada no município de Campina Grande - PB. Foi demarcado um transecto inserido nos dois ambientes, as amostragens foram realizadas nos ambientes arbóreo e arbustivo e comparadas posteriormente, observando a interferência de fatores ambientais como precipitação, umidade e temperatura do solo sob as variáveis estudadas. Foram instalados coletores para acompanhar o aporte mensal de serrapilheira. Para avaliação da taxa de decomposição e ciclagem de nutrientes utilizou-se litter bags, onde foi determinada a massa remanescente, e quantificados os teores de N, P, K e C da serrapilheira liberados ao longo de 1 ano. A emissão mensal de CO<sub>2</sub> foi avaliada pelo método estático de câmara fechada e a glomalina foi determinada pelo ensaio de Bradford, e correlacionada com a estabilidade de agregados. O aporte de serrapilheira foi maior na área arbustiva, e também a taxa de decomposição do material vegetal foi mais acelerada para espécies arbustiva em relação à arbórea. O aporte anual de nutrientes seguiu a sequência de N > K > P, e os maiores aportes de nutrientes foram na estação seca, para ambos ambientes. As maiores emissões de CO<sub>2</sub> foram encontradas no ambiente de vegetação arbustiva. A glomalina facilmente extraível apresentou um padrão sazonal, onde seus maiores valores foram obtidos na época seca, independente do tipo de vegetação da área. O maior teor de Carbono Orgânico Total foi encontrado no ambiente de vegetação arbórea e o índice de estabilidade de agregados foi maior no ambiente arbustivo. Os maiores valores de correlação foram entre o IEA e o COT. Foi observada a forte influência dos fatores climáticos como precipitação, umidade e temperatura do solo sob as variáveis analisadas.

**Palavras-chave:** respiração edáfica, micorrizas, estabilidade de agregados, Semiárido

COSTA, C. R. G. **Temporal dynamics of CO<sub>2</sub> efflux and glomalin production in Caatinga area under Litolic Neossol.** Areia, 2019, 82p. Dissertação, Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba. Orientadora: Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Vânia da Silva Fraga.

### GENERAL ABSTRACT

The study of the Caatinga ecosystem dynamics, which includes the nutrient cycling process, through litter input and decomposition, the microbial activity measured through CO<sub>2</sub> efflux, and the production of glomalin, an indicator of soil physical quality, makes it necessary to know the specificities of this biome and thus propose conservation measures and appropriate management of the soils of these areas. This work aimed to determine in-situ CO<sub>2</sub> efflux and easily extractable glomalin production in soil and its relationship with aggregation, to evaluate litter production and decomposition and nutrient cycling under tree and shrub vegetation in an area of caatinga preserved in the dry and rainy periods. The work was developed at Professor Ignácio Salcedo Experimental Station, of the National Institute of Semiarid (INSA), located in Campina Grande - PB. A transect inserted in both environments was demarcated, the samples were taken in the tree and shrub environments and compared later, observing the interference of environmental factors such as precipitation, humidity and soil temperature under the studied variables. Collectors were installed to accompany the monthly contribution of litter. To evaluate the decomposition rate and nutrient cycling, litter bags were used, where the remaining mass was determined, and the N, P, K and C contents of litter released over 1 year were quantified. Monthly CO<sub>2</sub> emission was evaluated by the closed-chamber static method and glomalin was determined by the Bradford assay and correlated with aggregate stability. The litter input was higher in the shrub area, and also the decomposition rate of the plant material was faster for shrub species compared to the tree species. The annual nutrient intake followed the sequence of N > K > P, and the highest nutrient inputs were in the dry season for both environments. The highest CO<sub>2</sub> emissions were found in the shrubby environment. The easily extractable glomalin presented a seasonal pattern, where its highest values were obtained in the dry season, regardless of the vegetation type of the area. The highest content of Total Organic Carbon was found in the tree vegetation environment and the aggregate stability index was higher in the shrub environment. The highest correlation values were between IEA and COT. It was observed the strong influence of climatic factors such as precipitation, humidity and soil temperature under the analyzed variables.

**Keywords:** edaphic respiration, mycorrhizae, aggregate stability, Semiarid

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

A vegetação de Caatinga está distribuída em 17 grandes unidades de paisagem, por sua vez subdivididas em 105 unidades geoambientais (RODAL e SAMPAIO, 2002) de um total de 172 no Nordeste todo (SILVA et al., 1993). A situação atual é de desmatamento, atingindo 45% do bioma, o restante encontrando-se em diversos estágios sucessionais, os solos, de forma geral, apresentam-se com sinais de degradação por conta de processos erosivos, da compactação e de perda de fertilidade devido ação antrópica. Como resultado disso, já têm sido identificados vários núcleos de desertificação na região (PEREZ-MARIN et al., 2012).

A mudança no uso do solo, convertendo ecossistemas naturais em sistemas agrícolas, normalmente promove a diminuição dos teores da matéria orgânica do solo (MOS) em decorrência da alteração dos ciclos biogeoquímicos (FRAGA e SALCEDO, 2004). Para Schumacher et al. (2004), a produção de serrapilheira e a reposição de nutrientes em ecossistemas florestais constituem a via mais importante do ciclo biogeoquímico (efluxo de nutrientes no sistema solo-planta-solo). Além dos efeitos nas propriedades produtivas, a mudança no uso do solo intensifica a emissão de gases de efeito estufa, sobretudo de CO<sub>2</sub>. A velocidade de produção de CO<sub>2</sub> tem sido utilizada para compreender melhor as funções da população decompositora e a relação com as condições ambientais (ASSIS JUNIOR et al., 2003; SOUTO et al., 2002). Nesse sentido, há uma demanda crescente pelo conhecimento dos efluxos de CO<sub>2</sub> envolvidos, sendo que as informações a esse respeito na região semiárida são muito escassas (SALCEDO e SAMPAIO, 2008).

Dentre as condições ambientais estão os atributos físicos como a agregação do solo, que pode ser alterada diretamente pelo seu manejo ou indiretamente por fatores bióticos e abióticos que afetam a sua estabilidade (BARTO et al., 2010), alguns grupos de microrganismos estão relacionados com o processo de agregação do solo, por produzirem uma substância orgânica chamada glomalina. Suas características tais como: resistência ao calor, insolubilidade e hidrofobicidade, garantem uma ação cimentante nas partículas de solo, sendo usualmente utilizada em estudos de agregação devido a forte correlação com a estabilidade de agregados (PENG et al., 2013). A relevância da glomalina em solos se dá, principalmente, por sua associação ao carbono, contribuindo para o incremento de seu reservatório no solo (DRIVER et al., 2005).

Objetivou-se com esse estudo: (i) quantificar a produção da serrapilheira e a ciclagem de nutrientes em área de Caatinga arbórea/arbustiva preservada, estimar a taxa de decomposição da serrapilheira e a atividade microbiana através do efluxo de CO<sub>2</sub> e (ii) Quantificar a produção de glomalina facilmente extraível e sua relação com a estabilidade de agregados do solo e o efluxo de CO<sub>2</sub>, sob vegetação arbórea/arbustiva, nos períodos seco e chuvoso.

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 Características do Bioma Caatinga**

A Caatinga é o bioma mais extenso da região Nordeste brasileiro, ocupando área de 844.453 km<sup>2</sup> ou 11% do território nacional (MMA, 2014), é um bioma caracterizado por um déficit hídrico acentuado, altas taxas de insolação e evapotranspiração, além de reduzida e variável precipitação, que acaba determinando a distribuição das espécies e a produção de biomassa. As temperaturas médias anuais oscilam entre 24 e 26 °C, com variação média mensal menor que 5°C e variações diárias entre 5-10 °C. A umidade relativa média é de 50% e o período de insolação chega a 2800 h ano<sup>-1</sup>. A evapotranspiração potencial oscila entre 1500-2000 mm ano<sup>-1</sup> (SAMPAIO, 1995), sendo esta faixa de variação da ETP relativamente estável para todo o semiárido (MENEZES e SAMPAIO, 2000).

Em relação à geologia, Jacomine (1996) dividiu a região em três áreas conforme a natureza do material originário: áreas do cristalino, áreas do cristalino recobertas por materiais mais ou menos arenosos, e áreas sedimentares. Quatro ordens de solo (Latosolos, 19%; Neossolos Litólicos, 19%; Argissolos, 15% e Luvisolos, 13%), de um total de quinze, ocupam 66% da área sob caatinga, embora estejam espacialmente fracionadas. Descrições mais detalhadas de vários aspectos do bioma e de sua área de abrangência foram publicadas por SAMPAIO, 1995; SALCEDO e SAMPAIO, 2008; SAMPAIO et al., 2009 e SALCEDO e MENEZES, 2009.

O relevo da região semiárida é muito variável, o que contribui para o elevado número de grandes unidades de paisagem. A altitude média fica entre 400 e 500 m, mas pode atingir 1000 m. Ao redor de 37% da área é de encostas com 4 a 12% de inclinação

e 20% de encostas têm inclinação maior do que 12%, o que determina uma presença marcante de processos erosivos nas áreas antropizadas (SILVA, 2000).

A Caatinga, ecorregião semiárida única no mundo, é provavelmente o bioma brasileiro mais ameaçado e transformado pela ação humana (CASTELETI et al. 2003). Ocupa porção significativa do território nacional. A região de clima semiárido na sua maioria apresenta o solo raso e pedregoso, embora relativamente fértil e com relevo suave ondulado. O aspecto agressivo da vegetação contrasta com o colorido diversificado das flores no período das chuvas. A temperatura se situa entre 24 e 26 °C e varia pouco durante o ano.

A situação atual é de desmatamento que está ao redor de 45% do bioma, o restante encontrando-se em diversos estágios sucessionais, os solos, de forma geral, apresentam-se com sinais de degradação por conta de processos erosivos, da compactação e de perda de fertilidade. Como resultado disso, já têm sido identificados vários núcleos de desertificação na região (PEREZ-MARIN et al., 2012). A mudança no uso do solo, convertendo ecossistemas naturais em sistemas agrícolas, normalmente promove a diminuição dos teores da MOS, em decorrência da alteração dos ciclos biogeoquímicos (FRAGA e SALCEDO, 2004).

## **2.2 Solos da região Semiárida**

Quatro ordens de solo (Latosolos, 19%; Neossolos Litólicos, 19%; Argissolos, 15% e Luvisolos, 13%), de um total de quinze, ocupam 66% da área sob Caatinga, embora estejam espacialmente fracionadas. Descrições mais detalhadas de vários aspectos do bioma e de sua área de abrangência foram publicadas por SALCEDO e SAMPAIO, 2008; SAMPAIO et al., 2009 e SALCEDO e MENEZES, 2009.

Os Neossolos, classe que predomina na região semiárida, são solos potencialmente limitados por serem rasos e comumente pedregosos e rochosos. Apresentam fertilidade variada, e a perda de solo por erosão é naturalmente muito alta, sendo agravada quando removida a vegetação original e ocasionando a deterioração da estrutura do solo (CORADO NETO et al., 2015).

A degradação do solo pode acontecer em função da perda de qualidade química caracterizada pela diminuição dos teores originais de matéria orgânica e de importantes elementos minerais, para valores abaixo dos considerados críticos para produtividade

agrícola (QUEIROZ, 2013). A perda da qualidade física pode ser resultante de processos de desagregação, de compactação superficial e subsuperficial do solo (RICHART et al., 2005), um dos fatores que levam a essa degradação é o mau uso dessas terras, que sofrem efeito direto da ação antrópica.

### **2.3 Produção de serrapilheira**

Segundo Soares et al. (2008), a maior parte dos nutrientes absorvidos pelas plantas retorna ao solo pela queda dos componentes senescentes da parte aérea e sua posterior decomposição. Nos ecossistemas florestais, as reservas minerais e orgânicas acumulam-se na biomassa vegetal e animal, na serrapilheira e no solo (PEREIRA et al., 2008), e intervenções antrópicas comprometem o efluxo de entrada e saída de nutrientes no sistema. Esses fragmentos orgânicos, ao caírem sobre o solo, formam uma camada denominada serrapilheira, que compreende folhas, caules, frutos, flores.

A serrapilheira é particularmente importante por atuar na superfície do solo como um sistema de entrada e saída, recebendo entradas via vegetação e, por sua vez, decompondo-se e suprindo o solo e as raízes com nutrientes e matéria orgânica, sendo essencial na restauração da fertilidade do solo em áreas em início de sucessão ecológica (EWEL, 1976). Os padrões de deposição de serrapilheira introduzem heterogeneidade temporal e espacial no ambiente, podendo afetar a estrutura e a dinâmica da comunidade de plantas (FACELLI e PICKETT, 1991; MOLOFSKY e AUSGSPURGER, 1992).

O aporte de serrapilheira é um processo dinâmico de avaliação da biomassa aérea em florestas, e a produção do material foliar representa um efluxo importante de transferência de nutrientes para o solo da floresta (JHA; MOHAPATRA, 2010). A quantidade de material orgânico depositado sobre o solo ao longo de um ano está relacionada principalmente com as condições climáticas e o tipo de vegetação (CORREA et al., 2006).

Diante desse contexto, percebem-se as múltiplas funções positivas que a serrapilheira proporciona ao ambiente ecológico e, há uma dinâmica na ciclagem biogeoquímica para os diferentes ecossistemas florestais, na qual acarreta melhoria nos atributos químicos e físicos do solo. Entretanto, acredita-se que, entre as diversas tipologias florestais, existem fatores abióticos intrínsecos influenciando no processo de

ciclagem, configurado através de comportamentos distintos de aporte de resíduos vegetais e nutrientes.

#### **2.4 Decomposição de serrapilheira e ciclagem de nutrientes**

A decomposição dos resíduos orgânicos que formam a serrapilheira é o principal processo de ciclagem de nutrientes em um ecossistema florestal (MONTAGNINI e JORDAN, 2002). O estudo de ciclagem de nutrientes minerais via serrapilheira, é de fundamental importância para o conhecimento da estrutura e funcionamento de ecossistemas florestais (PAULA et al., 2009). Regina (2001) descreve que, a qualidade da matéria orgânica é de fundamental importância para a maioria dos processos funcionais que ocorrem no solo dos ecossistemas florestais. A ciclagem de nutrientes em ecossistemas florestais, plantados ou naturais, tem sido amplamente estudada com o intuito de se obter maior conhecimento da dinâmica dos nutrientes nestes ambientes, não só para o entendimento do funcionamento dos ecossistemas, mas também buscando informações para o estabelecimento de práticas de manejo florestal para recuperação de áreas degradadas e promover a preservação da vegetação.

O processo de deposição da serrapilheira, incluindo as taxas anuais de queda do material decíduo, o processo de decomposição desse material e a dinâmica dos nutrientes em área de Caatinga, devem ser amplamente estudados, especialmente em condições semiáridas, onde há grande ocorrência de solos com baixos níveis de nutrientes. Desta forma, visando compreender melhor o ciclo de entrada e saída de nutrientes no sistema planta-solo em região semiárida da Paraíba, para que se possa propor medidas mitigadoras de conservação.

#### **2.5 Efluxos de CO<sub>2</sub>**

A velocidade de produção de CO<sub>2</sub> tem sido utilizada para compreender melhor as funções da população decompositora e a relação com as condições ambientais (ASSIS JUNIOR et al., 2003; SOUTO et al., 2002). Nesse sentido, há uma demanda crescente pelo conhecimento dos efluxos de CO<sub>2</sub> envolvidos, sendo que as informações a esse respeito na região semiárida são muito escassas (SALCEDO e SAMPAIO, 2008).

O CO<sub>2</sub> é hoje o principal gás de efeito estufa e o aumento constante de sua concentração na atmosfera tem sido responsabilizado como principal vetor das mudanças climáticas atribuídas ao aquecimento global (LAL, 2004). As emissões a partir da superfície dos solos são causadas pela respiração das raízes e micorrizas (respiração autotrófica) e pela decomposição da matéria orgânica do solo (respiração heterotrófica) (LUO e ZHOU, 2006). Essas emissões guardam um vínculo com as mudanças climáticas, uma vez que tanto a pluviosidade quanto a temperatura exercem um forte controle na atividade biológica. Outras propriedades físicas do solo, como a aeração, também influenciam o efluxo de CO<sub>2</sub> (SMITH et al., 2003).

A respiração do solo é o principal caminho em que o C é liberado do solo (SOTTA et al., 2006). A medida de efluxo de CO<sub>2</sub> oriundo do solo pode representar de 60 a 90% da respiração total dos ecossistemas, sendo assim o método mais amplamente usado para estimar a taxa de respiração do solo *in situ* (KUZYAKOV, 2006). Por isso, o entendimento e quantificação do efluxo de CO<sub>2</sub> do solo são de grande importância, quando se trata de estudos de ecossistemas, já que esse possui uma relação direta com a dinâmica e balanço global de C. O efluxo de CO<sub>2</sub> resulta da atividade biológica no solo e por esse motivo tem forte dependência espacial e temporal com a umidade e a temperatura do solo (KANG et al., 2003; EPRON et al., 2004).

Há falta de dados *in-situ* para a região semiárida (SALCEDO e SAMPAIO, 2008). Uma primeira tentativa de quantificar a emissão de CO<sub>2</sub> *in-situ* em área de caatinga hipoxerófila foi realizada por Souza (2000), utilizando a técnica da câmara estática com armadilha de álcalis para capturar o CO<sub>2</sub> emitido.

## **2.6 Produção de glomalina e agregação do solo**

Alguns grupos de microorganismos estão relacionados com os processos de agregação dos solos. Dentre estes grupos microbianos constam os fungos micorrízicos arbusculares (FMA), filo *Glo-meromycota*. Sua importância se dá não apenas pelo efeito mecânico das hifas, mas também pela produção de uma glicoproteína de natureza hidrofóbica denominada glomalina. Dentre as principais funções desta proteína estão o auxílio na proteção das hifas fúngicas à dessecação e na agregação das partículas minerais e orgânicas presentes no solo (BARTO et al., 2010; PENG et al., 2013). A natureza da glomalina (resistência ao calor, insolubilidade e hidrofobicidade) garante

sua função cimentante, sendo usualmente utilizada em estudos de agregação devido a forte correlação com a estabilidade de agregados (PENG et al., 2013). A agregação do solo também pode ser alterada diretamente pelo seu manejo ou indiretamente por fatores bióticos e abióticos que afetam a sua estabilidade (BARTO et al., 2010), sendo, portanto, considerado como indicador físico de qualidade dos solos. Os agregados compõem a estrutura do solo e são importantes para a manutenção da sua porosidade e conseqüentemente aeração, para o crescimento vegetal e microbiano, infiltração da água e controle dos processos erosivos (BASTOS et al., 2005).

A relevância da glomalina em solos se dá, principalmente, por sua associação ao carbono, contribuindo para o incremento de seu reservatório no solo (DRIVER et al., 2005). Usualmente, essa proteína é separada em duas frações: fração 1, ou facilmente extraível; e fração 2, ou total (extraída com dificuldade) (WRIGHT; UPADHYAYA, 1996). A primeira fração teria referência com a glomalina recentemente produzida pelos fungos, enquanto a segunda seria o resultado do acúmulo da primeira ao longo do tempo, mais recalcitrante, e sofreria ações de intemperismo (WRIGHT; UPADHYAYA, 1996; KOIDE; PEOPLES, 2013; WU et al., 2014;).

A quantificação da glomalina pode consistir em um bom indicador de mudanças causadas pelo uso do solo e, por isso, pode se tornar um bom indicador da sua recuperação por estar correlacionada com importantes atributos do solo (RILLIG et al., 2003; TRUBER, 2013; RILLIG et al., 2015).

### 3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, U.P.; ANDRADE, L.H.C. Conhecimento botânico tradicional e conservação em uma área de Caatinga no estado de Pernambuco, Nordeste do Brasil. **Acta Botânica Brasílica**, v.16, n.3, p.273-285, 2002.

ASSIS JÚNIOR, S.L. de; ZANUNCIO, J.C.; KASUYA, M.C.M.; COUTO, L.; MELIDO, R.C.N. Atividade microbiana do solo em sistemas agroflorestais, monoculturas, mata natural e área desmatada. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, n. 1, p. 35- 41, fev. 2003.

ARAÚJO, K.D.; ANDRADE, A.P. de; ROSA, P.R. de O.; BRUNO, R de L.A.; FRAGA, V. da S. Avaliação da atividade microbiana baseada na produção de C-CO<sub>2</sub> em uma área de caatinga no Cariri paraibano. **Caatinga** (Mossoró) 21: 221-230, 2008.

BASTOS, R.S.; MENDONÇA, E.S.; ALVAREZ, V.H.; CORRÊA, M.M.; COSTA, L.M. Formação e estabilização de agregados do solo influenciados por ciclos de umedecimento e secagem após adição de compostos orgânicos com diferentes características hidrofóbicas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, n. 1, p. 21-31, 2005.

BARTO, E.K.; ALT, F.; OELMANN, Y.; WILCKE, W.; RILLIG, M.C. Contributions of biotic and abiotic factors to soil aggregation across a land use gradient. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 42, n. 12, p. 2316-2324, 2010.

CASTELETTI, C.H.M.; SANTOS, A.M.M.; TABARELLI, M.; SILVA, J.M.C. Quanto ainda resta da Caatinga? Uma estimativa preliminar. In: LEAL, L.R.; TABARELLI, M.; SILVA, J. M. C. **Ecologia e conservação da Caatinga**. Recife: Editora da UFPE, 2003. p. 719-734.

CORADO NETO, F.C. Variabilidade espacial dos agregados e carbono orgânico total em Neossolo Litólico Eutrófico no município de Gilbués, PI. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 58, n. 1, p. 75-83, jan./mar. 2015.

CORRÊA, F.L.O.; RAMOS, J.D.; GAMA-RODRIGUES, A.C.; MULLER, M.W. Produção de serrapilheira em sistema agroflorestral multiestratificado no Estado de Rondônia, Brasil. **Ciência Agrotécnica** 30 (6): 1099-1105, 2006.

DRIVER, J.D.; HOLBEN, W.E.; RILLIG, M.C. Characterization of glomalin as a hyphal wall component of arbuscular mycorrhizal fungi. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 37, p. 101-106, 2005.

EPRON, D.; NOUVELLON, Y.; ROUPSARD, O.; MOUVONDY, W.; MABIALA, A.; SAINTANDRÉ, L.; JOFFRE, R.; JOURDAN, C.; BONNEFOND, J.; BERBIGIER, P.; HAMEL, O. Spatial and temporal variations of soil respiration in a Eucalyptus plantation in Congo. **Forest, Ecology and Management**, v.202, p.149-160, 2004.

EWEL, J.J. Litter fall and leaf decomposition in a tropical forest succession in eastern Guatemala. **Journal of Ecology**, v. 64, p. 293-308, 1976.

FACELLI, J.M.; PICKETT, S.T.A. Plant litter: its dynamics and effects on plant community structure. **The Botanical Review**, v. 57, p. 1-32, 1991.

FRAGA, V.S.; SALCEDO, I.H. Declines of Organic Nutrient Pools in Tropical Semi-Arid Soils under Subsistence Farming. **Soil Science Society of America Journal**, v.68, p.215-224, 2004.

JACOMINE, P.K.T. **Solos sob caatinga: Características e uso agrícola**. In: ALVAREZ V.H.; FONTES, L.E.F. & FONTE S, M.P.F., eds. O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado. Viçosa, MG, SBCS/UFV/DPS, 1996. p.95-111.

JHA, P.; MOHAPATRA, K.P. Leaf litterfall, fine root production and turnover in four major tree species of the semi-arid region of India. **Plant Soil**, v.326, p.481-491, 2010.

KANG, S.; DOH, S.; LEE, D.; LEE, D.; JIN, V.L.; KIMBALL, J. Topographic and climatic controls on soil respiration in six temperate mixed-hardwood forest slopes, Korea. **Global Change Biology**, v.9, p.1427-1437, 2003.

KOIDE, R.T.; PEOPLES, M.S. Behaviour of Bradford-reactive substances is consistent with predictions for glomalin. **Applied Soil Ecology**, v. 63, n. 1, p. 8-14, 2013.

KUZYAKOV, Y. Sources of CO<sub>2</sub> efflux from soil and review of partitioning methods. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 38, p. 425-448, 2006.

LAL, R. Soil carbon sequestration to mitigate climate change. **Geoderma** 123:1-22, 2004.

LUO, Y. & ZHOU, X. **Soil respiration and the environment**. Elsevier, San Diego, 316p. 2006.

MMA, 2014. **Caatinga**. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/biomas/caatinga>. Acesso em 10 de novembro de 2014.

MELLO IVO, W.M.P.; SALCEDO, I.H. Soil CO<sub>2</sub> Flux: A method comparison of closed static chambers in a sugarcane field. **Revista brasileira de Ciência do Solo**, 36:421-426, 2012.

MENEZES, R.S.C.; SAMPAIO, E.V.S.B. Agricultura sustentável no semiárido nordestino. In: OLIVEIRA, T.S.; ROMERO, R.E.; ASSIS JR., R.N.; SILVA, J.R.C.S. (Eds). **Agricultura, sustentabilidade e o semiárido**. Fortaleza-CE: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo /Universidade Federal do Ceará. p.20-46, 2000.

MOLOFSKY, J.; AUGSPURGER, C.K. The effect of litter on early seedling establishment in a tropical forest. **Ecology**, v. 73, p. 68-77, 1992.

MONTAGNINI, F.; JORDAN, C.F. Reciclaje de nutrientes. In: GUARIGUATA, M. R.; KATTAN, G.H. (Eds.). **Ecología y conservación de bosques neotropicales**. Cartago: Ediciones LUR, 2002. p. 167-191.

PAULA, R.R.; PEREIRA, M.G.; MENEZES, L.F.T. Aporte de nutrientes e decomposição de serrapilheira em três fragmentos florestais periodicamente inundados na ilha de Marambiai, RJ. **Ciência Florestal**, v.19, n.2, p. 139-148, 2009.

PENG, S.; GUO, T.; LIU, G. The effects of arbuscular mycorrhizal hyphal networks on soil aggregations of purple soil in southwest China. **Soil Biology Biochemistry**, v. 57, n. 2, p. 411–417, 2013.

PEREIRA, M.G.; MENEZES, T.; SHULTZ, N. Aporte e decomposição da serrapilheira na floresta Atlântica, Ilha da Marambaia, Mangaratiba, RJ. **Ciência Florestal**, v.18, n.4, p. 443-454, 2008.

PEREZ-MARIN, A.M; CAVALCANTE, A.M.B.; MEDEIROS, S.S.; TINÔCO, L.B.M.; SALCEDO, I.H. **Núcleos de desertificação do semiárido brasileiro: ocorrência natural ou antrópica?** *Parcerias Estratégicas* 17(34):87-106, 2012

QUEIROZ, A.F. **Caracterização e classificação de solos do município de Casa Nova-BA para fins de uso, manejo e conservação.** 2013. 75p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal Rural do Semiárido (UFERSA), Mossoró-RN.

REGINA, I.S. Litter fall, decomposition and nutrient release in three semi-arid forests of the Duero basin, Spain. **Forestry**, v. 74, n.4, p.347-358, 2001.

RICHART, A.; TAVARES FILHO, J.; BRITO, O.R.; LLANILLO, R.F.; FERREIRA, R. Compactação do solo: causas e efeitos. **Ciência Agrária**. p.321-344, 2005.

RILLIG, M.C.; MAESTRE, F.T.; LAMIT, L.J. Microsite differences in fungal hyphal length, glomalin, and soil aggregate stability in semiarid Mediterranean steppes. **Soil Biology and Biochemistry**, v.35, p.1257-1260, 2003.

RILLIG, M.C.; AGUILAR-TRIGUEROS, C.A.; BERGMANN, J.; VERBRUGGEN, E.; VERESOGLOU, S.D.; LEHMANN, A. Plant root and mycorrhizal fungal traits for understanding soil aggregation. **New Phytologist**, v.205, p.1385-1388, 2015.

RODAL, M.J.N.; SAMPAIO, E.V.S.B. A vegetação do bioma caatinga. In: SAMPAIO, E.V.S.B.; GIULIETTI, A.M.; VIRGÍNIO, J.; GAMARRA ROJAS, C.F.L. (Ed.). **Vegetação e flora da Caatinga**. Recife: APNE, 2002. p. 11-24

SALCEDO, I. H.; SAMPAIO, E.V.S.B. **Matéria orgânica do solo no bioma Caatinga**. In: Fundamentos de Matéria Orgânica do Solo: Ecossistemas tropicais e subtropicais. 2<sup>a</sup> Ed. SANTOS, G.A.; CANELLAS, L.P.; CAMARGO, F.A.O. (Eds). Porto Alegre, Metrópole, p. 419-441, 2008.

SALCEDO, I.H.; MENEZES, R.S.C. Agroecosystem functioning and management in semiarid Northeastern Brazil. In: Tiessen, H; Stewart, J.W.B. (Org.). Applying Ecological Knowledge to Landuse Decisions: **InterAmerican Agency for Global Change Research/SCOPE**, p. 73-82, 2009.

SAMPAIO, E.V.S.B; ARAÚJO, M. do S.B. de; SALCEDO, I.H.; MENEZES, R.S.C. **Agricultura Sustentável no Semiárido Nordestino**. 1. ed. Recife: Editora Universitária da UFPE, v.1. 152p., 2009.

SAMPAIO, E.V.S.B. Overview of the Brazilian Caatinga. In: S. H. BULLOCK; H.A. MOONEY.; E. MEDINA (Eds.). **Seasonally Dry Tropical Forests**. Cambridge: Cambridge University Press, p.35-63, 1995.

SHUMACHER, M.V.; BRUN, E.J.; HERNANES, J.I.; KONIG, F.G. Produção de serrapilheira em uma floresta de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze no município de Pinhal Grande – RS. **Revista Árvore**, v.28, n.1, p. 29-37, 2004.

SILVA, J.R.C. Erosão e produtividade do solo no semiárido. In: Oliveira, T.S.; Assis Jr. R.N.; Romero, R.E.; Silva, J.R.C. (Eds.), Agricultura, sustentabilidade e o semi-árido. Fortaleza: Universidade Federal Do Ceará – **Sociedade Brasileira Ciência do Solo**, p.168-213, 2000.

SILVA, F.B.R.; RICHE, G.R.; TONNEAU, J.P.; SOUZA NETO, N.C. de; BRITO, L. T. de L.; CORREIA, R.C.; CAVALCANTI, A.C.; SILVA, F.H.B.B. da; SILVA, A.B. da; ARAUJO FILHO, J. C.de; LEITE, P. **Zoneamento agroecológico do Nordeste: diagnóstico do quadro natural e agrossocioeconômico**. Petrolina: EMBRAPA-CPATSA; Recife: EMBRAPA-CNPS, Coordenadoria Regional Nordeste, 1993. 2 v. (EMBRAPA-CPATSA. Documentos, 80).

SMITH, K.A.; BALL, T.; CONEN, F.; DOBBIE, K.E.; MASSHEDER, J.; REY. A. Exchange of greenhouse gases between soil and atmosphere: interactions of soil physical factors and biological processes. **European Journal of Soil Science**, 54:779–791, 2003.

SOARES, I.; QUEIROZ, J.A.; OLIVEIRA, V. H.; CRISÓSTOMO, L. A.; OLIVEIRA, T. S. Produção de serrapilheira e ciclagem de nutrientes na cultura do Cajueiro anão precoce. **Revista Árvore**, v.32, n.1, p. 173-181, 2008.

SOUTO, P.C. **Estudo da dinâmica de decomposição de esterco na recuperação de solos degradados no semiárido paraibano**. Dissertação (Mestrado em Manejo de Solo e Água) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, Areia. 110f. 2002.

SOUZA, F.J. **Efluxo de C-CO<sub>2</sub> de um Neossolo Regolítico eutrófico, sob vegetação de caatinga em Caruaru-PE**. Dissertação (Mestrado em Agronomia (Ciência do Solo) -Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, PE., 42 p. 2000.

SOTTA, E.D.; VELDKAMP, E.; GUIMARÃES, B.; PAIXÃO, R.K.; RUIVO, M.L.P. Landscape and climatic controls on spatial and temporal variation in soil CO<sub>2</sub> efflux in an Eastern Amazonian Rainforest, Caxiuanã, Brazil. **Forest Ecology and Management**, v. 237, p. 57-64, 2006.

TRUBER, P.V. **Agregação do solo e ocorrência de fungos micorrízicos arbusculares em sistemas de rotação de culturas**. 2013. 75p. Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2013.

WRIGHT, S.F.; UPADHYAYA, A. Extraction of an abundant and unusual protein from soil and comparison with hyphal protein of arbuscular mycorrhizal fungi. **Soil Science**. v. 161, n. 8, p. 575–586, 1996.

WU, Q.S. et al. Direct and indirect effects of glomalin, mycorrhizal hyphae, and roots on aggregate stability in rhizosphere of trifoliolate orange. **Scientific reports**, v. 4, n. 5823, p. 1-8, 2014.

## CAPÍTULO I: EFLUXOS DE CO<sub>2</sub> E CICLAGEM DE NUTRIENTES EM ÁREA DE CAATINGA SOB NEOSSOLO LITÓLICO

### RESUMO

O estudo da dinâmica do ecossistema Caatinga, onde inclui o processo de ciclagem de nutrientes, através do aporte e decomposição de serrapilheira, e a atividade microbiana medida através do efluxo de CO<sub>2</sub>, podem contribuir para o melhor entendimento dos processos ecológicos nesse ecossistema, a geração de informações sobre a produção e a taxa de decomposição de serrapilheira e análise do seu teor de nutrientes, são importantes ferramentas para a compreensão e conservação dessas áreas. Dessa forma, o presente estudo buscou quantificar o aporte e estimar a taxa de decomposição do material formador da serrapilheira e sua composição química, e os efluxos de CO<sub>2</sub> decorrente da respiração do solo em uma área de caatinga arbustiva-arbórea. Foi traçado um transecto com 3 pontos amostrais de estrato arbóreo e 3 pontos de estrato arbustivo, totalizando 6 pontos de amostragem (2 ambientes x 3 pontos por ambiente x 3 repetições por ponto). A produção de serrapilheira foi coletada mensalmente (outubro de 2017 a outubro de 2018), utilizando-se 6 coletores. A taxa de decomposição foi determinada por medidas de perda de massa, utilizando *litter bags* mantidas sob a superfície do solo. A ciclagem dos nutrientes foi avaliada bimensalmente, onde o material coletado foi utilizado para análise dos teores de N, P, K e C estimando-se a liberação ao longo do ano desses nutrientes, as análises foram feitas durante os períodos seco e chuvoso. A emissão mensal de CO<sub>2</sub> foi avaliada pelo método estático de câmara fechada. Foi avaliada a influência da precipitação, umidade e temperatura do solo nas variáveis estudadas. A produção anual de serrapilheira foi estimada em 590 kg ha<sup>-1</sup> para espécies de porte arbóreo e de 767 kg ha<sup>-1</sup> para espécies de porte arbustivo, sendo este estrato responsável por 23% a mais no aporte de material vegetal na área. Apresentou uma rápida taxa de decomposição, os tempos necessários para decomposição de 50% ( $t_{0,5}$ ) e 95% ( $t_{0,95}$ ) foram, respectivamente, de 0,5 e 2,1 anos para o arbustivo e de 0,6 e 2,7 anos para o arbóreo. O nitrogênio contribuiu com um maior aporte dentre os nutrientes com 44 g kg<sup>-1</sup> e 40,5 g kg<sup>-1</sup>, o potássio em seguida com aportes anuais em torno de 12,3 g kg<sup>-1</sup> e 14 g kg<sup>-1</sup>, e o fósforo, aporte de 2,65 g kg<sup>-1</sup> e de 3,18 g kg<sup>-1</sup> para os estratos arbóreo e arbustivo respectivamente. Para ambos ambientes os maiores aportes de nutrientes foram encontrados na estação seca, sendo que o aporte anual de nutrientes seguiu a mesma sequência para os dois ambientes: N > K > P. As maiores emissões de CO<sub>2</sub> foram encontradas no ambiente de vegetação arbustiva com um total anual de 21,2 μmol m<sup>-2</sup>s<sup>-1</sup> em relação à área de vegetação arbórea que obteve 17,6 μmol m<sup>-2</sup>s<sup>-1</sup>. Foi observada variabilidade espacial e temporal em todas as variáveis analisadas e a forte influência dos fatores climáticos como precipitação, umidade e temperatura do solo.

**Palavras-chave:** Serrapilheira, Respiração edáfica, Litter bags, Semiárido

## CHAPTER I: CO<sub>2</sub> EFFLUXS AND CYCLING OF NUTRIENTS IN CAATINGA AREA UNDER ENTISOL

### ABSTRACT

The study of the dynamics of the Caatinga ecosystem, which includes the process of nutrient cycling through the contribution and litter decomposition, and the microbial activity measured through CO<sub>2</sub> efflux, can contribute to a better understanding of the ecological processes in this ecosystem, the generation information on production and litter decomposition rate and analysis of their nutrient content are important tools for the understanding and conservation of these areas. Thus, the present study sought to quantify the contribution and estimate the rate of decomposition of the litter forming material and its chemical composition, and CO<sub>2</sub> efflux from soil respiration in an area of shrub-tree caatinga. A transect with 3 arborescent stratum sampling points and 3 shrub strata, totaling 6 sampling points (2 environments x 3 points per environment x 3 replications per point) was drawn. The litter production was collected monthly (October 2017 to October 2018), using 6 collectors. The rate of decomposition was determined by mass loss measurements using litter bags. The nutrient cycling was evaluated on a bi-monthly basis, where the collected material was used to analyze the N, P, K and C contents, estimating the release of these nutrients throughout the year, during dry and rainy periods. The monthly CO<sub>2</sub> emission was evaluated by the static closed chamber method. The influence of rainfall, soil moisture and temperature on the studied variables was evaluated. The annual litter production was estimated at 590 kg ha<sup>-1</sup> for arboreal species and 767 kg ha<sup>-1</sup> for shrub species, and this layer is responsible for 23% more in the supply of plant material in the area. It presented a rapid rate of decomposition, the time required for decomposition of 50% (t 0.5) and 95% (t 0.05) were, respectively, 0.5 and 2.1 years for the shrub and 0, 6 and 2.7 years for the arboreal. Nitrogen (N) contributed a higher nutrient intake with 44 g kg<sup>-1</sup> and 40.5 g kg<sup>-1</sup>, followed by annual potassium (K) of 12.3 g kg<sup>-1</sup> and 14 g kg<sup>-1</sup>, and phosphorus (P), contributing 2.65 g kg<sup>-1</sup> and 3.18 g kg<sup>-1</sup> for the tree and shrub strata, respectively. For both environments the highest nutrient intakes were found in the dry season, and the annual nutrient intake followed the same sequence for the two environments: N > K > P. The highest CO<sub>2</sub> emissions were found in the environment of shrub vegetation with one annual total of 21.2 μmol m<sup>-2</sup>s<sup>-1</sup> in relation to the area of arboreal vegetation that obtained 17.6 μmol m<sup>-2</sup>s<sup>-1</sup>. Spatial and temporal variability were observed in all analyzed variables and the strong influence of climatic factors such as precipitation, humidity and soil temperature.

**Keywords:** Litter, Soil respiration, Litter bags, Semiarid

## **1. INTRODUÇÃO**

### **1.1 Aporte e decomposição de serrapilheira e ciclagem de nutrientes**

O aporte e a transformação da serrapilheira são fundamentais para manutenção das propriedades dos solos para florestas nativas (PINTO et al., 2008; SCHUMACHER et al., 2013). A deposição da serrapilheira é contínua ao longo do ano, sendo sua produção e ciclagem de nutrientes influenciadas por fatores geográficos, climáticos, edáficos, fisiológicos, antrópicos e também devido à tipologia florestal. Esses fatores e processos de ciclagem da serrapilheira são ainda mais importantes quando estão relacionados aos solos de baixa fertilidade natural (GAMA- BALIEIRO et al. 2004; BARLOW et al., 2007).

Nos ecossistemas florestais, as reservas minerais e orgânicas acumulam-se na biomassa vegetal e animal, na serrapilheira e no solo (PEREIRA et al., 2008), e intervenções antrópicas comprometem o efluxo de entrada e saída de nutrientes no sistema. Andrade et al. (2008) relataram que a deposição de serrapilheira é um dos aspectos da ciclagem de nutrientes mais importantes, pois a nutrição dos vegetais nos ecossistemas, geralmente com baixo conteúdo de nutrientes no solo, depende da ciclagem dos nutrientes contidos na biomassa vegetal.

A produção de serrapilheira e a devolução de nutrientes em ecossistemas florestais constituem a via mais importante do ciclo biogeoquímico, ou seja, o ciclo de nutrientes no sistema solo-planta-solo (SCHUMACHER et al. 2004). Este ciclo juntamente com o bioquímico (circulação de nutrientes no interior da planta), permite que as árvores possam sintetizar a matéria orgânica através da fotossíntese, reciclando principalmente os nutrientes dos solos, onde a biomassa vegetal pode ser o principal reservatório.

Costa et al., (2010) em pesquisa sobre produção de serrapilheira, destaca a importância desse material na conservação e manutenção natural dos ecossistemas, ou seja a geração de informações sobre a deposição de serrapilheira e análise do seu conteúdo são importantes ferramentas para a compreensão e conservação dessas áreas, bem como suas inter-relações com o meio. Vários fatores bióticos e abióticos afetam a produção de serrapilheira, tais como: tipo de vegetação, precipitação pluvial, temperatura, relevo, deciduidade, estágio sucessional, disponibilidade hídrica, características do solo e dependendo das características de cada ecossistema, um determinado fator pode prevalecer sobre os demais (FIGUEIREDO FILHO et al.,

2003). Nesse contexto, percebem-se os múltiplos benefícios que a serrapilheira proporciona para o ambiente ecológico e que há uma dinâmica na ciclagem biogeoquímica para os diferentes ecossistemas florestais, uma vez que essa matéria orgânica é uma condicionadora que proporciona melhoria nos atributos químicos e físicos do solo.

A decomposição da serrapilheira resulta no acúmulo da matéria orgânica do solo, na liberação de seus nutrientes para a biota e na dissipação de parte do dióxido de carbono, através da respiração edáfica. Estudos realizados em florestas tropicais evidenciam que as taxas de decomposição são muito influenciadas pelas variações sazonais, formando padrões distintos nas estações chuvosa e seca, além de ser afetada também pelas condições físicas e químicas do ambiente (CIANCIARUSO et al., 2006).

A taxa de decomposição da serrapilheira é um importante componente no processo da ciclagem de nutrientes nos ecossistemas florestais, sendo dependente das condições do meio, como clima, e especialmente umidade e temperatura do solo (SARIYILDIZ et al., 2005). Dentre as várias formas de mensurar o tempo de renovação da serrapilheira, o coeficiente  $k$  é um desses indicadores (Anderson & Swift, 1983), e quanto maior seu valor, mais rápida a velocidade de decomposição. Quando o  $k$  é igual a 1 ( $k = 1$ ) a renovação da serrapilheira ocorre em 1 ano.

## **1.2 Efluxos de CO<sub>2</sub>**

O efluxo de CO<sub>2</sub> do solo resultante da respiração edáfica, é considerado um dos principais componentes do ciclo global do carbono. O entendimento desses processos está vinculado ao papel da biosfera no controle de evapotranspiração e da emissão/fixação de CO<sub>2</sub>, dessa forma está relacionado fortemente à questão de variabilidade climática regional e global (SARMIENTO & GRUBER, 2002). É estimado que aproximadamente 50% do carbono emitido para o ecossistema é proveniente da respiração do solo (WAGAI et al., 1998; ROBERTS, 2000). Segundo Luo e Zhou (2006), alterações na respiração do solo influenciam o equilíbrio na concentração atmosférica de CO<sub>2</sub> do ecossistema.

De acordo com Davidson et al. (2002), os solos estocam até duas ou três vezes mais carbono do que existe na atmosfera. As medições de efluxo de CO<sub>2</sub> da superfície do solo é, provavelmente, o método mais amplamente utilizado para estimar a taxa de

respiração do solo *in situ*. Métodos baseados em câmaras portáteis são aplicáveis a medições de respiração do solo em pequena escala, além de permitir verificar a variação temporal dessa variável (MEYER et al., 1987; SCOTT et al., 1999). Vários fatores incluindo temperatura, umidade, profundidade do solo, aeração e populações microbianas determinam a taxa de efluxo de CO<sub>2</sub> para a superfície do solo (SILVA et al., 2006). Os mecanismos da respiração do solo estão associados às condições ambientais, portanto são dependentes da variabilidade temporal e espacial destes parâmetros (DAVIDSON, 2000; FANG & MONCRIEFF, 2001).

Os mecanismos da respiração do solo estão associados com as condições de temperatura, e umidade, e dependem da variabilidade temporal e espacial destas variáveis, que exercem forte influência no processo de decomposição microbiana. Rustad et al., (2000) em seus estudos observaram que as relações entre a decomposição da serrapilheira e a respiração do solo a estes parâmetros ambientais variam em diferentes ecossistemas. No Brasil, estudos dessa natureza, analisando os efluxos de CO<sub>2</sub> em pastagens, ainda são mais restritos ao Cerrado e Amazônia (VON RANDOW et al., 2004; RUHOFF et al., 2009; SILVA JÚNIOR et al., 2013).

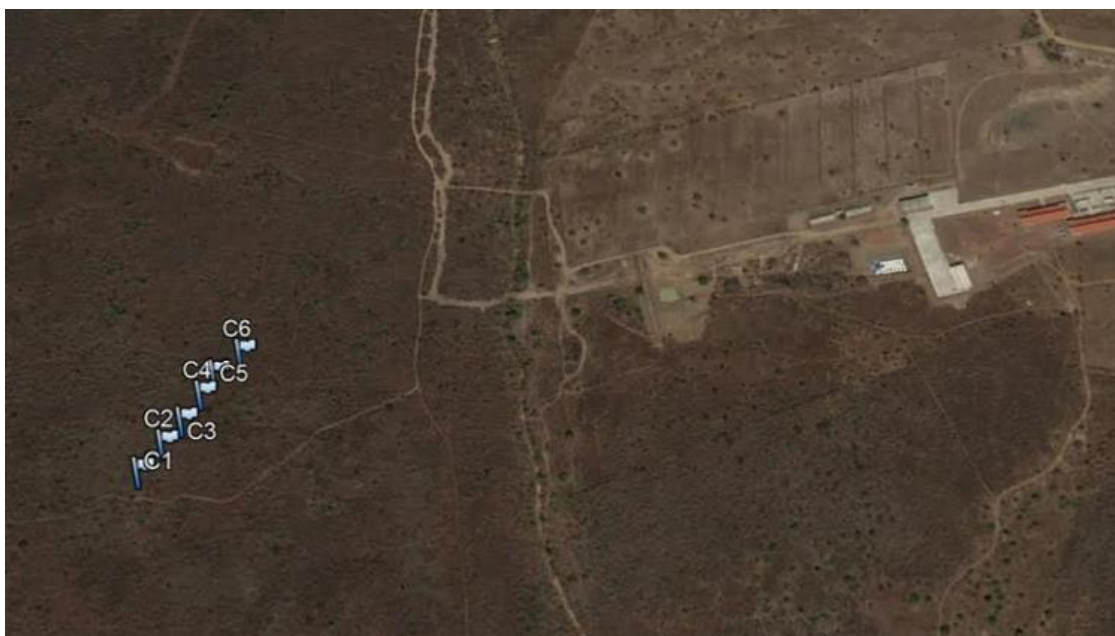
O presente estudo buscou quantificar o aporte e estimar a taxa de decomposição do material formador da serrapilheira e sua composição química, e os efluxos de CO<sub>2</sub> decorrente da respiração do solo em uma área de caatinga arbustiva-arbórea nos períodos seco e chuvoso.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 Localização do Experimento e Condução da Pesquisa**

A pesquisa foi desenvolvida em uma área de mata nativa do bioma Caatinga, pertencente à Estação Experimental Professor Ignácio Salcedo, do Instituto Nacional do Semiárido, (INSA). Está localizada no município de Campina Grande, situada na Mesorregião Geográfica do Agreste da Borborema, no estado da Paraíba, entre as coordenadas 7°15,341' e 7°17,168' de latitude Sul e 35°59,473' e 35°57,627' de longitude Oeste com altitude média de aproximadamente 480 metros acima do nível do mar. A estação experimental conta com área de 675 hectares, das quais aproximadamente 300 hectares são de Caatinga preservada em diversos estágios de

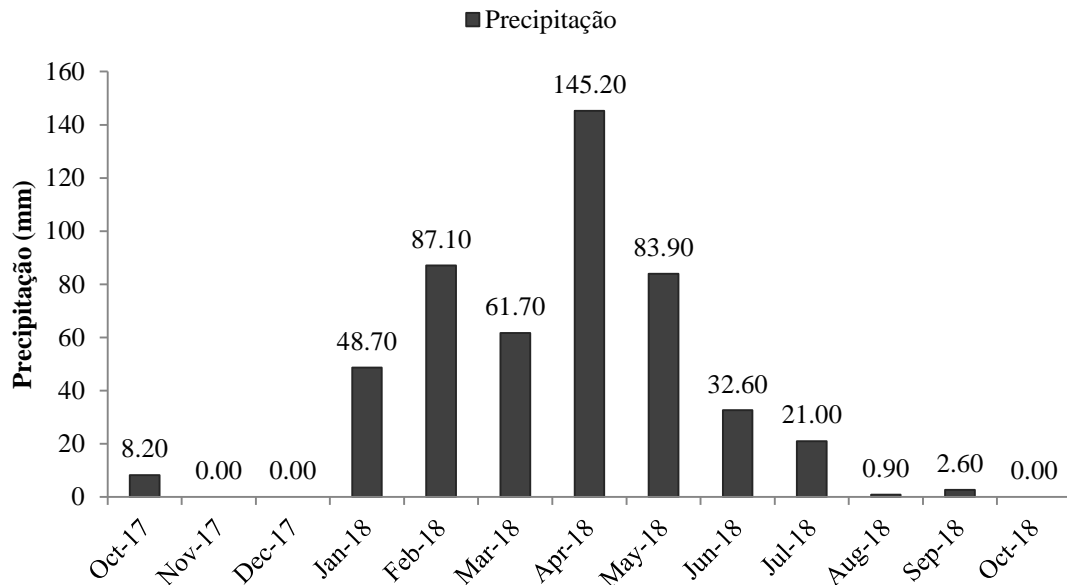
regeneração, onde são desenvolvidos vários estudos de caracterização do referido bioma (Figura 1).



**Figura 1-** Localização dos pontos de amostragem em área de Caatinga preservada, o transecto está posicionado em dois ambientes em transição de vegetação, Arbóreo (C1, C2 e C3) e Arbustivo. (C4, C5 e C6).

## 2.2 Clima

O clima do tipo Aw'i, segundo a classificação climática de Alvares et al., (2013) e é considerado sub-úmido seco. O período chuvoso está situado entre os meses de fevereiro a julho e chove anualmente, cerca de 800 mm (1974-2004). A temperatura máxima média anual é de 26 °C e a mínima de 24 °C variando pouco ao longo do ano. Na figura 2 encontram-se os dados de precipitação do período de outubro de 2017 a outubro de 2018, a precipitação (quantidade e intensidade) foi monitorada por uma estação meteorológica (modelo HOB0® U30/NRC da Onset, Massachusetts, EUA) instalada na área do transecto.



**Figura 2-** Precipitação mensal acumulada no período entre Outubro de 2017 a Outubro de 2018 na área experimental sob Neossolo Litólico, E. E. Prof<sup>o</sup> Ignácio Salcedo, INSA, Campina Grande, PB.

### 2.3 Solo da área

O solo na área experimental foi classificado como Neossolo Litólico. Esses solos geralmente são caracterizados como pouco profundos sendo alguns locais com o máximo de 10 cm de profundidade, são de drenagem moderada a imperfeita, apresentando casos de excessiva pedregosidade, relevo plano a suavemente ondulado.

### 2.4 Histórico da área e tipo de vegetação

Conforme as informações obtidas no Instituto Nacional do Semiárido (INSA), a área antigamente era de propriedade particular e o histórico apresenta pastejo e utilização da biomassa lenhosa pelas comunidades vizinhas. A partir de 2005 a área do experimento foi adquirida pelo INSA, que vem procurando preservá-la e utilizá-la como referência de Caatinga para pesquisas. A vegetação predominante é formada pela floresta sub-caducifólica e caducifólica conhecida na região como Caatinga de cipó, a qual se modifica drasticamente ao longo das estações seca e chuvosa. Atualmente a área

está em processo de regeneração, e quanto à vegetação, as espécies predominantes são caracterizadas como arbóreas e arbustivas.

Segundo, Albuquerque (2013), em levantamento fitossociológico realizado na área da estação experimental do INSA em Campina Grande, PB, foram amostrados 1.479 indivíduos, representando 26 gêneros, 26 espécies e 16 famílias. Das 26 espécies encontradas, 15 possuem porte arbóreo e 11 são arbustivas, caracterizando a área como de estrato arbustivo-arbóreo (Tabela 1). As famílias com maior riqueza foram Fabaceae com seis espécies, Euphorbiaceae com cinco espécies, Anacardiaceae, Cactaceae e Capparaceae foram representadas por duas espécies. As demais famílias foram representadas por única espécie totalizando nove espécies.

**Tabela 1-** Espécies vegetais registradas na área de Caatinga sob Neossolo Litólico. E. E. Profº Ignácio Salcedo, INSA, Campina Grande, PB.

<b>ESPÉCIES ENCONTRADAS* (NOME POPULAR)</b>	<b>HÁBITO</b>
Baraúna, Umbu, pereiro, imburana, mandacaru, icó, catingueira, jucá, jurema preta, jurema branca, unha de gato, imbiratanha, João mole e juazeiro.	Arbóreo
Cipó de nego, facheiro, feijão bravo, aveloz, burra leiteira, pinhão, maniçoba, mameleiro, mororó, veludo e chumbinho.	Arbustivo

\* Das 26 espécies encontradas, 15 possuem hábito de vida arbóreo e 11 são arbustivas.

O transecto instalado na área foi posicionado em dois ambientes em transição de vegetação, de estrato arbóreo e arbustivo, e foi formado por 6 segmentos consecutivos de 30 m cada um (Figura 3), ao todo totalizando uma área de 180 m (2 ambientes x 3 pontos por ambiente x 3 repetições por ponto).

Durante a estação úmida e seca as medidas podem ser consideradas estatisticamente independentes a uma distância de 23 e 12 metros, respectivamente (Souza et al., dados não publicados). Portanto, para esse estudo utilizou-se a distância mínima entre os pontos de 30 metros.



**Figura 3-** Croqui do transecto de 180 m em área de Neossolo Litólico sob vegetação de caatinga arbórea/arbustiva.

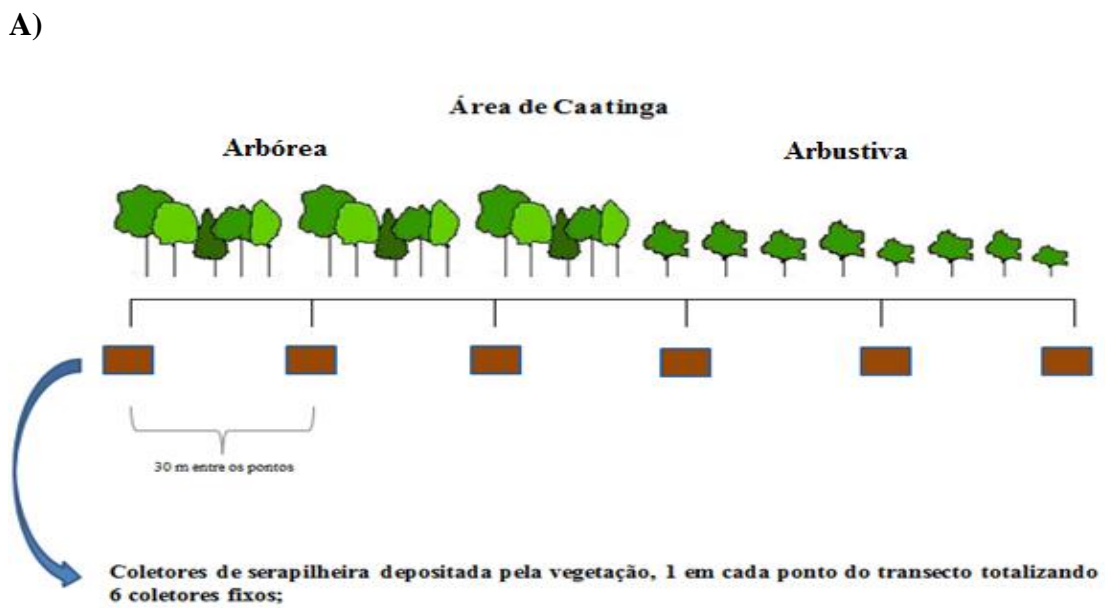
## 2.5 Produção de Serrapilheira

Para estudo do aporte da serrapilheira foi utilizado, coletores de madeira com dimensões de 1,0 x 1,0 m, fundo de tela de náilon com malha de 2,0 mm x 2,0 mm, dispostas a 0,30m do solo, e distribuídas em seis pontos ao longo de um transecto na área de estudo sob vegetação arbórea-arbustiva, sendo fixados abaixo da copa, utilizando seis molduras, uma para cada ponto. O material interceptado pelos coletores foi recolhido regularmente a cada 30 dias, e divididos em duas épocas, período seco e chuvoso, (Figura 4).

O material coletado foi armazenado em sacos de papel e encaminhado para laboratório, onde foi seco em estufa de circulação forçada a 65°C até peso constante, e posteriormente pesado para determinação da massa depositada no período. Após essa etapa, as amostras foram encaminhadas ao laboratório para análise química de nutrientes (Figura 5).



**Figura 4-** Aspecto geral da vegetação da área de estudo nos períodos A- seco e B- chuvoso no mesmo local.





**Figura 5-** Coleta de serrapilheira: A e B - Croqui da área e posição dos coletores de serrapilheira, em dois ambientes em transição de vegetação, Arbóreo (C1, C2 e C3) e Arbustivo. (C4, C5 e C6) C – pesagem da massa seca.

## 2.6 Decomposição de Serrapilheira

Para determinação da taxa de decomposição foram utilizadas sacolas de náilon, do tipo “*litter bags*”, com malha de 2 mm com dimensões de 0,20 x 0,20 m metodologia adaptada (THOMAS e ASAKAWA, 1993). As *litter bags* foram preenchidas com uma massa de 10 g de material coletada previamente, em estruturas de madeira com uma tela de náilon, nas dimensões de 1 m<sup>2</sup>, dispostas abaixo da copa das espécies locais, para capturar o material vegetal que seria depositado pelas plantas na superfície do solo.

Foram distribuídas 6 *litter bags* mantidas sob a superfície do solo, abaixo da copa das árvores, em cada um dos 6 pontos do transecto, totalizando 36 bolsas, as avaliações de perda de massa foram feitas a cada 60 dias, durante o período seco e chuvoso a fim de estimar a cinética de decomposição da serrapilheira em época distinta do ano e a influência dos fatores ambientais na decomposição do material (Figura 6).



**Figura 6-** Decomposição da serrapilheira: A, B e C - croqui da área e posição das litter bags, em dois ambientes em transição de vegetação, Arbóreo (P1, P2 e P3) e Arbustivo (P4, P5 e P6).

O material coletado bimensalmente das *litter bags* foi seco em estufa a 65 °C em seguida foram pesadas, para obter a massa remanescente, tomou-se como base o material inicial de 10 g e a cada 2 meses, eram retiradas 3 bolsas do ambiente arbóreo e 3 do arbustivo, para obter as médias das perdas de massa seca decomposta em função do tempo, que foi calculada pela diferença entre a massa inicial e a massa determinada ao final de cada coleta, obtendo-se, assim, o porcentual de matéria seca remanescente.

Através desses dados, foram estimadas as taxas da decomposição (k) pelo modelo de regressão propostos por WIEDER e LANG 1982.

Para as medidas da perda de massa, foi usada a seguinte formula:

$$\text{Massa remanescente (\%)} = (\text{massa final/massa inicial}) \times 100$$

Para o cálculo do tempo necessário para decompor 50 e 95% do material:

$$T_{50\%} = 0,693/K$$

$$T_{95\%} = 3/K$$

Segundo Olson, (1963), os valores de K considerados elevados, são característicos de florestas tropicais e variam de 1 a 4.

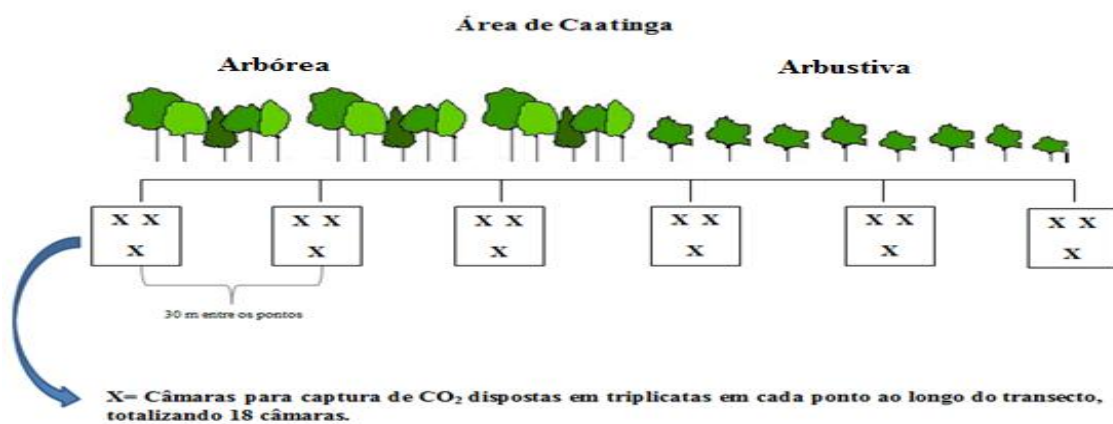
## **2.7 Análise química da serrapilheira**

As análises químicas da serrapilheira foram realizadas bimensalmente de acordo com o período de amostragem (seco e chuvoso), nas quais após secagem do material em estufa e trituração em moinho, as amostras foram digeridas com mistura de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (Thomas et al., 1967) e o extrato analisado quanto aos teores de N total, pelo método de Kjeldahl, por destilação com arraste de vapor (Bremner & Mulvaney, 1982) de P por colorimetria (Murphy & Ryley, 1962) e K determinado em fotômetro de chama (Embrapa, 1997). O carbono orgânico total foi determinado pelo método de oxidação úmida-difusão (Snyder & Trofymow, 1984).

## **2.8 Efluxo de CO<sub>2</sub>**

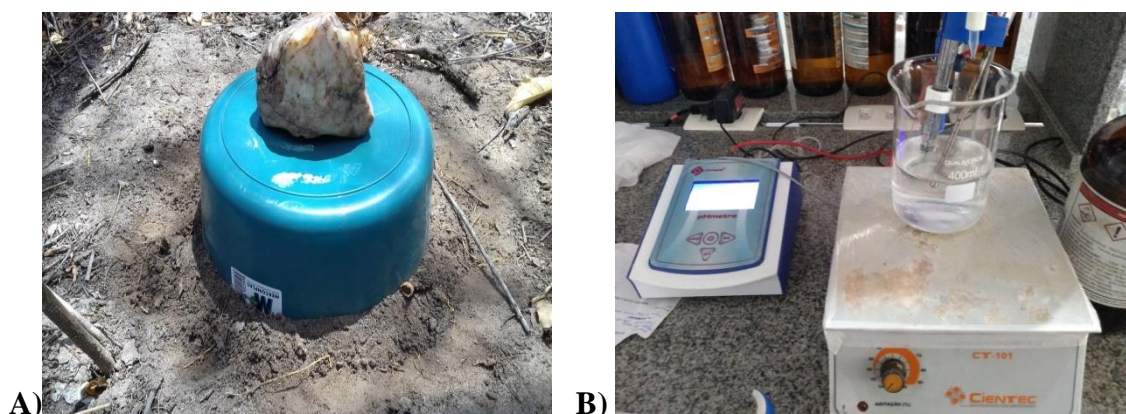
As medidas de efluxos de CO<sub>2</sub> foram realizadas ao longo do transecto de 180 m, nos ambientes arbóreo e arbustivo, utilizando-se o método da câmara estática fechada para captura do CO<sub>2</sub> evoluído na superfície do solo diretamente no campo por meio de uma solução alcalina (GRISI, 1978) através de coletas realizadas mensalmente durante período seco e chuvoso (Figura 7). O método se baseia no uso de uma solução alcalina disposta sob câmaras fechadas para a captura do C-CO<sub>2</sub> evoluído do solo, utilizando câmaras estáticas e um recipiente colocado no interior das câmaras com solução de

hidróxido de sódio 40 mL de NaOH a 2 Mol L<sup>-1</sup> durante 24 horas (IVO & SALCEDO, 2012).



**Figura 7-** Efluxo de CO<sub>2</sub>: croqui da área e posição das câmaras estáticas, em dois ambientes em transição de vegetação, Arbóreo (P1, P2 e P3) e Arbustivo (P4, P5 e P6).

A solução alcalina era deixada por 24 h em cada ponto de amostragem, logo após transcorrido este período, a solução com o C absorvido era transferida para recipientes devidamente lacrados e em seguida levados ao laboratório para quantificação do carbonato por meio de titulação potenciométrica com HCl 0,05 N (SAMPAIO e SALCEDO, 1982) como mostra a Figura 8.



**Figura 8-** Efluxo de CO<sub>2</sub>: A- Montagem das câmaras estáticas, e B- Titulação potenciométrica em laboratório.

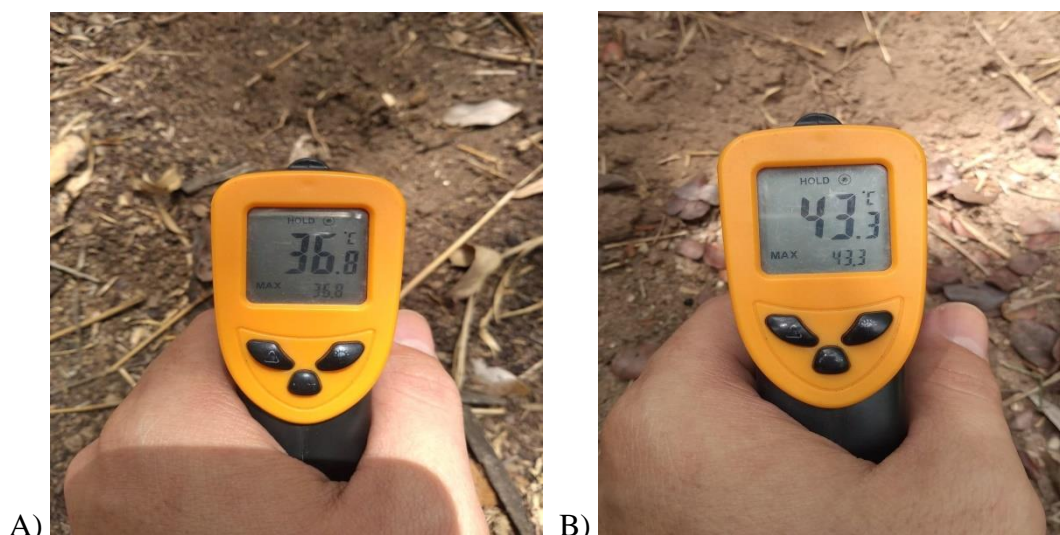
## 2.9 Umidade do Solo

Na determinação do conteúdo de água no solo (%), foram coletadas amostras de solo na camada de 0-10 cm de profundidade, as amostras foram coletadas em latas de alumínio de peso conhecido. Após coletadas, as latas foram levadas para o Laboratório onde se procedeu a pesagem da amostra vinda do campo (Pu) sendo, em seguida, colocadas em estufa a 105°C por 24 horas. Posteriormente após o esfriamento, foram novamente pesadas (Ps) e anotada a diferença entre o peso da amostra úmida e o peso da amostra seca, a diferença refere-se a quantidade de água perdida durante a secagem em estufa. O conteúdo de água no solo foi determinado através da fórmula:

$$U\% = (P_u - P_s) / P_s \times 100$$

## 2.10 Temperatura do Solo

A temperatura do solo foi medida na superfície, com auxílio de um termômetro digital (Figura 9), essas avaliações foram feitas mensalmente nos dois ambientes arbóreo e arbustivo, em cada ponto de amostragem.



**Figura 9-** Temperatura do Neossolo Litólico medida com sensor digital: A- época chuvosa, e B- época seca.

## 2.11 Análises químicas e físicas do solo

Para caracterização química e física do solo da área de estudo, foram coletadas amostras de solo na camada de 0-10 cm, após secas ao ar, as amostras foram pesadas em peneira de malha de 2 mm de abertura, para obtenção da terra fina seca ao ar, a partir da obtenção das amostras de TFSA determinaram-se de acordo com os métodos descritos por Embrapa (1997), as seguintes análises químicas: pH em água na proporção 1:2,5 (solo/água) e dos teores de fósforo, potássio, sódio, cálcio, magnésio, acidez trocável, acidez potencial, carbono orgânico total e de matéria orgânico do solo, bem como, foram calculados a soma de bases e a capacidade de troca de cátions. Para os atributos físicos, a análise granulométrica pelo método da pipeta, utilizando-se uma solução de NaOH 0,1 N e agitação mecânica em aparato de baixa rotação, por 16 horas, a fração argila foi separada por sedimentação; areia grossa e fina e foram por tamisação e o silte calculado por diferença, em seguida foi determinada sua classe textural, a densidade do solo pelo método do anel volumétrico e a densidade de partículas foi determinada pelo método do balão volumétrico.

## 2.12 Análises estatísticas

Os dados foram submetidos a análises de variância, e as médias comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade, utilizando-se o programa estatístico R.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 Caracterização química do solo

Os valores dos atributos químicos do Neossolo Litólico encontram-se na Tabela 2. O solo apresentou reação moderadamente ácida, com valor de pH em água de 5.4 para a área arbórea e de acidez elevada 4,8 para a área arbustiva.

**Tabela 2-** Caracterização química do Neossolo Litólico na camada de 0-10 cm em área de Caatinga arbórea e arbustiva em processo de regeneração no Semiárido Paraibano.

Área	pH H <sub>2</sub> O (1:2,5)	P --mg dm <sup>-3</sup> --	K <sup>+</sup> dm <sup>-3</sup>	Na <sup>+</sup> -----	H <sup>+</sup> Al	Al <sup>3+</sup> -----	Ca <sup>+2</sup> cmolc dm <sup>-3</sup>	Mg <sup>+2</sup> -----	SB	CTC	M.O. -----	C.O.T. -----
Arbóreo	5.4	4.95	113.72	0.23	5.56	0.18	2.13	2.44	4.91	10.28	19.77	12.1
Arbustivo	4.8	5.21	121.05	0.38	6.82	0.57	2.29	2.67	5.35	12.26	20.95	9.5

O teor de fósforo (P) encontrado no solo sob Caatinga arbórea foi de  $4,95 \text{ mg dm}^{-3}$  e na arbustiva de  $5,21 \text{ mg dm}^{-3}$ , sendo esses valores classificados como baixos. Em seus estudos, Corrêa et al. (2009) também observaram baixos teores de P em solos arenosos sob caatinga nativa no semiárido brasileiro, chegando até  $7,4 \text{ mg dm}^{-3}$  na camada de 0-10 cm de profundidade.

Os teores de Potássio ( $\text{K}^+$ ) foram elevados na camada superficial. O valor do potássio foi alto em relação ao valor obtido por Fraga (2009), em área de Caatinga, que foi  $61 \text{ mg dm}^{-3}$ , enquanto os valores obtidos aqui chegaram a  $113,72 \text{ mg dm}^{-3}$  na área arbórea e de  $121,05 \text{ mg dm}^{-3}$  na arbustiva.

O teor de sódio ( $\text{Na}^+$ ) observado no solo foi de  $0,23 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  e  $0,38 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  nas áreas arbórea e arbustiva respectivamente. Considerado como baixa concentração de  $\text{Na}^+$ , onde não oferece limitação para as plantas, o que é uma condição muito importante e benéfica, pois o  $\text{Na}^+$ , assim como outros sais em excesso, pode comprometer o crescimento das plantas, além de afetar algumas propriedades físicas do solo (Freire & Freire, 2007).

O teor de  $\text{Al}^{3+}$  foi de  $0,18 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  na área de vegetação arbórea, e  $0,57 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  na área arbustiva, esses valores são considerados baixos. A importância em quantificar esse elemento, se deve ao fato que, o elevado teor de alumínio provoca toxidez, inibindo o desenvolvimento do sistema radicular, fator importante para áreas que estão em processo de regeneração de vegetação. O valor da acidez potencial ( $\text{H}^+\text{+Al}$ ) foi  $5,56 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  na área arbórea e de  $6,82 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  na arbustiva, Portugal et al. (2010) observaram valores de acidez potencial mais elevados no solo sob Caatinga preservada, e atribuiu isso ao maior teor de matéria orgânica, já que a matéria orgânica do solo apresenta vários grupos funcionais, que podem liberar o  $\text{H}^+$  que irá compor os íons envolvidos na capacidade de troca de cátions do solo (SOUZA et al., 2007).

Os valores de cálcio e magnésio trocáveis foram respectivamente  $2,13$  e  $2,29 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  na área arbórea e  $2,44$  e  $2,67 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  na área arbustiva, considerados altos. Valores aproximados de cálcio e magnésio foram encontrados por Oliveira et al. (2009) ao estudar esse tipo de solo no semiárido nordestino.

O solo apresentou valor de soma de bases (SB) na área arbórea de  $4,91 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  e na arbustiva  $5,35 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  consideradas como alta, para a camada de 0-10 cm. Resultados semelhantes foram observados por Portugal et al. (2010) ao comparar solos de áreas degradadas.

A CTC foi de 10,28  $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  e 12,26  $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  nas áreas arbórea e arbustiva respectivamente, sendo classificada como relativamente alta. Lopes et al., (2004) observaram resultado oposto em relação à caatinga nativa (3,33  $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ), sendo classificada como baixa (1,61 - 4,3  $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ).

O teor de matéria orgânica (MO), importante indicador da qualidade do solo, foi 19,77  $\text{g kg}^{-1}$  na área de vegetação arbórea e 20,95  $\text{g kg}^{-1}$  na área arbustiva. Para fins práticos, a MO varia de 5 a 50  $\text{g kg}^{-1}$  (Camargo & Ceretta, 2000). Em relação ao COT, o valor encontrado foi de 12,1  $\text{g kg}^{-1}$  sendo superior ao encontrado na área arbustiva que foi de 9,5  $\text{g kg}^{-1}$ , resultados semelhantes foram encontrados por Santos et. al (2012) atribuindo esses resultados a agregação e proteção física do solo.

### 3.2 Caracterização física do solo

Os valores dos atributos físicos do Neossolo Litólico encontram-se na Tabela 3. Os valores de areia, 748  $\text{g kg}^{-1}$ , silte 102  $\text{g kg}^{-1}$ , e de argila 150  $\text{g kg}^{-1}$  na área com vegetação arbórea e na área arbustiva foram encontrados valores de areia 689  $\text{g kg}^{-1}$ , silte 131  $\text{g kg}^{-1}$  e de argila 179  $\text{g kg}^{-1}$ , esses valores permitem classificar os solos das duas áreas na classe textural franco-arenosa. Os solos do presente estudo apresenta uma fertilidade média, no entanto o P apresenta-se em teores limitantes para o crescimento das plantas.

**Tabela 3-** Caracterização física do Neossolo Litólico na camada de 0-10 cm em área de Caatinga arbórea e arbustiva em processo de regeneração no Semiárido Paraibano.

Área	Areia	Silte	Argila	Densidade do solo	Densidade de partícula	Porosidade Total	Classe Textural
	-----g kg <sup>-1</sup> -----			---g cm <sup>-3</sup> ---	--cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> --	---m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> ---	
Arbórea	748	102	150	1,37	2,68	0,49	Franco arenosa
Arbustiva	689	131	179	1,34	2,61	0,49	Franco arenosa

A densidade do solo na camada de 0-10 cm foi de 1,37  $\text{g cm}^{-3}$  e 1,34  $\text{g cm}^{-3}$  nas áreas arbórea e arbustiva respectivamente, corroborando com o resultado encontrado, Corrêa et al. (2010) observaram em seus estudos valores de densidade do solo semelhantes para os solos sob caatinga nativa. Esses valores são menores que o índice crítico do crescimento radicular de solos arenosos, 1,65  $\text{g/cm}^3$ .

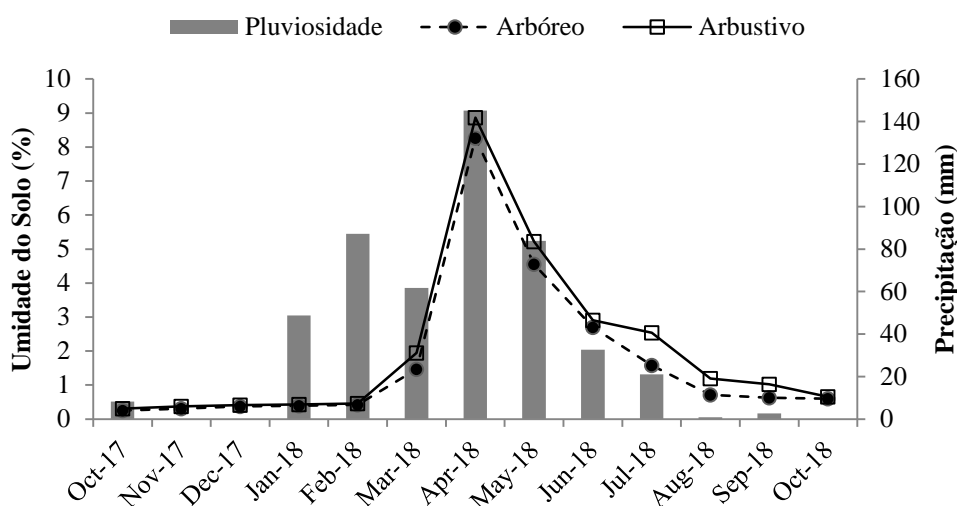
O valor da densidade de partícula foi semelhante nas duas áreas sendo de 2,68  $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  para arbórea e de 2,61  $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  para arbustiva, está próximo ao valor

encontrado por Queiroz (2013) que foi de  $2,65 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  em solos sob vegetação de caatinga nativa.

Quanto a porosidade total o valor encontrado foi igual para as duas áreas, sendo de  $0,49 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ , em seu trabalho Ramos et al. (2011) observaram que o uso do solo foi suficiente para provocar reduções da porosidade total.

### 3.3 Umidade do solo da área

Na Figura 10, encontram-se as médias mensais da pluviosidade e da umidade do solo que foi calculada para os dois ambientes, arbóreo e arbustivo. A precipitação total para o período do estudo (outubro de 2017 a outubro de 2018) foi de 491,90 mm.

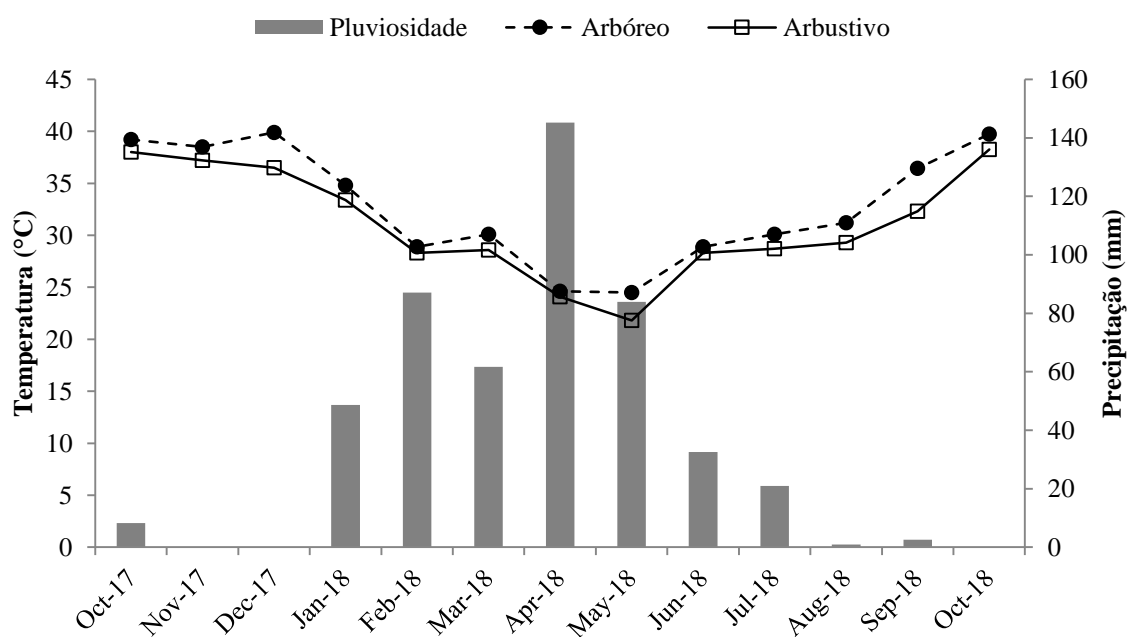


**Figura 10-** Precipitação pluvial (mm) e umidade do solo (%) nos ambientes de Caatinga arbórea e arbustiva, durante o período experimental, em área de Neossolo Litólico no Semiárido paraibano.

Quanto ao conteúdo de água no solo, observou-se que os valores de pico de umidade, foram pouco acima de 8% nos dois ambientes, e foram registrados no mês de abril, nos dois ambientes. Nos meses de maiores precipitações pluviais, houve aumento no conteúdo de água no solo, com decréscimos imediatos quando havia diminuição da precipitação pluvial. Observa-se que o regime pluviométrico na região apresentou alta variabilidade espacial e temporal, sendo de fundamental importância o monitoramento das condições atmosféricas e conteúdo de água no solo na avaliação do processo de decomposição e atividade dos microrganismos edáficos.

### 3.4 Temperatura do solo da área

Observa-se, na Figura 11, a ocorrência de temperaturas acima de 30 °C, na camada superficial do solo de 0-10 cm, nos meses de outubro, novembro, e dezembro de 2017 e janeiro, setembro e outubro de 2018 nos dois ambientes, arbóreo e arbustivo sendo esses meses considerados como época seca devido ao baixo índice de chuvas.



**Figura 11-** Pluviosidade pluvial (mm) e temperatura do solo (°C) nos ambientes de Caatinga arbórea e arbustiva, durante o período experimental, em área de Neossolo Litólico no Semiárido paraibano.

Nos meses em que ocorreram precipitações, nos dois ambientes, ocorreram decréscimos de quase 10 °C, ficando a temperatura abaixo dos 30 °C nos meses de fevereiro a agosto de 2018.

### 3.5 Produção de Serrapilheira

A produção anual de serrapilheira foi estimada em 590 kg ha<sup>-1</sup> para espécies de porte arbóreo e de 767 kg ha<sup>-1</sup> para espécies de porte arbustivo, sendo este ambiente responsável pelo maior aporte de material vegetal na área, e também pela maior variação no aporte entre os meses de coleta, a deposição mensal de cada ambiente é apresentada na tabela 4.

**Tabela 4-** Variação mensal da produção em kg ha<sup>-1</sup> de serrapilheira de caatinga arbórea e arbustiva preservada em área de Neossolo Litólico, no período de Outubro 2017 a Outubro 2018 no Semiárido paraibano

Mês	ARBÓREO		ARBUSTIVO	
	Serrapilheira kg ha <sup>-1</sup>			
out/17	63,4 bB	(±26,72)	103,5 aAB	(±35,13)
nov/17	12,6 bC	(±0,67)	23,7 aFG	(±6,16)
dez/17	12,0 bC	(±0,45)	21,7 aG	(±5,33)
jan/18	19,8 aC	(±4,86)	24,5 aG	(±4,61)
fev/18	24,8 bC	(±12,35)	55,0 aDEF	(±2,83)
mar/18	18,9 aC	(±6,11)	37,1 aG	(±7,89)
abr/18	17,9 aC	(±5,28)	26,9 aG	(±7,51)
mai/18	65,0 aB	(±12,22)	65,5 aCDE	(±4,92)
jun/18	64,5 aB	(±17,97)	68,9 aCD	(±19,17)
jul/18	82,2 bAB	(±12,90)	104,5 aAB	(±6,73)
ago/18	101,3 aA	(±21,66)	111,1 aA	(±39,13)
set/18	76,4 aB	(±23,31)	82,1 aBC	(±7,8)
out/18	30,8 aC	(±12,46)	42,5 aEFG	(±6,03)
<b>TOTAL</b>	<b>590,0</b>		<b>767,0</b>	
<b>CV%</b>	32,02		32,17	

\*Médias seguidas da mesma letra minúscula nas linhas comparam entre os ambientes e maiúscula nas colunas comparam entre os meses dentro de cada ambiente, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, valores entre parênteses referem-se ao desvio-padrão da média; e CV% Coeficiente de Variação.

Os valores encontrados foram inferiores a produção de serrapilheira no bioma Caatinga, que, segundo Costa et al. (2010), varia de 1.500 a 3.500 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, tanto em florestas arbóreas quanto em arbustivas, sendo esses valores determinados pelas características morfológicas e fisiológicas comuns das plantas que compõem o bioma.

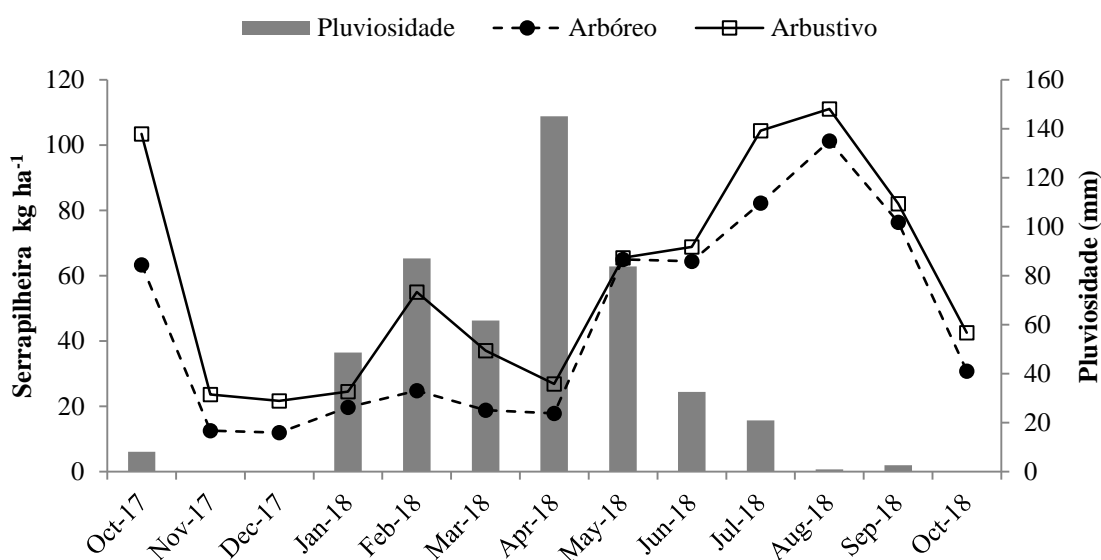
Comparando a deposição ocorrida no presente estudo, com outras áreas de caatinga, observou-se aportes diferenciados, o que a princípio está relacionado com a estrutura da vegetação, valores semelhantes aos obtidos neste trabalho foram encontrados por Souto (2006), 870 kg ha<sup>-1</sup>, em área de caatinga na Paraíba, porém ambos resultados são

inferiores aos encontrados em trabalhos realizados em áreas do sertão da Paraíba que variaram entre 1.630 a 3.786, kg ha<sup>-1</sup> (SILVA et al., 2015; HENRIQUES et al., 2016; e HOLANDA et al., 2017). Em pesquisa realizada na Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) no Semiárido da Paraíba, Souza (2009), registrou uma média anual de 2.267 kg ha<sup>-1</sup> valor superior ao encontrado na mesma RPPN por Alves et al. (2006) que estimaram em 10 meses uma deposição de 899 kg ha<sup>-1</sup>. Costa et al. (2010) calcularam uma taxa de deposição de serrapilheira bastante superior ao presente trabalho, com 3.384 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> em fragmento de vegetação arbóreo e de 2.580 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> em vegetação arbustiva, resultado com valores tão altos também foram obtidos por Maciel et al. (2012) em uma área de Caatinga no semiárido Pernambucano, essas diferenças nos padrões de aporte de serrapilheira em diversas áreas, pode ser explicado em função das adaptações morfológicas e fisiológicas das plantas às condições das áreas em que estão inseridas.

Quanto à deposição mensal de serrapilheira verificou-se que os meses de maior produção foram julho e agosto para ambos os ambientes sendo, 82 e 101 kg ha<sup>-1</sup> no arbóreo e de 104 e 111 kg ha<sup>-1</sup> no arbustivo. O aporte de serrapilheira pode ser influenciado por vários fatores abióticos como temperatura e precipitação (SANTANA, 2009). A deciduidade é característica das espécies presentes na área do estudo, o que explica o maior aporte nos meses do final da época chuvosa, fazendo com que grande parte das plantas apresentasse o maior registro de deposição nesse período. Esse é o período de menor precipitação, no qual as espécies florestais perdem as folhas para reduzir a evapotranspiração, Outro fator é a alta densidade de espécies herbáceas presentes na área, que tendem a completar o ciclo fenológico durante a estação chuvosa (SANTANA, 2005; SOUTO, 2006), o que pode explicar a maior variação de aporte de serrapilheira para o ambiente com espécies arbustivas, onde nessa época já haviam perdido toda a folhagem. Esse comportamento está relacionado com a resposta da vegetação ao agravamento do estresse hídrico, sendo a queda de folhas medida preventiva a alta perda de água por transpiração, característica fenológica utilizada pelas espécies da Caatinga (ANDRADE et al., 2008).

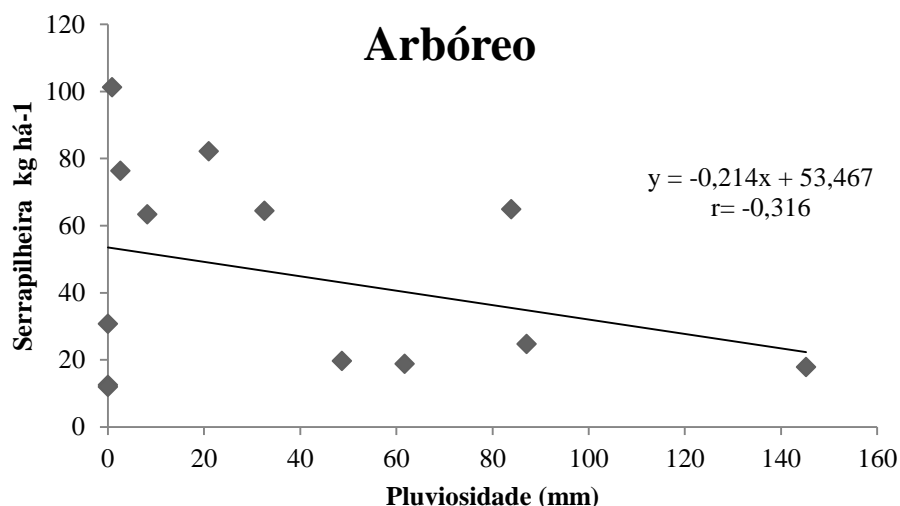
A sazonalidade na deposição de serrapilheira é ilustrada na figura 12, onde se verifica a influência da precipitação no seu comportamento durante o período de estudo. Observou-se que nos meses considerados como período de plena estiagem, os dois estratos apresentaram as menores taxas de deposição que foram registradas nos meses de novembro e dezembro com 12,6 e 12,0 kg há<sup>-1</sup> no ambiente de vegetação arbórea e

de 23,7 e 21,7 kg ha<sup>-1</sup> no ambiente arbustivo respectivamente. Esse comportamento era esperado, já que a grande maioria das espécies existentes na área é caducifólia e, nesse período, que correspondeu ao final da estação seca e início da estação chuvosa, as árvores estavam totalmente desfolhadas, reduzindo dessa forma a produção de serrapilheira.

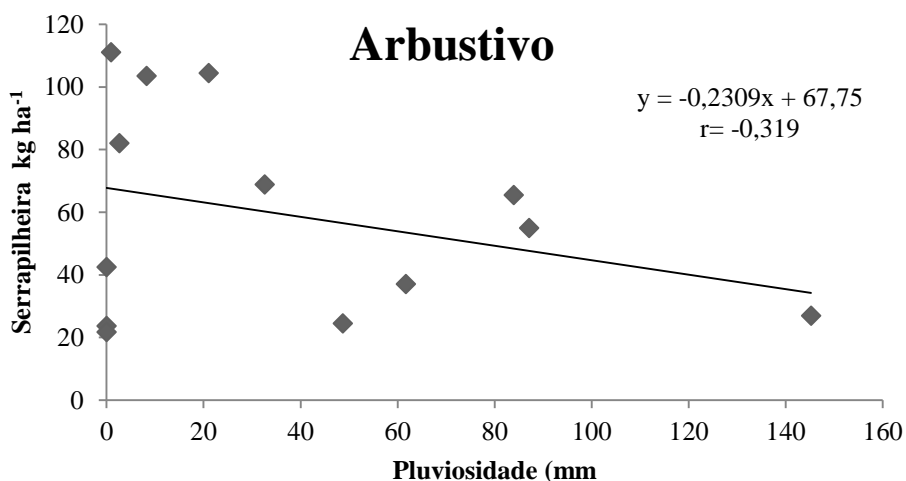


**Figura 12-** Variação mensal da produção de serrapilheira kg há<sup>-1</sup> nos ambientes arbóreo e arbustivo e da pluviosidade (mm) na área de estudo durante Outubro de 2017 a Outubro de 2018.

De uma maneira geral, notou-se um aumento na deposição de serrapilheira à medida que se encerra a época chuvosa e durante o início da época seca do ano, vindo a reduzir sua produção durante os meses de plena estiagem. Os maiores picos de produção dos dois estratos ocorreram no fim da estação chuvosa, apesar de oscilações contínuas, tendo no mês de agosto de 2018, alcançado a maior deposição nos dois ambientes com maior deposição no ambiente arbustivo com 111 kg ha<sup>-1</sup> e 101 kg ha<sup>-1</sup> no arbóreo.



A)



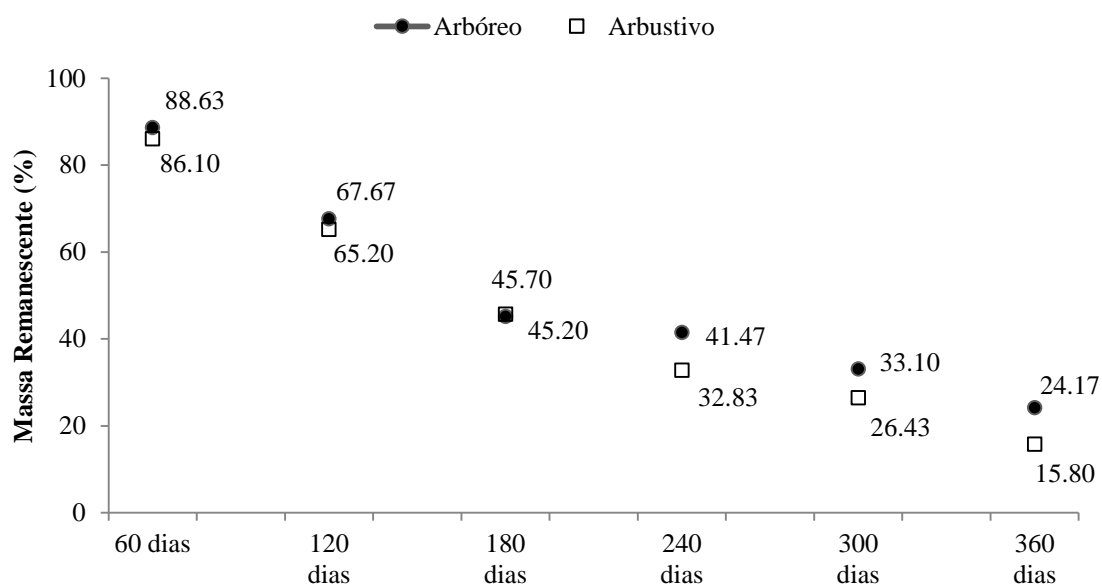
B)

**Figura 13-** Correlação entre a produção de serrapilheira kg ha<sup>-1</sup> nos ambientes de caatinga arbóreo (A) e arbustivo (B) e da pluviosidade (mm) em área de Neossolo Litólico, da região Semiárida paraibana, no período de Outubro de 2017 a Outubro de 2018.

### 3.6 Taxa de decomposição da serrapilheira e ciclagem de nutrientes

A decomposição da serrapilheira corresponde a uma das etapas mais importantes da ciclagem de nutrientes em um bioma. O acúmulo desse material na superfície do solo é regulado pela quantidade de material que cai da parte aérea das plantas e sua taxa de decomposição. Observa-se, na Figura 14, a taxa de decomposição da serrapilheira, calculada através de medidas de perda de massa (%), onde estão representados graficamente os percentuais de material remanescente sobre o solo para os dois

ambientes, desse modo, a perda de peso da serrapilheira após 1 ano foi de 84% para o estrato arbustivo e de 76% para o arbóreo.

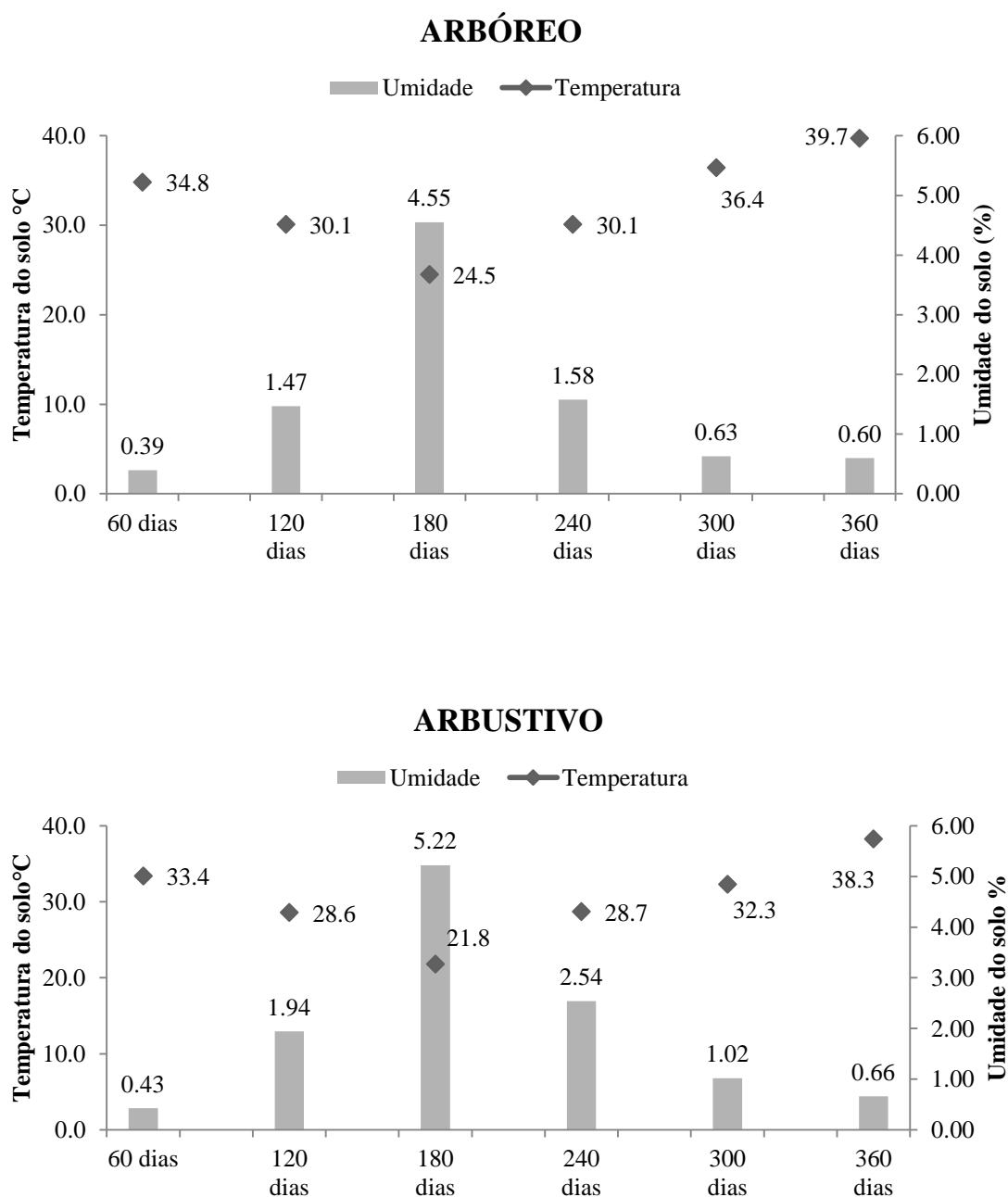


**Figura 14-** Percentuais médios do peso remanescente da serrapilheira em decomposição nos ambientes arbóreo e arbustivo e respectivos erros padrões, no período de outubro de 2017 a novembro de 2018.

É possível notar um mesmo padrão no tempo de decomposição, também encontrado por Oliveira (1987) e Portes (2001), no qual a perda de material é acentuada no primeiro semestre ou 180 dias (período chuvoso) e a partir do segundo semestre (período seco) há uma diminuição na velocidade de decomposição. Nas fases iniciais da decomposição, ocorre a fragmentação de partículas por agentes físicos e pela biota e a liberação de compostos mais solúveis, como açúcares, amido e proteínas, os quais são rapidamente utilizados pelos decompositores. Após esse período, grande parte das estruturas mais resistentes, ricas em lignina, celulose, gorduras, ceras e taninos, como nervuras e pecíolos, ainda permanece, diminuindo a velocidade de decomposição (WIEDER, 1982).

Observa-se na Figura 14, que a taxa de decomposição da serrapilheira, representada pela massa remanescente (%), nos meses de novembro e dezembro/2017 referente aos 60 dias foi muito baixa, devido à ausência de chuvas ou baixa precipitação ocorrida nesse período, confirmando a influência dos fatores abióticos na decomposição do material, como a baixa quantidade de água no solo e altas temperaturas apresentadas na Figura 15, afetando a taxa de decomposição, entretanto, a partir de março/2018 aos 120

dias, com o início da época chuvosa, houve um aumento da umidade do solo e amenização das temperaturas como mostra na Figura 15, resultando em uma maior velocidade na taxa de decomposição da serrapilheira visualizadas, principalmente, pela maior inflexão da curva para ambos os ambientes.



**Figura 15-** Umidade e Temperatura do solo em área de Caatinga arbórea e arbustiva sob Neossolo Litólico no Semiárido paraibano.

Esta maior taxa de decomposição logo após o início do período de chuvas, pode ser atribuída às condições favoráveis de conteúdo de água no solo e de temperaturas que

favorecem a atividade de organismos decompositores, principalmente artrópodes que removem a liteira e que também estimulam o crescimento das raízes superficiais, que penetram no material em decomposição (SANTANA & SOUTO 2011). Nota-se que, nos meses de abril e maio ocorreram as maiores pluviosidades (145,20 e 83,90 mm, respectivamente), contudo, no final do período, a massa remanescente da serrapilheira foi de 24% no ambiente arbóreo e 16% no ambiente arbustivo.

A constante de decomposição (K) é uma estimativa da proporção de decomposição, em 1 ano, da camada de serrapilheira acumulada sobre o solo. O tempo necessário para renovação da serrapilheira (1/K) foi de 1,4 anos para o estrato arbustivo e 1,1 anos para o arbóreo (Tabela 5), aproximando-se mais dos valores de 0,9 e 0,7 anos observados por Souto (2006) e bem distante do tempo encontrado por Santana (2005), que foi de 3,0 anos. Os tempos necessários para decomposição de 50% ( $t_{0,5}$ ) e 95% ( $t_{0,05}$ ) foram, respectivamente, de 0,49 anos e 2,11 anos para o arbustivo e de 0,63 e 2,73 para o arbóreo.

**Tabela 5-** Constante de decomposição (K), tempo médio de renovação (1/K) e tempos de decomposição de 50% ( $t_{0,5}$ ) e 95% ( $t_{0,05}$ ) da serrapilheira em área da Caatinga.

<b>Ambiente</b>	<b>Coefficiente de decomposição (K)</b>	<b>1/K (anos)</b>	<b><math>t_{0,5}</math> (anos)</b>	<b><math>t_{0,05}</math> (anos)</b>
Arbustivo	1,4	0,70	0,49	2,11
Arbóreo	1,1	0,91	0,63	2,73

Os valores de K observados neste estudo sugerem que a decomposição da serrapilheira depositada anualmente é mais rápida em comparação aos valores encontrados por Santana (2005) em uma Caatinga no Rio Grande do Norte, onde obteve um valor de K de 0,33 e Lopes et al. (2009), trabalhando com a decomposição da serrapilheira em Caatinga no estado do Ceará, onde observaram um valor K de 0,71. No presente trabalho o tempo médio de renovação foi inferior a 1 ano, sendo 0,70 para o arbustivo e 0,91 para o arbóreo, respectivamente (Tabela 5), sendo esse valor inferior ao valor encontrado por Santana (2005) que foi de 3,03.

O total anual dos nutrientes, nitrogênio (N), potássio (K) e fósforo (P), presentes na serrapilheira encontram-se na tabela 6. Nota-se que o nitrogênio (N) foi o elemento de

maior teor no material com  $44 \text{ g kg}^{-1}$  para o estrato arbóreo e  $40,5 \text{ g kg}^{-1}$  para o arbustivo, não apresentando diferença significativa entre os ambientes, esses valores são inferiores aos citados por Pereira et al. (2012), avaliando uma área de Caatinga arbórea-arbustiva, onde observaram teores de nitrogênio de  $72 \text{ g kg}^{-1}$  (Tabela 6). O potássio (K) foi o segundo elemento com maior teor na serrapilheira, apresentando teores anuais em torno de  $12 \text{ g kg}^{-1}$  para o ambiente arbóreo e  $14 \text{ g kg}^{-1}$  para o arbustivo (Tabela 6), valor bem acima do encontrado por Lima et al. (2015) em área de caatinga no Piauí, e por Caldeira et al. (2013) que observaram teores de  $3,5 \text{ g kg}^{-1}$  de K. Para o fósforo (P), verificou-se valores totais anuais de  $2,65 \text{ g kg}^{-1}$  no arbóreo e de  $3,2 \text{ g kg}^{-1}$  para o estrato arbustivo, que são significativamente diferentes. Os valores de fósforo podem ser considerados altos quando comparados aos encontrados por Lima et al. (2015) que foi de  $0,37 \text{ g kg}^{-1}$  em área de Caatinga no sul do Piauí, e mais aproximados aos citados por Gomes et al. (2010) que observaram um aporte de fósforo de  $3,05 \text{ g kg}^{-1}$  (Tabela 6)

Na avaliação do potencial de aporte de nutrientes provenientes da serrapilheira ao longo de 1 ano, obedeceram a seguinte ordem:  $N > K > P$ , tanto no ambiente arbóreo quanto no arbustivo. Essa ordem dos teores dos elementos contidos na serrapilheira é semelhante ao observado por Santana (2005); Souto et al. (2009) e Holanda et al. (2017), no entanto as quantidades observadas por esses autores são inferiores aos dos encontrados no presente trabalho.

**Tabela 6-** Teores médios de macronutrientes (N, P, K) e de Carbono no material vegetal da serapilheira em diferentes tempos de decomposição no Semiárido paraibano.

COLETA	MÊS	ARBÓREO				ARBUSTIVO			
		N	K	P	C	N	K	P	C
		-----g kg <sup>-1</sup> -----							
0 dias	nov/17	43,87 Aa	12,32 Aa	2,64 Ab	272,96 Aa	40,49 Aa	13,93 Ab	3,17 Aa	268,16 Aa
60 dias	jan/18	43,64 Aa	8,80 Ba	2,27 ABb	271,04 Aa	36,99 ABb	9,08 Ba	3,01 ABa	257,92 Ab
120 dias	mar/18	42,58 Aa	3,40 Ca	1,95 BCb	244,80 Ba	33,72 ABb	3,42 Ca	2,49 Ba	224,64 Bb
180 dias	mai/18	37,91 ABa	2,86 Ca	1,62 CDa	222,72 Ca	33,60 ABa	3,36 Ca	2,18 Ca	207,36 Bb
240 dias	jul/18	32,20 BCa	2,50 Ca	1,58 CDa	207,36 Ca	31,04 Ba	2,61 Cda	1,67 Ca	169,28 Cb
300 dias	set/18	26,40 Ca	2,03 Ca	1,22 DEa	188,13 Da	23,31 Ca	1,48 Da	1,58 Ca	160,33 CDb
360 dias	nov/18	17,52 Da	1,70 Ca	0,72 Ea	169,45 Da	15,09 Db	1,62 Da	0,63 Ca	145,42 Db

\*Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Na liberação dos elementos provenientes da serrapilheira com relação aos teores iniciais, em função do tempo, dentre os nutrientes avaliados o K foi o elemento liberado mais rapidamente, com maior liberação nos primeiros 60 dias, observa-se que os teores de K não diferiram entre os ambientes ao final dos 360 dias, restando 14 % e 12 % de K inicial nos ambientes arbóreo e arbustivo respectivamente. A maior velocidade e quantidade de liberação desse nutriente, em relação aos demais em estudo, pode ser atribuída ao fato de o K ser um elemento que não está associado a nenhum componente estrutural do tecido vegetal, e encontrar-se na forma iônica (MEURER, 2006). Por essa razão, ele pode ser facilmente extraído dos tecidos das plantas, tanto pela água da chuva quanto pela própria umidade do solo (CALONEGO et al., 2005).

Houve diferença significativa na liberação de P a partir dos 120 dias, sendo esse o segundo elemento mineralizado mais rapidamente, a quantidade de P remanescente na serrapilheira ao final do período de avaliação, foi de 27 % no estrato arbóreo e 20 % no arbustivo, onde o arbóreo foi o ambiente responsável pela maior liberação do P. Em relação ao N, a maior liberação desse nutriente foi observada aos 240 dias. Foi observado que houve diferença significativa na quantidade de N total inicial e o remanescente da serrapilheira aos 360 dias, tanto no ambientes arbóreo como no arbustivo, as diferenças foram de 40 % e 37 % do N total respectivamente (Tabela 6). Também foi observado que houve diferença significativa entre as serrapilheiras dos ambientes arbóreos e arbustivos aos 365, sendo o arbustivo o que mais disponibilizou N para o solo (Tabela 6).

Observou-se, dessa forma, que ocorreu variação nas taxas de disponibilização de nutrientes durante o processo de decomposição tanto entre os ambientes como entre os tempos avaliados, é possível observar ainda que o período de maior decomposição e liberação desses nutrientes ocorreu nos meses com maior precipitação, maior umidade no solo, e temperaturas (Figura 14) favoráveis para maior atividade microbiana. Além disso, a composição química do material decíduo Parsons & Congdon, (2008).

### 3.7 Efluxos de CO<sub>2</sub>

A atividade biológica medida pela liberação de CO<sub>2</sub> do solo, avaliada através da respiração microbiana, foi superior na área de caatinga arbustiva com um total anual de 21,2  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  em relação à área de vegetação arbórea que obteve 17,6  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  (Tabela 7), os dois ambientes também apresentaram grande variabilidade mensal durante o período de avaliação nas áreas estudadas, o que ocorreu devido a influência do regime pluviométrico, que influenciou diretamente da temperatura e umidade do solo, onde é possível observar o efeito da sazonalidade na atividade microbiana.

**Tabela 7-** Médias mensais de emissão de CO<sub>2</sub> liberado de Neossolo Litólico em ambientes com vegetação de Caatinga de porte arbóreo e arbustivo, no Semiárido paraibano.

MESES	ARBÓREO	ARBUSTIVO
	-----( $\mu\text{molm}^{-2} \text{s}^{-1}$ )-----	
out/17	1,29 bF	1,55 aF
nov/17	0,61 bL	0,72 aL
dez/17	0,66 bK	0,83 aK
jan/18	1,08 bI	1,42 aG
fev/18	1,49 bE	1,70 aE
mar/18	1,21 bG	1,68 aE
abr/18	2,49 bA	2,88 aA
mai/18	1,99 bB	2,39 aB
jun/18	1,87 bC	2,26 aC
jul/18	1,70 bD	1,99 aD
ago/18	1,05 bI	1,25 aI
set/18	1,16 bH	1,35 aH
out/18	1,00 bJ	1,20 aJ
<b>TOTAL</b>	<b>17,60</b>	<b>21,22</b>

\*Médias seguidas da mesma letra minúscula nas linhas comparam entre os ambientes e maiúscula nas colunas compara entre os meses dentro de cada ambiente, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A emissão média de CO<sub>2</sub> na área de caatinga arbustiva foi superior a área arbórea tanto no período chuvoso quanto no período seco, variando em todos os meses de amostragens, essa maior atividade microbiana na área arbustiva está associada à densidade e hábito da vegetação da área, que é responsável pela maior deposição da serrapilheira, o que promoveu a maior atividade dos microrganismos responsáveis pela mineralização dessa matéria orgânica.

Foi observado que as maiores emissões de CO<sub>2</sub> sempre ocorreram nas épocas em que foi registrada maior precipitação independentemente do ambiente, fato este

evidenciado com as emissões de CO<sub>2</sub> nas amostragens dos meses de abril e maio, onde houve um incremento elevado na emissão de CO<sub>2</sub> devido ao efeito de chuvas ocorridas no período, associadas com temperaturas mais amenas e maior umidade do solo, o que mostra que há maior atividade biológica do solo quando há disponibilidade de água no solo associada a temperaturas que ficam em torno dos 30°C. Esse resultado está associado aos fatores climáticos, especialmente ao regime pluviométrico, uma vez que o solo nessa época armazena maior conteúdo de água. Esse armazenamento de água faz com que a temperatura do solo diminua, mantendo a umidade e esta por sua vez associada à temperatura proporciona uma melhor condição para a biota do solo, refletindo em maior atividade biológica.

Estudos tem mostrado que a taxa de respiração do solo é um indicador de atividade microbiana do solo, e que essa taxa sofre forte influência da temperatura à medida que a mesma aumenta (BEKKU et al., 2003; SUBKE; REICHSTEIN; TENHUNEN, 2003), esses trabalhos consideram que a produção do CO<sub>2</sub> dentro do solo é basicamente um processo bioquímico e responde fortemente a variações de temperatura e umidade. Os mecanismos de respiração do solo estão associados com as condições de temperatura e umidade, e dependem da variabilidade temporal e espacial destas variáveis, que exercem forte influência no processo de decomposição microbiana. Assim como neste trabalho, outros têm encontrado relação significativa entre a temperatura do solo e efluxo de CO<sub>2</sub> (CHAMBERS et al., 2004; KANG et al., 2003). A umidade do solo também foi um fator responsável pelo controle da respiração do solo, ajudando a regular a atividade dos organismos. Segundo Chambers et al., (2004) as variações na umidade do solo, seja por falta ou por excesso de água no solo, podem influenciar nos efluxos de CO<sub>2</sub>.

### **3.8 Correlação entre as variáveis e os fatores climatológicos**

Na área de Caatinga arbórea e arbustiva foi observada correlação negativa ao nível de 1% sendo, ( $r = -0,32$ ) entre a deposição de serrapilheira e a precipitação pluviométrica ao longo do período estudado, demonstrando que a precipitação influencia de forma significativa na deposição do material decíduo nessa área (Tabela 8). Lopes et al. (2009), também observaram uma correlação negativa entre o total de chuva

durante o período de estudo e a deposição da serrapilheira em um trecho de Caatinga no município de Iguatu, CE,

**Tabela 8-** Matriz de correlação entre as variáveis analisadas<sup>a</sup> de um Neossolo Litólico sob vegetação de Caatinga no semiárido Paraibano.

Variáveis <sup>a</sup>	Serrapilheira	CO <sub>2</sub>	UmiSolo	TempSolo	Precipitação
Serrapilheira	1	0,15**	0,07 <sup>ns</sup>	0,14**	0,32**
CO <sub>2</sub>	-	1	0,84**	0,80**	0,76**
UmiSolo	-	-	1	0,72**	0,77**
TempSolo	-	-	-	1	0,75**
Precipitação	-	-	-	-	1

<sup>a</sup>Variáveis analisadas: Serrapilheira; efluxo de CO<sub>2</sub>; UmiSolo = Umidade do solo; TempSolo = temperatura do solo; Precipitação. \*\*Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

Valentini et al. (2015), também encontraram forte correlação da respiração do solo com a precipitação, em uma área revegetada no município de Cuiabá, nesse trabalho a correlação foi de ( $r= 0,76$ ). A correlação positiva com a disponibilidade de água que foi de ( $r= 0,84$ ) é responsável para que aconteçam as reações bioquímicas dos microrganismos do solo, que ocorreram na época de maior precipitação (abril de 2018 a maio de 2018), o que aumentou o efluxo de CO<sub>2</sub> do solo.

Também houve uma correlação positiva em relação à temperatura do solo e a respiração microbiana que foi de ( $r= 0,80$ ), Janssens et al. (2001), reportaram que as mudanças na temperatura do solo podem influenciar em até 80% as variações temporais no efluxo de CO<sub>2</sub>, desde que haja adequada umidade do solo. Da mesma forma, outros estudos realizados por Smith et al. (2003) indicaram que o CO<sub>2</sub> liberado pela respiração aeróbica é dependente principalmente da temperatura, mas se torna dependente da umidade à medida que um solo seca.

#### 4. CONCLUSÕES

O estrato arbustivo foi responsável pelo maior aporte de serrapilheira na maior parte do ano. No entanto, a produção de serrapilheira apresentou caráter sazonal com uma estreita relação com o regime pluviométrico, sendo seu ápice de produção logo após a época chuvosa, independente do estrato vegetal de caatinga;

A serrapilheira da Caatinga apresentou uma rápida taxa de decomposição, necessitando de 4 a 6 meses para que ocorresse 50% do seu desaparecimento para os ambientes arbóreo e arbustivo respectivamente, essa taxa foi mais rápida nos primeiros seis meses de exposição, no início do período chuvoso demonstrando a influência de fatores como umidade e temperatura do solo no processo de decomposição;

O aporte anual de nutrientes seguiu a mesma sequência  $N > K > P$ , para os dois ambientes, porém diferindo nos teores liberados, a sequência de liberação foi  $K > P > N$  com as maiores liberações no período chuvoso.

As maiores emissões de  $CO_2$  foram encontradas no ambiente de vegetação arbustiva, devido ao maior aporte de serrapilheira, promovendo o aumento da atividade microbiana.

O efluxos de  $CO_2$  variou em escala espacial e temporal e teve forte influência dos fatores climáticos como precipitação, umidade e temperatura do solo na atividade microbiana.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBUQUERQUE, A.L.S. **Atributos químico-bromatológicos de espécies da caatinga com potencial forrageiro, fauna edáfica e cinética de CO<sub>2</sub>**. 2013. 153 p. Dissertação (Doutorado Integrado em Zootecnia). Universidade Federal da Paraíba, Areia, Paraíba, 2013.
- ALVES, A.R.; SOUTO, J.S.; SOUTO, P.C.; HOLANDA A.C. Aporte e decomposição de serrapilheira em área de Caatinga, na Paraíba. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, Campina Grande-PB, v. 6, n. 2, p. 194-203, 2006.
- ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, F.L.M.; SPAROVEK, G. Koppens's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*. V. 22, n6. P. 711-728, 2013.
- ANDERSON, J.M.; SWIFT, M.J. Decomposition in tropical forest. In: SUTTON, S.L.; WHITMORE, T.C.; CHADWICK, A.C. (Eds.). **Tropical rain forest ecology and management**. Oxford: Blackwell Scientific Publications, London, p. 287-310, 1983.
- 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. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 21, n. 2, p. 223-230, 2008.
- BARLOW, J.; GARDNER, T.A.; FERREIRA, L.V.; PERES C.A. Litter fall and decomposition in primary, secondary and plantation forests in the Brazilian Amazon. **Forest Ecology and Management**, v. 247, n. 2. p. 91-97, 2007.
- BEKKU, Y.S.; NAKATSUBO, T.; KUME, A.; ADACHI, M.; KOIZUMI, H. Effect of warming on the temperature dependence of soil respiration rate in arctic, temperate and tropical soils. **Applied Soil Ecology**, Belfield, v.22, n.3, p.205-210, 2003.
- BONINI, C.S.B.; ALVES, M.C.; Montanari, R. Recuperação da estrutura de um Latossolo vermelho degradado utilizando lodo de esgoto. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.10, n.1, p. 34-42, 2015
- BREMNER, J.M.; MULVANEY, C.S. Nitrogen-total. In: Page, A. L.; Miller, R.H. Keeney, D.R. eds. **Methods of soil analysis. Chemical and microbiological properties**. Part 2. Madison, ASA-SSSA, p. 595-624. 1982.
- CALDEIRA, M.V.W.; SILVA, R.D.; KUNZ, S.H.; ZORZANELLI, J.P.F.; CASTRO, K.C.; GODINHO, T.O. Biomassa e nutrientes da serrapilheira em diferentes coberturas florestais. **Comunicata Scientiae**; 4(2): 111-119. 2013.
- CALONEGO, J.C.; FOLONI, J.S.S.; ROSOLEM, C.A. Lixiviação de potássio da palha de plantas de cobertura em diferentes estágios de senescência após dessecação química. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, n. 01, p. 99-108, 2005.

- CAMARGO, F.A.O.; CERETTA, C.A. Composição da fase sólida orgânica do solo. In: MEURER, E. J. (Ed.). Fundamentos de química do solo. Porto Alegre: **Genesis**, p. 45-62. 2000.
- CHAMBERS, J.Q.; TRIBUZY, E.S.; TOLEDO, L.C.; CRISPIM, B.F.; HIGUCHI, N.; DOS SANTOS, J.; ARAUJO, A.C.; KRUIJT, B.; NOBRE, A.D.; TRUMBORE, S.E. Respiration from a tropical forest ecosystem: partitioning of sources and low carbon use efficiency. **Ecological Applications**, Washington, v.14, n.4, p. 72-88. 2004.
- CIANCIARUSO, M.V.; PIRES, J.S.R.; DELITTI, W.B.C.; SILVA, E.F.L.P. Produção de serrapilheira e decomposição do material foliar em um cerradão na Estação Ecológica de Jataí, município de Luiz Antônio, SP, Brasil. **Acta Botânica Brasílica**. v.20, n.1, p.49-59, 2006.
- CORRÊA, R.M.; FREIRE, M.B.G. dos S.; FERREIRA, R.L.C.; FREIRE, F.J.; PESSOA, L.G.M.; MIRANDA, M.A.; MELO, D.V.M. Atributos químicos de solos sob diferentes usos em perímetro irrigado no semiárido de Pernambuco. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, vol.33 n.2, p.305-314, 2009.
- CORRÊA, R.M.; FREIRE, M.B.G. DOS S.; FERREIRA, R.L.C.; SILVA, J.A.A.; PESSOA, L.G.M.; MIRANDA, M.A.; DIEGO MELO, D.V.M. Atributos físicos de solos sob diferentes usos com irrigação no semiárido de Pernambuco. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola Ambiental**, 14 (4), p.358-365, 2010.
- COSTA, C.C.A.; CAMACHO, R.G.V.; MACEDO, I.D.; SILVA, P.C.M. Análise comparativa da produção de serrapilheira em fragmentos arbóreos e arbustivos em área de caatinga na flona de Açu-RN. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 34, n. 2, p. 259-265, 2010.
- DAVIDSON, E.A.; VERCHOT, L.V.; CATTÂNIO, J.H.; ACKERMAN I.; CARVALHO, J.E.M. Effects of soil water content on soil respiration in forests and cattle pastures of eastern Amazonia. **Biogeochemistry**, 48, 53-69. (2000).
- DAVIDSON, E.A.; SAVAGE, K.; VERCHOT, L.V.; NAVARRO, R. Minimizing artifacts and biases in chamber – based measurements of soil respiration. **Agricultural and Forest Meteorology**, 113, 21-37. 2002.
- DUTTA, R.K, AGRAWAL, M. Litterfall, litter decomposition and nutrient release in five exotic plant species planted on coal mine spoils. **Pedobiologia**, 45(4): 298-312. 2001.
- EWEL, J.J. Litter fall and leaf decomposition in a tropical forest succession in eastern Guatemala. **Journal of Ecology**, Oxford, v. 64, p. 293-308, 1976.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Solos do Nordeste**. 15p. 1997.
- FANG, C.; MONCRIEFF, J.B. The dependence of soil CO<sub>2</sub> efflux on temperature. **Soil Biology and Biochemistry**, 33, 155-165. 2001.

FIGUEIREDO FILHO, A.; MORAES, G.F. SCHAAF, L.B.; FIGUEIREDO, D.J. Avaliação estacional da deposição em uma floresta ombrófila mista localizada no sul do Estado do Paraná. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 13, n. 1, p. 11-18, 2003.

FRAGA, I.F.; GENRO JUNIOR, S.A.; INDA, A.V.; ANGHINONI, I. Suprimento de potássio e mineralogia de solos de várzea sob cultivos sucessivos de arroz irrigado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, p. 497 – 506, 2009.

FREIRE, M.B.G.S.; FREIRE, F.J. Fertilidade do solo e seu manejo em solos afetados por saís. In: Novais, R.F.; Alvarez V., V.H.; Barros, N.F.; Fontes, R.L.F.; Cantarutti, R.B.; Neves, J.C.L. Fertilidade do solo. Viçosa, MG, **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, Cap. 16, p.929-954. 2007.

GAMA-BALIEIRO, F.C.; FRANCO, A.A.; PEREIRA, M.G.; CAMPELLO, E.F.C.; DIAS, L.E.; FARIA, S.M.; ALVES, B.J.R. Dinâmica da serrapilheira e transferência de nitrogênio ao solo, em plantios de *Pseudosamanea guachapele* e *Eucalyptus grandis*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 6, p. 597-601, jun. 2004.

GOMES, J.M.; PEREIRA, M.G.; PIÑA-RODRIGUES, F.C.M.; PEREIRA, G.H.A. GONDIM, F.R.; SILVA, E.M.R. Aporte de serrapilheira e de nutrientes em fragmentos florestais da Mata nativa, RJ. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, 2010;

GOYA, J.F.; FRANGI, J.L.; PÉREZ, C. TEA, F.D. Decomposition and nutrient release from leaf litter in *Eucalyptus grandis* plantations on three different soils in Entre Ríos, Argentina. **Bosque**, 29(3): 217-226. 2008.

GRISI, B.M. Método químico de mediação da respiração edáfica: alguns aspectos técnicos. **Ciência e cultura**, v.30, n.1, p. 82-88, 1978.

HENRIQUES, I.G.N.; SOUTO, J.S.; SOUTO, P.C.; SANTOS, W.S.; HENRIQUES, I. G.N.; LIMA, T.S. Acúmulo, deposição e decomposição de serrapilheira sob dinâmica vegetacional da Caatinga em Unidade de Conservação. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 11, n. 1, p. 84-89, 2016.

HOLANDA, A.C.; FELICIANO, A.L.P.; FREIRE F.J.; SOUSA, F.Q.; FREIRE, S.R. O.; ALVES, R.A. Aporte de serrapilheira e nutrientes em uma área de caatinga. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 27, n. 2, p. 621-633, 2017.

JANSSENS, I.A. Assessing forest soil CO<sub>2</sub> efflux: An in situ comparison of four techniques. **Tree Physiology**, 20, 23-32. 2001

KANG, S.Y.; DOH, S.; LEE, D.; JIN, V.L.; KIMBALL, J.S. Topographic and climatic controls on soil respiration in six temperate mixed-hardwood forest slopes, Korea. **Global Change Biology**, Oxon, v.9, n.10, p. 1427-1437, 2003.

LIMA, R.P.; FERNANDES, M.M. FERNANDES, M.R.M.; MATRICARDI, E.A.T. Aporte e Decomposição da serrapilheira na Caatinga no sul do Piauí. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 22, n. 1, p. 42-49, 2015.

LOPES, A.F.; SANTOS, A.B.; RAVA, C.A.; SOARES, D.M.; QUINTELA, E.D.; OLIVEIRA, I.P.; FONSECA, J.R.; KLUTHCOUSKI, J.; COSTA, J.G.C.; MOREIRA, J.A.A.; SILVA, J.G.; COSTA, K.A. DE P.; STONE, L.F.; THUNG, M.; FAGERIA, N. K.; SILVA, S.C.; COBUSSI, T. **Produção de Sementes Sadias de Feijão Comum em Várzeas Tropicais**. Embrapa Arroz e Feijão. Sistemas de Produção, N.4, 72p. 2004.

LUO, Y.; ZHOU, X. Controlling factors. In: Y. Luo and X. Zhou, editors, Soil respiration and the environment. **Academic Press**, Elsevier, San Diego, CA. p. 79–105. 2006b.

MACIEL, M.G.; ELEOTERIO, S. S.; BATISTA, F. A.; SOUZA, J.S.; ELIAS, O.F.A.S; OLIVEIRA, E. S.; CUNHA, M. V.; LEITE, M. L. M. V. Produção total e das frações de serrapilheira em área de caatinga no semiárido de Pernambuco. **Revista Científica Produção Animal**, v.14, n.1, p.43-45, 2012.

MELLO IVO, W.M.P.; SALCEDO, I.H. Soil CO<sub>2</sub> Flux: A method comparison of closed static chambers in a sugarcane field. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 36:421-426, 2012.

MENEZES, R.S.C.; SAMPAIO, E.V.S.B. Agricultura sustentável no semiárido nordestino. In: OLIVEIRA, T.S.; ROMERO, R.E.; ASSIS JR., R.N.; SILVA, J.R.C.S. (Eds). Agricultura, sustentabilidade e o semiárido. Fortaleza-CE: **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo** /Universidade Federal do Ceará. p.20-46, 2000.

MEURER, E.J. Potássio. In: FERNANDES, M. S. **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa: UFV, p. 281-298. 2006.

MEYER, W.S.; REICOSKY, D.C.; BARRS, H.D.; SHELL, G.S.G. A portable chamber for measuring canopy gas exchange of crops subject to different root zone conditions. **Agronomy Journal**, 79 (1), 181-184. 1987.

MURPHY, J.; RILEY, J.P.A. A modified simple solution method for the determination of phosphate in natural Waters. **Anal. Chim. Acta**, 27: 31-36, 1962.

OLIVEIRA, L.B.; FONTES, M.P.F.; RIBEIRO, M.R.; KER, J.C. Morfologia e classificação de Luvisolos e Planossolos desenvolvidos de rochas metamórficas no semiárido do nordeste brasileiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 33, p.1333-1345, 2009.

OLSON, J.S. Energy storage and the balance of producers and decomposers in ecological systems. **Ecology**, v. 44, n. 2, p. 322-331, 1963

PARSONS, S.A.; CONGDON, R.A. Plant litter decomposition and nutrient cycling in north Queensland tropical rain-forest communities of differing successional status. **Journal of Tropical Ecology**; 24(2): 317-327, 2008

PEREIRA, M.G.; SILVA, N.A.; PAULA, R.R.; MENEZES, L.F.T. Aporte e decomposição de serrapilheira em floresta periodicamente inundável na restinga da Marambaia, RJ. **Ciência Florestal**; 22(1): 59-67, 2012.

- PEREIRA, M.G.; MENEZES, L.F.T.; SCHULTZ, N. Aporte e decomposição da serrapilheira na Floresta Atlântica, Ilha da Marambaia, Mangaratiba, RJ. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 18, n. 4, p. 443-454, 2008.
- PINTO, S.I.C.; MARTINS, S.V.; BARROS, N.F.; DIAS, H.C. T. Produção de serrapilheira em dois estádios sucessionais de Floresta Estacional Semidecidual na Reserva Mata do Paraíso em Viçosa, MG. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 32, n. 3, p. 545-556, 2008.
- PORTUGAL, A.F.; COSTA, O.; DEL'ARCO V.; COSTA, L.M. Propriedades físicas e químicas do solo em áreas com sistemas produtivos e mata na região da zona da mata mineira. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 34, p.575-585, 2010.
- QUEIROZ, A.F. **Caracterização e classificação de solos do município de Casa Nova-BA para fins de uso, manejo e conservação**. 75p. Universidade Federal Rural do Semiárido (UFERSA), Mossoró-RN. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo). 2013.
- RAMOS, F.T.; NUNES, M.C.M.; CAMPOS, D.T.S.; RAMOS, D.T.; MAIA, J.C.S. Atributos físicos e microbiológicos de um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico típico sob cerrado nativo e monocultivo de soja. **Revista Brasileira de Agroecologia**, 6(2), p.79-91, 2011.
- RIBEIRO, A.C. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5. Aproximação: Comissão de fertilidade do solo do estado de Minas Gerais**, 1999.
- ROBERTS, J.M. Effects of temperature on soil respiration: a brief overview. **Wallingford: Center for Ecology and Hydrology**, 45p. 2000.
- RUHOFF, A.L.; SALDANHA, C.B.; COLLISCHONN, W.; UVO, C.B.; ROCHA, H.R.; CABRAL, O.M.R. Análise multivariada do processo de evapotranspiração em áreas de cerrado e cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, 14(4), 137-146. (2009).
- RUSTAD, L.E.; HUNTINGTON, T.G.; BOONE, R.D. Controls on soil respiration: Implications for climate change. **Biogeochemistry**, 48 (1), 1-6. 2000.
- SAMPAIO, E.V.S.B.; SALCEDO, I.H. Efeito da adição de nitrogênio e palha <sup>14</sup>C na liberação de CO<sub>2</sub> e formação de biomassa microbiana em latossolo vermelho amarelo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.6, p. 177-181. 1982
- SANTANA, J.A.S.; SOUSA, L.K.V.S; ALMEIDA, W.C. Produção anual de serrapilheira em floresta secundária na Amazônia Oriental. **Revista de Ciências Agrárias**, n.40, p.119-132, 2005.
- SANTANA, J.A.S. Padrão de distribuição e estrutura diamétrica de *Croton blanchetianus* Baill. (marmeleiro) na Caatinga da Estação Ecológica do Seridó. **Revista Verde**, Mossoró, v.27 n.2, 305-314, jul./set., 2009.

- SANTANA, J.A.S., SOUTO, J.S. Produção de serrapilheira na Caatinga da região semiárida do Rio Grande do Norte, Brasil. **Idesia**, 29(2): 87-94. 2011,
- SANTOS, D.C.; LIMA, C.L.R.; KUNDE, R.J.; CARVALHO, J.S.; ABEIJON, L.M.; PILLON, C.N. Agregação e proteção física da matéria orgânica em Planossolo háplico sob diferentes sistemas de manejo. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 28, p.28:54-63, 2012.
- SARMIENTO, J.L.; GRUBER, N. Sinks for Anthropogenic Carbon. **Physics Today**, 55, 30-45. 2002.
- SARIYLDIZ, T.; ANDERSON, J.M.; KUCUK, M. Effects of tree species and topography on soil chemistry, litter quality, and decomposition in Northeast Turkey. **Soil biology & Biochemistry**, Amsterdam, 79: 9-24, 1997.
- SCHUMACHER, M.V.; CORRÊA, R.S.; VIERA, M.; ARAÚJO, E.F. Produção e decomposição de serrapilheira em um povoamento de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus globulus* maidenii. **Cerne**, Lavras, v. 19, n. 3, p. 501-508, 2013.
- SCHUMACHER, M.V.; BRUN, E.J.; HERNANDES, J.I.; KONIG, F.G. Produção de serrapilheira em uma floresta de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze no município de Pinhal Grande-RS. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 28, n. 1, p. 29-37, 2004.
- SCOTT, A.; CRICHTON, I.; BALL, B.C. Long-term monitoring of soil gas fluxes with closed chambers using automated and manual systems. **Journal of Environmental Quality**, 28 (5), 1637-1643. 1999.
- SILVA, W.T.M.; LEONARDO, F.A.P.; SOUTO, J.S.; SOUTO, P.C.; LUCENA, J.D. S.; NETO, P.H.M. Deposição de serrapilheira em áreas de Caatinga no Núcleo de Desertificação do Seridó. **Agropecuária Científica no Semiárido** v.12, n.4, p.383-390, 2016.
- SILVA, V.N.; SOUTO, L.S.; DUTRA FILHO, J.A.; SOUZA, T.M.A.; BORGES, C.H. A. Deposição deserrapilheira em uma área de caatinga preservada no semiárido da Paraíba, Brasil. **Revista Verde**, Pombal, v. 10, n. 2, p. 21-25, 2015.
- SILVA JÚNIOR, J.A.; COSTA, A.C.L.; AZEVEDO, P.V.; COSTA, R.F.; METCALFE, D.B.; GONÇALVES, P.H.L.; BRAGA, A.P. Efluxos de CO<sub>2</sub> do solo na floresta nacional de Caxiuanã, Pará, durante o experimento ESECAFLOR/LBA. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 28, n. 1, p. 85-94, 2013.
- SILVA, G.A.E.; SOUTO, J.S.; ARAUJO, J.L. Atividade microbiana em Luvisolo do semiárido da Paraíba após a incorporação de resíduos vegetais. **Agropecuária Técnica**, v.27, n.1, p.13–20, 2006.
- SMITH, K.A. Exchange of greenhouse gases between soil and atmosphere: Interactions of soil physical factors and biological processes. **European Journal of Soil Science**, 54, 779-791. 2003.

SNYDER, J.D.; TROFYMOW, J.A. A rapid accurate wet oxidation diffusion procedure for determining organic and inorganic carbon in plant and soil samples. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**. Vol. 15, Iss. 5, 1984.

SOUZA, D.M.G.; MIRANDA, L.N.; OLIVEIRA, S.A. **Acidez do solo e sua correção**. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ, V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. Fertilidade do solo. Viçosa, MG, **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, 991p. 2007.

SOUTO, P.C. **Acumulação e decomposição da serrapilheira e distribuição de organismos edáficos em área de Caatinga na Paraíba, Brasil**. 146 f. Tese (Doutorado em Agronomia – Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal da Paraíba, Areia. 2006.

SUBKE, J.A.; REICHSTEINS, M.; TENHUNEN, J.D. Explaining temporal variation in soil CO<sub>2</sub> efflux in mature spruce forest in Southern Germany. **Soil Biology & Biochemistry**, Oxford, v.35, n.11, p.1467-1483, 2003.

THOMAS, R.L.; SHEARRD, R.W.; MOYER, J.R. Comparison of conventional and automated procedures for N, P and K analysis of plant material using a single digestion. **Agronomy Journal**, Madison, 59: 240-243, 1967.

THOMAS, R.J.; ASAKAWA, N.M. Decomposition of leaf litter from tropical forage grasses and legumes. **Soil Biology Biochemycal.**, 23:1351-1361, 1993.

VALENTINI, C.M.A.; GONÇALVES, A.J.; PELEGRINE, G.F.R. Respiração do solo como bioindicador em áreas degradadas. **Revista Internacional de Ciências**, 2015.

VON RANDOW, C.; MANZI, A.O.; KRUIJT, B.; OLIVEIRA, P.J.; ZANCHI, F.B.; SILVA, R.L.; HODNETT, M.G.; GASH, J.H.C.; ELBERS, J.A.; WATERLOO, M.J.; CARDOSO, F.L.; KABAT, P. Comparative measurements and seasonal variations in energy and carbon exchange over forest and pasture in South West Amazônia. **Theoretical and Applied Climatology**, 78, (1-3), 5-26. 2004.

WAGAI, R.; BRYE, K.R.; GOWER, S.T.; NORMAN, J.M.; BUNDY, L.G. Land use and environmental factors influencing soil surface CO<sub>2</sub> flux and microbial biomass in natural and managed ecosystems in southern Wisconsin. **Soil Biology & Biochemistry**, Oxford, 30 (12) 1501-1509. 1998.

WIEDER, R.K.; LANG, G.A. A critique of the analytical methods used in examining decomposition data obtained from litter bags. **Ecology**, Durham, v. 62, n. 6, 1982.

## **CAPÍTULO II: PRODUÇÃO DE GLOMALINA DO SOLO E ESTABILIDADE DE AGREGADOS EM ÁREA DE CAATINGA SOB NEOSSOLO LITÓLICO**

### **RESUMO**

A agregação do solo pode ser alterada diretamente ou indiretamente por fatores bióticos e abióticos que afetam a sua estabilidade, alguns grupos de microrganismos estão relacionados com os processos de agregação dos solos. Os fungos micorrízicos arbusculares (FMA) produzem uma glicoproteína chamada glomalina, sua relevância em solos se dá, por sua associação ao carbono, contribuindo para o incremento de seu reservatório no solo, também utilizada em estudos de agregação devido à correlação com a estabilidade de agregados. O objetivo do trabalho foi quantificar a produção de glomalina facilmente extraível, carbono orgânico total e sua relação com a estabilidade de agregados do solo sob vegetação de caatinga arbórea e arbustiva, nos períodos seco e chuvoso. Foi traçado um transecto com seis pontos amostrais, com 30 m de distância entre eles, sendo três pontos distribuídos no estrato arbóreo e três pontos distribuídos no estrato arbustivo, (2 estratos de caatinga (arbóreo e arbustivo) x 3 pontos por estrato x 3 repetições por ponto). Em cada ponto foi feita uma coleta de três amostras simples de solo, na profundidade de 0–10 cm, somando nove amostras para o estrato arbóreo e mais nove para o arbustivo, sendo 18 amostras retiradas no o período seco e 18 após o período chuvoso, totalizando 36 amostras. A Glomalina (GFE) apresentou um padrão sazonal, sendo seus maiores valores observados na época seca,  $0,233 \text{ mg g}^{-1}$  em relação à época chuvosa  $0,156 \text{ mg g}^{-1}$ , independente do tipo de vegetação da área, o maior teor de carbono orgânico total foi encontrado no ambiente de vegetação arbórea com  $12,1 \text{ g kg}^{-1}$  em relação ao arbustivo com  $9,5 \text{ g kg}^{-1}$ , O Índice de Estabilidade de Agregados foi significativamente maior no ambiente arbustivo com  $0,520 \text{ mm}$ , enquanto no arbóreo foi de  $0,395 \text{ mm}$ . Não houve correlação significativa entre as variáveis, GFE, COT e IEA para esse estudo.

**Palavras-chave:** Micorrizas, Carbono orgânico, Agregação do solo, Semiárido

## CHAPTER II: SOIL GLOMALINE PRODUCTION AND STABILITY OF AGGREGATES IN CAATINGA AREA UNDER ENTISOL

### ABSTRACT

Soil aggregation can be altered directly or indirectly by biotic and abiotic factors that affect its stability, some groups of microorganisms are related to the processes of soil aggregation. Arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) produce a glycoprotein called glomalin, its relevance in soils due to its association with carbon, contributing to the increase of its soil reservoir, also used in aggregation studies due to the strong correlation with the stability of aggregates. The objective of this work was to quantify the production of easily extractable glomalin, total organic carbon and its relation with soil aggregate stability under arboreal and shrub caatinga vegetation, in the dry and rainy seasons. A transect was drawn with six sample points, 30 m apart, three points distributed in the tree stratum and three points distributed in the shrub stratum (2 layers of caatinga (arboreal and shrub) x 3 points per stratum x 3 replicates per point). At each point, three simple soil samples were collected, at 0-10 cm depth, adding nine samples to the arboreal stratum and nine to the shrub, with 18 samples collected in the dry period and 18 after the rainy season, totaling 36 samples. Glomalin (GFE) presented a seasonal pattern, with its highest values observed in the dry season,  $0.233 \text{ mg g}^{-1}$ , in relation to rainy season  $0.156 \text{ mg g}^{-1}$ , regardless of the type of vegetation in the area, of total organic carbon was found in the environment of arboreal vegetation with  $12.1 \text{ g kg}^{-1}$  in relation to the shrub with  $9.5 \text{ g kg}^{-1}$ , The Index of Stability of Aggregates was significantly higher in the shrub environment with  $0.520 \text{ mm}$ , while in the was  $0.395 \text{ mm}$ . There was no significant correlation between the variables, GFE, TOC and IEA for this study.

**Keywords:** Mycorrhizae, Organic carbon, Soil aggregation, Semiarid

## 1. INTRODUÇÃO

Os Fungos micorrízicos arbusculares são um importante grupo de microrganismos benéficos ao solo, capazes de formar uma simbiose mutualística com raízes de algumas plantas (WU et al., 2016), atuam desenvolvendo redes de micélio extra radiculares no solo, o que complexa fisicamente as partículas do solo, facilitando a formação de agregados e por consequência sua estabilização (LEIFHEIT et al., 2014; WU et al., 2016). A importância do conhecimento sobre essas espécies de fungos se dá não apenas pelo efeito mecânico produzido pelas suas hifas, que formam uma extensa rede que explora o solo em busca de nutrientes e água, a extensão dessa rede é capaz de conectar raízes da mesma planta ou de outras próximas, mas também pela sua atuação direta na nutrição vegetal, as hifas também apresentam outras funções ecológicas como: alimento para outros organismos, ciclagem de nutrientes através da troca de nutrientes de raízes mortas para a serapilheira e previnem a lixiviação de nutrientes.

Essa proteína produzida pelos FMA tem como características intrínsecas a resistência ao calor, insolubilidade e hidrofobicidade, o que garante uma função cimentante, por isso a glomalina é usualmente utilizada em estudos de agregação devido a forte correlação com a estabilidade de agregados (PENG et al., 2013). A glomalina facilmente extraível do solo representa o material formado recentemente no solo. Além disso, também é mais susceptível a atividades de decomposição por estar concentrada predominantemente na superfície dos agregados.

Em estudos realizados recentemente, observou-se uma relação significativa entre a quantidade de glomalina presente no solo e a estabilidade de agregados, onde notou-se que a maior presença dessa proteína, tem promovido uma maior agregação (WRIGHT & UPADHYAYA, 1996; ZHANG et al., 2012; LI et al., 2015; WU et al., 2016). A formação e estabilização de agregados do solo é resultado de diversos fatores bióticos e abióticos do solo (BARTO et al., 2010; SRIVASTAVA et al., 2015; WU et al., 2016).

A estabilidade de agregados é altamente relacionada com muitas das propriedades físicas do solo como a capacidade de retenção de água, taxa de infiltração, resistência à erosão, e capacidade de sequestro de carbono do solo (BRONICK & LAL, 2005; SIX et al., 2006; GARCIA & ROSOLEM, 2010; NASCENTE et al., 2015; WU et al., 2016).

Entre os fatores bióticos, os fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) desempenham um papel importante na formação dos agregados e na estabilização do solo (RILLIG & MUMMEY, 2006; LEIFHEIT et al., 2014). A relevância da glomalina

em solos se dá, principalmente, por sua associação ao carbono, contribuindo para o incremento de seu reservatório no solo (DRIVER et al., 2005). Esta proteína tem sido apontada como um importante meio de armazenamento do carbono no solo (WRIGHT et al., 2007; FOKOM et al., 2012).

A sazonalidade é um dos principais fatores que afetam a comunidade dos fungos micorrízicos arbusculares (FMA) influenciando na produção de glomalina e conseqüentemente nas concentrações de carbono no solo (NOBRE, 2015). Conhecer os estoques de glomalina em diferentes ecossistemas pode ajudar a compreender melhor sua dinâmica (SOUSA et al., 2012) e suas relações com a estabilidade dos agregados e com os estoques de carbono do solo, principalmente em solos sob vegetação de caatinga, onde os estudos sobre FMA são raros.

Diante do exposto o objetivo do trabalho foi quantificar a ocorrência de FMA e a produção de glomalina facilmente extraível, os teores de carbono orgânico total e sua relação com a estabilidade de agregados e com o efluxo de CO<sub>2</sub> em Neossolo Litólico, sob vegetação arbórea e arbustiva de caatinga, nos períodos seco e chuvoso.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

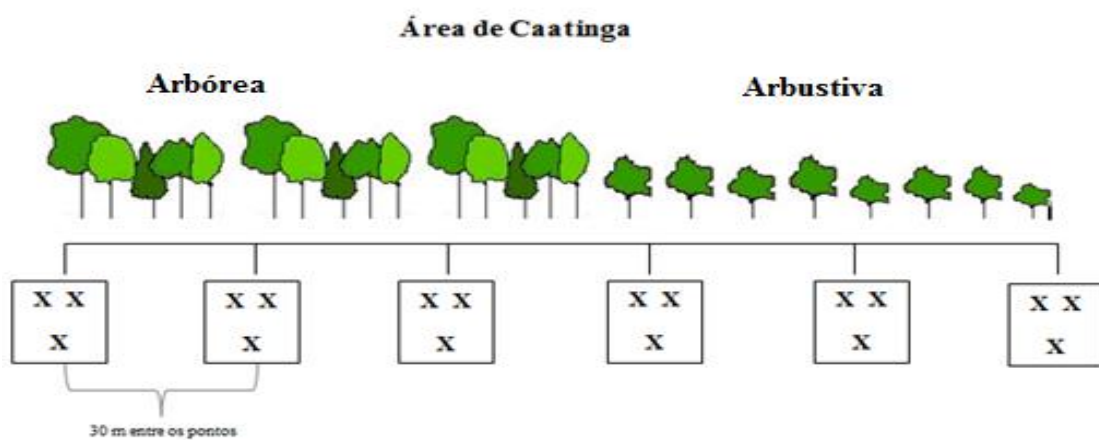
### **2.1 Localização do Experimento e Condução da Pesquisa**

A pesquisa foi desenvolvida em uma área de mata nativa do bioma Caatinga, pertencente à Estação Experimental Professor Ignácio Salcedo, do Instituto Nacional do Semiárido, (INSA). Está localizada no município de Campina Grande, situada na Mesorregião Geográfica do Agreste da Borborema, no estado da Paraíba, entre as coordenadas 7°15,341' e 7°17,168' de latitude Sul e 35°59,473' e 35°57,627' de longitude Oeste com altitude média de aproximadamente 480 metros acima do nível do mar. A estação experimental conta com área de 675 hectares, das quais aproximadamente 300 hectares são de Caatinga preservada em diversos estágios de regeneração, onde são desenvolvidos vários estudos de caracterização do referido bioma.



**Figura 1-** Localização dos pontos de amostragem em área de Caatinga preservada, o transecto está posicionado em dois ambientes em transição de vegetação, Arbóreo (C1, C2 e C3) e Arbustivo. (C4, C5 e C6).

Os pontos de coleta foram estabelecidos ao longo de um transecto nos dois ambientes de estudo. Foi realizada coleta de solo para determinação do carbono orgânico total (COT), extração dos esporos dos fungos micorrizicos, glomalina facilmente extraível e estabilidade de agregados, a cada 30 metros foi feita uma coleta de três amostras simples de solo, nas profundidades de 0–10 cm ao total foram 9 amostras para o estrato arbóreo e 9 amostras para o arbustivo nos períodos seco e chuvoso (Figura 2). As amostras foram armazenadas em condições de refrigeração a pelo menos 4 graus para as análises da glomalina.



**Figura 2-** Croqui da área, e número de amostragens em área de Caatinga arbórea (C1, C2 e C3) e arbustiva (C4, C5 e C6) sob Neossolo Litólico no Semiárido paraibano

## 2.2 Carbono Orgânico Total

O carbono orgânico total foi determinado por oxidação-difusão (SNYDER E TROFYMOW, 1984). As amostras de solo seco ao ar passadas em peneiras de 2mm foram maceradas e peneiradas novamente, desta vez em peneira de 100 mesh. Para análise de carbono foram preparadas amostras simples de cada área, totalizando 18 amostras. Pesou-se 0,5 g de solo e transferidos para tubos de vidros especiais tampados. Adicionou-se depois 1 g de dicromato de potássio e 25 ml de solução digestora composta de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> e H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> na proporção de 3:2. Imediatamente depois, para evitar perdas de CO<sub>2</sub> foi introduzido um tubete contendo 2,2 mL de NaOH 1N. Os tubos foram fechados e colocados em placa digestora por 2 horas a 120°C. Depois de retirados da placa, respeitou-se o tempo mínimo de 12 horas onde os tubos permaneceram fechados. Após esse período, procedeu-se a neutralização do NaOH com HCl 0,05 N até o pH de 8,3. Depois de aferida a bureta, foi realizada a titulação até pH 3,7, anotando-se o valor de HCl gasto. Os teores de carbono total foram calculados pela seguinte expressão.

$$C \text{ (g kg}^{-1}\text{)} = \frac{(A-B) \times N \times Pa}{M}$$

Onde:

A = HCl gasto na titulação (pH 8,3 – 3,7) do CO<sub>2</sub> proveniente da amostra do solo (mL);

B = HCl gasto na titulação (pH 8,3 – 3,7) da amostra em branco (mL)

N = normalidade do HCl usado na titulação das amostras (0,05N);

Pa = peso atômico do C (12);

M = massa do solo (g).

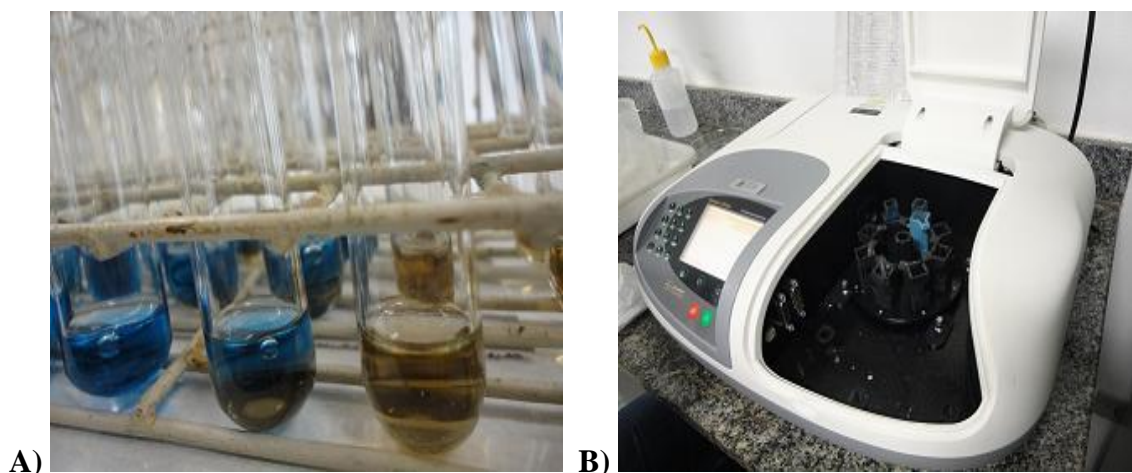
## 2.3 Extração e contagem de esporos

A extração de esporo foi realizada através do método de peneiramento úmido (GERDEMANN; NICOLSON, 1963), onde de cada amostra pesou-se 50 g de solo, foi adicionado 500 ml de água e homogeneizado em liquidificador por 1 minuto. A amostra então passou por duas peneiras de malha de 425 e 37 µm. Os esporos retidos na peneira de 37 µm foram transferidos para um tubo Falcon e adicionado solução de sacarose à 70% na proporção de 1:1 e centrifugado à 3.000 rpm por 3 minutos (JENKINS, 1964). As amostras que apresentaram uma coloração mais escura, o processo de centrifugação foi repetido até a amostra adquirir transparência. O sobrenadante foi vertido novamente na

peneira de malha de 37  $\mu\text{m}$  e lavados em água corrente. Os esporos recuperados foram transferidos para placa de Petri canaletada e observados em microscópio estereoscópico (40x), onde foram quantificados. Os valores foram transformados em  $\log(x+1)$  para análise estatística.

## 2.4 Glomalina do solo

A extração de glomalina foi realizada seguindo a metodologia de Wright e Upadhyaya (1996). As amostras de solo foram pesadas e secas em estufa à 60° C por 48 horas. Em seguida pesou-se 1 g de solo em tubos Falcon com capacidade para 50 ml, em replicatas. Adicionou-se 8 ml de tampão citrato de sódio 20 mM, pH 7,0, a cada tubo, que foram autoclavados por 30 minutos a 121° C. Em seguida os frascos foram centrifugados a 5000 rpm por 10 minutos. Para determinar a concentração de glomalina (Figura 3), pipetou-se 100  $\mu\text{L}$  do extrato em tubo de ensaio, adicionando 2 ml do reagente de Bradford aos tubos. Após esse procedimento os tubos foram levados para agitação em vórtex, aguardando-se 10 minutos para iniciar leitura de absorbância em espectrofotômetro a 595 nm (BRADFORD 1976).



**Figura 3-** A- reação colorimétrica das amostras em função da proteína, B- Leitura em espectrômetro na absorbância de 595 nm.

## **2.5 Estabilidade de Agregados**

A estabilidade dos agregados foi determinada utilizando o método descrito pela Embrapa Agropecuária Oeste (2012), consistindo na separação dos agregados em classes de tamanho, pela dispersão e peneiramento via seca e via úmida. Ao final se obteve um índice de estabilidade de agregados, conforme a fórmula desenvolvida por SILVA & MIELNICZUK (1997).

### **2.5.1 Peneiramento Úmido**

As amostras foram umedecidas durante 24 horas e em seguida colocadas em conjunto de peneiras com abertura de 2,00; 1,00; 0,50; 0,25 e 0,106 mm. O conjunto de peneiras foi levado ao aparelho de oscilação vertical de Yooder, máquina de peneiramento úmido, pelo tempo de 15 minutos (YODER, 1936).

Depois das amostras passarem por esse processo, todo o material retido em cada peneira foi acondicionado em recipientes de metal e levados à estufa (105°C) até atingirem peso constante para depois serem pesados em balança.

### **2.5.2 Peneiramento Seco**

Assim como no peneiramento úmido foram utilizadas amostras de 25g de solo representando cada área de coleta. Cada amostra foi colocada em conjunto de peneiras com aberturas de 2,00; 1,00; 0,50; 0,25 e 0,106 mm acopladas a um agitador mecânico vibratório, durante o período de 1 minuto. O conteúdo retido em cada peneira foi então acondicionado em recipientes de metal e pesados em balança.

### **2.5.3 Diâmetro Médio Ponderado de Agregados**

Os dados gerados pelas etapas de peneiramentos seco e úmido foram usados para calcular o diâmetro médio ponderado utilizando a equação:

$$DMP = \sum_{i=1}^n (xi \cdot wi)$$

Onde, DMP = diâmetro médio ponderado de agregados (mm);  
 wi = proporção de cada classe em relação ao peso total (%);  
 xi = diâmetro médio das classes (mm).

### 2.5.4 Índice de Estabilidade de Agregados

O índice de estabilidade de agregados foi obtido usando-se a fórmula de Silva & Mielniczuk (1997a):

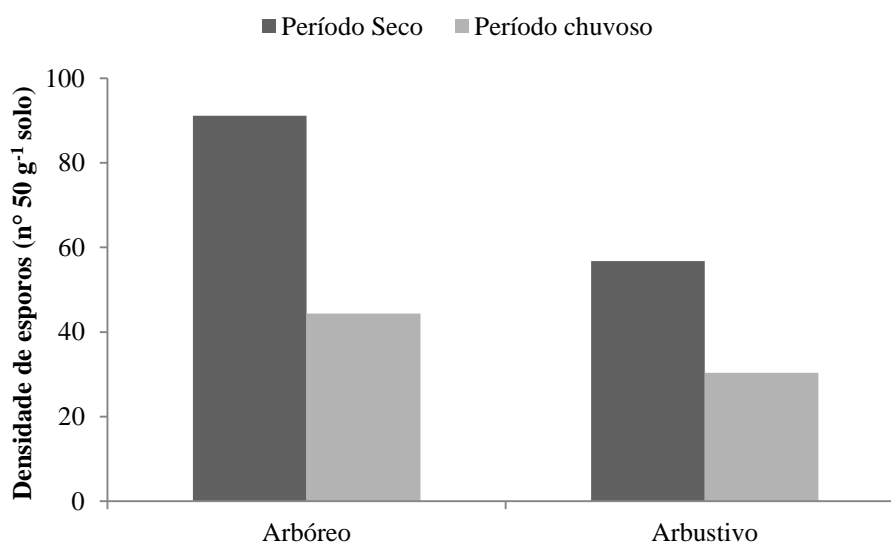
$$IEA = \frac{DMPu}{DMPs}$$

Onde, IEA = índice de estabilidade de agregados;  
 DMPu = diâmetro médio ponderado de agregados obtido no peneiramento úmido (mm);  
 DMPs = diâmetro médio ponderado de agregados no peneiramento seco (mm).

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Uma maior esporulação foi observada no ambiente arbóreo independente do período (Figura 4), nota-se que, no que se refere à sazonalidade, o período seco obteve os maiores valores com um número de 91 esporos por 50g de solo no ambiente arbóreo e 56,77 no arbustivo. E no período chuvoso foram encontrados os menores valores 44,33 esporos por 50g de solo no arbóreo e 30,33 no arbustivo. No ambiente arbóreo as plantas se encontram em um estágio mais avançado de regeneração, possuindo um porte

maior, enquanto que no arbustivo, além da predominância de somente uma espécie vegetal, as plantas apresentam um porte menor, o que sugere que se encontra em outro estágio de regeneração.



**Figura 4:** Número de esporos de FMA. encontrados em 50g de solo em área de Neossolo Litólico e vegetação arbórea e arbustiva nos períodos seco e chuvoso no Semiárido paraibano.

A associação das raízes das plantas com os fungos MA influenciam na estrutura da paisagem, sendo um dos componentes que definem a diversidade de espécies vegetais e a produtividade primária. Assim como as plantas também influenciam a diversidade e a abundância da comunidade de fungos MA. Outros fatores que podem ter influenciados, são a disponibilidade de água no solo, visto que no ambiente arbóreo a umidade do solo foi menor em relação ao ambiente arbustivo na estação seca e pela disponibilidade de P disponível no solo, uma vez que quanto maior a disponibilidade de P no solo, menor é o estabelecimento de micorriza.

Os teores de COT foram superiores no ambiente arbóreo com 12,1 g kg<sup>-1</sup> em relação ao arbustivo com 9,5 g kg<sup>-1</sup>, na profundidade 0,00 – 0,10 m (Tabela 1). Segundo Cordeiro et al. (2010) o sistema radicular e o tipo de material vegetal podem influenciar nos teores de carbono nas camadas superficiais do solo. No presente estudo não foi observada diferença significativa nos teores de COT em relação aos períodos avaliados (Tabela 2).

**Tabela 1-** Teores de COT = Carbono Orgânico Total; GFE = Glomalina Facilmente Extraível; IEA = Índice de Estabilidade de Agregados do Neossolo Litólico em área de Caatinga arbórea-arbustiva no semiárido Paraibano.

AMBIENTE	-----Profundidade 0,00 - 0,10 m-----		
	COT (g kg <sup>-1</sup> )	GFE (mg g <sup>-1</sup> )	IEA (mm)
Arbóreo	12,1 a	0,196 a	0,395 b
Arbustivo	9,5 b	0,193 a	0,520 a

\*Médias seguidas da mesma letra entre cada ambiente, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Entre os ambientes não houve diferença significativa dos valores de glomalina facilmente extraível (GFE) encontrados, que foram de 0,196 mg g<sup>-1</sup> para o arbóreo e de 0,193 mg g<sup>-1</sup> para o arbustivo (Tabela 1). Em relação aos períodos avaliados, os teores de GFE foram mais elevados na época seca 0,233 mg g<sup>-1</sup> em relação à época chuvosa 0,156 mg g<sup>-1</sup> (Tabela 2), resultados semelhantes a este foram encontrados por Ermaram et al. (2012) no Nordeste da Espanha e Nobre et al. (2015) na chapada do Araripe, onde observaram um aumento da GFE no período seco e redução no período chuvoso. Também pode ser explicado essa maior produção na época seca, como uma estratégia, onde é possível que essas frações proteicas e hidrofóbicas sejam produzidas para aumentar a proteção de hifas frente a processos de dessecação (BARTO et al., 2010; PENG et al., 2013).

**Tabela 2-** Teores de COT = Carbono Orgânico Total; GFE = Glomalina Facilmente Extraível; IEA = Índice de Estabilidade de Agregados do Neossolo Litólico em função dos períodos seco e chuvoso, em área de Caatinga no Semiárido paraibano.

PERÍODO	-----Profundidade 0,00 - 0,10 m-----		
	COT (g kg <sup>-1</sup> )	GFE (mg g <sup>-1</sup> )	IEA (mm)
Estação seca	10,4 a	0,233 a	0,430 a
Estação chuvosa	11,2 a	0,156 b	0,485 a

\*Médias seguidas da mesma letra entre cada período, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os valores dos Índices de Estabilidade dos agregados (IEA) foram maiores no ambiente arbustivo 0,520 mm enquanto no arbóreo foi de 0,395 mm (Tabela 1). Áreas com vegetação nativa e com maior aporte de material vegetal, sem interferência

antrópica, geralmente apresentam altos valores de COT, além de agregados mais estáveis (LOSS et al., 2011). Em relação ao período, os valores obtidos não diferiram estatisticamente (Tabela 2).

### **3.1 Correlação entre as variáveis analisadas**

Nesse estudo não foi observada correlação significativa entre as variáveis, GFE, COT e IEA.

## **4. CONCLUSÕES**

O maior teor de Carbono Orgânico Total foi encontrado no ambiente de vegetação arbórea em relação ao arbustivo, provavelmente o tipo de material vegetal pode influenciar nos teores de carbono nas camadas superficiais do solo;

A Glomalina Facilmente Extraível apresentou padrão sazonal, onde seus maiores valores observados na época seca, independente da vegetação da área.

O Índice de Estabilidade de Agregados foi mais alto no ambiente com vegetação arbustiva, o maior aporte de material vegetal sobre o solo possivelmente promove uma camada de proteção sobre a superfície do solo de modo a diminuir o impacto de ações climáticas sob o solo.

Estudar micorrizas dando ênfase em tais aspectos é uma boa ferramenta para compreensão dos ecossistemas, e diante da grande importância das mesmas para a recuperação de áreas degradadas, necessita-se de estudos mais aprofundados sobre essa simbiose em áreas de Caatinga.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARTO, E.K.; ALT, F.; OELMANN, Y.; WILCKE, W.; RILLIG, M.C. Contributions of biotic and abiotic factors to soil aggregation across a land use gradient. **Soil Biology and Biochemistry**, v.42, p.2316-2324, 2010.

BRADFORD, M.M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Anal. Biochemistry*, v.72, p.248-254, 1976.

BRONICK, C.J.; LAL, R. Soil structure and management: a review. **Geoderma**, v.124, p.3-22, 2005.

CORDEIRO, F.C.; PEREIRA, M.G.; ANJOS, L.H.C.; ZONTA, E.; LOSS, A.; STAFFANTO, J.B. Atributos edáficos em pastagens da região noroeste do estado do Rio de Janeiro. **Comunicata Scientiae**, Bom Jesus, v. 1, n. 2, p. 106-113, 2010.

DRIVER, J.D.; HOLBEN, W.E.; RILLIG, M.C. Characterization of glomalin as a hyphal wall component of arbuscular mycorrhizal fungi. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 37, p. 101-106, 2005.

ELMHOLT, S.; SCHJØNNING, P.; MUNKHOLM, L.J.; DEBOSZ, K. Soil management effects on aggregate stability and biological binding. **Geoderma**, v.144, p.455-467, 2008.

EMRAN, M.; GISPERT, M.; PARDINI, G. Patterns of soil organic carbon, glomalina and structural stability in abandoned Mediterranean terraced lands. **European Journal of Soil Science**, v. 63, p. 637-649, 2012.

GARCIA, R.A.; ROSOLEM, C.A. Aggregates in a Rhodic Ferralsol under no-tillage and crop rotation. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.45, p.1489-1498, 2010.

GERDEMANN, J.W.; NICOLSON, T.H. Spores of mycorrhizal *Endogone* species extracted from soil by wet sieving and decanting. **Trans. Br. Mycol. Soc.**, 46:235-244, 1963.

GETAHUN, G.T.; MUNKHOLM, L.J.; SCHJØNNING P. The influence of clay-to carbon ratio on soil physical properties in a humid sandy loam soil with contrasting tillage and residue management. **Geoderma**, v.264, p.94-102, 2016.

LEIFHEIT, E.F.; VERESOGLOU, S.D.; LEHMANN, A.; MORRIS, E.K.; RILLIG, M. C. Multiple factors influence the role of arbuscular mycorrhizal fungi in soil aggregation—a meta-analysis. **Plant Soil**, v.374, p.523-537, 2014.

LI, X.L.; ZHANG, J.L.; GAI, J.P.; CAI, X.B.; CHRISTIE, P.; LI, X.L. Contribution of arbuscular mycorrhizal fungi of sedges to soil aggregation along an altitudinal alpine grassland gradient on the Tibetan Plateau. *Environ. Microbiology*, v.17, p.2841-2857, 2015.

LOSS, A.; PEREIRA, M.G.; SHULTZ, N.; ANJOS, L.H.C.; SILVA, E.M.R. Atributos químicos e físicos de um Argissolo Vermelho-Amarelo em sistema integrado de produção agroecológica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, n. 1, p. 68-75, 2009.

NASCENTE, A.S.; LI, Y.C.; CRUSCIOL, C.A.C. Soil aggregation, organic carbon concentration, and soil bulk density as affected by cover crop species in a no-tillage system. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, p.871-879, 2015.

NOBRE, C.P. LÁZARO, M.L.; SANTO, M.M.E.; PEREIRA, M.G.; BERBARA, R.L. L. Agregação, Glomalina e Carbono Orgânico na Chapada do Araripe, Ceará, Brasil. **Revista Caatinga**, vol. 28, núm. 1, jan-mar, 2015, pp. 138-147. Universidade Federal Rural do Semi-Árido. Mossoró, Brasil.

OLIVEIRA, J.R.G.; SOUZA, R.G.; SILVA, F.S.B.; MENDES, A.S.M. & YANO-MELO, A.M. O papel da comunidade de fungos micorrízicos arbusculares (FMA) autóctones no desenvolvimento de espécies vegetais nativas em área de dunas de restinga revegetadas no litoral do Estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Botânica**. 32:663-670, 2009.

PENG, S.; GUO, T.; LIU, G. The effects of arbuscular mycorrhizal hyphal networks on soil aggregations of purple soil in southwest China. **Soil Biology Bio-chemistry**, v. 57, n. 2, p. 411-417, 2013.

RILLIG, M.C. & MUMMEY, D.L. Mycorrhizas and soil structure. **New Phytologist**, v.171, p.41-53, 2006.

RILLIG, M.C.; WRIGHT, S.F.; NICHOLS, K.A.; SCHMIDT, W.F. & TORN, M.S. Large contribution of arbuscular mycorrhizal fungi to soil carbon pools in tropical forest soils. **Plant Soil**, 233:167-177, 2001.

SILVA, C.F.; SIMÕES-ARAÚJO, J.L.; SILVA, E.M.R.; PEREIRA, M.G.; FREITAS, M.S.M.; SAGGIN JÚNIOR, O.J. & MARTINS, M.A. Fungos micorrízicos arbusculares e proteína do solo relacionada à glomalina em área degradada por extração de argila e revegetada com eucalipto e acácia. **Ciência Florestal**, 22:749-761, 2012.

SILVA, I.F.; MIELNICZUK, J. Ação do sistema radicular de plantas na formação e estabilização de agregados do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.21, p.113-117, 1997.

SIX, J.; FREY, S.D.; THIET, R.K.; BATTEN, K.M. Bacterial and fungal contributions to carbon sequestration in agroecosystems. **Soil Science Society of America; American Society of Agronomy**, v.70, p.555-569, 2006.

SNYDER, J.D.; TROFYMOW, J.A. A rapid accurate wet oxidation diffusion procedure for determining organic and inorganic carbon in plant and soil samples. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**. Vol. 15, Iss. 5, 1984.

SOUSA, C.S.; MENEZES, R.S.C.; SAMPAIO, E.V.S.B. & LIMA, F.S.L. Glomalina: Características, produção, limitações e contribuição nos solos. **Semina: Ciência Agronômica**, 33:3033-3044, 2012.

SRIVASTAVA, A.K.; MALHOTRA, S.K.; KRISHNA KUMAR, N.K. Exploiting nutrient-microbe synergy in unlocking productivity potential of perennial fruits: a review. **Indian Journal Agricultural Sciences**, v.85, p.459-481, 2015.

WENDLING, B. JUCKSCH, I.; MENDONCA, E.S.; NEVES, J.C.L. Carbono orgânico e estabilidade de agregados de um Latossolo Vermelho sob diferentes manejos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 5, p. 487-494, 2005.

WRIGHT, S.F.; FRANKE-SNYDER, M.; MORTON, J.B. & UPADHYAYA, A. Time-course study and partial characterization of a protein on hyphae of arbuscular mycorrhizal fungi during active colonization of roots. *Plant Soil*, 181:193-203, 1996.

WU, Q.S.; WANG, S.; SRIVASTAVA, A.K. Mycorrhizal hyphal disruption induces changes in plant growth, glomalin-related soil protein and soil aggregation of trifoliolate orange in a core system. **Soil and Tillage Research**, v.160, p.82-91, 2016.

YODER, R.E. A direct method of aggregate analysis of soils and study of the physical nature erosion losses. **Journal American Society Agronomy**, v.28, p.337-351, 1936.

ZHANG, S.X.; LI, Q.; ZHANG, X.P.; WEI, K.; CHEN, L.J.; LIANG, W.J. Effects of conservation tillage on soil aggregation and aggregate binding agents in black soil of Northeast China. **Soil and Tillage Research**, v.124, p.196-202, 2012.