



Programa de Pós-Graduação em Genética, Biodiversidade e Conservação

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA – UESB
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GENÉTICA,
BIODIVERSIDADE E CONSERVAÇÃO**

**TEORES DE METAIS EM SERAPILHEIRA PRODUZIDA EM
REGIÕES DA CAATINGA DO SUDOESTE DA BAHIA, BRASIL**



JOALY STHEFANE SANTOS OLIVEIRA LIMA

Programa de Pós-Graduação em Genética, Biodiversidade e Conservação



Programa de Pós-Graduação em Genética, Biodiversidade e Conservação



JOALY STHEFANE SANTOS OLIVEIRA LIMA

Programa de Pós-Graduação em Genética, Biodiversidade e Conservação

**TEORES DE METAIS EM SERAPILHEIRA PRODUZIDA EM
REGIÕES DA CAATINGA DO SUDOESTE DA BAHIA, BRASIL**



Programa de Pós-Graduação em Genética, Biodiversidade e Conservação

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Genética, Biodiversidade e Conservação da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, para obtenção do título de Mestre em Genética, Biodiversidade e Conservação.

Orientador: Prof. Dr. Marcos de Almeida Bezerra



Jequié-BA

2018

Programa de Pós-Graduação em Genética, Biodiversidade e Conservação



L732 Lima, Joaly Sthefane Santos Oliveira.

Teores de metais em serapilheira produzida em regiões da caatinga do sudoeste da Bahia, Brasil / Joaly Sthefane Santos Oliveira Lima. - Jequié, 2018. 52f.

(Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Genética, Biodiversidade e Conservação da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - UESB, sob orientação da Prof. Dr. Marcos de Almeida Bezerra)

1. Metais – Serapilheira - Caatinga 2. Espectrometria 3. Análise multivariada I. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia II. Título

CDD – 582.1





UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA - UESB
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GENÉTICA, BIODIVERSIDADE E
CONSERVAÇÃO

Campus Jequié-BA

DECLARAÇÃO DE APROVAÇÃO

Título: “Teores de metais em serapilheira produzida em regiões da caatinga do sudoeste da Bahia, Brasil”.

Autor (a): Joaly Sthefane Santos Oliveira Lima

Orientador (a): Prof. Dr. Marcos de Almeida Bezerra

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE EM GENÉTICA, BIODIVERSIDADE E CONSERVAÇÃO ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: GENÉTICA, BIODIVERSIDADE E CONSERVAÇÃO, pela Banca Examinadora:

Marcos de Almeida Bezerra

Prof. Dr. Marcos de Almeida Bezerra – UESB / Jequié - BA

Paulo Luiz Souza Carneiro

Prof. Dr. Paulo Luiz Souza Carneiro – UESB / Jequié - BA

Cleber Galvão Novaes

Prof. Dr. Cleber Galvão Novaes – UESB / Jequié - BA

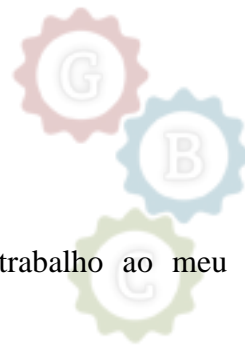
Data de realização: 23 de agosto de 2018.



Programa de Pós-Graduação em Genética, Biodiversidade e Conservação



Programa de Pós-Graduação em Genética, Biodiversidade e Conservação



Dedico este trabalho ao meu querido filho Benjamin.

Programa de Pós-Graduação em Genética, Biodiversidade e Conservação



AGRADECIMENTOS

À minha família, em especial a minha mãe Indiara, a minha vó Iva e meu esposo Daniel, por todo o apoio.

À Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia e ao Programa de Pós-Graduação em Genética, Biodiversidade e Conservação pela oportunidade de desenvolver esta pesquisa.

Agradeço à CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pela concessão da bolsa durante todo o período de realização deste mestrado.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Genética, Biodiversidade e Conservação pelos ensinamentos.

Ao meu orientador, Marcos de Almeida Bezerra, , pela oportunidade de orientação concedida, pelos conselhos, ensinamentos, paciência e por ser um exemplo de profissional e de ser humano.

Ao Professor Paulo Carneiro, pelos ensinamentos e disponibilidade.

Aos colegas do grupo de pesquisa do Laboratório de Química Analítica II, em especial a Uilian, Gissele e Ivaldo, pela ajuda e por todo o conhecimento compartilhado.

Aos meus colegas da turma 2016, Camilla, Jennifer, Jéssica, Osmar, Lúcio, Nathana, Silvana e Stéfane, pelos bons momentos vivenciados.

Enfim, a todas as pessoas que contribuíram direta e indiretamente para a realização deste trabalho.





BIOGRAFIA

Joaly Sthefane Santos Oliveira Lima, nasceu em Jequié – Bahia, aos 24 dias do mês de julho de 1991. Estudou no Colégio Matisse onde concluiu o ensino médio. cursou Química na Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – UESB, Campus de Jequié. Em 2015 formou-se Bacharel em Química. Em 2016 foi aprovado no Programa de Pós-Graduação em Genética, Biodiversidade e Conservação da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, *campus* de Jequié. Nele desenvolveu projeto de pesquisa relacionado à determinação de metais em serapilheira na região sudoeste do estado da Bahia. Durante a Pós-Graduação, teve como orientador o Prof. Marcos de Almeida Bezerra.



Programa de Pós-Graduação em Genética, Biodiversidade e Conservação



Programa de Pós-Graduação em Genética, Biodiversidade e Conservação



RESUMO

A serapilheira consiste na camada superficial sobre os solos florestais, geralmente é composta por folhas, ramos, órgãos reprodutivos e detritos, que exercem inúmeras funções nos ecossistemas florestais, atuando na proteção dos solos e também na ciclagem de nutrientes. Diversos fatores bióticos e abióticos podem afetar a produção e composição da serapilheira. Estudos acerca da ciclagem de nutrientes em ecossistemas naturais fornecem subsídios para um melhor entendimento e conservação de uma região. Esse trabalho teve como objetivo investigar as concentrações de metais (Fe, Co, Ca, Cu, Ni, Pb, Mg, Mn, e Zn) na serapilheira de caatinga da região do Sudoeste da Bahia, coletadas em janeiro (verão) e agosto (inverno) de 2017. As concentrações das amostras foram determinadas por espectrometria de emissão óptica com plasma indutivamente acoplado (ICP OES) e por espectrometria de absorção atômica com chama (FAAS). As estimativas e avaliações das massas de serrapilheira gerada foram realizadas por pesagem. Os resultados foram submetidos à análise multivariada, MANOVA, análise de componentes principais (ACP) e análise de agrupamento hierárquico (AAH). A quantidade média de serapilheira encontrada no mês de janeiro e agosto foi 1.189,63 kg ha⁻¹ e 1.328,99 kg ha⁻¹ respectivamente. A fração galho correspondeu a maior porcentagem nas amostras de serapilheira. O micronutriente encontrado em maior concentração foi o Fe, sua concentração foi superior no mês de agosto (inverno). A composição da serapilheira é alterada sazonalmente, ou seja, os teores dos metais que compõem a serapilheira não foram os mesmos nos dois períodos de coleta.

Palavras-chave: serapilheira; caatinga; metais; espectrometria; análise multivariada.





ABSTRACT

The litter consists of the superficial layer on the forest soils and it is generally composed of leaves, branches, reproductive organs and debris, which exert numerous functions in the forest ecosystems. They can act in the soils protection and also in the cycling of nutrients. Several biotic and abiotic factors can affect litter production and composition. Studies on the cycling of nutrients in natural ecosystems provide a basis for better understanding or preservation of a region. The objective of this study was to investigate the concentrations of metals (Fe, Co, Ca, Cu, Ni, Pb, Mg, Mn, and Zn) in the caatinga litter of the Southwest region of Bahia, collected in January (summer) and August (winter) of 2017. The sample concentrations were determined by inductively coupled plasma optical emission spectrometry (ICP OES) and by flame atomic absorption spectrometry (FAAS). Estimates and evaluations of the seed masses were performed by weighing. The results were submitted to multivariate analysis, MANOVA, principal component analysis (PCA) and hierarchical cluster analysis (AAH). The average amount of litter found in January and August was 1,189.63 kg ha⁻¹ and 1,328.99 kg ha⁻¹ respectively. The twig fraction corresponded to the highest percentage in the litter samples. The micronutrient found in higher concentration was Fe and its concentration was higher in the August (winter). The composition of the litter is seasonally altered, that is, the contents of the metals that compose the litter were not the same in the two periods of collection.

Keywords: litter; caatinga; metals; spectrometry; multivariate analysis





LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - Condições de operação do ICP OES	33
TABELA 2 - Massa de serapilheira depositada em kg ha ⁻¹	36
TABELA 3 - Quantidade estimada de carbono estocada na serapilheira em kg ha ⁻¹	37
TABELA 4 - Concentrações de metais em amostras de serapilheira coletadas no verão em g kg ⁻¹ ± Desvio padrão.....	40
TABELA 5 - Concentrações de metais em amostras de serapilheira coletadas no inverno de 2017 em g kg ⁻¹ ± Desvio padrão.....	41



LISTA DE FIGURA

FIGURA 1 - Biomas continentais brasileiros.....	15
FIGURA 2 - Mecanismos envolvidos na ciclagem de nutrientes via serrapilheira.....	18
FIGURA 3 – Gráficos de Percentual das frações componentes da serapilheira de região de Caatinga do sudoeste da Bahia nos meses de janeiro e agosto.....	38
FIGURA 4 - Biplot da análise de componentes principais para os teores de metais em serapilheira de caatinga localizado no sudoeste da Bahia.....	43
FIGURA 5 - Dendrograma pelo método de agrupamento hierárquico, que representa a relação entre a distribuição dos pontos de coleta em função das concentrações dos metais Fe, Co, Cu, Ca, Pb, Ni, Zn, Mn e Mg em área de Caatinga no sudoeste da Bahia.....	44



LISTAS DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

ACP - Análise de componentes principais

AAH - análise de agrupamento hierárquico

Ca – Cálcio

Cd - Cádmio

Co – Cobalto

Cu – Cobre

EUA – Estados Unidos da América

FAAS - Espectrometria de absorção atômica com chama (do inglês Flame Atomic Absorption Spectrometry)

Fe – Ferro

HCl – Ácido Clorídrico

ICP OES - Espectrometria de emissão óptica com plasma indutivamente acoplado (do inglês Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry)

IPCC - Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (do inglês Intergovernmental Panel on Climate Change)

MANOVA – Análise multivariada da variância

Mg – Magnésio

Mn - Manganês

Ni – Níquel

Pb – Chumbo

Zn - Zinco



SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
2. REVISÃO DE BIBLIOGRÁFICA	15
3. OBJETIVOS	22
3.1. OBJETIVO GERAL.....	22
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	22
4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	23
5. CAPÍTULO 1: : INVESTIGAÇÃO DOS TEORES DE METAIS EM SERAPILHEIRA PRODUZIDA EM REGIÕES DA CAATINGA DO SUDOESTE DA BAHIA, BRASIL.....	27
INTRODUÇÃO	29
PARTE EXPERIMENTAL.....	30
RESULTADO E DISCUSSÃO.....	36
6. CONCLUSÕES.....	45
7. REFERÊNCIAS	46



INTRODUÇÃO

A Caatinga é um bioma exclusivamente brasileiro, encontrado em grande parte do Nordeste do Brasil. Possui um histórico de grande desmatamento e pouca pesquisa científica a seu respeito. Esse bioma apresenta clima semiárido, vegetação com poucas folhas e adaptadas para os períodos de secas, além de grande biodiversidade. A serapilheira, camada de matéria orgânica que se deposita sobre o solo, é essencial à proteção deste, pois evita a incidência solar direta e perda muito rápida de umidade, além de ser um ambiente propício para o desenvolvimento de seres vivos responsáveis pela reciclagem de material orgânico e arejamento como fungos e minhocas.

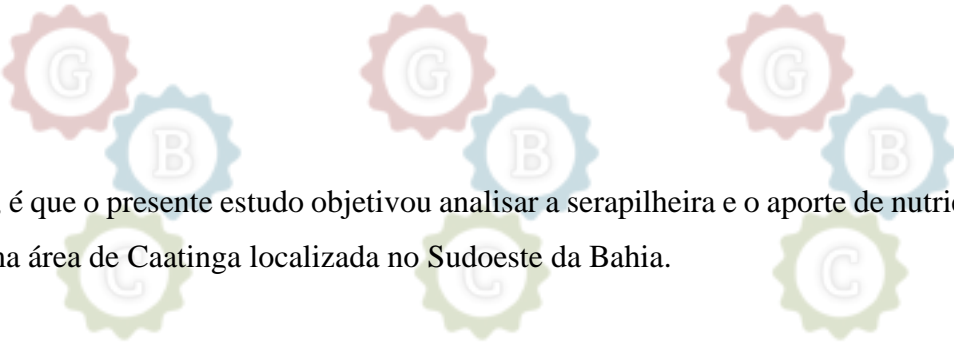
A formação e a decomposição da camada de serrapilheira sobre solos degradados são essenciais para o ciclo nutricional entre a planta e o solo, possibilitando a formação de um novo horizonte pedológico, com condições mais adequadas para o restabelecimento da vegetação. Grande parte dos nutrientes extraídos pelas plantas retorna ao solo através da queda de componentes senescentes das partes aéreas das plantas e sua posterior decomposição.

As alterações ambientais antrópicas, em longo prazo, podem interferir na relação entre o solo e a planta de um determinado ecossistema. Com o monitoramento da produção da serapilheira é possível compreender o processo de ciclagem de nutrientes, avaliar a capacidade produtiva da floresta e relacionar os nutrientes disponíveis com as necessidades nutricionais das espécies (FIGUEIREDO FILHO et al., 2003).

Muitos metais, quando em concentrações ideais, são essenciais para a nutrição das plantas e dos animais, no entanto o excesso dos mesmos contribuem de forma significativa para a poluição do meio ambiente causando prejuízos na biota terrestre e aquática. Atualmente, um dos principais problemas de poluição atmosférica decorre de emissões industriais e de veículos automotores. Estes poluentes se agregam ao material particulado suspenso no ar e se depositam no solo e na serapilheira.

Inúmeras são as funções que a serapilheira proporciona para o ambiente ecológico. A geração de informações sobre o teor de substâncias nutrientes ou potencialmente tóxicas na serapilheira, são importantes ferramentas para a compreensão e conservação de áreas vegetais, bem como suas inter-relações com o meio (COSTA et al., 2010). Diante disso, torna-se importante a determinação dos metais na serapilheira da Caatinga.

Partindo desse princípio e dos benefícios que a serapilheira propicia aos ciclos biogeoquímicos, como também aos atributos físicos e químicos do solo nos diversos biomas do



Brasil, é que o presente estudo objetivou analisar a serapilheira e o aporte de nutrientes e metais em uma área de Caatinga localizada no Sudoeste da Bahia.

Programa de Pós-Graduação em Genética, Biodiversidade e Conservação



Programa de Pós-Graduação em Genética, Biodiversidade e Conservação



Programa de Pós-Graduação em Genética, Biodiversidade e Conservação

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

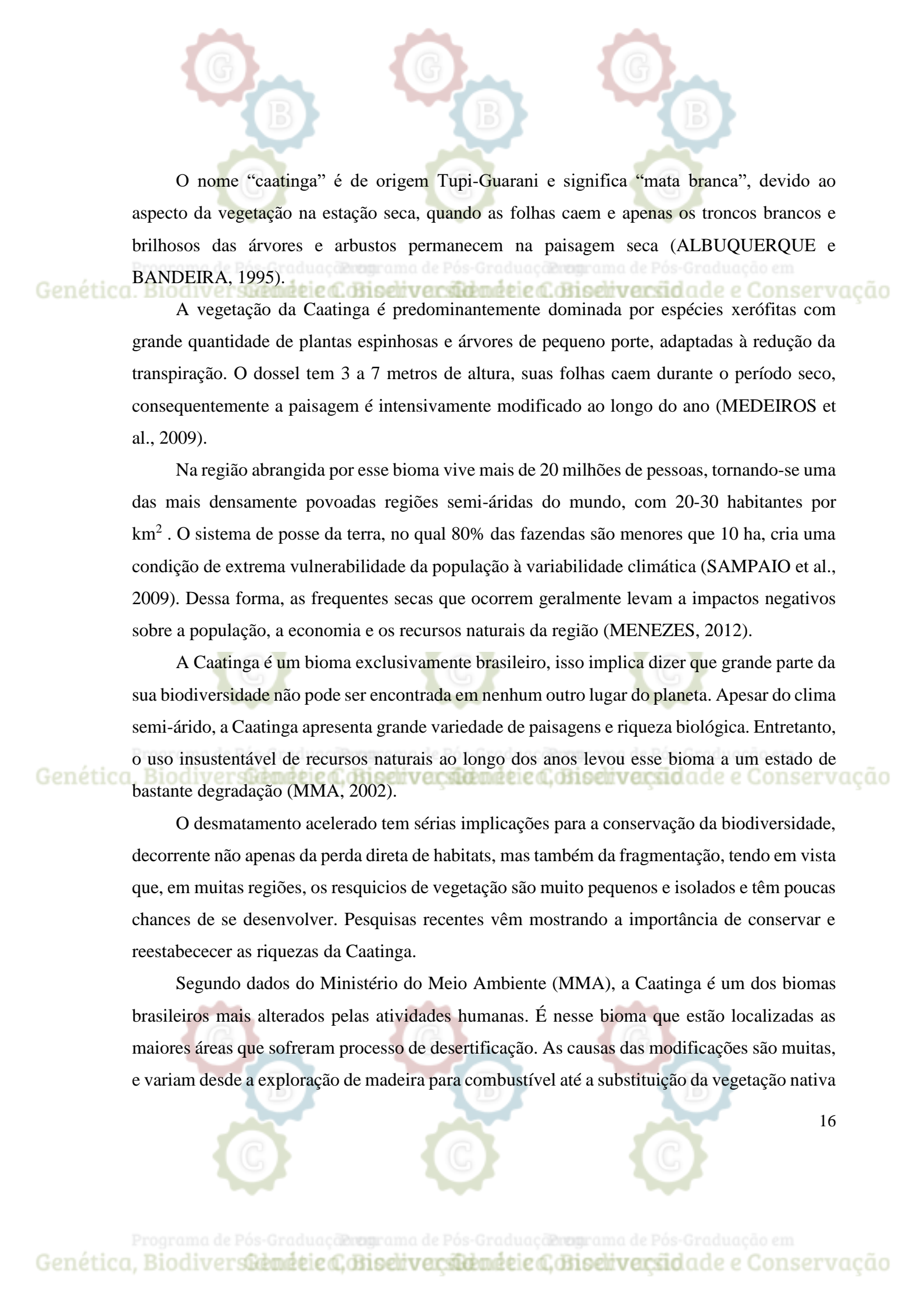
CAATINGA

A Caatinga (Figura 1) sobrepõe-se ao domínio semiárido e, segundo o Ministério do Meio Ambiente, abrange 844.453 km². Estende-se pelos Estados de Alagoas, Bahia, Ceará, Maranhão, Pernambuco, Paraíba, Rio Grande do Norte, Piauí, Sergipe e o norte de Minas Gerais. Sua área corresponde a 54% da Região Nordeste e a 11% do território brasileiro.



FIGURA 1 - Biomas continentais brasileiros.

Fonte: INDE, 2018.



O nome “caatinga” é de origem Tupi-Guarani e significa “mata branca”, devido ao aspecto da vegetação na estação seca, quando as folhas caem e apenas os troncos brancos e brilhosos das árvores e arbustos permanecem na paisagem seca (ALBUQUERQUE e BANDEIRA, 1995).

A vegetação da Caatinga é predominantemente dominada por espécies xerófitas com grande quantidade de plantas espinhosas e árvores de pequeno porte, adaptadas à redução da transpiração. O dossel tem 3 a 7 metros de altura, suas folhas caem durante o período seco, consequentemente a paisagem é intensivamente modificada ao longo do ano (MEDEIROS et al., 2009).

Na região abrangida por esse bioma vive mais de 20 milhões de pessoas, tornando-se uma das mais densamente povoadas regiões semi-áridas do mundo, com 20-30 habitantes por km². O sistema de posse da terra, no qual 80% das fazendas são menores que 10 ha, cria uma condição de extrema vulnerabilidade da população à variabilidade climática (SAMPAIO et al., 2009). Dessa forma, as frequentes secas que ocorrem geralmente levam a impactos negativos sobre a população, a economia e os recursos naturais da região (MENEZES, 2012).

A Caatinga é um bioma exclusivamente brasileiro, isso implica dizer que grande parte da sua biodiversidade não pode ser encontrada em nenhum outro lugar do planeta. Apesar do clima semi-árido, a Caatinga apresenta grande variedade de paisagens e riqueza biológica. Entretanto, o uso insustentável de recursos naturais ao longo dos anos levou esse bioma a um estado de bastante degradação (MMA, 2002).

O desmatamento acelerado tem sérias implicações para a conservação da biodiversidade, decorrente não apenas da perda direta de habitats, mas também da fragmentação, tendo em vista que, em muitas regiões, os resquícios de vegetação são muito pequenos e isolados e têm poucas chances de se desenvolver. Pesquisas recentes vêm mostrando a importância de conservar e reestabelecer as riquezas da Caatinga.

Segundo dados do Ministério do Meio Ambiente (MMA), a Caatinga é um dos biomas brasileiros mais alterados pelas atividades humanas. É nesse bioma que estão localizadas as maiores áreas que sofreram processo de desertificação. As causas das modificações são muitas, e variam desde a exploração de madeira para combustível até a substituição da vegetação nativa



por culturas agrícolas (HOLANDA et al., 2015).

Na área de abrangência desse bioma, normalmente os solos são rasos, apresentam baixa capacidade de permeação, alto escoamento superficial e reduzida drenagem natural (FUNDAJ, 2009). Com isso, a cobertura vegetal e serapilheira são essenciais à proteção desse solo. A serapilheira protege o solo dos intensos raios solares na época seca, e nas primeiras chuvas, a proteção evita o impacto direto das gotas no solo (SOUTO, 2006).

SERAPILHEIRA

A serapilheira é a camada de resíduos orgânicos formada sobre os solos de ecossistemas florestais devido à queda periódica de folhas, ramos, cascas, frutos e da acumulação de detritos animais. É um componente fundamental dentro de um ecossistema florestal, principalmente por atuar na proteção do solo e ciclagem de nutrientes (FIGUEIREDO FILHO et al., 2003). Além disso, esse material é importante na conservação e manutenção natural de um ecossistema (COSTA et al., 2010).

Grande parte dos nutrientes extraídos do solo pelas árvores fica por determinado tempo na serapilheira, e são liberados à medida que ocorre a decomposição, podendo assim ser novamente absorvidos pelas plantas que compõem o sistema (KOEHLER, 1989). As folhas constituem, em peso, a principal fração do material formador de serapilheira, ademais, elas possuem maior riqueza de nutrientes, em comparação a outras frações e são muito sensíveis às mudanças do ambiente (CARPANEZZI, 1997).

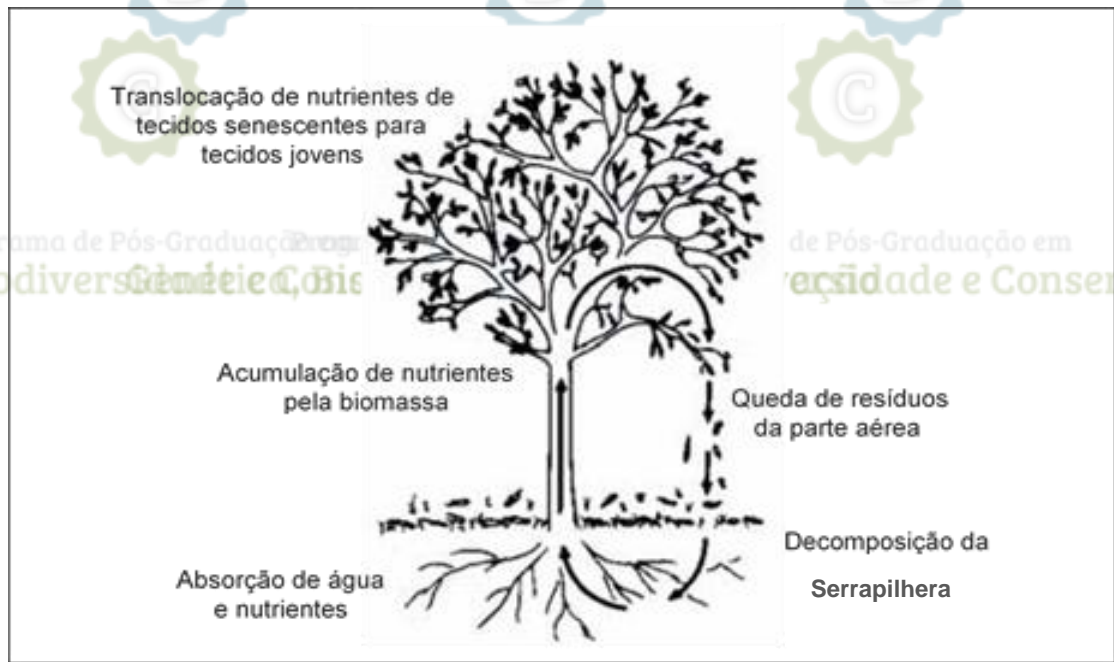
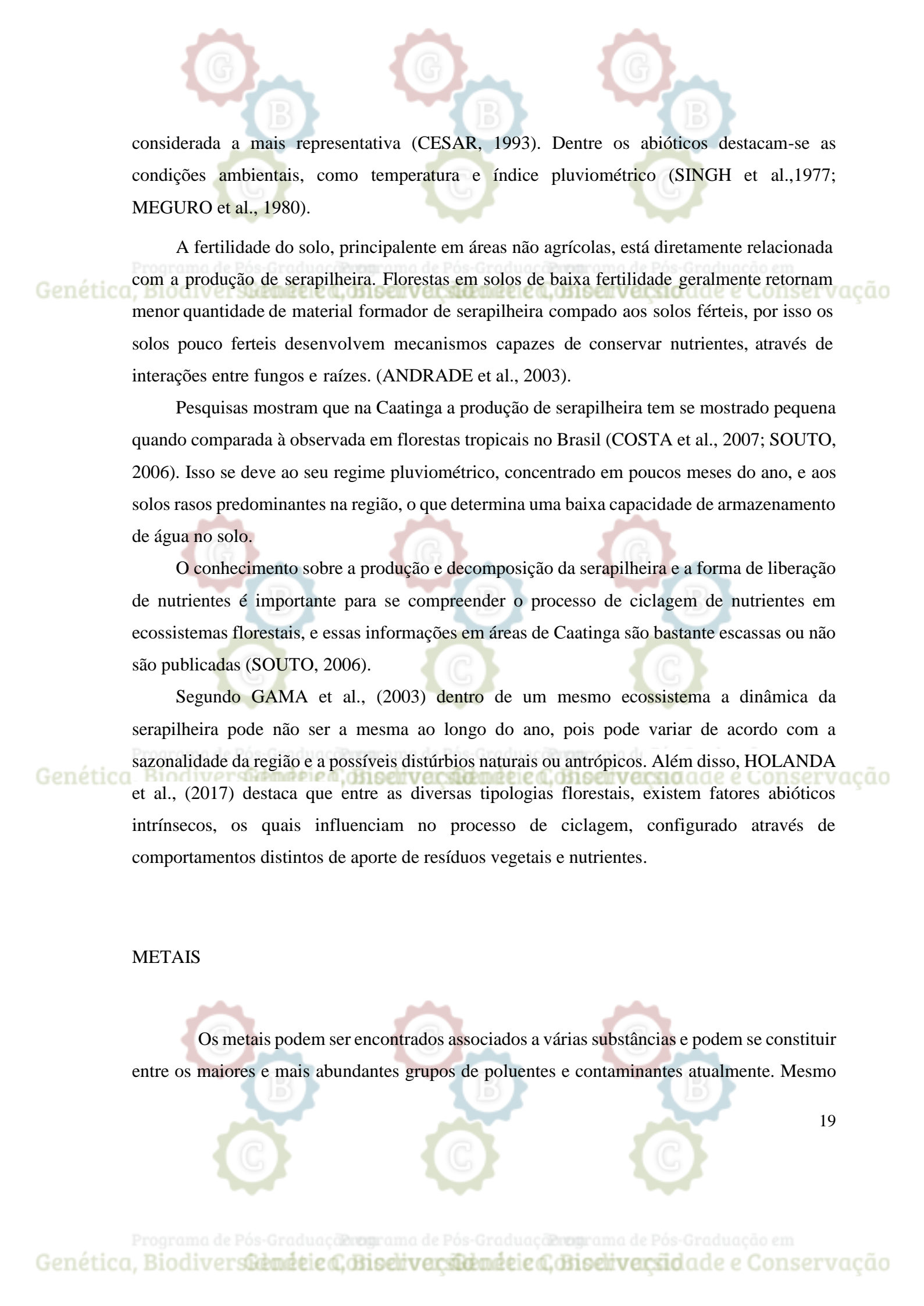


FIGURA 2 - Mecanismos envolvidos na ciclagem de nutrientes via serrapilheira
 Fonte: ANDRADE et al., 2003

Estudos sobre a ciclagem de nutrientes em ecossistemas naturais podem, em médio e longo prazo, fornecer subsídios para um melhor entendimento das relações entre os diversos compartimentos existentes naquela região. De posse de informações relativas à dinâmica da serrapilheira é possível definir estratégias para o manejo sustentável de determinado ecossistema, como a Caatinga, por exemplo (FERREIRA, 2011).

Em sistemas produtivos a serrapilheira exerce função importante, pois além de proteger o solo de agentes erosivos, fornece matéria orgânica e nutrientes para os organismos do solo e para as plantas, acarretando a manutenção e melhorias nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, e, conseqüentemente na produção vegetal (ANDRADE et al., 2003).

A produção de serrapilheira pode ser afetada por vários fatores bióticos e abióticos, tais como: tipo de vegetação, latitude, altitude, temperatura, ventos, precipitação, herbivoria, disponibilidade hídrica e estoque de nutrientes do solo (PORTES et al., 1996). Dependendo das características de cada ecossistema um determinado fator pode prevalecer sobre os demais (FIGUEIREDO FILHO et al., 2003). Dentre os fatores bióticos, a atividade da fauna do solo é



considerada a mais representativa (CESAR, 1993). Dentre os abióticos destacam-se as condições ambientais, como temperatura e índice pluviométrico (SINGH et al., 1977; MEGURO et al., 1980).

A fertilidade do solo, principalmente em áreas não agrícolas, está diretamente relacionada com a produção de serapilheira. Florestas em solos de baixa fertilidade geralmente retornam menor quantidade de material formador de serapilheira comparado aos solos férteis, por isso os solos pouco férteis desenvolvem mecanismos capazes de conservar nutrientes, através de interações entre fungos e raízes. (ANDRADE et al., 2003).

Pesquisas mostram que na Caatinga a produção de serapilheira tem se mostrado pequena quando comparada à observada em florestas tropicais no Brasil (COSTA et al., 2007; SOUTO, 2006). Isso se deve ao seu regime pluviométrico, concentrado em poucos meses do ano, e aos solos rasos predominantes na região, o que determina uma baixa capacidade de armazenamento de água no solo.

O conhecimento sobre a produção e decomposição da serapilheira e a forma de liberação de nutrientes é importante para se compreender o processo de ciclagem de nutrientes em ecossistemas florestais, e essas informações em áreas de Caatinga são bastante escassas ou não são publicadas (SOUTO, 2006).

Segundo GAMA et al., (2003) dentro de um mesmo ecossistema a dinâmica da serapilheira pode não ser a mesma ao longo do ano, pois pode variar de acordo com a sazonalidade da região e a possíveis distúrbios naturais ou antrópicos. Além disso, HOLANDA et al., (2017) destaca que entre as diversas tipologias florestais, existem fatores abióticos intrínsecos, os quais influenciam no processo de ciclagem, configurado através de comportamentos distintos de aporte de resíduos vegetais e nutrientes.

METAIS


Os metais podem ser encontrados associados a várias substâncias e podem se constituir entre os maiores e mais abundantes grupos de poluentes e contaminantes atualmente. Mesmo

não podendo ser criados ou destruídos, os metais podem ser mobilizados e redistribuídos. Alguns deles são elementos essenciais para o metabolismo de organismos vivos, outros não desempenham nenhum papel bioquímico importante, possuem inclusive potencial tóxico (PEIXOTO, 2008).

Muitos metais desempenham funções vitais no organismo humano. A sua ausência, assim como o seu excesso, podem ocasionar sérias doenças, esses metais são clasificados como essenciais, entre eles destaca-se o cálcio, presente nas estruturas ósseas e no esmalte dos dentes, na forma de hidroxiapatita, $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH})$ e o ferro está presente na estrutura de uma molécula conhecida como hemoglobina, responsável pela absorção e transporte de oxigênio no sangue. É importante destacar, ainda, vários outros metais, sem os quais a vida humana não existiria. Entre eles estão o crômio (III), o manganês, o cobalto, o níquel, o cobre e o molibdênio, envolvidos em processos metabólicos que regulam a produção de energia e o bom funcionamento do corpo humano (MASSABNI, 2006).

Existem outro grupo de metais, os não essenciais, que por sua vez não possuem função vital, sua presença no organismo humano, mesmo em concentrações traços podem causar intoxicações (MASSABNI, 2006). Dentre esses metais, estão o cádmio e o chumbo que não apresentam quaisquer benefícios ao organismo humano, pelo contrário, possuem elevado poder de toxicidade. Os metais permanecem retidos no solo, e podem causar diversos danos através da sua absorção pelas plantas, podendo atingir, assim, a cadeia alimentar (COSTA, 1991). O Pb em organismos vivos, interferem na divisão celular e inibem a extensão do sistema radicular, em plantas (BALIGAR, 1998). A toxicidade do Pb causa redução no crescimento das plantas, pois ocorre diminuição do processo respiratório causado pela redução na assimilação de CO_2 (BERGMANN, 1992)

Os metais, potencialmente tóxicos, estão entre os principais contaminantes ambientais, atualmente, tem se preocupado com os riscos gerados à saúde por esses contaminantes, por serem extremamente persistentes no ambiente e por se acumularem, contribuindo de forma significativa para a poluição do meio. A contaminação por metais em áreas urbanas decorre principalmente do desgaste de peças e da queima dos combustíveis fósseis dos veículos automotores e o aumento significativo do tráfego veicular nos últimos anos, tem intensificado



a gravidade deste problema (ALAHMAR et al., 2012)

Esses metais são observados em maiores quantidades nas áreas urbanas, devido ao maior impacto das atividades antrópicas. Este fato é confirmado por Pierzynski et al. (2005), que verificaram redução das concentrações de Ni, Cu e Pb no solo em áreas de florestas nos EUA, à medida que os pontos de avaliação eram mais afastados do centro urbano.

Nos ecossistemas o maior estoque de metais com grande potencial de remobilização pode ser encontrado no sedimento, bem como na serapilheira, por sua importância na ciclagem dos metais, contribuindo na disponibilização à cadeia trófica (ALMEIDA, 2001). O solo possui uma grande capacidade de retenção de metais, porém, em função das características desses elementos eles podem ser facilmente lixiviados, causando prejuízos ao meio ambiente, por penetrar na cadeia alimentar dos organismos vivos ou por colocar em risco a qualidade de aquíferos (Casartelli & Miekeley, 2003).



OBJETIVOS

OBJETIVO GERAL

Determinar as concentrações de metais (Fe, Cu, Ni, Co, Pb, Ca, Mg, Mn e Zn) em amostras de serapilheira de caatinga localizadas na Região Sudoeste da Bahia.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Avaliar os teores dos metais em amostras de serapilheira coletada em mata de caatinga em diferentes estações do ano.

Quantificar a serapilheira depositada, coletada em região de caatinga do sudoeste da Bahia.

Caracterizar a contribuição da serapilheira no ambiente estudado em termos da contribuição de fatores naturais e antropológicos na circulação dos metais estudados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALAHMAR, F. O. M. et al. Compositions of Dust Fall around Semi-Urban Areas in Malaysia. *Aerosol and Air Quality Research*. V.12, p. 629-642, 2012.

ALBUQUERQUE, S. G. DE. e BANDEIRA, G. R. L. Effect of thinning and slashing on forage phytomass from a Caatinga of Petrolina, Brasília, 1995.

ALMEIDA, R. Manguetal do Canal da Passagem, Vitória, Espírito Santo: conteúdo de transferência de nutrientes na fração folhas da serapilheira. São Paulo: Universidade de São Paulo. Dissertação de mestrado em Oceanografia. 2001.

ANDRADE, A. G. et al. Contribuição da serrapilheira para recuperação de áreas degradadas e para manutenção da sustentabilidade de sistemas agroecológicos. *Informe Agropecuário*, V. 24, p. 55-63, 2003.

BALIGAR, V. C.; Fageria, N. K.; Elrashidi, M. A. Toxicity and Nutrient Constraints on Root Growth. *HortScience*, V. 33, p. 960, 1998.

BERGMANN, W. Nutritional disorders of plants: development, visual and analytical diagnosis. Gustav Fischer, New York, 1992.

CARPANEZZI, A. A. Banco de sementes e deposição de folheto e seus nutrientes em povoamentos de bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth) na região metropolitana de CuritibaPR. 1997. 177 f. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) – Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1997.

CASARTELLI, E.A. & MIEKELEY, N. Determination of thorium and light rare-earth elements in soil water and its humic fraction by ICP-MS and on-line coupled size exclusion chromatography. *Anal. Bioanal. Chem.*, Heidelberg, 2003.

CESAR, O. Produção de serapilheira na mata mesófila semidecídua da Fazenda Barreiro Rico, Município de Anhembi, SP. *Revista Brasileira de Biologia*, São Carlos, v. 53, p. 671-681, 1993.

COSTA, E. D.; Adsorção e competição de alguns metais por ácidos húmicos extraídos de um

latossolo húmico da região de Araponga, Minas Gerais. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Viçosa, 1991.

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

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

FERREIRA, C. D. Deposição, acúmulo e decomposição de serapilheira em área de caatinga preservada [monografia]. Campina Grande: Centro de Saúde e Tecnologia Rural, Universidade Federal da Paraíba, 2011.

FIGUEIREDO FILHO, A. et al. Avaliação estacional da deposição de serapilheira em uma floresta ombrófila mista localizada no Sul do Estado do Paraná. Ciência Florestal, Santa Maria, v. 13, n. 1, p. 11-18, 2003.

FUNDAJ – Fundação Joaquim Nabuco [on-line]. Caracterização do Semi-Árido. Disponível em: < <http://www.fundaj.gov.br/index.php> > Acessado setembro de 2017.

GAMA RODRIGUES, A.C. et al. Decomposição e liberação de nutrientes do folheto de espécies florestais nativas em plantios puros e mistos no sudeste da Bahia. R. Bras. Ci. Solo, n. 27, p. 1021-1031, 2003

HOLANDA, A. C. de et al. Aporte de serapilheira e nutrientes em uma área de caatinga. Ciênc. Florest. v. 27, n. 2, p. 621-633, 2017.

HOLANDA, A. C. et al. Decomposição da serapilheira foliar e respiração edáfica em um remanescente de caatinga na Paraíba. Rev. Árvore [online]. v. 39, n. 2, p. 245-254, 2015,

INDE (Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais). Mapas físicos e ambientais/Biomas continentais. Disponível em: <http://mapasinterativos.ibge.gov.br/sigibge/>. Acesso em 5 jul. 2018.

KOEHLER, C.W. Variação estacional da deposição da serrapilheira e de nutrientes em

povoamentos de Pinus taeda na região de Ponta Grossa. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 1989. p. 148 Tese Doutorado.

MASSABNI, A. C. Química Online - Conselho Regional de Química 4ª Região. Disponível em: <http://www.crq4.org.br/jqol/>. Acesso em 17 maio 2018.

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

MEGURO, M. et al. Ciclagem de nutrientes na Mata Mesófila Secundária, São Paulo, III - Decomposição do material foliar e liberação dos nutrientes minerais. Boletim de Botânica da Universidade de São Paulo, São Paulo, v. 8, p. 7-20, 1980

MENEZES, RSC et al . Biogeochemical cycling in terrestrial ecosystems of the Caatinga Biome. Braz. J. Biol., São Carlos , v. 72, n. 3, supl. p. 643-653, 2012. Available from<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S151969842012000400004&lng=en&nrm=iso>. acesso em 15 Julho 2018.

MMA – Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal. Avaliação e ações prioritárias para a conservação da biodiversidade da Caatinga. Universidade Federal de Pernambuco, Conservation International do Brasil e Fundação Biodiversitas, Brasília. 2002.

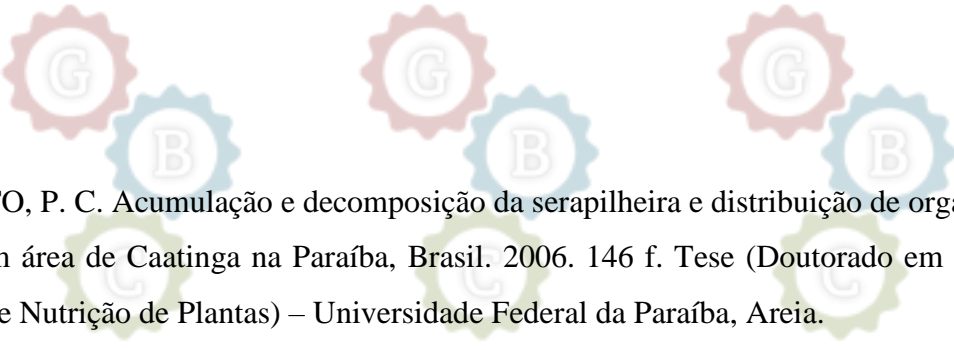
PEIXOTO, N. C. et al. Changes in levels of essential elements in suckling rats exposed to zinc and Mercury. Chemosphere, v. 72, p. 1327-1332, 2008.

PIERZYNSKI, G.M. et al. Soil and Environmental Quality. Taylor e Francis, p.331-361, 2005.

PORTES, M. C. G. O. et al. Variação sazonal de deposição de serapilheira em uma Floresta Ombrófila Densa Alto montana no morro do Anhagava- PR. Floresta, v.26, n.1/2, p.3-10, 1996.

SAMPAIO, EVSB., ARAÚJO, MSB., SALCEDO, IH. e MENEZES, RSC., 2009. Manejo sustentável do semi-árido nordestino . Recife: Editora Universitária. 149 p.

SINGH, J. S.; GUPTA, S. R. Plant decomposition and soil respiration in terrestrial ecosystems. The Botanical Review, New York, v. 43, p. 449-528, 1977.



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

Programa de Pós-Graduação em Genética, Biodiversidade e Conservação



Programa de Pós-Graduação em Genética, Biodiversidade e Conservação



Programa de Pós-Graduação em Genética, Biodiversidade e Conservação

CAPÍTULO 1: TEORES DE METAIS EM SERAPILHEIRA PRODUZIDA EM REGIÕES DA CAATINGA DO SUDOESTE DA BAHIA, BRASIL

Artigo a ser submetido à revista Brasileira de Ciências Ambientais

Teores de metais em serapilheira produzida em regiões da caatinga do Sudoeste da Bahia, Brasil.

Joaly Sthefane Santos Oliveira Lima¹; Uillian Mozart Ferreira da Mata Cerqueira¹; Ivaldo dos Santos Gomes¹; Paulo Souza Carneiro², Marcos de Almeida Bezerra¹

¹Departamento de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Av. José Moreira Sobrinho, s/n, 45206-191 Jequié, Bahia, Brasil.

E-mail: joalysthefane@hotmail.com

²Departamento de Ciências Biológicas, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Av. José Moreira Sobrinho, s/n, 45206-191 Jequié, Bahia, Brasil.

Resumo: A serapilheira desempenha diversas funções em um ecossistema florestal, estudos acerca desta são de grande importância para a melhor compreensão e conservação de ambientes ecológicos. Esse trabalho teve como objetivo investigar as concentrações de metais (Fe, Co, Ca, Cu, Ni, Pb, Mg, Mn, e Zn) na serapilheira de caatinga da região do Sudoeste da Bahia, coletadas em janeiro (verão) e agosto (inverno) de 2017. As concentrações foram determinadas por espectrometria de emissão óptica com plasma indutivamente acoplado (ICP OES) e Espectrometria de absorção atômica com chama (FAAS). Os resultados foram submetidos a análise multivariada, MANOVA, Análise de componentes principais (ACP) e análise hierárquica de clust (AHC). A quantidade média de serapilheira encontrada no mês de janeiro e agosto foi 1.189,63 kg ha⁻¹ e 1.328,99 kg há⁻¹ respectivamente. A fração que forneceu a maior quantidade de biomassa para a serapilheira foram os galhos, sendo essa deposição ocorrida em maior quantidade no mês de agosto, período de seca. A análise multivariada mostrou que a composição da serapilheira é alterada sazonalmente.

Palavras-chave: serapilheira; caatinga; metais; espectrometria; análise multivariada.



Investigation of the contents of metals in litter produced in caatinga regions in Southwest Bahia, Brazil

Abstract: The litter plays several functions in a forest ecosystem, studies about this are of great importance for the better understanding and conservation of ecological environments. The objective of this study was to investigate the concentrations of metals (Fe, Co, Ca, Cu, Ni, Pb, Mg, Mn, and Zn) in the caatinga litter of the Southwest region of Bahia, collected in January (summer) and August (winter) of 2017. The concentrations were determined by inductively coupled plasma optical emission spectrometry (ICP OES) and flame atomic absorption spectrometry (FAAS). The results were submitted to multivariate analysis, MANOVA, Principal Component Analysis (PCA) and Hierarchical Clust Analysis (HCA). The average amount of litter found in January and August was 1,189, 63 kg ha⁻¹ and 1,328.99 kg ha⁻¹ respectively. The fraction that provided the largest amount of biomass to the litter was the branches, being this deposition occurred in greater quantity in the month of August, period of drought. The multivariate analysis showed that the composition of litter is seasonally altered



Key words: litter; caatinga; metals; spectrometry; multivariate analysis




INTRODUÇÃO

A Caatinga é um bioma exclusivamente brasileiro, isso implica dizer que grande parte da sua biodiversidade não pode ser encontrado em nenhum outro lugar do planeta. Apesar do clima semi-árido, a Caatinga apresenta grande variedade de paisagens e riqueza biológica. Sua biodiversidade ampara diversas atividades econômicas voltadas para fins agro-silvopastoris e industriais, especialmente nos ramos farmacêutico, de cosméticos, químico e de alimentos, evidenciando imenso potencial para o uso sustentável e bioprospecção. Entretanto, o uso insustentável de recursos naturais ao longo dos anos levou esse bioma a um estado de bastante degradação (MMA, 2002).

Nesse bioma as temperaturas médias anuais são altas (23 a 27 °C) e a umidade relativa geralmente abaixo de 50%. Como consequência, a evapotranspiração potencial é alta, geralmente acima de 1500 mm ano⁻¹, resultando em balanços hídricos negativos ao longo de sete à onze meses por ano (MENEZES, 2012). Sua vegetação adaptada às condições edafoclimáticas do clima semiárido é caracterizada por grande heterogeneidade e endemismo, no entanto ainda é um dos biomas mais desconhecidos do país (JOLY et al., 1999). Os seus solos normalmente são rasos, apresentam baixa capacidade de permeação, alto escoamento superficial e reduzida drenagem natural (FUNDAJ, 2009).

A cobertura vegetal e serapilheira são essenciais à proteção desse solo, pois a serapilheira protege o solo dos intensos raios solares na época seca, e nas primeiras chuvas, a proteção evita o impacto direto das gotas (SOUTO, 2006). A serapilheira é a camada de resíduos orgânicos formados sobre os solos de ecossistemas florestais devido à queda periódica de folhas, ramos, cascas, frutos e da acumulação de detritos animais. É um componente fundamental dentro de um ecossistema florestal, principalmente por atuar na proteção do solo e ciclagem de nutrientes (FIGUEIREDO FILHO et al., 2003). Segundo Maia (2004) a serapilheira tem grande importância no que diz respeito não só à proteção e fertilização do solo, mas também importantíssimo para conservar a biodiversidade local.

Segundo Caldeira et al. (2008) a quantidade de serapilheira sobre o solo varia em função da composição de espécies, da intensidade da cobertura florestal, do estágio sucessional, da



idade, da época da coleta, do tipo de floresta e do local. São vários os fatores bióticos e abióticos que comprometem a produção de serapilheira, como tipo de vegetação, altitude, latitude, precipitação, temperatura, regimes de luminosidade, deciduidade da vegetação, estágio sucessional, disponibilidade hídrica e características do solo (Pinto et al., 2008).

De acordo com Caldeira et al. (2010), ainda são poucos os conhecimentos sobre os ecossistemas naturais e sobre a ciclagem de nutrientes em florestas nativas no Brasil. Desta forma, é de relevante importância o desenvolvimento de novas pesquisas, principalmente nas regiões do país mais sujeitas aos impactos antrópicos, onde os ecossistemas naturais se encontram em via de desaparecimento. A geração de informações sobre o teor de substâncias nutrientes ou potencialmente tóxicas na serapilheira são importantes ferramentas para a compreensão e conservação de áreas vegetais, bem como suas inter-relações com o meio (COSTA et al., 2010). Assim, este estudo teve como objetivo analisar a serapilheira e o aporte de metais em áreas de Caatinga do sudoeste da Bahia localizadas nos municípios de Jequié, Manoel Vitorino e Boa Nova.



PARTE EXPERIMENTAL

Caracterização da área

O estudo foi realizado em regiões de Caatinga localizadas no Sudoeste da Bahia, nos municípios de Boa Nova (14° 22' 05" S e 40° 12' 24" W), Manoel Vitorino (14° 8' 42" S e 40° 14' 34" W) e Jequié (13° 51' 28" S e 40° 5' 2" W). Em cada município foram escolhidos 3 pontos de coletas, com distância superior a 1000 metros entre os pontos escolhidos.

Na cidade de Boa Nova o clima é quente e temperado. Existe uma pluviosidade significativa ao longo do ano, a temperatura média é 20.1 °C e a pluviosidade média anual é de 701 mm. Já em Manoel Vitorino predomina um clima tropical, o verão tem muito mais pluviosidade que o inverno, a temperatura média é 22.7 °C e a média anual de pluviosidade é de 703 mm. E Jequié tem um clima tropical, o verão tem muito mais pluviosidade que o inverno, a temperatura média em Jequié é de 23.3 °C e 703 mm é a pluviosidade média anual.

Coleta das amostras

As coletas foram realizadas no mês de janeiro e agosto de 2017, com o auxílio de um gabarito quadrado de PVC de área igual a 1,0 m² (1,0 m x 1,0 m), que foi lançado aleatoriamente com 3 réplicas, dentro de uma área delimitada de 25 m², em cada um dos pontos de coleta. As amostras coletadas foram acondicionadas em embalagens plásticas devidamente identificadas.



Reagentes

Todos os reagentes utilizados nas experimentações foram de grau de pureza analítica (PA). As soluções foram preparadas com água ultrapura e com os devidos cuidados para evitar contaminações. As soluções padrão de metais foram preparadas a partir da diluição da solução padrão de concentração 1000 mg.L^{-1} conservada em HCl 1% (Titrisol Merck). HNO_3 65% (Exodo Científica) e H_2O_2 30% (Química Moderna) foram usados na digestão das amostras

Tratamento e Digestão da amostra

O material coletado foi separado em seus constituintes: folhas, galhos, estruturas reprodutivas e miscelânea. Após a triagem, as frações foram acondicionadas em sacos de papel, identificadas e secas em estufa de circulação forçada a 70°C até atingirem peso constante. Em seguida, foram pesadas em balança semi-analítica para determinação da massa seca. A partir destes dados foi estimada a percentagem de cada uma das frações da serapilheira.

As amostras foram digeridas em bloco digestor, utilizando-se 2 mL de ácido nítrico PA (HNO_3) e 3 mL de peróxido de hidrogênio PA (H_2O_2). Foram utilizados aproximadamente 0,2 g da amostra. As condições de digestão do bloco foram de 5 horas e temperatura de 150°C . Após serem resfriadas as soluções foram filtradas em papel filtro, faixa preta, e avolumadas para 15 mL.

Instrumentação

Um bloco digestor TECNAL 007MP foi utilizado para a digestão das amostras. Vidrarias convencionais (erlenmeyers, béqueres, pipetas, tubos de ensaio) foram mantidas em solução de

HNO₃ a 10% v/v durante 24h para descontaminação. Antes do uso, elas foram enxaguadas com água deionizada.

ICP OES

Para determinação dos teores de Fe, Cu, Ni, Co, Pb, Ca, Mg, Mn e Zn, nas amostras coletadas em janeiro, foi utilizado um espectrômetro de emissão óptica com plasma indutivamente acoplado (ICP OES) sequencial da Perkin Elmer (Norwalk, CT, EUA) modelo Optima 7300 com um dispositivo de acoplamento de carga (CCD) como detector. Os dados foram armazenados e tratados usando-se o software “WinLab32 for ICP OES”. Utilizou-se um nebulizador pneumático concêntrico e uma câmara de expansão do tipo Scott com duplo passo. Utilizou-se a vista axial (mais sensível) para determinação dos analitos estudados. Argônio foi utilizado para geração e manutenção do plasma e o Nitrogênio (N₂) foi utilizado como gás de purga do sistema óptico (Peltier). A determinação dos metais foi realizada sob as condições apresentadas na Tabela 1 Todas as análises foram realizadas em triplicata e verificados por padronização externa.

TABELA 1- Condições de operação do ICP OES

Parâmetro	Valor
Potência RF	1300 W
Vazão do argônio do plasma	15 L min ⁻¹
Vazão do gás auxiliar	0,2 L min ⁻¹
Vazão de Ar nebulizador	0,8 L min ⁻¹
Leituras por replicatas	2
Replicatas	3



FAAS

Um espectrômetro de absorção atômica com chama (FAAS) ar/acetileno da Perkin Elmer, (Norwalk, CT, EUA), modelo AAnalyst 200, foi usado para a determinação de Fe, Co, Cu, Ca, Ni, Pb, Mg, Mn e Zn das amostras coletadas no mês de agosto. A chama foi composta por acetileno (fluxo de $2,0 \text{ L min}^{-1}$) e ar (fluxo de $13,5 \text{ L min}^{-1}$). O fluxo utilizado pelo nebulizador foi de $6,0 \text{ mL min}^{-1}$. Os valores de comprimento de onda para as lâmpadas de cátodo oco (HCL) utilizadas nas determinações de Fe, Co, Cu, Ca, Ni, Pb, Mg, Mn e Zn, foram de, 248,33nm, 240,7nm, 324,8nm, 422,7nm, 232,0nm, 217,0nm, 285,2nm, 279,48 nm e 213,86 nm respectivamente. Todas as análises foram realizadas em triplicado e foram verificados por padronização externa.



Validação do método

Para avaliação da exatidão foi utilizado o material de referência certificado, folhas de maçã - NIST SRM 1515.

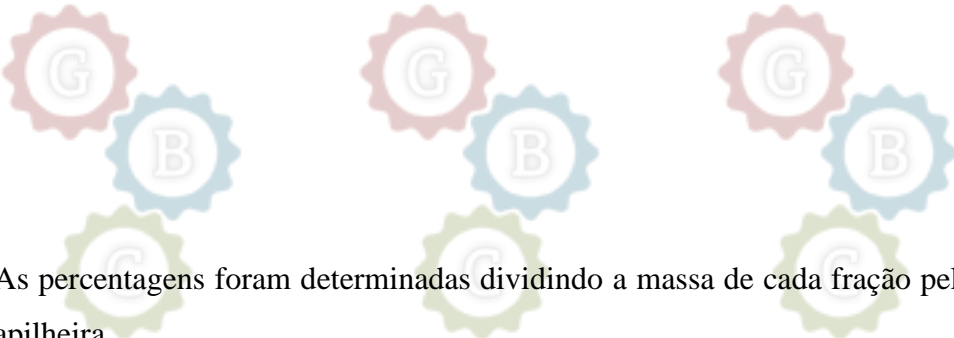


Cálculos de parâmetros relacionados à serapilheira

Massa da serapilheira

Os valores de massa seca de serapilheira acumulada por coletor foram convertidos de g/m^2 para kg/ha , multiplicando a massa de serapilheira seca pelo fator 10.

Porcentagem de cada uma das frações de serapilheira



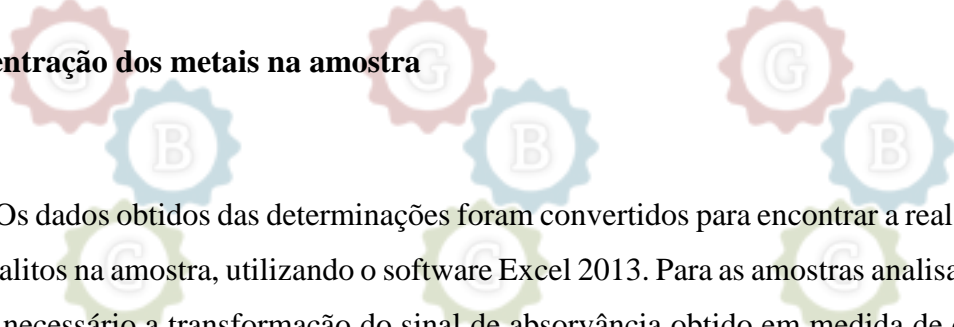
As percentagens foram determinadas dividindo a massa de cada fração pela massa total de serapilheira.

Programa de Pós-Graduação em Genética, Biodiversidade e Conservação

Quantidade média de carbono estocada

Foi realizada uma estimativa do estoque de carbono da serapilheira, multiplicando-se a massa de serapilheira em kg/há pelo fator 0,37, considerando o valor de referência para a serapilheira, sugerido pelo IPCC (2006).

Concentração dos metais na amostra



Os dados obtidos das determinações foram convertidos para encontrar a real concentração dos analitos na amostra, utilizando o software Excel 2013. Para as amostras analisadas no FAAS fez-se necessário a transformação do sinal de absorvância obtido em medida de concentração, a partir da curva analítica.

Programa de Pós-Graduação em Genética, Biodiversidade e Conservação

Análise multivariada

Foram utilizadas análise de variância multivariada (MANOVA), análise de componentes principais (ACP) e de agrupamento hierárquico (AHC) foi usada neste trabalho para descrever a similaridade entre as amostras considerando o conjunto total de variáveis e as correlações entre essas variáveis. Para a análise multivariada utilizou-se o software Paleontologicalstatistics (Past).

RESULTADO E DISCUSSÃO

A quantidade média de serapilheira depositada foi estimada em 1.189,63 kg ha⁻¹, no mês de janeiro e 1.328,99 kg há⁻¹, no mês de agosto, como mostra a Tabela 2. A serapilheira depositada nas áreas de estudo mostrou-se pequena quando comparada com outros trabalhos realizados em áreas de Caatinga, como os de Santana & Souto (2011) (2.068,6 kg ha⁻¹) e Lopes et al. (2009) em área de Caatinga no estado do Ceará (5.366,0 kg ha⁻¹). No entanto, se aproximam mais do encontrado por Alves et al. (2006) (899,2 kg ha⁻¹). A produção de serapilheira no bioma Caatinga, segundo Costa et al. (2010), pode variar muito, tanto em florestas arbóreas quanto em arbustivas, sendo as características morfológicas e fisiológicas das plantas que compõem o bioma o fator determinante.

Notou-se que o período de maior deposição, inverno, foi um período de seca, com um dos menores índice pluviométrico do ano. Silva et al. (2004) ressaltam as adaptações da Caatinga à condição de elevado déficit hídrico, em que as plantas depositam grandes quantidades de material decíduo para reduzir a transpiração.

Os resultados obtidos em relação ao comportamento da serapilheira em função da pluviosidade mostraram nítida relação entre a precipitação e a deposição da serapilheira. O padrão de deposição da serapilheira é diretamente influenciado pelas mudanças de tempo (períodos chuvoso e seco) ocorridas no bioma Caatinga.

TABELA 2. Massa de serapilheira depositada em kg ha⁻¹.

Amostra	Janeiro (Verão)	Agosto (Inverno)
A	1283,21	1312,5
B	1420,45	1535,89
C	865,23	1138,57
Média	1189,63	1328,99

A=Amostras coletas na região de Boa Nova-Ba, B= Amostras coletadas em Manoel Vitorino-Ba e C= amostras coletadas em Jequié-Ba

Comparando os resultados com os encontrados em outros biomas brasileiros, em estudo desenvolvido por Machado et al. (2015) em fragmento de Mata Atlântica, que obteve 14700,00 kg ha⁻¹ para o estágio avançado de sucessão e Barbosa e Faria (2006), em floresta tropical localizada na Reserva Biológica de Poço das Antas, Rio de Janeiro, que o aporte total foi de 6.874,3 kg ha⁻¹, ambos são resultados muito elevados quando comparados aos encontrados neste estudo, fato este justificado pela presença de indivíduos de maior porte neste bioma.

Estima-se que a quantidade média de carbono estocada (Tabela 3) na serapilheira correspondeu a 440,16 kg ha⁻¹ em janeiro e 491,72 kg ha⁻¹ em agosto. Resultado superior foi encontrado por Gomes et al. (2016) na serapilheira em topo sequência de caatinga arbórea (1.891 kg ha⁻¹) e por Souza (2012) em área de Caatinga abustiva-arbórea preservada no Seridó da Paraíba (1499 kg ha⁻¹). Fato esperado já que o carbono estocado na serapilheira é diretamente proporcional ao aporte total de serapilheira.

TABELA 3 - Quantidade estimada de carbono estocada na serapilheira em kg ha⁻¹.

Amostra	Janeiro (Verão)	Agosto (Inverno)
A	474,79	485,62
B	525,57	568,28
C	320,13	421,27
Média	440,16	491,72

A=Amostras coletas na região de Boa Nova-Ba, B= Amostras coletadas em Manoel Vitorino-Ba e C= amostras coletadas em Jequié-Ba

A fração galhos (Figura 4) foi predominante em todas as amostras de serapilheira estudada, nos dois meses estudados. Diferente do estudo desenvolvido por Silva et al. (2016) na serapilheira em áreas de Caatinga no Núcleo de Desertificação do Seridó, em que a fração folha foi superior as demais, assemelhando se ao estudo desenvolvido por Lima et al. (2015)

em área de caatinga no sul do Piauí, no entanto Maciel et al. (2012) em uma área de caatinga no semiárido pernambucano, encontrou resultado superior para a fração galhos, com um percentual de 57,7.

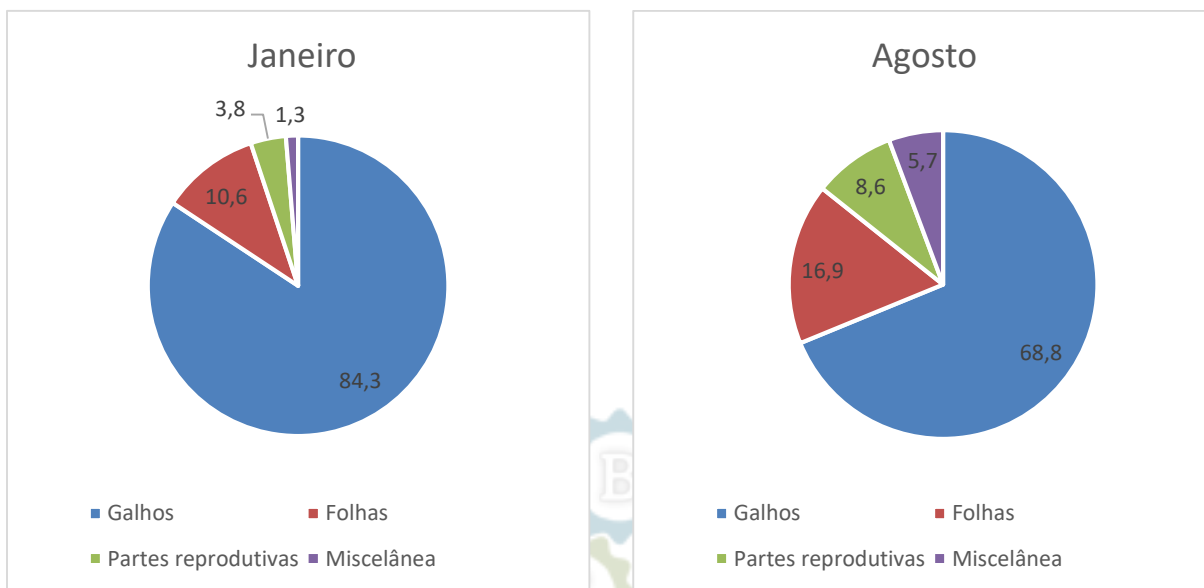


Figura 3 – Gráficos de Percentual das frações componentes da serapilheira de região de Caatinga do sudoeste da Bahia nos meses de janeiro e agosto.

Pode-se verificar também que a fração galho (Figura 4), com um percentual médio de 84,3 %, no mês de janeiro foi superior ao 68,8%, encontrado em agosto. A percentagem da fração galhos diminuiu no inverno, enquanto que as frações folhas, partes reprodutivas e miscelânea tiveram valores maiores no inverno, isso se deve ao índice pluviométrico, do mês de agosto ser menor que o mês de janeiro. O longo período de seca na caatinga, faz com que as plantas percam suas folhas e até mesmo as suas estruturas mais lignificadas (Maciel et al. 2012).

A fração de partes reprodutivas foi a terceira maior parcela, responsável por 3,8% e 8,6%, do aporte total de serapilheira, nos meses de janeiro e agosto, respectivamente. Contrário ao que afirma Lopes et al. (2009), que na estação seca a deposição de estruturas reprodutivas é

muito inferior a da época chuvosa. Andrade et al. (2008) reportaram que a fração estruturas reprodutivas, que incluiu flores, frutos e sementes foi responsável por apenas 8,7% da produção total da serapilheira de caatinga no município de Santa Terezinha – Paraíba. No entanto, Lopes et al. (2009) obtiveram um percentual para estruturas reprodutivas de 11,24% em área de Caatinga localizadas em Iguatu – Ceará.

A fração miscelânea apresentou a menor participação na serapilheira produzida nos dois meses estudados, respondendo por 1,3% e 5,7%, respectivamente. Apesar da pequena participação na serapilheira total, essa fração tem importância considerável (Lopes et al. 2009). Proctor (1987) considera que os componentes da miscelânea são ricos em nutrientes e energia e, associados ao alto grau de fragmentação, podem ser uma fonte mais acessível aos decompositores.

Os metais encontrados em maior quantidade nas amostras foram Fe, Ca, Mg e Mn e os encontrados em concentrações menores foram Co, Cu, Ni, Pb e Zn (Tabela 4). O Ca foi o macronutriente com os maiores teores, o valor médio entre as amostras foi de 5,546 g kg⁻¹ em janeiro e 4,919 g kg⁻¹ em agosto. Para Dias et al. (2002), o teor de Ca tende a apresentar uma maior variação com picos positivos durante os meses mais secos, provavelmente por haver uma menor taxa metabólica neste período, o que reduziria ainda mais a mobilidade deste elemento que é considerado pouco móvel. Isto faz com que o Ca, mesmo em excesso, armazenado em forma de cristais na folha, permaneça nela mesmo na sua senescência.

Com relação aos micronutrientes, ressalta-se que o ferro esteve presente em maiores quantidades. O valor médio encontrado foi de 6,739 g kg⁻¹ em janeiro, e a maior concentração foi verificada na amostra A3, igual a 11,36 g kg⁻¹. Já a média encontrada no mês de agosto foi 90,98 g kg⁻¹, e a maior concentração foi verificada na amostra C3*, igual a 257,3 g kg⁻¹. Era esperado um maior teor de ferro nas amostras de agosto pelo fato da fração folha ser superior nesse mês comparado ao mês de janeiro, já que o sítio preferencial de ocorrência do ferro é nas folhas segundo Larcher (2006), em decorrência de sua participação na formação da clorofila, transporte eletrônico na fotossíntese, fixação de N₂, entre outras funções (BRUN et al., 2010). No entanto a concentração de ferro na amostra C3* foi bem mais elevada que as demais amostras, possivelmente os teores de ferro e alguns elementos nessa amostra foi consequência

de sua localização, próximo a BR 116 e a uma área que depositam lixo.

A menor concentração encontrada foi de Co nas amostras B2, B3, C1*, C2* e C3* e Pb nas amostras A1*, A2*, A3*, B1*, B2*, B3*, C1*, C2* ambas abaixo do limite de quantificação.

Observaram-se muitas variações nas concentrações dos elementos nas diferentes localidades e também nos meses coletados, mostrando que não há um comportamento bem definido para esses elementos nas amostras que foram analisadas. Segundo Souto et al. (2009) essas variações estão associadas a presença de espécies diferentes, com idades diferentes e, também, às alterações nas condições edafoclimáticas, apesar de ser em área de Caatinga. Para Schumacher et al. (2004), os teores de nutrientes na serapilheira pode variar, até para uma mesma espécie, em função do sítio, das características da planta e das do próprio elemento.

TABELA 4 - Concentrações de metais em amostras de serapilheira coletadas no verão de em g kg⁻¹ ± Desvio padrão.

Amostra	Fe	Co	Cu	Ca	Ni	Pb	Mg	Mn	Zn
A1	7,1713 ± 2,0983	0,0189 ± 0,0089	0,0061 ± 0,0013	3,1444 ± 0,5884	0,0022 ± 0,0008	0,0151 ± 0,0049	0,4639 ± 0,1622	0,0608 ± 0,0051	0,0026 ± 0,0008
A2	1,5369 ± 0,7283	0,0003 ± 0,0006	0,0050 ± 0,0008	5,2208 ± 0,7671	0,0044 ± 0,0008	0,0030 ± 0,0015	0,7325 ± 0,1976	0,0329 ± 0,0069	0,0176 ± 0,0017
A3	11,3642 ± 2,2620	0,0190 ± 0,0050	0,0209 ± 0,0025	4,0312 ± 1,8282	0,0545 ± 0,0089	0,03812 ± 0,0072	0,7387 ± 0,0431	1,9075 ± 0,04773	0,0055 ± 0,0016
B1	7,1469 ± 1,0660	0,0201 ± 0,0053	0,0112 ± 0,0029	6,6702 ± 1,5145	0,0093 ± 0,0014	0,0204 ± 0,0045	1,3612 ± 0,1223	0,171257 3 ± 0,0050	0,0313 ± 0,0050
B2	7,7994 ± 1,4970	0,0232 ± 0,0066	0,02357 ± 0,0075	7,0400 ± 2,1384	0,0079 ± 0,0016	0,0332 ± 0,0036	1,0593 ± 0,0136	0,1261 ± 0,0145	0,0246 ± 0,0045
B3	4,3720 ± 3,3823	0,0104 ± 0,0134	0,0036 ± 0,0008	6,7101 ± 3,8575	0,0086 ± 0,0032	0,0097 ± 0,0062	1,5177 ± 0,062	0,1048 ± 0,0156	0,0022 ± 0,0008
C1	4,5845 ± 1,0491	0,0107 ± 0,0042	0,0095 ± 0,0022	6,0866 ± 1,2550	0,0113 ± 0,0040	0,0266 ± 0,0032	0,6537 ± 0,0948	0,0718 ± 0,0129	0,1883 ± 0,0580
C2	8,8296 ± 1,3454	0,0288 ± 0,0068	0,0102 ± 0,0018	6,2567 ± 0,7332	0,0105 ± 0,0026	0,0235 ± 0,0032	1,217 ± 0,1167	0,1177 ± 0,0176	0,0101 ± 0,0015

C3	7,8429 ± 2,1783	0,0245 ± 0,0098	0,0147 ± 0,0034	4,7512 ± 0,6392	0,0163 ± 0,0047	0,2650 ± 0,0597	1,0367 ± 0,1254	0,0650 ±0,0043	0,0035 ± 0,0005
-----------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	-------------------	--------------------

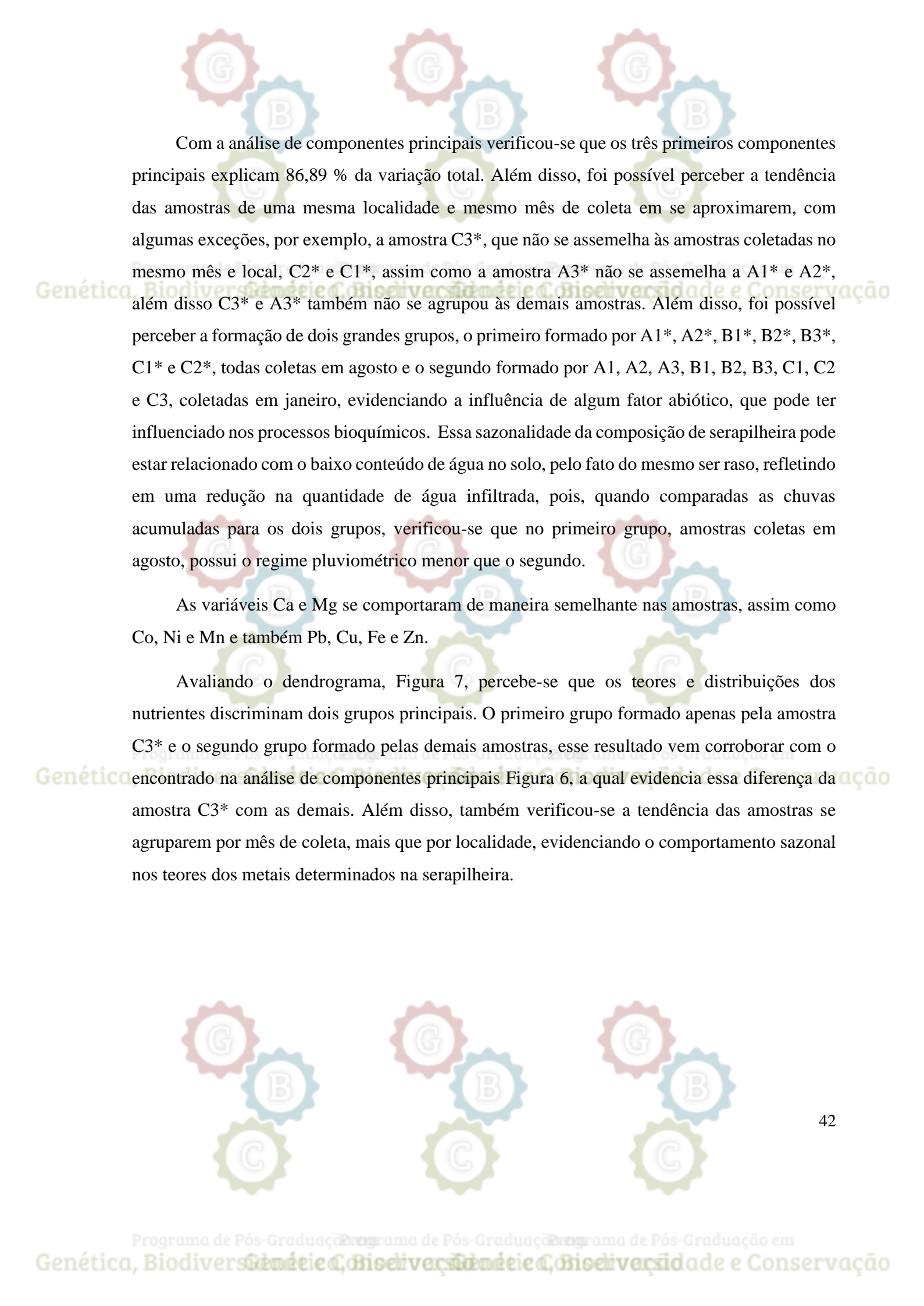
A=Amostras coletas na região de Boa Nova-Ba, B= Amostras coletadas em Manoel Vitorino-Ba e C= amostras coletadas em Jequié-Ba.

TABELA 5 - Concentrações de metais em amostras de serapilheira coletadas no inverno em g kg⁻¹ ± Desvio padrão.

Amostra	Fe	Co	Cu	Ca	Ni	Pb	Mg	Mn	Zn
A1*	23,4166 ± 6,6820	0,0826 ± 0,0097	0,0433 ± 0,0029	4,4892 ± 1,1626	0,2301 ± 0,037	<LQ	0,1743 ± 0,0259	1,0127 ± 0,0069	0,2510 ± 0,0995
A2*	39,2625 ± 8,4827	0,0173 ± 0,0037	0,2931 ± 0,0049	6,1504 ± 1,3722	0,2714 ± 0,0720	<LQ	0,1469 ± 0,0093	1,3108 ± 0,01670	0,3504 ± 0,0278
A3*	128,778 2 ± 25,146	0,2693 ± 0,0022	0,1816 ± 0,0051	4,9133 ± 1,3424	0,5634 ± 0,0285	<LQ	0,1734 ± 0,0094	0,5225 ± 0,1708	0,2894 ± 0,0577
B1*	101,084 3 ± 33,387	0,0171 ± 0,0253	0,1043 ± 0,00241	5,3074 ± 2,2665	0,1403 ± 0,0628	<LQ	0,1807 ± 0,0012	1,4536 ± 0,1064	0,2067 ± 0,0443
B2*	87,0584 ± 11,039	<LQ	0,1223 ± 0,0234	4,1347 ± 2,3499	0,1896 ± 0,0431	<LQ	0,1786 ± 0,0041	1,1546 ± 0,2563	0,7814 ± 0,0890
B3*	40,4453 ± 7,5277	<LQ	0,1126 ± 0,0189	4,5208 ± 0,9333	0,1154 ± 0,0381	<LQ	0,1853 ± 0,0191	0,8765 ± 0,05620	0,2572 ± 0,0273
C1*	68,9602 ± 16,667	<LQ	0,0973 ± 0,0033	8,7596 ± 1,5356	0,0974 ± 0,0042	<LQ	0,1374 ± 0,0071	0,94251 ± 0,1969	0,1611 ± 0,0251
C2*	72,5768 ± 21,436	<LQ	0,0956 ± 0,0037	1,3876 ± 0,8037	0,0418 ± 0,0030	<LQ	0,1726 ± 0,0250	0,3498 ± 0,1770	0,3442 ± 0,0738
C3*	257,268 9 ± 34,032	<LQ	0,6073 ± 0,0371	4,6098 ± 1,6521	0,2699 ± 0,037	0,3020 ± 0,1827	0,1660 ± 0,0042	1,2449 ± 0,1938	0,8081 ± 0,1334

A=Amostras coletas na região de Boa Nova-Ba, B= Amostras coletadas em Manoel Vitorino-Ba e C= amostras coletadas em Jequié-Ba

*Amostras coletadas em agosto



Com a análise de componentes principais verificou-se que os três primeiros componentes principais explicam 86,89 % da variação total. Além disso, foi possível perceber a tendência das amostras de uma mesma localidade e mesmo mês de coleta em se aproximarem, com algumas exceções, por exemplo, a amostra C3*, que não se assemelha às amostras coletadas no mesmo mês e local, C2* e C1*, assim como a amostra A3* não se assemelha a A1* e A2*, além disso C3* e A3* também não se agrupou às demais amostras. Além disso, foi possível perceber a formação de dois grandes grupos, o primeiro formado por A1*, A2*, B1*, B2*, B3*, C1* e C2*, todas coletas em agosto e o segundo formado por A1, A2, A3, B1, B2, B3, C1, C2 e C3, coletadas em janeiro, evidenciando a influência de algum fator abiótico, que pode ter influenciado nos processos bioquímicos. Essa sazonalidade da composição de serapilheira pode estar relacionado com o baixo conteúdo de água no solo, pelo fato do mesmo ser raso, refletindo em uma redução na quantidade de água infiltrada, pois, quando comparadas as chuvas acumuladas para os dois grupos, verificou-se que no primeiro grupo, amostras coletas em agosto, possui o regime pluviométrico menor que o segundo.

As variáveis Ca e Mg se comportaram de maneira semelhante nas amostras, assim como Co, Ni e Mn e também Pb, Cu, Fe e Zn.

Avaliando o dendrograma, Figura 7, percebe-se que os teores e distribuições dos nutrientes discriminam dois grupos principais. O primeiro grupo formado apenas pela amostra C3* e o segundo grupo formado pelas demais amostras, esse resultado vem corroborar com o encontrado na análise de componentes principais Figura 6, a qual evidencia essa diferença da amostra C3* com as demais. Além disso, também verificou-se a tendência das amostras se agruparem por mês de coleta, mais que por localidade, evidenciando o comportamento sazonal nos teores dos metais determinados na serapilheira.

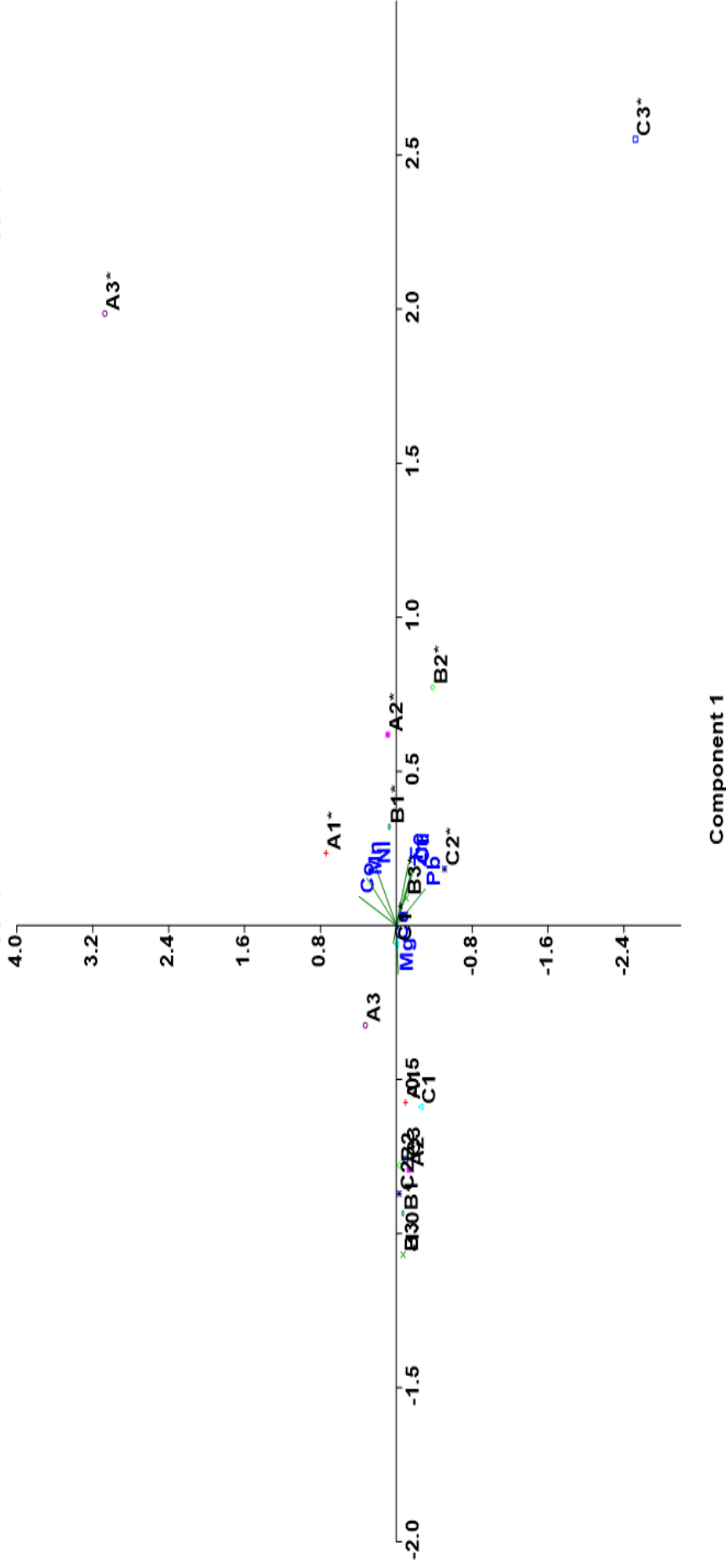


FIGURA 4: Biplot da análise de componentes principais para os teores de metais em serapilheira de caatinga localizado no sudoeste da Bahia.

A=Amostras coletadas na região de Boa Nova-Ba, B= Amostras coletadas em Manoel Vitorino-Ba e C= amostras coletadas em Jequié-Ba

*Amostras coletadas no mês de agosto (inverno)

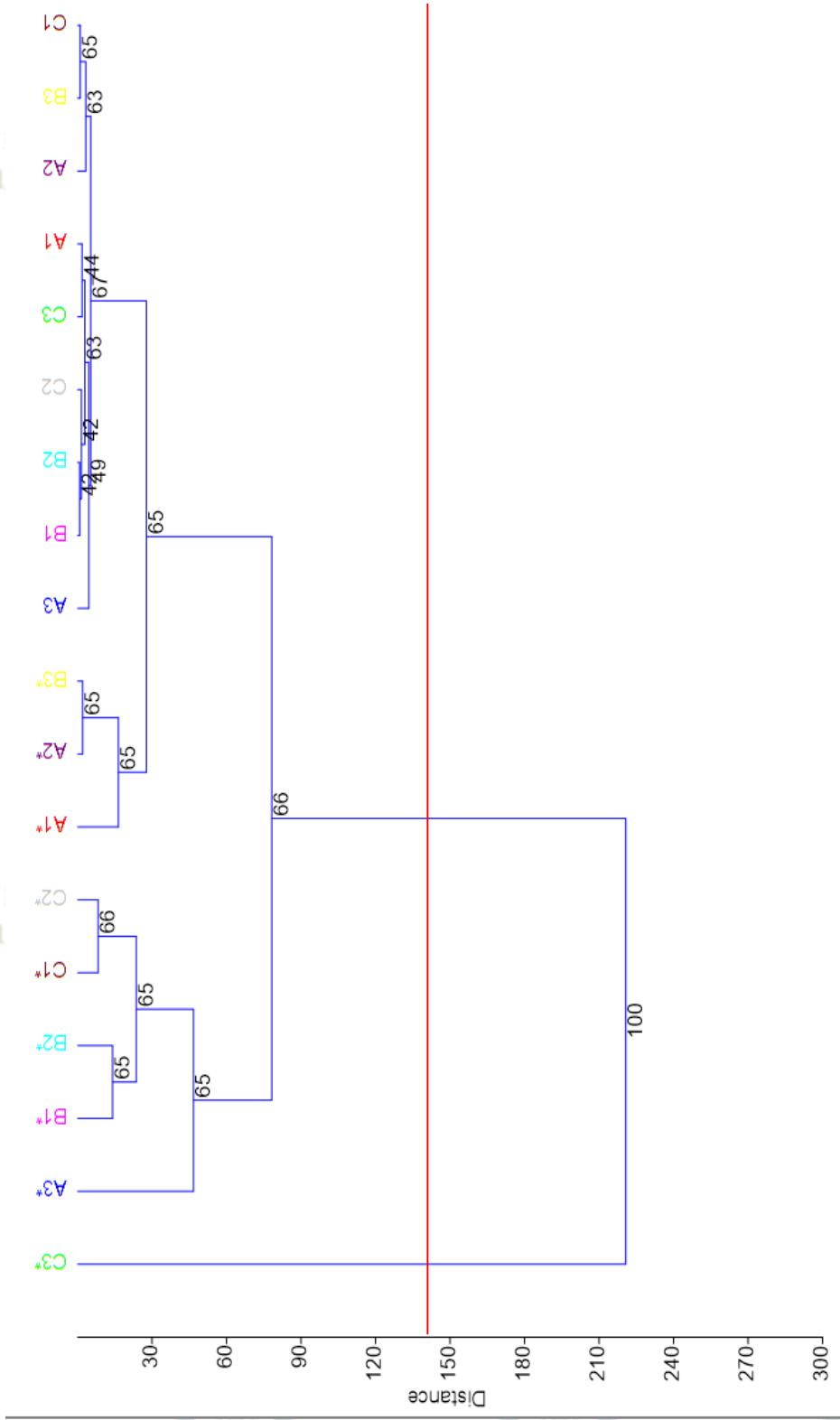


FIGURA 5 - Dendrograma pelo método de agrupamento hierárquico de Cluster, que representa a relação entre a distribuição dos pontos de coleta em função das concentrações dos metais Fe, Co, Cu, Ca, Pb, Ni, Zn, Mn e Mg em área de Caatinga no sudoeste da Bahia.

A=Amostras coletas em Boa Nova-Ba, B= Amostras coletadas em Manoel Vitorino-Ba e C= amostras coletadas em Jequié-Ba

44 *Amostras coletadas no mês de agosto (inverno)



CONCLUSÃO

A deposição da serapilheira coletadas nos municípios de Jequié, Manoel Vitorino e Boa Nova, foi inferior aos valores encontrados em outros ecossistemas florestais, assim como previa estudos recentes. A fração galho foi o maior contribuinte da composição total da serapilheira analisada. E o micronutriente com o maior teor nas amostras foi o Fe, apresentando maiores valores no mês de agosto.

A análises de Componentes Principais e Agrupamento hierárquico obtiveram resultados concordantes, evidenciando a diferença de duas amostras, A3* e C3* das demais. Além disso foi possível perceber que os teores de metais nas amostras comportou de forma sazonal.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, R. Manguezal do Canal da Passagem, Vitória, Espírito Santo: conteúdo de transferência de nutrientes na fração folhas da serapilheira. São Paulo: Universidade de São Paulo. Dissertação de mestrado em Oceanografia. 2001.

ANDRADE, A. G. et al. Contribuição da serrapilheira para recuperação de áreas degradadas e para manutenção da sustentabilidade de sistemas agroecológicos. Informe Agropecuário, n. 24, p. 55-63, 2003.

ANDRADE, R. L. et al. Deposição de Serapilheira em área de Caatinga na RPPN “Fazenda Tamanduá”, Santa Terezinha – PB. Revista Caatinga, v. 21, n. 2, p. 223-230, 2008.

ALVES, A. R. et al. Aporte e decomposição de serapilheira em área de Caatinga, na Paraíba. Revista de Biologia e Ciência da Terra, v. 6, n. 2, p. 194-203, 2006.

AUGUSTO, A. S. et al. Bioacumulação de metais pesados em *Bassica juncea*: relação de toxicidade com elementos essenciais. Revista Virtual de Química, v. 6, n. 5, p. 1221-1236, 2014.

BARBOSA, J. H. C. e FARIA, S. M. de. Aporte de serrapilheira ao solo em estágios sucessionais florestais na Reserva Biológica de Poço das Antas, Rio de Janeiro, Brasil. Rodriguésia [online]. vol.57, n.3, pp.461-476, 2006.

BRUN, E. J. et al. Dinâmica de micronutrientes na biomassa florestal em estágios sucessionais de Floresta Estacional Decidual, RS, Brasil. Scientia Forestalis, Piracicaba, v. 38, n. 86, p. 307-318, 2010.

Caldeira, M. V. W. et al. Biomassa e nutrientes da serapilheira em diferentes coberturas florestais. Comunicata Scientiae 2013; 4(2): 111-119.

Caldeira, M. V. W. et al. Quantificação de serapilheira e de nutrientes em uma Floresta Ombrófila Densa. Semina: Ciências Agrárias v. 29, n. 1, p. 53-68, 2008.

CASARTELLI, E.A. & MIEKELEY, N. 2003. Determination of thorium and light rare-earth elements in soil water and its humic fraction by ICP-MS and on-line coupled size exclusion chromatography. Anal. Bioanal. Chem., Heidelberg, 2003.

CESAR, O. Produção de serapilheira na mata mesófila semidecídua da Fazenda Barreiro Rico, Município de Anhembi, SP. Revista Brasileira de Biologia, v. 53, p. 671-681, 1993.

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

COSTA, C. C. A. et al. Produção de serapilheira na Caatinga da Floresta Nacional do Açú-RN. Revista Brasileira de Biociências, Porto Alegre, v. 5, supl. 1, p246-248, 2007.

DANIELSSON, A. et al. Spatial clustering of metals in the sediments of the Skagerrak/Kattegat, Applied Geochemistry, v. 14 p689-706, 1999.

DIAS, H. C. T. et al. Variação temporal de nutrientes na serapilheira de um fragmento de floresta estacional semidecidual montana em Lavras, MG. Cerne, Lavras, v. 8, n. 2, p1-16, 2002.

FERREIRA, C. D. Deposição, acúmulo e decomposição de serapilheira em área de caatinga preservada [monografia]. Campina Grande: Centro de Saúde e Tecnologia Rural, Universidade Federal da Paraíba, 2011.

FIGUEIREDO FILHO, A. et al. Avaliação estacional da deposição de serapilheira em uma floresta ombrófila mista localizada no Sul do Estado do Paraná. Ciência Florestal, Santa Maria, v. 13, n. 1, p11-18, 2003.

FUNDAJ – Fundação Joaquim Nabuco [on-line]. Caracterização do Semi-Árido. Disponível em: < <http://www.fundaj.gov.br/index.php> > Acessado setembro de 2017.

GAMA-RODRIGUES, A.C. et al. Decomposição e liberação de nutrientes do folheto de espécies florestais nativas em plantios puros e mistos no sudeste da Bahia. R. Bras. Ci. Solo, n. 27, p. 1021-1031, 2003

GOMES, V. S. et al. Acúmulo de serapilheira em toposequencia de caatinga arbórea, na FLONA Contendas do Sincorá (BA). IV Semana de engenharia florestal da Bahia, Vitoria da conquista BA, 2016.

GREENWOOD, N.N. e EARNSHAW, A. Chemistry of the elements. Oxford: Butterworth; Heinemann, 1997.

HOLANDA, A. C. de et al. APORTE DE SERAPILHEIRA E NUTRIENTES EM UMA ÁREA DE CAATINGA. Ciênc. Florest. vol.27, n.2, p.621-633, 2017.

JOHNSON, R. A. e WICHERN, D. W. Applied multivariate statistical analysis. 4th ed. Upper Saddle River, New Jersey: Prentice-Hall, p815, 1999.

JOLY, C. A. et al. Evolution of Brazilian phytogeography classification systems from the biodiversity conservations point of view. Revista Ciencia & Cultura, v.51, p.331-348, 1999.

LARCHER, W. Ecofisiologia vegetal. Tradução: Prado, C. H. B. A. São Carlos: Ed. Rima, p531, 2006.

LIMA, R. P.; et al. Aporte e Decomposição da serapilheira na Caatinga no sul do Piauí. Revista Floresta e Ambiente, v. 22, n. 1, p. 42-49, 2015.

LIPPARD, S. J. e BERG, J. M. Principles of Bioinorganic Chemistry. University Science Books, Mill Valley, California. p 411, 1994.

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

MACHADO, D. L. et al. Fauna edáfica na dinâmica sucessional da Mata Atlântica em floresta estacional semidecidual na Bacia do Rio Paraíba do Sul - RJ. Ciênc. Florest. [online], vol.25, n.1, p.91-106, 2015.

MACIEL, M. G. et al. Produção total e das frações de serapilheira em área de caatinga no semiárido de Pernambuco. Revista Científica Produção Animal, v.14, n.1, p.43-45, 2012.

MAIA, G. N. Caatinga: Árvores e arbustos e suas utilidades; 2ª edição. São Paulo: D&Z Computação Gráfica e Editora- 2004, 70 p.

MASSABNI, A. C. Química Online - Conselho Regional de Química 4ª Região.
Disponível em: <http://www.crq4.org.br/jqol/>. Acesso em 17 maio 2018.

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

MEGURO, M. et al. Ciclagem de nutrientes na Mata Mesófila Secundária, São Paulo, III - Decomposição do material foliar e liberação dos nutrientes minerais. *Boletim de Botânica da Universidade de São Paulo*, São Paulo, v. 8, p. 7-20, 1980.

MENEZES, RSC et al. Biogeochemical cycling in terrestrial ecosystems of the Caatinga Biome. *Braz. J. Biol.*, São Carlos, v. 72, n. 3, supl. p. 643-653, 2012.

MMA – Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal. Avaliação e ações prioritárias para a conservação da biodiversidade da Caatinga. Universidade Federal de Pernambuco, Conservation International do Brasil e Fundação Biodiversitas, Brasília. 2002.

OLIVEIRA, R. R. et al. Ciclagem de metais pesados na serapilheira de uma floresta urbana no Rio de Janeiro. *Revista Floresta Ambiente*, V.12, n 1, p. 50 - 56, 2005.

PIERZYNSKI, G. M. et al. *Soil and Environmental Quality*. 3ª edição, p. 331-361, 2005.

PINTO, S. I. C. et al. Produção de serapilheira em dois estádios sucessionais de floresta estacional semidecidual na Reserva Mata do Paraíso, em Viçosa, MG. *Árvore*, v.32, n3, p545-556. 2008

PORTES, M. C. G. O. et al. Variação sazonal de deposição de serapilheira em uma Floresta Ombrófila Densa Alto montana no morro do Anhagava- PR. *Floresta*, v.26, n.1/2, p.3-10, 1996.

PROCTOR, J. et al. Ecological studies in four contrasting lowland rain forests in Gunung Mulu National Park, Sarawak. II. Litterfall, litter standing crop and preliminary observations on herbivory. *Journal of Ecology*, v.71, n 1, p 261-283, 1983.

SANTANA, G. P. B. e ROSA, P. S. Estudo de metais pesados (Co, Cu, Fe, Cr, Ni, Mn, Pb e Zn) na Bacia do Tarumã-Açu Manaus (AM). Acta Amaz., v.37, n 1, p111-118. 2007.

SANTANA, J. A. S. et al. Produção anual de serapilheira em floresta secundária na Amazônia Oriental. Revista de Ciências Agrárias, n. 40, p. 119-132, 2003.

SANTANA, J. A. S. e SOUTO, J. S. Produção de serapilheira na Caatinga da região semiárida do Rio Grande do Norte, Brasil. Idesia, Chile, v. 29, n. 2, p. 87-94, 2011.

SCHUMACHER, M. V. et al. Produção de serapilheira 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.

SILVA, E. C. et al. Aspectos ecofisiológicos de dez espécies em uma área de caatinga no município de Cabaceiras, Paraíba, Brasil. Iheringia, Série Botânica, v. 59, n. 2, p. 201-205, 2004.

SILVA, W. T. M. et al. Deposição de serapilheira em áreas de Caatinga no Núcleo de Desertificação do Seridó. Revista Agropecuária Científica no Semiárido, Patos-PB, v.12, n.4, p.383-390, 2016

SINGH, J. S. e GUPTA, S. R. Plant decomposition and soil respiration in terrestrial ecosystems. The Botanical Review, New York, v. 43, p. 449-528, 1977

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

SOUTO, P. C. et al. Características químicas da serapilheira depositada em área de Caatinga. Revista Caatinga, Mossoró, v. 22, n. 1, p. 264-272, 2009.

SOUZA, B. V. Estoque de carbono em diferentes fisionomias de Caatinga do Seridó da Paraíba. 55 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Centro de Saúde e Tecnologia Rural. Universidade Federal de Campina Grande, Patos – PB, 2012.