

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE FILOSOFIA, LETRAS E CIÊNCIAS HUMANAS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA

DANILO OLIVEIRA MESQUITA

**Influência do microclima do solo na densidade e biomassa de anelídeos em um
fragmento florestal urbano – Parque Cientec/SP**

Versão Corrigida

São Paulo

2015

DANILO OLIVEIRA MESQUITA

**Influência do microclima do solo na densidade e biomassa de anelídeos em um
fragmento florestal urbano – Parque Cientec/SP**

**Trabalho de Graduação Individual
apresentado ao Departamento de Geografia
da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências
Humanas da Universidade de São Paulo
para obtenção do título de Bacharel em
Geografia.**

**Orientadora: Profa. Dra. Déborah de
Oliveira**

Versão Corrigida

São Paulo

2015

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Catalogação na Publicação
Serviço de Biblioteca e Documentação
Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo

M578i Mesquita, Danilo Oliveira
Influência do microclima do solo na densidade e
biomassa de anelídeos em um fragmento florestal
urbano - Parque Cientec/SP / Danilo Oliveira Mesquita
; orientadora Déborah de Oliveira. - São Paulo, 2015.
62 f.

TGI (Trabalho de Graduação Individual)- Faculdade
de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da
Universidade de São Paulo. Departamento de
Geografia. Área de concentração: Geografia Física.

1. Geografia. 2. Geografia física. I. Oliveira,
Déborah de, orient. II. Título.

Nome: MESQUITA, Danilo Oliveira

Título: Influência do microclima do solo na densidade e biomassa de anelídeos em um fragmento florestal urbano – Parque Cientec/SP

Trabalho de Graduação Individual apresentado
ao Departamento de Geografia da Faculdade
de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da
Universidade de São Paulo para obtenção do
título de Bacharel em Geografia.

Aprovado em: _____

Banca Examinadora

Profa. Dra. Déborah de Oliveira

Universidade de São Paulo

Julgamento: _____

Assinatura: _____

Prof. Dr. Antonio Carlos Colangelo

Universidade de São Paulo

Julgamento: _____

Assinatura: _____

Dr. Marcos Roberto Pinheiro

Universidade de São Paulo

Julgamento: _____

Assinatura: _____

AGRADECIMENTOS

À Profa. Dra. Déborah de Oliveira, por ter acreditado nesta pesquisa, orientando-a com toda sua serenidade e competência.

À minha amiga Ma. Natália Nunes Patucci, pois sem sua ajuda esta pesquisa não seria viável.

À Profa. Dra. Marie Bartz, pela colaboração fundamental na identificação taxonômica das minhocas estudadas neste trabalho.

Aos funcionários do Parque de Ciência e Tecnologia da USP, em especial ao Sr. José Humberto, pela ajuda indispensável nos trabalhos de campo.

Ao Departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo, pela oportunidade de estudo.

À FAPESP, por apoiar financeiramente esta pesquisa, através do processo nº 2014/18.778-0, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP). As opiniões, hipóteses e conclusões ou recomendações expressas neste material são de responsabilidade do autor e não necessariamente refletem a visão da FAPESP.

Aos meus pais Isaias e Damaris Mesquita, à minha irmã Daisa, seu esposo Marcelo Escobosa, ao meu sobrinho Theo e à Beatriz de Paula, por todo amor.

As portas do espírito só se abrem à perfeita sinceridade de propósitos.

Olavo de Carvalho

RESUMO

MESQUITA, D. O. **Influência do microclima do solo na densidade e biomassa de anelídeos em um fragmento florestal urbano – Parque Cientec/SP.** 2015. 62f. Trabalho de Graduação Individual – Departamento de Geografia, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, 2015.

O solo é um elemento complexo do estrato geográfico, fazendo com que a enorme diversidade de animais que nele habita possua diversas estratégias de adaptação. As minhocas estão entre os organismos mais importantes da fauna do solo. Sua densidade populacional (abundância) e biomassa estão condicionadas a diversos fatores que atuam em diferentes escalas temporais e espaciais. Dentre eles, o microclima do solo é um dos mais significativos, sendo a temperatura e umidade suas principais variáveis. Assim, o objetivo deste trabalho é analisar características microclimáticas dos solos de um fragmento florestal urbano na cidade de São Paulo (Parque Cientec), a fim de relacioná-las com a densidade, biomassa e diversidade de minhocas e compreender seus padrões de organização, adaptabilidade e influência na morfologia do solo. O estudo foi realizado em duas parcelas amostrais no interior do Parque Cientec: uma na Floresta Ombrófila Densa Montana (FM) e outra na Floresta Ombrófila Densa Aluvial (FA). Em cada parcela foram alocados 9 pontos para amostragem de minhocas através do método TSBF, dividido em profundidades (0-10, 10-20 e 20-30 cm), em estação seca e úmida, 18 pontos de coleta de solo para análise química e três perfis para descrição da macromorfologia do solo. Também foi analisada uma série anual de precipitação, temperatura do ar e do solo, de julho de 2014 a junho de 2015. Apenas uma espécie de minhoca foi coletada (*Pontoscolex corethrurus*), uma espécie peregrina, dominante e de fácil adaptação em solos urbanos. Sua densidade e biomassa não variaram entre as épocas. Na época seca a densidade na FM foi de 75 ind.m², com biomassa de 20,1 g.m². Na FA a densidade foi 37 ind.m² e biomassa de 12,1 g.m². Na época úmida a densidade populacional na FM foi de 84 ind.m², com biomassa de 20,6 g.m². Na FA a densidade foi de 38 ind.m², com biomassa de 11,5 g.m². Os solos da FM e FA apresentaram morfologia uniforme, possuindo textura predominantemente argiloso-arenosa, com estrutura grumosa em superfície e blocos subangulares em profundidade. Também foram registradas algumas estruturas biogênicas, que interferem em diversos aspectos e funções do solo. A análise química revelou a presença de solos muito ácidos, pouco férteis, com alta concentração de matéria orgânica, tendo maior teor na FM, e pobres em nutrientes. Nos 12 meses de análise dos atributos climáticos do Parque Cientec, o total da precipitação foi 1418,2 mm (45,7 mm a mais que a média climatológica). Na época úmida a precipitação foi aproximadamente 800 mm maior que na época seca. A temperatura também aumentou na época úmida, tanto no ar, quanto no solo. Concluiu-se que, espacialmente, a matéria orgânica do solo determinou a densidade populacional e biomassa de minhocas. Temporalmente, a densidade populacional e biomassa da *Pontoscolex corethrurus* não variaram, porém o regime de chuvas condicionou sua distribuição vertical: na época seca, as minhocas estavam distribuídas ao longo do perfil de solo na procura por de umidade em profundidade; na época úmida, elas se concentraram próximas à superfície, a fim de evitar o excesso de umidade nas camadas subjacentes.

Palavras-chave: minhocas, microclima do solo, fragmento florestal urbano, Parque Cientec.

ABSTRACT

MESQUITA, D. O. **Soil microclimate influence on density and biomass of annelids in an urban forest fragment – Parque Cientec/SP.** 2015. 62f. Trabalho de Graduação Individual – Departamento de Geografia, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, 2015.

The soil is a complex element of geographic layer, making the enormous animal diversity that lives in it possesses several adaptation strategies. Earthworms are among the most important organisms of soil fauna. Their population density (abundance) and biomass are influenced by manifold factors that act in different temporal and spatial scales. Among them, the soil microclimate is one of the most significant, wherein temperature and moisture are the major variables. Therefore, the objective of this research is to analyze soil microclimate features of an urban forest fragment in São Paulo city (Parque Cientec), in order to relate them to density, biomass and diversity of earthworms and understand their organization patterns, adaptability and influence on soil morphology. The study was conducted in two sample plots inside Parque Cientec: one in Montana Dense Ombrophilous Forest (MF) and one in Alluvial Dense Ombrophilous Forest (AF). In each plot of land was allocated 9 earthworms sampling points using the TSBF method, separated by depth (0-10, 10-20 and 20-30 cm), in dry and wet season, 18 points of soil sampling for chemical analysis and three soil profiles to soil morphology description. It was also analyzed an annual series of rainfall and air and soil temperature, from July 2014 to June 2015. Only one species of earthworm was collected (*Pontoscolex corethrurus*), a peregrine species, dominant and easy to adapt in urban soils. Its density and biomass did not change between the seasons. In dry season the density in MF was 75 ind.m², with biomass of 20,1 g.m². In AF the density was 37 ind.m² and biomass of 12,1 g.m². In wet season the density in MF was 84 ind.m², with biomass of 20,6 g.m². In AF the density was 38 ind.m², with biomass of 11,5 g.m². The MF and AF soils showed uniform morphology, with texture predominantly sandy clay, and granular structure in surface and subangular blocks in depth. It were also registered some biogenic structures, that influence on several soil aspects and functions. Chemical analysis revealed the presence of very acidic soils, low fertile, with high organic matter concentration, higher content in MF, and just a few nutrients. On 12 months of climate attributes analyses in Parque Cientec, the total rainfall was 1418,2 mm (45,7 mm higher than the climatological average). In wet season the rainfall was approximately 800 mm higher than dry season. The temperature increased as well, both in the air and the soil. It was concluded that, spatially, the soil organic matter determined the population density and biomass of earthworms. Temporally, the population density and biomass of *Pontoscolex corethrurus* did not change, however rainfall conditioned their vertical distribution: in dry season, the earthworms were distributed along the soil profile, in the search for moisture in depth; in wet season, they concentrated near the surface, in order to avoid the excessive moisture in the underlying layers.

Keywords: earthworms, soil microclimate, urban forest fragment, Parque Cientec.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Mapa de localização do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga.....	20
Figura 2 – Floresta Ombrófila Densa Montana – Parque Cientec	24
Figura 3 – Floresta Ombrófila Densa Aluvial – Parque Cientec	24
Figura 4 – Representação do design amostral em cada parcela.....	26
Figura 5 – Mapa de design amostral (Parque Estadual das Fontes do Ipiranga – Cientec)..	27
Figura 6 – TSBF adaptado	28
Figura 7 – Representação do corpo da <i>Pontoscolex corethrurus</i> , indicando a boca, o clitelo e o ânus.....	32
Figura 8 – Representação da parte dianteira do corpo da <i>Pontoscolex corethrurus</i> com perspectiva ventral, indicando o prostômio, a parede oral e os segmentos iniciais da minhoca	32
Figura 9 – Perfil 1 na FM para descrição da macromorfologia do solo (0 a 30 cm)	40
Figura 10 – Perfil 2 na FM para descrição da macromorfologia do solo (0 a 30 cm)	40
Figura 11 – Perfil 3 na FM para descrição da macromorfologia do solo (0 a 30 cm)	40
Figura 12 – Perfil 1 na FA para descrição da macromorfologia do solo (0 a 30 cm).....	41
Figura 13 – Perfil 2 na FA para descrição da macromorfologia do solo (0 a 30 cm).....	41
Figura 14 – Perfil 3 na FA para descrição da macromorfologia do solo (0 a 30 cm).....	41
Figura 15 – Estrutura biogênica 1: estrutura cilíndrica grande na FM	42
Figura 16 – Estrutura biogênica 2: estrutura cilíndrica grande na FM	42
Figura 17 – Estrutura biogênica 3: estrutura cilíndrica grande na FM	42
Figura 18 – Estrutura biogênica 4: bloco irregular pequeno com câmara biogênica na FM ..	43
Figura 19 – Estrutura biogênica 5: bloco irregular pequeno com câmara biogênica na FM ..	43
Figura 20 – Estrutura biogênica 6: bloco irregular grande com câmara biogênica na FA ..	43

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Precipitação total, média climatológica da precipitação, temperatura média do ar e temperatura média mínima e máxima do ar de julho de 2014 a junho de 2015	22
Gráfico 2 – Temperatura média do ar e temperatura média do solo em superfície, a 10, 20 e 30 cm de julho de 2014 a junho de 2015.....	23
Gráfico 3 – pH em água das amostras de solo coletadas na FM e FA	46
Gráfico 4 – Saturação por alumínio das amostras de solo coletadas na FM e FA	47
Gráfico 5 – Densidade populacional e biomassa de minhocas da FM e FA nas épocas seca e úmida	47
Gráfico 6 – Carbono orgânico das amostras de solo coletadas na FM e FA	47
Gráfico 7 – Temperatura do ar e na superfície do solo, a 10, 20 e 30 cm de profundidade no dia 25 de setembro de 2014 (coleta de minhocas na FM na época seca)	52
Gráfico 8 – Precipitação total, temperatura média do ar e temperatura na superfície do solo, a 10, 20 e 30 cm de profundidade de julho de 2014 a junho de 2015.....	52
Gráfico 9 – Média da densidade de minhocas da FM e FA nas épocas seca e úmida por profundidade.....	52

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 –	Densidade de minhocas em diferentes profundidades, densidade da espécie de minhocas, densidade populacional, biomassa, riqueza, dominância de Simpson e equitabilidade por diferentes datas, épocas e áreas de amostragem.....	36
Tabela 2 –	Densidade da macrofauna, densidade populacional, riqueza, dominância de Simpson e equitabilidade por diferentes datas, épocas e áreas de amostragem ..	36
Tabela 3 –	Estruturas biogênicas dos solos da FM e FA por diferentes tipos, classes e áreas	44
Tabela 4 –	Atributos climáticos dos dias de coleta de minhocas	51
Tabela 5 –	Atributos climáticos da época seca e época úmida	51
Tabela 6 –	Descrição da macromorfologia do solo da FM	58
Tabela 7 –	Descrição da macromorfologia do solo da FA.....	59
Tabela 8 –	Parâmetros químicos do solo da FM	60
Tabela 9 –	Parâmetros químicos do solo da FA.....	61
Tabela 10 –	Atributos climáticos do Parque Cientec de 1 de julho de 2014 a 30 de junho de 2015	62

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

FA	Floresta Ombrófila Densa Aluvial
FM	Floresta Ombrófila Densa Montana
PEFI	Parque Estadual das Fontes do Ipiranga
SBR	Sistemas Biológicos de Regulação
SNTS	Sistemas Naturais Terrestres de Superfície
TSBF	<i>Tropical Soil Biology and Fertility</i>

LISTA DE SÍMBOLOS

CO	Carbono orgânico
CTC	Capacidade de troca de cátions
D	Índice de Dominância de Simpson
E	Índice de Equitabilidade
g.kg ¹	Gramas por quilo de solo
g.m ²	Gramas por metro quadrado
H+Al	Acidez potencial
ind.m ²	Indivíduo por metro quadrado
m	Saturação por alumínio
mg.kg ¹	Miligramas por quilo do solo
mmolc.kg ¹	Milimol de carga por quilo de solo
obs/ha	Observação por hectare
S	Riqueza
SB	Soma de bases trocáveis
t/ha/ano	Tonelada hectare ano
V	Saturação em CTC por bases

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
2 OBJETIVOS	18
2.1 Objetivo geral	18
2.2 Objetivos específicos	18
3 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	19
3.3 Geomorfologia	21
3.4 Pedologia	21
3.5 Clima.....	22
3.6 Vegetação.....	23
4 MATERIAL E MÉTODOS	25
4.1 Confecção da unidade experimental	25
4.2 Extração e identificação de minhocas.....	28
4.3 Testes bioestatísticos.....	29
4.4 Descrição da macromorfologia e avaliação da pedoturbação.....	29
4.5 Química do solo	30
4.6 Atributos climáticos	30
5 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	31
5.1 A minhoca-mansa	31
5.2 Testes bioestatísticos.....	33
5.3 Macromorfologia do solo e avaliação da pedoturbação	37
5.4 Química do solo	45
5.5 Microclima do solo	48
CONCLUSÃO.....	53
REFERÊNCIAS	54
ANEXOS	58

1 INTRODUÇÃO

O solo é um elemento complexo do estrato geográfico. Ele é um meio com grandes variações microclimáticas e composto por poros compactos, preenchidos por água e ar, com pouco oxigênio, luz e alimento disponível à sua fauna. Essas características fazem com que a enorme diversidade de animais que nele habita possua as mais diversas estratégias de adaptação (LAVELLE; SPAIN, 2001; LEE, 1985).

A biota do solo pode ser classificada de acordo com o diâmetro corporal. A microbiota (< 0,2 mm) é composta pela microfauna, como nematoides e protozoários, e por microrganismos, como fungos e bactérias. A mesofauna compreende invertebrados de tamanho médio (0,2 a 2,0 mm), como colêmbolos e ácaros. Já a macrofauna contém os maiores invertebrados do solo (> 2,0 mm, geralmente visíveis a olho nu), como besouros, cupins, formigas e minhocas (SWIFT; HEAL; ANDERSON, 1979).

A partir das modificações que realizam, é possível agrupar os invertebrados do solo em micropredadores, transformadores de liteira e engenheiros do ecossistema. O grupo dos micropredadores é formado pelos menores invertebrados do solo (microfauna) e eles estimulam a mineralização da matéria orgânica. O grupo dos transformadores de liteira é composto pela mesofauna e alguns organismos da macrofauna e eles fragmentam e decompõem a matéria orgânica na superfície do solo. Já os engenheiros do ecossistema são organismos que, a partir da sua capacidade de movimentação entre as partículas do solo e dejeção de estruturas orgânico-minerais, influenciam a disponibilidade de recursos a outros organismos. Esse grupo é composto somente por alguns animais da macrofauna: os corós, os cupins, as formigas e as minhocas (LAVELLE, 1997; LAVELLE et al., 1997).

Assim, as minhocas estão entre os principais organismos da fauna edáfica. De acordo com o comportamento ecológico de cada espécie é possível classificá-las em diferentes grupos funcionais. As epigeicas concentram-se no horizonte O e fragmentam a matéria orgânica vegetal, facilitando sua decomposição. As anécicas cavam galerias que ligam o solo em profundidade à superfície e se alimentam de matéria orgânica em decomposição. As endogeicas vivem em profundidade e consomem solo com diferentes teores de matéria orgânica. Então, as minhocas podem ser detritívoras, quando se alimentam de restos orgânicos com estrutura celular reconhecível, ou geófagas, que se alimentam de matéria orgânica em diferentes graus de decomposição, dispersos entre as partículas minerais do solo (BARTZ, 2011; LAVELLE; SPAIN, 2001; LEE, 1985; MIKLÓS, 2012; RIGHI, 1997).

Nos processos de decomposição e ciclagem de nutrientes é possível identificar quatro Sistemas Biológicos de Regulação (SBR): 1) Serapilheira e raízes superficiais: sistema onde a liteira é fonte direta de energia, responsável pela ciclagem de nutrientes às camadas superficiais do solo; 2) Rizosfera: sistema onde ocorrem interações entre as raízes e a microbiota; 3) Drilosfera: comprehende a camada de solo influenciada pelas minhocas que se alimentam de matéria orgânica em decomposição; 4) Termitosfera: solo influenciado pela atividade dos cupins. Assim, as minhocas desempenham papel ecológico significativo na comunidade decompositora, já que sua função primordial é decompor matéria orgânica e incorporá-la ao solo mineral, influenciando em propriedades físicas, químicas e biológicas do solo (LAVELLE et al., 1992; LAVELLE et al., 1997; RIGHI, 1997).

As ações sobre aspectos físicos do solo se dão de forma direta, a partir da construção de estruturas biogênicas, como coprólitos e galerias. Seus coprólitos são agregados de solo, que se tornam estáveis com a perda de umidade e aglutinação das partículas. Como em suas fezes ainda há muito alimento disponível, as minhocas comem os próprios agregados, contribuindo para a pedoturbação dos horizontes superficiais e reciclando constantemente a estrutura do solo. Já as galerias são canais formados pela movimentação e alimentação das minhocas entre as partículas do solo. A partir dessas estruturas biogênicas, então, as minhocas aumentam a estabilidade estrutural, a porosidade e aeração, permitindo maior infiltração da água no solo (LEE, 1985; MELO JÚNIOR, 2012; RIGHI, 1990; 1997).

A influência sobre os atributos químicos e biológicos do solo se dá de forma indireta. A partir de seus coprólitos, as minhocas contribuem para o aumento de microrganismos, fósforo, potássio e cálcio no solo. Já através de secreções e cadáveres, as minhocas contribuem para o aumento da concentração de nitrogênio, que pode ser assimilado pelas plantas. Embora elas sejam raras em solos ácidos, as minhocas admitem ampla variação de pH. A disponibilidade de alimento, por outro lado, é um dos principais condicionantes da presença de minhocas (BARETTA, 2007; BARTZ, 2011; LEE, 1985; RIGHI, 1997; 1999).

A densidade populacional e biomassa de minhocas estão condicionadas a diversos fatores que atuam em diferentes escalas temporais e espaciais. Na escala global, há uma clara interferência térmica, fazendo com que esses organismos estejam presentes predominantemente das áreas temperadas frias às tropicais, com exceção dos solos encharcados, salinos, desérticos ou cobertos por gelo no alto das montanhas. Já o regime de chuvas e o contraste entre o período seco e úmido faz com que valores máximos de abundância e biomassa concentrem-se na época úmida. A época seca também interfere na

distribuição vertical das minhocas, quando algumas espécies migram para camadas mais profundas do solo (FRAGOSO; LAVELLE, 1992; LAVELLE; SPAIN, 2001; LEE, 1985).

Nesse sentido, o microclima do solo se coloca como um dos principais determinantes da presença e atividade das minhocas. Suas variáveis mais importantes são sua temperatura interna e umidade. A temperatura do solo está diretamente relacionada ao balanço de energia na superfície e a transmissão de calor às camadas inferiores depende de fatores como cobertura vegetal, tamanho da partícula do solo e teores de água e matéria orgânica. Já a quantidade de água no solo depende de sua textura e estrutura, pois seus poros são quase totalmente cheios de água no estado líquido ou em vapor (LAVELLE; SPAIN, 2001).

As minhocas são sensíveis e reagem rapidamente a qualquer tipo alteração no solo. Por exemplo, a compactação do solo impede que as minhocas construam galerias e câmaras; o revolvimento dos horizontes superficiais aumenta a temperatura do solo, modificando seu microclima; fertilizantes, resíduos orgânicos e queimadas podem alterar a diversidades de organismos edáficos. Assim, através de estudos de abundância e diversidade, as minhocas podem ser utilizadas como indicadores biológicos de qualidade ambiental (BARETTA, 2007; MELO et al., 2009), auxiliando a compreensão dos processos ecológicos em locais isolados e perturbados, como fragmentos florestais urbanos (PATUCCI, 2015).

As minhocas vêm sendo objeto de estudo em diferentes áreas da ciência (BARETTA, 2007; BARTZ 2011; PATUCCI, 2015), com o intuito de elucidar questões sobre a relação desses organismos com os elementos atuantes na superfície do meio físico terrestre. Assim, é possível estudar as minhocas em diversas perspectivas. Por exemplo, através de pesquisas quantitativas é possível conhecer a abundância e diversidade das minhocas em locais com diferentes características geográficas, como tipo de solo, vegetação e clima. Com um viés pedológico, comprehende-se a função desempenhada por esses organismos nas características físicas, químicas e biológicas do solo. Com a agronomia, permite-se entender a ação das minhocas na potencialização de cultivos. Ainda, um estudo pode assumir diferentes perspectivas, de acordo com o problema levantado e o caminho metodológico adotado.

A Geografia é a ciência que estuda a localização, gênese e evolução dos objetos na superfície terrestre (COLANGELO, 2004). Assim, neste trabalho apresenta-se um estudo com viés geográfico, isto é, procura-se entender a relação das minhocas, um importante organismo, com os demais elementos do meio físico terrestre em superfície, principalmente o solo e o clima, que influenciam a presença e a atividade desses animais no estrato geográfico.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

O objetivo deste projeto consiste em analisar características microclimáticas dos solos de um fragmento florestal urbano na cidade de São Paulo (Parque Cientec), a fim de relacioná-las com a densidade populacional (abundância), biomassa e diversidade de minhocas e compreender, portanto, seus padrões de organização, adaptabilidade e influência na morfologia do solo.

2.2 Objetivos específicos

- Levantar a densidade populacional, biomassa e diversidade de minhocas em períodos contrastantes (estação seca e úmida);
- Verificar a relação entre a densidade populacional, biomassa e diversidade de minhocas com a morfologia do solo, cobertura vegetal e gradiente topográfico;
- Averiguar a adaptabilidade das minhocas através da variação de atributos químicos e microclimáticos do solo;
- Caracterizar informações macromorfológicas das camadas superficiais dos solos, atentando-se para a presença de estruturas biogênicas.

3 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Segundo o *Atlas dos Remanescentes Florestais da Mata Atlântica Período 2012-2013*, dos 130.973.638 hectares delimitados pelo *Mapa da Área de Aplicação da Lei da Mata Atlântica* (Lei 11.428/2006) em todo o Brasil, 12,5% remanesce. No Estado de São Paulo, dos 17.071.302 ha, restam 13,9% (FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA; INPE, 2014). Assim, os remanescentes de Mata Atlântica encontram-se muito ameaçados.

A urbanização perturba fortemente tais florestas, fragmentando-as e isolando-as nas das cidades, alterando a dinâmica dos ecossistemas. Fatores como tamanho, forma, isolamento, vizinhança e histórico de perturbações são decisivos na intensidade do impacto à biodiversidade (BENSUSAN, 2006; VIANA; PINHEIRO, 1998). Por outro lado, os fragmentos florestais fornecem diversos benefícios às cidades, como retenção e estabilização do solo, proteção de mananciais e minimização de ruídos (GUIRÃO; FILHO, 2011).

Nesse contexto encontra-se a área de estudo desta pesquisa: Parque de Ciência e Tecnologia da USP (Parque Cientec). Criado em 2001, ele ocupa 141 hectares do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI). Fundado em 1969, o PEFI tem seus limites demarcados desde 1893 e atualmente possui 526,38 ha, onde também coexistem importantes instituições, como o Zoológico de São Paulo, o Zôo Safari, o Jardim Botânico, o Instituto de Botânica e o Instituto Geológico (BARBOSA, PATOMATI, PECCININI, 2002).

Assim, o PEFI é um dos principais fragmentos florestais urbanos da cidade de São Paulo. Ele localiza-se a sudeste da capital paulista, na divisa com os municípios de Diadema e São Bernardo do Campo. Na Figura 1 observa-se o mapa de localização do Parque Cientec (organizado por PATUCCI, 2015), contendo seu limite dentro do PEFI, os limites dos distritos de São Paulo, os limites dos municípios da Região Metropolitana de São Paulo, corpos d'água e eixos de logradouros.

Além da importância ecológica já mencionada, fragmentos florestais urbanos possuem forte relevância social. O Parque Cientec, por exemplo, é uma Reserva Ecológica da Universidade de São Paulo e tem como objetivo a preservação ambiental permanente, destinada à conservação, restauração, pesquisa, extensão e ensino. Nele desenvolvem-se atividades destinadas a escolas públicas e privadas, ligadas ao desenvolvimento científico e à educação ambiental, dentre elas destaca-se o projeto Solo na Escola, coordenado pela Profa. Dra. Déborah de Oliveira. Este projeto visa desenvolver pesquisas ligadas ao ensino de solos na educação básica, promovendo tanto exposições e atividades interativas a alunos, quanto orientações e desenvolvimento de material aos professores (OLIVEIRA, 2010).

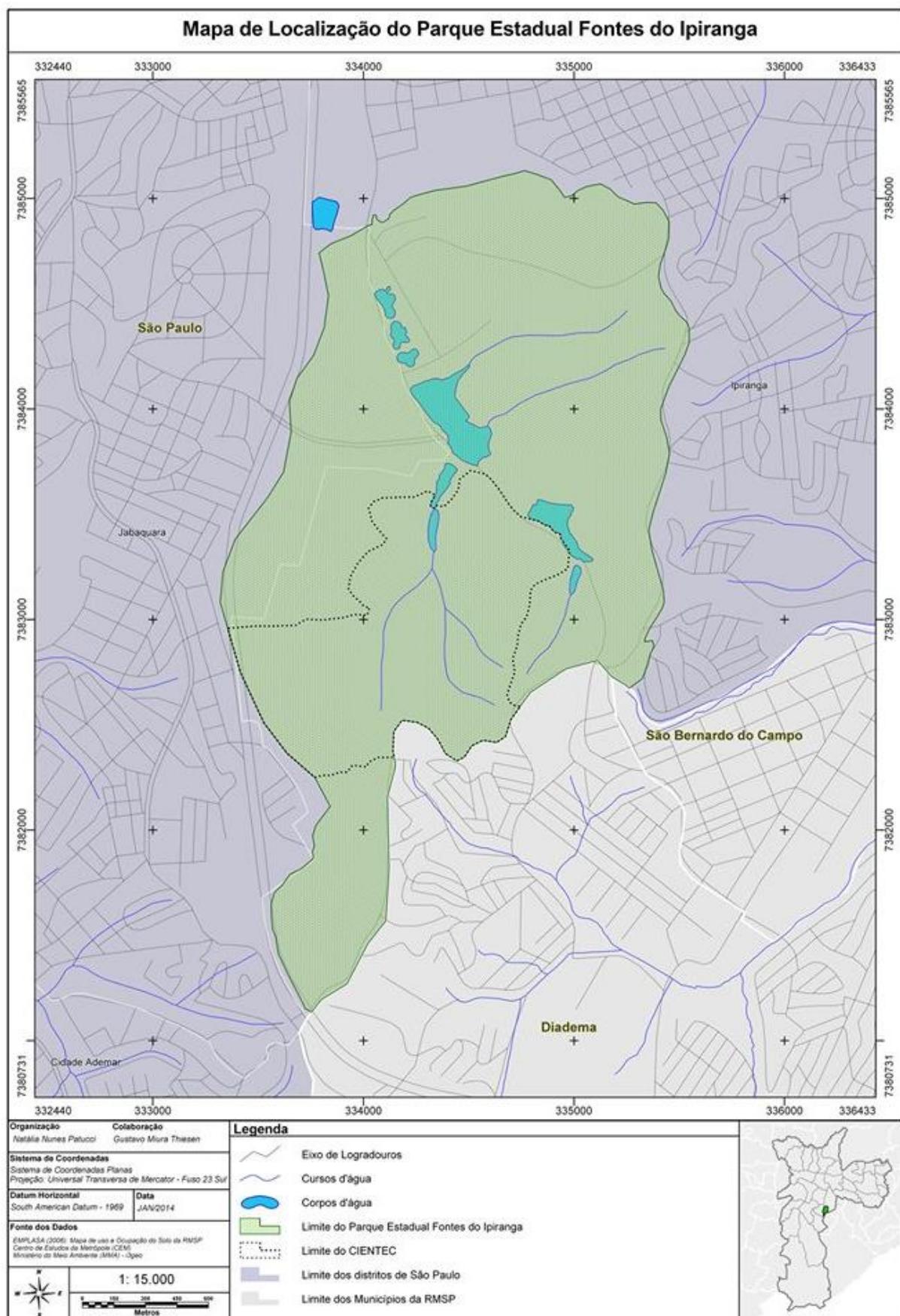


Figura 1 – Mapa de localização do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga
Fonte: PATUCCI (org.), 2015.

3.3 Geomorfologia

O PEFI situa-se sobre o *planalto Atlântico leste-sudeste em cinturão orogênico*, uma unidade residual do relevo do brasileiro, cuja gênese está associada a diversos ciclos de dobramentos, metamorfismos, falhamentos, intrusões e ciclos de erosão. Este relevo é sustentado por litologias diversas, predominando rochas ígneas e metamórficas, modelando topos convexos, elevada densidade de canais de drenagem e vales profundos (ROSS, 2005).

Na cidade de São Paulo, em específico, há um relevo suavizado, com morros e espiões de altitudes modestas (715 a 900 m), denominada de Planalto Paulistano. Esse modelado insere-se no sistema de *riffs* continentais da Serra do Mar, na região de contato entre as rochas pré-cambrianas do Complexo Embu e os sedimentos da Bacia Sedimentar de São Paulo. O Complexo Embu é composto por rochas metamórficas de médio e alto grau, como migmatitos heterogêneos de estruturas variadas, predominando estromatitos de paleossoma xistoso, gnáissico e anfibólico (FERNANDES; REIS; CARVALHO, 2002).

Nesse contexto geomorfológico insere-se o relevo do PEFI, constituído por topos convexos de cotas mais elevadas, que formam os divisores de águas das nascentes do riacho do Ipiranga. Há também patamares com superfícies aplanadas com cotas abaixo de 800 m. Nos fundos de vales as áreas são predominantemente planas, formadas por deposição de sedimentos fluviais do Quatenário, nas margens dos canais fluviais e dos lagos, em cotas abaixo de 775 m (FERNANDES; REIS; CARVALHO, 2002).

3.4 Pedologia

Não existe um estudo detalhado sobre os solos do PEFI. No entanto, levando em consideração os aspectos geomorfológicos da área de estudo, é possível inferir que no PEFI ocorram predominantemente Latossolos Vermelho Amarelos, derivados de rochas pré-cambrianas e de depósitos do terciário (FERNANDES; REIS; CARVALHO, 2002).

Esse tipo de solo foi estudado através de uma topossequência localizada numa vertente de topo aplainado, representativa das encostas presentes na área de estudo. Esses solos apresentam horizontes com estrutura granular, textura argilosa e variação em sua coloração. Já as análises químicas apontaram para a presença de solos muito ácidos, com alta concentração de matéria orgânica, pouco férteis e pobres em nutrientes, sendo sua reposição feita, em grande parte, pela decomposição da serapilheira (FERNANDES; REIS; CARVALHO, 2002).

3.5 Clima

O clima do PEFI está inserido no contexto da Bacia Hidrográfica do Alto do Tietê, possuindo fortes influências marítimas. É caracterizado pela transição brusca do litoral para o planalto, fator determinante na definição do clima local. Assim, segundo a classificação de Koeppen (1931), o PEFI possui um clima temperado (Cwb), com regime de chuvas no verão e inverno seco (SANTOS; FUNARI, 2002).

A partir de dados retirados da Estação Meteorológica do IAG/USP (Gráfico 1), localizada no interior do Parque Cientec, verificou-se uma precipitação total de 1418,2 mm em uma série de 12 meses (julho de 2014 a junho de 2015), 45,7 mm a mais que a média climatológica (1933-2002). Entre dezembro e março a precipitação total mensal foi sempre maior que 200 mm, extrapolando a média climatológica. Por outro lado, nos meses restantes a precipitação total mensal foi quase sempre menor que 100 mm, ficando abaixo da média. Desta forma, confirma-se a distribuição sazonal da chuva na área de estudo.

Também entre dezembro e março a temperatura média do ar foi de 22,7°C, com média de 19,9°C ao longo dos 12 meses (Gráfico 1). A temperatura do solo seguiu a tendência da temperatura do ar, já que o microclima do solo é subordinado ao clima externo (LAVELLE; SPAIN, 2001). No entanto essa relação é atenuada com a profundidade, fazendo com que as temperaturas médias mensais a 30 cm, por exemplo, sejam menores do que em superfície. A 30 cm a média de temperatura ao longo dos 12 meses foi 22,8°C, enquanto a temperatura média em superfície foi 24,5°C (Gráfico 2).

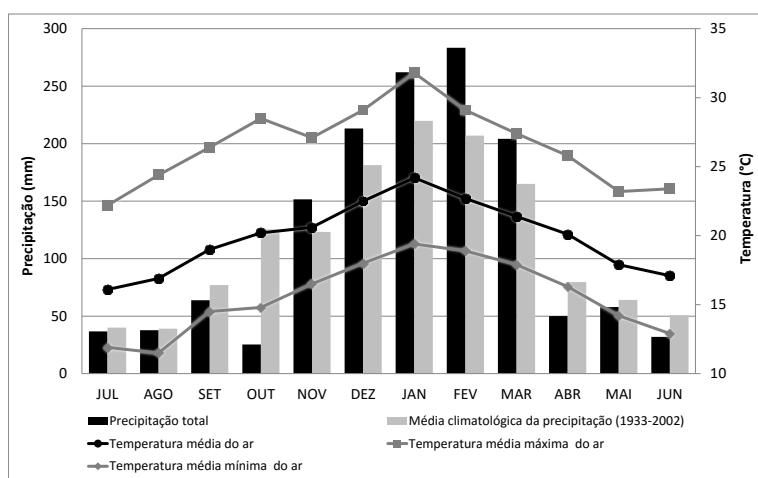


Gráfico 1 – Precipitação total, média climatológica da precipitação, temperatura média do ar e temperatura média mínima e máxima do ar de julho de 2014 a junho de 2015

Fonte: Estação Meteorológica do IAG/USP.

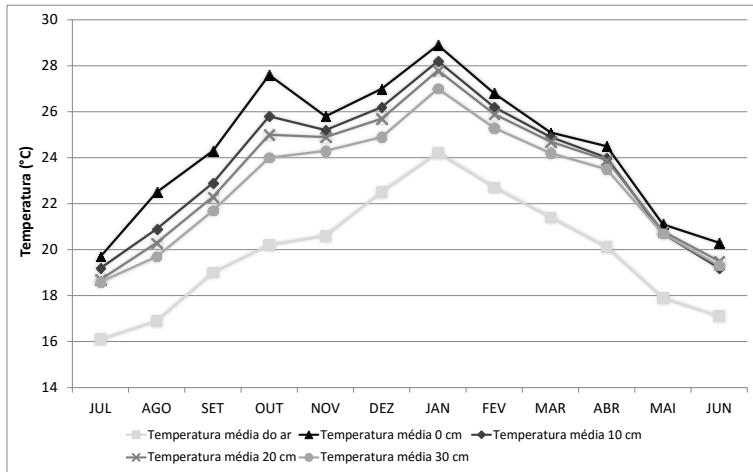


Gráfico 2 – Temperatura média do ar e temperatura média do solo em superfície, a 10, 20 e 30 cm de julho de 2014 a junho de 2015

Fonte: Estação Meteorológica do IAG/USP.

3.6 Vegetação

A vegetação do PEFI pertence ao Domínio da Mata Atlântica. Na cidade de São Paulo, apenas 18% dessa vegetação remanesce (FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA; INPE, 2014). Nesse contexto está incluso a área do PEFI, que abriga tanto alguns tipos de florestas em estágio secundário de regeneração, como áreas em provável degeneração (BARBOSA; PATOMATI; PECCININI, 2002). Sua vegetação dominante é classificada como Floresta Ombrófila Densa, com características climáticas tropicais de elevadas temperaturas (médias de 25°C) e de alta precipitação bem distribuída durante o ano (IBGE, 2012).

A Floresta Ombrófila Densa possui diferentes formações que são condicionadas pela variação latitudinal e altitudinal. No PEFI a formação dominante é classificada como Floresta Ombrófila Densa Montana (FM). Entre 16° a 24° de latitude Sul, estas florestas situam-se no alto das encostas dos planaltos e serras de 500 m a 1500 m de altitude, possuindo estrutura florestal de dossel uniforme a aproximadamente 20 m de altura (IBGE, 2012). No Parque Cientec, especificamente, a FM é formada por árvores baixas (4 a 6 m), esparsas, mas que formam um dossel homogêneo (Figura 2).

Já nas áreas às margens da rede de drenagem existente no PEFI, a formação da vegetação é classificada como Floresta Ombrófila Densa Aluvial (FA). Esta formação não possui zonação latitudinal ou altitudinal, ocorrendo ao longo de cursos de água, em locais com maior umidade. Geralmente apresenta dossel emergente e uniforme (IBGE, 2012). No Parque Cientec, predominam árvores baixas (4 a 6 m), vegetação densa e dossel homogêneo, com poucos indivíduos emergentes no sub-bosque (Figura 3).



Figura 2 – Floresta Ombrófila Densa Montana – Parque Cientec
Fonte: MESQUITA, 2014.

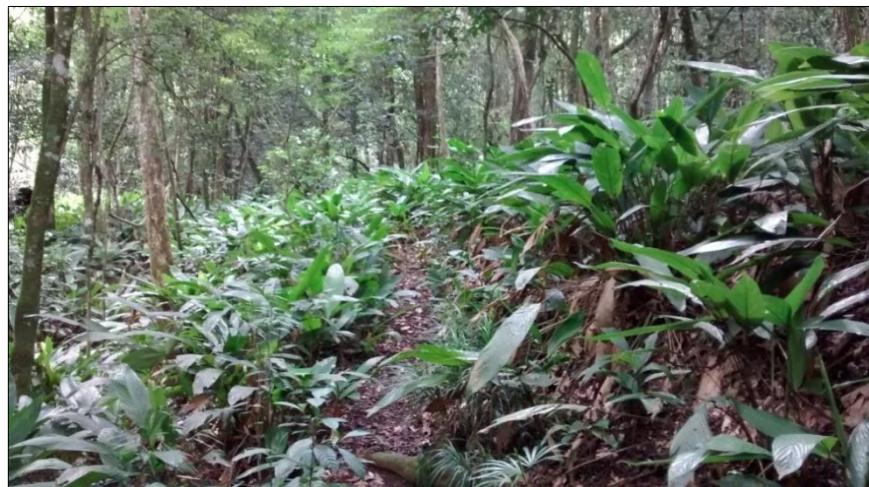


Figura 3 – Floresta Ombrófila Densa Aluvial – Parque Cientec
Fonte: MESQUITA, 2014.

4 MATERIAL E MÉTODOS

Esta pesquisa se dividiu em três grandes etapas: 1) o estudo se iniciou com um amplo levantamento bibliográfico que acompanhou todo o seu desenvolvimento, a fim de compreender o papel das minhocas na formação e conservação dos solos e também para aquisição de características gerais da área de estudo em fontes secundárias; 2) em seguida foram coletados dados em campo com base em manuais, através da observação e quantificação; 3) a última etapa do trabalho consistiu no tratamento e descrição dos dados coletados em campo, com auxílio de testes bioestatísticos, tabelas e gráficos.

O desenvolvimento de todas essas etapas teve como norte os Sistemas Naturais Terrestres de Superfície (SNTS). Este modelo adota uma representação em estrutura octogonal do meio físico terrestre em superfície, onde seus vértices são ocupados pelos seguintes elementos: clima, rocha, solo, relevo, água e organismos (COLANGELO, 2004). Assim, procurou-se considerar cada um destes polos, para que, ao final, este trabalho possa contribuir para o entendimento do estrato geográfico terrestre em sua totalidade.

Nas próximas seções deste capítulo estão detalhados os materiais e procedimentos metodológicos utilizados em cada etapa do trabalho.

4.1 Confecção da unidade experimental

O estudo foi realizado em duas parcelas amostrais no interior do Parque Cientec, com 1,68 hectares cada: uma na Floresta Ombrófila Densa Montana (FM), na cota altimétrica de 815 m, e outra na Floresta Ombrófila Densa Aluvial (FA), em uma planície fluvial, na cota altimétrica de 780 m, a fim de comparar a densidade populacional, biomassa e diversidade de minhocas entre locais com diferentes tipos vegetação, solo e altitude. A Figura 4 representa o design amostral confeccionado.

Em cada parcela amostral foram feitas duas coletas de minhocas: uma na época seca (dia 25 de setembro de 2014 na FM e dia 02 de outubro de 2014 na FA) e uma na época úmida (dia 04 de fevereiro de 2015 na FM e dia 24 de fevereiro de 2014 na FA). O método de coleta utilizado foi o *Tropical Soil Biology and Fertility* (TSBF). Para esta metodologia recomenda-se estabelecer no mínimo 5 pontos de amostragem por hectare (AQUINO, 2001). Nesta pesquisa foram alocados aleatoriamente 9 pontos de amostragem em cada parcela (profundidade 0-30 cm), cada um distante 30 m entre si, com 20 m de bordadura. Os pontos de amostragem em cada parcela foram identificados em sequência (1, 2, [...] e 9) e a

localização de cada um deles está georreferenciada na Figura 5 (adaptado de PATUCCI, 2015).

Para descrição da macromorfologia do solo e avaliação da pedoturbação foram abertos três perfis de solo em cada parcela amostral (profundidade 0-30 cm). Assim, obtemos uma densidade de observações de 1,79 obs/ha, o que representa um levantamento de características pedológicas detalhado (EMBRAPA, 1995). Os perfis em cada parcela foram abertos próximos a pontos de coleta de minhocas e identificados em sequência (P1, P2 e P3). A localização de cada um dos perfis está georreferenciada na Figura 5 (adaptado de PATUCCI, 2015).

Para determinação de atributos químicos do solo foram coletadas 18 amostras em cada parcela amostral (profundidade 0-30 cm), utilizando um tradô holandês do Laboratório de Pedologia do Departamento de Geografia (FFLCH/USP). A cada ponto de coleta de minhocas foram alocados dois pontos de tradagem para coleta de solo, distantes 20 m entre si e identificados em sequência (C1, C2, [...] e C18). A localização de cada um deles está georreferenciada na Figura 5 (adaptado de PATUCCI, 2015).

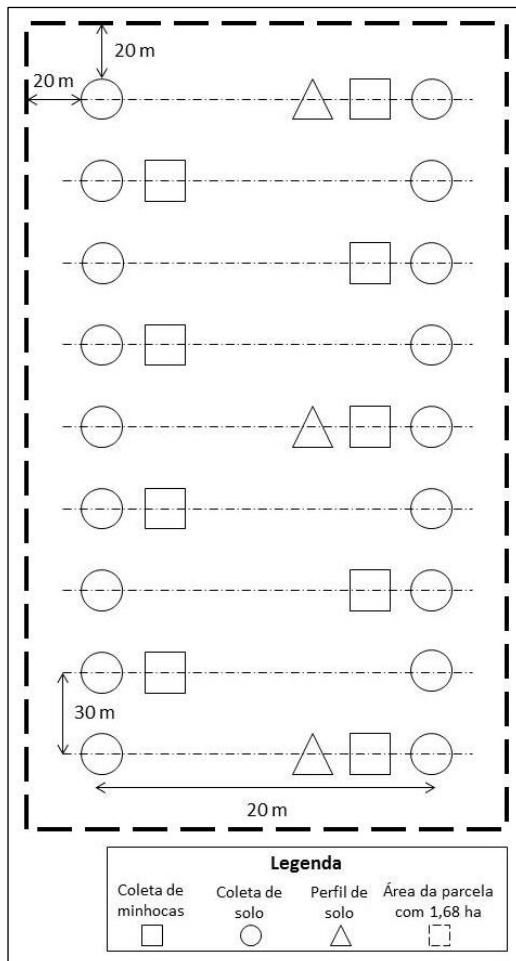


Figura 4 – Representação do design amostral em cada parcela
Fonte: MESQUITA, 2015.

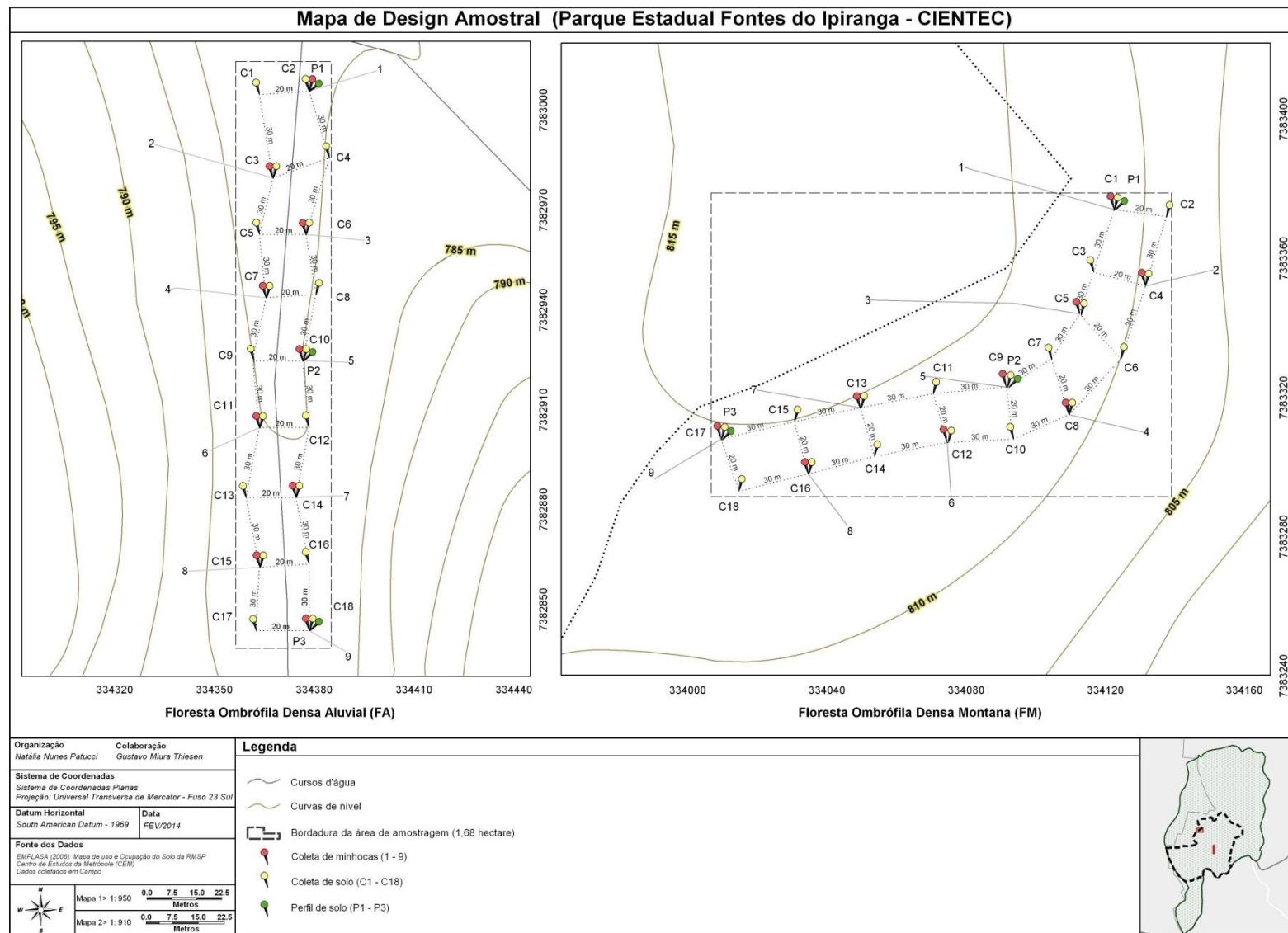


Figura 5 – Mapa de design amostral (Parque Estadual das Fontes do Ipiranga – Cientec)

Fonte: Adaptado de PATUCCI, 2015.

4.2 Extração e identificação de minhocas

O *Tropical Soil Biology and Fertility* (TSBF) é uma metodologia de coleta de macrofauna edáfica que consiste na triagem manual de monólitos. Para tanto, em cada ponto de amostragem foi realizada uma escavação de 30x30x30 cm (PATUCCI, 2015), adaptando as medidas originais do método (25x25x30 cm) (AQUINO, 2001), para retirada de monólitos, utilizando uma pá reta, faca e martelo pedológico (Figura 6). Cada amostra foi triada por profundidade (0-10, 10-20 e 20-30 cm), colocando cada camada de solo em uma bandeja e, com o auxílio de uma pinça, os indivíduos encontrados foram coletados, contados, secados ao ar livre por 20 minutos sobre papel toalha, pesados para obtenção da biomassa e conservados em álcool 92% para identificação taxonômica por espécie.

Uma parceria foi estabelecida entre o aluno Danilo Oliveira Mesquita e a Dra. Marie Bartz, especialista em taxonomia de *oligochaetas* e professora do Programa de Pós-Graduação em Gestão Ambiental da Universidade Positivo, através da qual as minhocas coletadas no período seco foram identificadas por espécie.

O aluno Danilo Oliveira Mesquita, participou do *Curso de Taxonomia, Biologia e Ecologia de Minhocas*, organizado pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) e ministrado pelos professores Dr. Samuel James (*University of Iowa*, EUA), Dra. Marie Bartz (Universidade Positivo) e Dr. George Brown (Embrapa Florestas). O curso foi realizado de 9 a 13 de fevereiro de 2015 na Universidade Positivo, Curitiba-PR. Assim, as minhocas coletadas no período úmido foram identificadas pelo aluno Danilo Oliveira Mesquita, utilizando as técnicas e os materiais didáticos obtidos durante o curso (JAMES; BARTZ; BROWN, 2015). A identificação foi realizada na sede do projeto Solo na Escola no Parque Cientec, com o auxílio de instrumentos como pinça, bisturi e lupa binocular.



Figura 6 – TSBF adaptado
Fonte: MESQUITA, 2014.

4.3 Testes bioestatísticos

Os dados obtidos na coleta de minhocas no período seco e úmido foram transformados em indivíduos por metro quadrado (ind.m²) e gramas por metro quadrado (g.m²) (AQUINO, 2001). Através do gerenciador de planilhas *Microsoft Excel Professional Plus 2010*, foram calculados também três testes bioestatísticos, a fim de avaliar aspectos relacionados à quantidade, diversidade e uniformidade dos grupos taxonômicos (ODUM, 2001):

Riqueza (*S*), que representa simplesmente a quantidade de grupos taxonômicos na amostra.

Índice de Dominância de Simpson (*D*), para avaliação da diversidade da amostra. Representa a probabilidade de dois indivíduos sorteados aleatoriamente pertencerem ao mesmo grupo taxonômico. Ele varia de 0 a 1, sendo que quanto mais próximo a 1, menor é a diversidade. Ele é calculado através da seguinte fórmula:

$$D = \sum_{i=1}^n P_i^2$$

Onde *P_i* é a proporção da espécie *i* no total de indivíduos *n*.

Índice de Equitabilidade (*E*), para verificar a maneira que a quantidade de indivíduos está distribuída entre os grupos taxonômicos. Ele varia de 0 a 1, sendo que quanto mais próximo a 1, mais uniforme é a distribuição dos indivíduos entre os grupos. Ele é calculado através da seguinte fórmula:

$$E = \frac{1}{\frac{D}{S}}$$

4.4 Descrição da macromorfologia e avaliação da pedoturbação

A fim de se obter as características morfológicas dos solos do Parque Cientec e avaliar a pedoturbação neles existentes, cada um dos três perfis de solo abertos em cada parcela amostral foram divididos em camadas (0-10, 10-20 e 20-30 cm), onde foram observadas a cor (através da Tabela de Cores de Munsell), textura, estrutura, porosidade, cerosidade e consistência (SANTOS et al., 2005), utilizando faca e martelo pedológico, trena e pisseta. As

estruturas biogênicas encontradas no solo ao longo da coleta de dados em campo foram fotografadas e descritas por classe (em mm) e tipo (granular, glóbulos, cilíndricos, blocos), bem como verificado a influência que podem causar na morfologia do solo (MELO JÚNIOR, 2012). Os resultados obtidos foram organizados e sintetizados em tabelas.

4.5 Química do solo

Para análise química dos solos da área de estudo, as 18 amostras de solo coletadas em cada parcela amostral foram enviadas ao Laboratório de Solos da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ/USP), em parceria com a mestrandona Natália Nunes Patucci, através do processo 2013/17.014-4, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), para a determinação dos seguintes parâmetros: pH em água, pH em KCl, carbono orgânico (CO), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), alumínio (Al), acidez potencial (H+Al), soma de bases trocáveis (SB), capacidade de troca de cátions (CTC), saturação em CTC por bases (V) e saturação por alumínio (m). As análises foram feitas de acordo com o *Manual de métodos de análise de solo* (EMBRAPA, 1997) e os resultados foram interpretados de acordo com o *Sistema brasileiro de classificação de solo* (EMBRAPA, 2006).

4.6 Atributos climáticos

A fim de se obter os atributos climáticos influentes no microclima dos solos da área de estudo, foram utilizados dados da Estação Meteorológica do IAG/USP, localizada no interior do Parque Cientec (latitude: 23,65 sul; longitude: 46,62 oeste; altitude: 800 metros). Foram utilizados os seguintes atributos: precipitação, temperatura do ar e temperatura do solo (0, 10, 20 e 30 cm).

Cada atributo foi analisado mensalmente no período de 12 meses: de 1 de julho de 2014 (início do inverno) a 30 de junho de 2015 (fim do outono), divididos entre época seca e época úmida. Como época seca foi considerada os meses entre o início do inverno e o início da primavera (de julho de 2014 a outubro de 2014). Como época úmida foi considerada os meses entre o fim da primavera e o fim do verão (de dezembro de 2014 a março 2015). Também foram analisados dados diários para análise das condições climáticas em que ocorreram as coletas na FM e FA. Os dados coletados foram organizados e sintetizados em tabelas e gráficos.

5 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

5.1 A minhoca-mansa

Atualmente há cerca de 5.700 espécies de minhocas válidas no mundo. Dentre elas, destacamos a *Pontoscolex corethrurus* (MÜLLER, 1857) (Família *Glossoscolecidae*; Filo *Annelida*), a única espécie encontrada no Parque Cientec em todas as coletas realizadas. Além do seu nome científico, Müller também concedeu seu nome popular de “rabo de escova”, devido às suas cerdas na parte posterior do corpo. Atualmente ela é conhecida como “minhoca-mansa”, por não se debater quando retirada do solo (BARTZ, 2011; RIGHI, 1990).

A Família *Glossoscolecidae* tem origem na Região Neotropical – área compreendida entre a Guatemala e o norte da Argentina. A *Pontoscolex corethrurus*, em específico, é nativa do Planalto das Guianas, mas ocorre em toda faixa tropical e subtropical do planeta. Assim, no Brasil essa espécie é considerada peregrina. Acredita-se que sua dispersão por toda a América do Sul e Central pode ter tido tanto causas naturais, como antrópicas, sendo transportada por indígenas. As espécies introduzidas estão quase sempre próximas ao homem, vivendo mais nos solos urbanos do que nos agrícolas. Elas se sobrepõem às espécies nativas e as expulsam paulatinamente, devido a sua maior taxa de reprodução e maior tolerância a variações das condições do solo, como temperatura, umidade e pH (LEE, 1985; RIGHI, 1990; 1997).

A locomoção das minhocas faz-se por peristaltismo, contração e relaxamento da musculatura. As cerdas do seu corpo são pontos de apoio no solo, movendo-se para trás e empurrando a minhoca para frente. Essa maneira de se locomover faz com que a região anterior do corpo da minhoca seja cônica e com musculatura mais forte do que o restante do corpo. Desta forma, a velocidade de dispersão ativa das populações de minhocas é baixa, variando de 4 a 9 metros por ano. Existem ainda barreiras naturais que impedem esse processo, como o clima, tipo de solo, disponibilidade de alimentos, cordilheiras, rios e mares. Por outro lado, a dispersão passiva pode ter o auxílio humano ou de enxurradas, transportando os animais por longas distâncias. Estima-se que o tempo de vida de uma minhoca varie de 3 a 10 anos. As principais causas de morte são mudanças nas condições ambientais, parasitismo, acidentes e predadores (BARTZ, 2011; LEE, 1985; RIGHI, 1966, 1990, 1997).

A diversidade de espécies de minhocas está associada à sua anatomia, baseando-se tanto na forma como na posição segmentar das diferentes estruturas ao longo do corpo

(RIGHI 1990, 1999). Neste trabalho, não convém entrarmos em detalhes sobre os caracteres externos e internos das minhocas. No entanto, cabe pontuar algumas características gerais.

A *Pontoscolex corethrurus* não possui pigmentação. A cor rosada dos animais vivos é causada pelo sangue. Quando fixados em álcool, a coloração fica acinzentada, devido ao conteúdo intestinal. Indivíduos adultos atingem em média 10 cm de comprimento e 4 mm de diâmetro. O corpo é composto em média por 180 segmentos. O clitelo – inchaço da parede corporal, onde células epidérmicas glandulares secretam material responsável pela produção dos ovos – encontra-se nos segmentos 15-23 na forma de sela (Figura 7). O prostômio – órgão com terminações sensoriais utilizado para captura de alimentos – tem forma tentacular (Figura 8) (JAMES; BARTZ; BROWN, 2015; RIGHI, 1990).

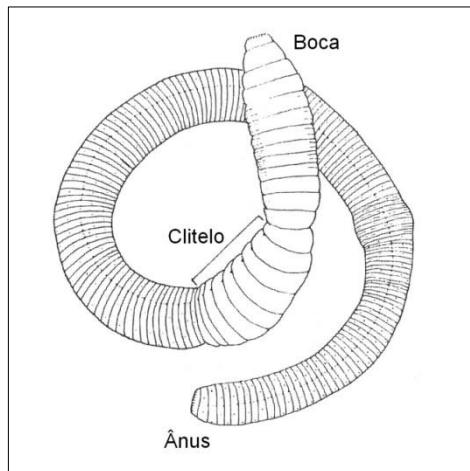


Figura 7 – Representação do corpo da *Pontoscolex corethrurus*, indicando a boca, o clitelo e o ânus

Fonte: Adaptado de RIGHI, 1990.

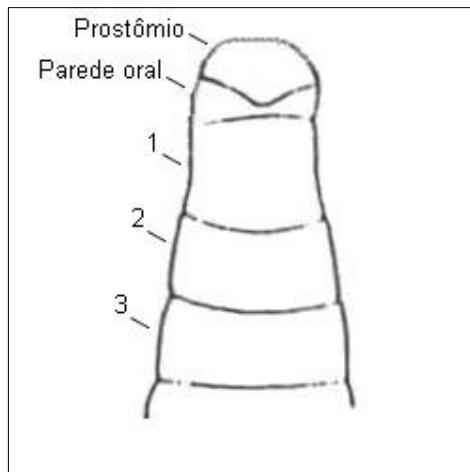


Figura 8 – Representação da parte dianteira do corpo da *Pontoscolex corethrurus* com perspectiva ventral, indicando o prostômio, a parede oral e os segmentos iniciais da minhoca

Fonte: Adaptado de RIGHI, 1990.

5.2 Testes bioestatísticos

Na época seca a densidade populacional na FM foi de 75 ind.m², com biomassa de 20,1 g.m². Na FA a densidade foi 37 ind.m² e biomassa de 12,1 g.m². Já na época úmida a densidade populacional na FM foi de 84 ind.m², com biomassa de 20,6 g.m². Na FA a densidade foi de 38 ind.m², com biomassa de 11,5 g.m² (Tabela 1).

De acordo com Lee (1985) e Righi (1997), populações de minhocas peregrinas em solos urbanos são dominantes sobre as nativas, por se adaptarem melhor às variações das condições do meio e pela maior taxa de reprodução. Os resultados da Tabela 1 confirmam tal enunciado, fato que extrema e estabiliza os resultados obtidos nos testes bioestatísticos. A riqueza em 1 informa que a quantidade de espécies de minhocas encontradas foi mínima; a dominância de Simpson em 1 diz que essa espécie é maximamente dominante e a diversidade de espécies é nula; o índice de equitabilidade em 1 informa que a distribuição dessa espécie é completamente uniforme entre as espécies coletadas (Tabela 1).

Além das minhocas serem dominantes em biomassa (FRAGOSO; LAVELLE, 1992; RIGHI, 1999), os resultados em indivíduos por metros quadrados e a análise bioestatística expostos na Tabela 2 mostram que neste estudo elas também foram dominantes em densidade populacional, em relação à macrofauna edáfica coletada. A riqueza se mostra baixa, variando entre 2 e 5. A dominância de Simpson varia de 0,57 a 0,91, isto é, a probabilidade de se escolher dois indivíduos aleatórios que pertençam ao mesmo grupo taxonômico varia de 57% a 91%, indicando que a diversidade de animais é baixa e que as minhocas são dominantes no Parque Cientec. Já a equitabilidade varia de 0,28 a 0,58, indicando que a distribuição dos indivíduos entre os grupos taxonômicos coletados é pouco uniforme (Tabela 2).

No entanto, estes resultados devem ser vistos com discrição, pois o TSBF é um método de amostragem mais eficiente para coleta de minhocas (AQUINO, 2001), havendo métodos mais apropriados para amostragem tanto de outros animais da macrofauna, como de organismos menores do solo (ANTONIOLLI et al., 2006; AQUINO; MENEZES; QUEIROZ, 2006).

No Quadro 1 estão compilados alguns resultados de riqueza de espécies, densidade populacional e biomassa de minhocas encontrados na bibliografia utilizada neste trabalho, incluindo os resultados das coletas da FM e FA deste estudo. Uma dificuldade de se fazer compilações de resultados como essa é a variedade de métodos de coleta e de descrição da cobertura vegetal. Uma compilação maior, relacionando populações de minhocas com a cobertura vegetal, encontra-se em Brown e James (2007).

Cabe ressaltar, porém, os resultados obtidos por Patucci (2015) em fragmentos florestais urbanos na cidade de São Paulo (Parque Cantareira e Parque Jaraguá), com as mesmas formações de cobertura vegetal deste estudo. Comparando os resultados obtidos por Patucci em época seca, observa-se maior densidade populacional e biomassa de minhocas no Parque Jaraguá. A menor densidade populacional foi encontrada na FA no Parque Cientec em época seca e a menor biomassa foi registrada na FA no Parque Cientec em época úmida. Tanto no Parque Cantareira, como no Parque Jaraguá, a riqueza de espécies foram maiores, porém sempre com maior dominância da *Pontoscolex corethrurus* (PATUCCI, 2015), concordando com os resultados desta pesquisa.

Todos os resultados expostos no Quadro 1 foram obtidos a partir de métodos diretos de triagem manual de monólitos, como o TSBF, o método mais utilizado para levantamento de diversidade, abundância e biomassa de minhocas. Porém, existem problemas metodológicos a serem solucionados. Sua utilização pode subestimar a abundância de organismos menores, como formigas e cupins, e maiores, como algumas espécies de minhocas, que muitas vezes não cabem dentro do tamanho da amostra, sendo cortadas durante a extração. O TSBF original consiste em uma amostra de 25x25x30 cm, porém é possível adaptar o tamanho do monólito, dependendo dos problemas metodológicos encontrados em campo, como tipo de cobertura vegetal, raízes em profundidade e rochas no solo, como foi necessário nesta pesquisa (AQUINO, 2001; AZEVEDO et al., 2010; BARETTA, 2007; PATUCCI, 2015).

Com o intuito de minimizar as deficiências dos métodos diretos, também podem ser utilizados métodos comportamentais, onde as minhocas respondem a estímulos, sendo coletadas na superfície do solo. No entanto, esses métodos são mais eficientes para a coleta de minhocas que vivem na serapilheira ou em galerias, por onde conseguem chegar à superfície. Assim, dependendo da época do ano, do tipo de solo e vegetação, a utilização de apenas um método de amostragem pode não ser eficiente. Desta forma, quando possível, o ideal é a utilização de métodos diretos, com o auxílio de métodos comportamentais complementares (AZEVEDO et al., 2010; BARETTA, 2007).

Local / Descrição	Vegetação	Riqueza	Densidade populacional (ind.m ²)	Biomassa (g.m ²)	Referência
Dimonika, Congo	Floresta Ombrófila Densa**	9	48	3,1	Fragoso; Lavelle, 1992
Laguna Verde, México		4	44	3,2	
Campos do Jordão, SP	Floresta Ombrófila Mista	1	6,4	0,1	Baretta, 2007
Arapongas, PR		5	14*	0,83*	
São Paulo, SP - Parque Jaraguá - Época seca	Floresta Ombrófila Densa Montana	2	111	29,3	Patucci, 2015
	Floresta Ombrófila Densa Aluvial	3	88	23,0	
São Paulo, SP - Parque Cantareira - Época seca	Floresta Ombrófila Densa Montana	2	67	27,3	
	Floresta Ombrófila Densa Aluvial	3	80	18,6	
São Paulo, SP - Parque Cientec - Época seca	Floresta Ombrófila Densa Montana	1	75	20,1	Este estudo
	Floresta Ombrófila Densa Aluvial	1	37	12,1	
São Paulo, SP - Parque Cientec - Época úmida	Floresta Ombrófila Densa Montana	1	84	20,6	
	Floresta Ombrófila Densa Aluvial	1	38	11,5	

Quadro 1 – Riqueza, densidade populacional e biomassa de minhocas compiladas da bibliografia

Legenda: * = Média da série de coletas realizadas; ** = Formação da vegetação não especificada; ind.m² = indivíduo por metro quadrado; g.m² = grama por metro quadrado.

Tabela 1 – Densidade de minhocas em diferentes profundidades, densidade da espécie de minhocas, densidade populacional, biomassa, riqueza, dominância de Simpson e equitabilidade por diferentes datas, épocas e áreas de amostragem

Data de amostragem	Época	Área	Profundidade			Espécie Pcor	JUV	Densidade populacional (ind.m ²)	Biomassa (g.m ²)	Riqueza	Dominância de Simpson	Equitabilidade
			0 - 10 cm	10 - 20	20 - 30							
25 set. 2014	Seca	FM	31	30	15	74	1	75	20,1	1	1	1
02 out. 2014		FA	10	17	10	36	1	37	12,1	1	1	1
04 fev. 2015	Úmida	FM	77	6	1	84	0	84	20,6	1	1	1
24 fev. 2015		FA	28	10	0	38	0	38	11,5	1	1	1

Legenda: FM = Floresta Ombrófila Densa Montana; FA = Floresta Ombrófila Densa Aluvial; Pcor = *Pontoscolex corethrurus*; JUV = juvenis; ind.m² = indivíduo por metro quadrado; g.m² = grama por metro quadrado.

Tabela 2 – Densidade da macrofauna, densidade populacional, riqueza, dominância de Simpson e equitabilidade por diferentes datas, épocas e áreas de amostragem

Data de amostragem	Época	Área	Densidade populacional (ind.m ²)								Dominância de Simpson	Equitabilidade
			Oligochaeta	Coró	Isopoda	Coleoptera	Arachnida	Chilopoda	Riqueza			
25 set. 2014	Seca	FM	75	9	1	0	1	2	89	5	0,72	0,28
02 out. 2014		FA	37	10	0	4	0	0	51	3	0,57	0,58
04 fev. 2015	Úmida	FM	84	2	0	1	0	0	88	3	0,91	0,37
24 fev. 2015		FA	38	0	0	1	0	0	40	2	0,90	0,55

Legenda: FM = Floresta Ombrófila Densa Montana; FA = Floresta Ombrófila Densa Aluvial; ind.m² = indivíduo por metro quadrado.

5.3 Macromorfologia do solo e avaliação da pedoturbação

O solo da FM se apresentou uniforme. Na Tabela 6 em anexo observa-se que a matiz da coloração varia de 2,5YR a 7,5YR, com cores de tons de mais escuros e cromas acinzentados nos primeiros 20 cm de profundidade, indicando maiores conteúdos de matéria orgânica. A textura é predominantemente argiloso-arenosa, podendo ter maior quantidade de silte em profundidade. O solo varia de plástico a ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso. A consistência do solo seco fica de solta a macia e com o solo úmido de friável a firme. Nas camadas superficiais as partículas do solo se arranjam em grumos menores que 2 mm de diâmetro, com grau de estrutura fraco. Nas camadas 20-30 cm dos perfis, a estrutura é formada por blocos subangulares de 10 a 20 mm, com grau de estrutura moderada. As faces das unidades estruturais possuem pouco aspecto brilhante ou ceroso, com grau de desenvolvimento pouco nítido (Figuras 9, 10 e 11).

O solo da FA também se apresentou uniforme. Na Tabela 7 em anexo observa-se que a coloração possui matiz 10YR e as camadas superficiais também possuem tons mais escuros e acinzentados. A textura é argilo-arenosa, com consistência ligeiramente plástica e pegajosa. Com o solo seco a consistência varia de solta a macia e, com o solo úmido, de friável a firme. Nas camadas superficiais as partículas do solo se arranjam em grumos, com tamanho entre 2 e 5 mm de diâmetro, com grau de desenvolvimento da estrutura fraco. Já em profundidade a estrutura é formada por blocos subangulares de 10 a 20 mm, com grau de estrutura variando de fraca a moderada. Assim como ocorre no solo da FM, na FA observou-se pouca cerosidade, fracamente desenvolvida nas faces das unidades estruturais (Figuras 12, 13 e 14).

Nos solos da FM e FA observaram-se poros em diferentes quantidades e tamanhos (de poucos a poros comuns, até 10 mm de diâmetro). A maioria dos perfis possui uma porosidade predominantemente estrutural. No entanto, a porosidade biológica está sempre presente, principalmente devido a raízes com diferentes diâmetros (até 10 mm). Na FM foram encontradas três estruturas cilíndricas grandes (de 12 a 16 mm) (Figuras 15, 16 e 17), que são pedotúbulos e têm sua gênese associada tanto à macrofauna do solo, quanto à raízes. Foram encontrados também dois blocos irregulares pequenos (10 a 20 mm) na FM (Figuras 18 e 19) e um grande (30 a 40 mm) na FA (Figura 20). Tais blocos possuíam câmaras vazias, com ovos ou minhocas na diapausa, enroladas sobre si mesmas na época seca (Tabela 3).

A pedogênese resulta tanto de fatores abióticos, como clima, relevo e material de origem, quanto de fatores bióticos, como absorção de água e nutrientes pelas plantas e decomposição da matéria vegetal. Desta forma, a interação entre o horizonte O e as camadas

subjacentes é um dos fatores mais importantes na formação e conservação do solo, afetando diretamente as suas características morfológicas (LEE, 1985; RIGHI, 1997).

De acordo com seu comportamento ecológico e a base alimentar, a *Pontoscolex corethrurus* é classificada como epiendogeica e geófaga, ou seja, ela decompõe e incorpora matéria orgânica ao solo, através do consumo de restos vegetais em diferentes graus de decomposição, dispersos entre as partículas minerais do solo, entre 0 e 15 cm de profundidade, principalmente. Então, ela evaca ao longo do perfil de solo coprólitos orgânico-minerais, que possuem equilíbrio entre a quantidade de partículas orgânicas e minerais. A composição dos coprólitos é importante, pois, juntamente com seu formato, ela determina características macromorfológicas do solo, como textura, estrutura, porosidade e consistência, influenciando na aeração, infiltração e retenção da água, na facilitação do crescimento de raízes, absorção de nutrientes pelas plantas e na atividade da microbiota (BARTZ, 2011; LAVELLE et al., 1997; LEE, 1985; MELO JÚNIOR, 2012; RIGHI, 1990; 1997; 1999).

Coprólitos são agregados de solo. Quando recentes, possuem consistência pastosa, com maior proporção de silte e argila e menos areia do que o solo ao redor. Eles se tornam mais estáveis à medida que ocorre perda de umidade e aglutinação das partículas. Como apenas 10% do material orgânico ingerido são assimilados pelas minhocas, ainda resta nas fezes muito alimento disponível. Então, a partir da coprofagia, a *Pontoscolex corethrurus* come os próprios agregados, contribuindo para a pedoturbação, formando novos agregados de coprólitos cada vez menores, principalmente no horizonte A. Desta forma, a estrutura do solo é continuamente reciclada e o material interno dos agregados é continuamente exposto ao intemperismo e disponibilizado às raízes das plantas (LEE, 1985; RIGHI, 1997; 1999).

A produção anual de coprólitos em regiões tropicais varia de 50 a 2600 t/ha/ano. Estima-se que as fezes das minhocas representem metade dos agregados do horizonte A, especialmente quando granulares e grumosos, como ocorre no Parque Cientec. Em solos pouco úmidos, a *Pontoscolex corethrurus* forma pequenos cilindros torcidos e enrolados sobre si com no máximo 1 cm de largura. Quando a disponibilidade de água é maior, seu coprólito forma massas arredondadas de 1 a 3 cm de diâmetro (BARTZ, 2011; LEE, 1985; RIGHI, 1990, 1997, 1999).

A quantificação de coprólitos pode ser um bom indicador da atividade das minhocas, no entanto, no caso desta pesquisa sua medida seria subestimada, já que apenas seria possível a quantificação dos coprólitos em superfície, ignorando, assim, a maior parte dos dejetos

evacuados em profundidade (LEE, 1985; RIGHI, 1997; 1999), devido ao comportamento ecológico da minhoca dominante no Parque Cientec.

Outra forma de influência direta da ação das minhocas na morfologia do solo é através da construção de galerias, que são canais formados pela ingestão e movimentação do solo. As galerias situam-se predominantemente nos primeiros 30 cm de solo, mas podem chegar até grandes profundidades, de acordo com a espécie da minhoca, textura do solo e condições de umidade e temperatura. Em determinados locais a *Pontoscolex corethrurus* pode cavar galerias de até 100 cm de profundidade na época seca. O diâmetro das galerias depende do diâmetro corporal dos animais (LEE, 1985; RIGHI, 1997; 1999).

O muco proteico que envolve a minhoca serve frequentemente como um cimentante temporário para as paredes das galerias. Ao contrário das construídas pelas anécicas, as galerias de minhocas endogeicas são predominantemente horizontais e temporárias, pois surgem à medida que as minhocas se deslocam, a fim de encontrarem melhores condições de temperatura, umidade e alimento. Tais galerias podem ter setores obstruídos por dejetos da própria minhoca ou conter câmaras como as encontradas nesta pesquisa (LEE, 1985; RIGHI, 1997; 1999).

Embora a textura do solo não seja um condicionante essencial para presença de minhocas, elas evitam se movimentarem em solos muito argilosos ou arenosos (RIGHI, 1990). Em solos com alto teor de areia, como no Parque Cientec, a *Pontoscolex corethrurus* não deixa galerias, que logo desabam, assim, a permanência das galerias depende mais da textura do solo do que da espécie da minhoca (RIGHI, 1997; 1999).

Desta forma, pela textura do solo e pelo comportamento ecológico das minhocas presentes no Parque Cientec, não foi possível observar as estruturas biogênicas mais representativas da influência desses organismos na morfologia do solo. Ainda assim, as estruturas biogênicas encontradas contribuem para a constituição morfológica dos solos. No caso do Parque Cientec, destaca-se a porosidade biológica, que juntamente com a porosidade estrutural, a penetração de raízes, e a própria presença de minhocas, são indicadores biológicos de não compactação do solo, tanto na FM como na FA.



Figura 9 – Perfil 1 na FM para descrição da macromorfologia do solo (0 a 30 cm)
Fonte: MESQUITA, 2015.



Figura 10 – Perfil 2 na FM para descrição da macromorfologia do solo (0 a 30 cm)
Fonte: MESQUITA, 2015.



Figura 11 – Perfil 3 na FM para descrição da macromorfologia do solo (0 a 30 cm)
Fonte: MESQUITA, 2015.



Figura 12 – Perfil 1 na FA para descrição da macromorfologia do solo (0 a 30 cm)
Fonte: MESQUITA, 2015.



Figura 13 – Perfil 2 na FA para descrição da macromorfologia do solo (0 a 30 cm)
Fonte: MESQUITA, 2015.



Figura 14 – Perfil 3 na FA para descrição da macromorfologia do solo (0 a 30 cm)
Fonte: MESQUITA, 2015.



Figura 15 – Estrutura biogênica 1: estrutura cilíndrica grande na FM
Fonte: MESQUITA, 2014.



Figura 16 – Estrutura biogênica 2: estrutura cilíndrica grande na FM
Fonte: MESQUITA, 2014.

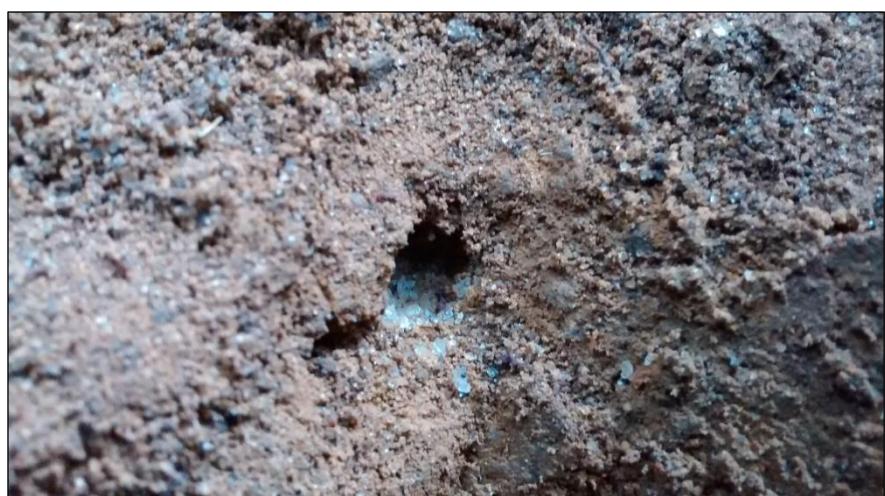


Figura 17 – Estrutura biogênica 3: estrutura cilíndrica grande na FM
Fonte: MESQUITA, 2014.



Figura 18 – Estrutura biogênica 4: bloco irregular pequeno com câmara biogênica na FM
Fonte: MESQUITA, 2014.



Figura 19 – Estrutura biogênica 5: bloco irregular pequeno com câmara biogênica na FM
Fonte: MESQUITA, 2014.



Figura 20 – Estrutura biogênica 6: bloco irregular grande com câmara biogênica na FA
Fonte: MESQUITA, 2014.

Tabela 3 – Estruturas biogênicas dos solos da FM e FA por diferentes tipos, classes e áreas

Área	Tipo	Blocos irregulares		Cilíndrica		
		Classe	Pequena 10 < 20 mm	Grande 30 < 40 mm	Grande 12 < 16 mm	
FM				Ø		
FA			Ø		Ø	

Legenda: FM = Floresta Ombrófila Densa Montana; FA = Floresta Ombrófila Densa Aluvial; 1 = Figura 15; 2 = Figura 16; 3 = Figura 17; 4 = Figura 18; 5 = Figura 19; 6 = Figura 20. **Fonte:** Tipos e classes propostos por MELO JÚNIOR, 2012.

5.4 Química do solo

Na Tabela 8 e Tabela 9 em anexo estão expostos os resultados das análises químicas dos solos da FM e FA respectivamente. A partir delas, verifica-se que o solo da FA possui maior teor de fósforo do que o solo da FM, com valores geralmente iguais ou menores que cinco miligramas por quilo de solo. O solo da FA também possui maiores quantidades de potássio, cálcio e magnésio, com quantidades geralmente menores que seis milimols de carga por quilo de solo. O solo da FM possui maior capacidade de troca de cátions, com valores menores que 200 milimols de carga por quilo de solo. A saturação por bases das amostras coletadas em ambas as parcelas também indicam solos distróficos, pouco férteis, sempre com valor V abaixo de 50% (EMBRAPA, 2006).

Desta forma, os resultados das análises químicas obtidas nesta pesquisa concordam com os resultados expostos por Fernandes, Reis e Carvalho (2002), que indicaram solos pouco férteis e pobres em nutrientes no PEFI, sendo sua reposição feita pela decomposição da serapilheira. Nas florestas tropicais a produção de serapilheira é alta e ocorre durante o ano todo (MORAES, 2002).

A função primordial das minhocas no estrato geográfico é decompor matéria orgânica e incorporá-la às partículas minerais do solo. Assim, elas influenciam não só nas propriedades morfológicas, como demonstrado anteriormente, mas também em atributos químicos do solo. Essa atuação, no entanto, se dá principalmente de forma indireta, através do fomento da atividade de microrganismos do solo, a partir de seus coprólitos, secreções e cadáveres (LAVELLE et al., 1997; LEE, 1985; RIGHI, 1997).

Juntamente com a matéria orgânica, as minhocas também ingerem os microrganismos presentes no solo, como bactérias e fungos. Desta forma, é possível classificá-las onívoras. Tais microrganismos se reproduzem em seu tubo digestivo, fazendo com que nos coprólitos haja uma quantidade maior de microrganismos que no solo circundante. A quantidade de microrganismos nos coprólitos varia de acordo com tempo de exposição das fezes às condições de campo, espécie da minhoca, qualidade e quantidade de matéria orgânica ingerida, textura do solo e condições de temperatura e umidade. Nas fezes das minhocas também há maior quantidade de fósforo, potássio e cálcio. Através da urina, muco corporal e cadáveres, as minhocas também contribuem para o aumento da concentração de nitrogênio do solo, a partir, principalmente, da liberação de amônia e ureia (LEE, 1985; RIGHI, 1997; 1999).

Embora as minhocas admitam ampla variação do pH, elas são raras em solos ácidos ($\text{pH} < 4,0$) (LEE, 1985; RIGHI, 1966; 1990). No Parque Cientec, encontra-se acidez muito elevada, seja ela medida em água ou cloreto de potássio, ficando sempre abaixo de 4,9 (Gráfico 3), também demonstrado pela elevada saturação em alumínio ($m \geq 50\%$), indicando muito alumínio e pouco cálcio, o que é prejudicial às plantas (Gráfico 4) (EMBRAPA, 2006). Nas amostras de solos coletadas na FM, no entanto, a acidez geralmente foi maior, porém encontrou-se maior densidade populacional e biomassa de minhocas tanto na época seca, como na época úmida (Gráfico 5), ou seja, a acidez do solo e a elevada saturação por alumínio não foram fatores limitantes para a *Pontoscolex corethrurus* no Parque Cientec.

A disponibilidade de alimento, por outro lado, é o principal fator condicionante da presença de minhocas. A resistência à fome é grande, porém a maturidade sexual jamais é atingida em caso de deficiência nutricional (BARTZ, 2011; LEE, 1985; RIGHI, 1966, 1990, 1997). O alimento desses organismos é a matéria orgânica presente no solo, principalmente vegetal, que é medida através da quantificação do carbono orgânico (g/kg^1) (EMBRAPA, 1997). Tanto o solo da FA como da FM apresentaram altos valores de carbono orgânico. Ainda assim, os solos das duas parcelas amostrais não podem ser considerados conteúdos orgânicos ($\geq 80 \text{ g.kg}^1$) (EMBRAPA, 2006). No entanto, em geral o solo da FM possui maior quantidade de carbono orgânico do que na FA (Gráfico 6). Desta forma, a partir de um atributo químico do solo, explica-se a maior densidade populacional e biomassa de minhocas na FM.

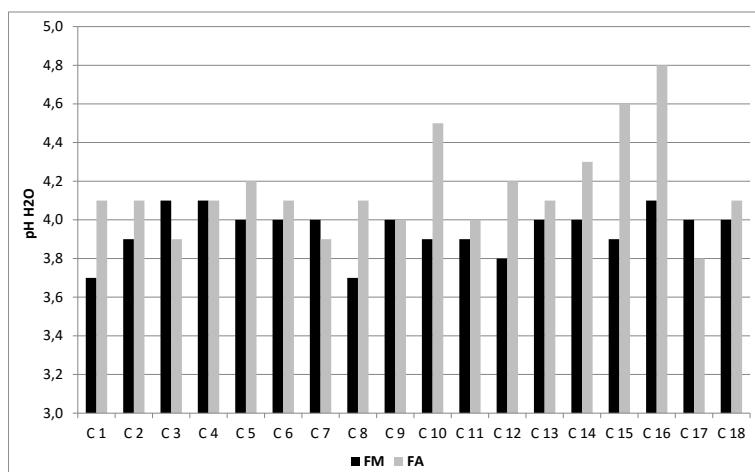


Gráfico 3 – pH em água das amostras de solo coletadas na FM e FA

Legenda: FM = Floresta Ombrófila Densa Montana; FA = Floresta Ombrófila Densa Aluvial; pH H₂O = potencial hidrogeniônico em água.

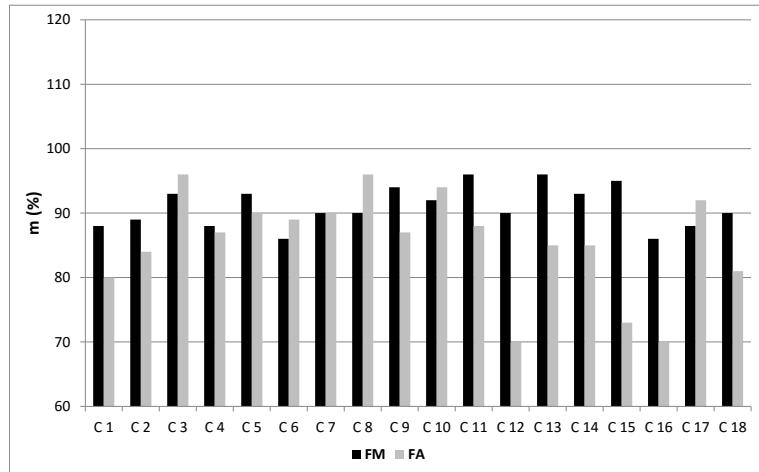


Gráfico 4 – Saturação por alumínio das amostras de solo coletadas na FM e FA

Legenda: FM = Floresta Ombrófila Densa Montana; FA = Floresta Ombrófila Densa Aluvial; m = saturação por alumínio.

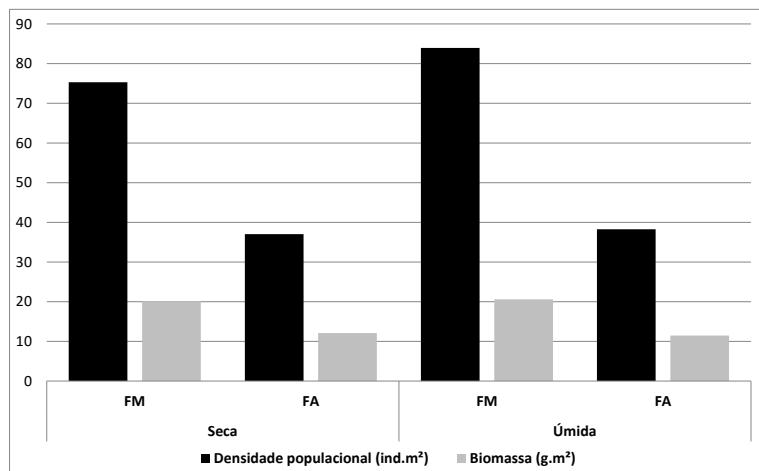


Gráfico 5 – Densidade populacional e biomassa de minhocas da FM e FA nas épocas seca e úmida

Legenda: FM = Floresta Ombrófila Densa Montana; FA = Floresta Ombrófila Densa Aluvial; ind.m² = indivíduo por metro quadrado; g.m² = grama por metro quadrado.

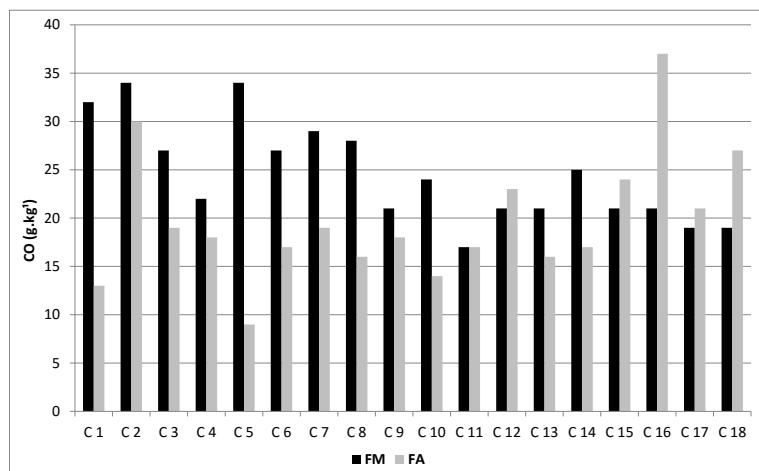


Gráfico 6 – Carbono orgânico das amostras de solo coletadas na FM e FA

Legenda: FM = Floresta Ombrófila Densa Montana; FA = Floresta Ombrófila Densa Aluvial; CO = carbono orgânico; g.kg⁻¹ = grama por quilo de solo.

5.5 Microclima do solo

O microclima do solo é definido por sua umidade e temperatura interna, parâmetros primordiais na determinação da presença e atividade de toda fauna do solo. As variações do solo em termos de latitude, altitude, chuvas e cobertura vegetal fazem com que o microclima do solo seja tão diverso quanto o da superfície. Como ele geralmente é subordinado ao clima externo, é fundamental o entendimento das condições de temperatura e pluviosidade do contexto espaço-temporal do solo estudado (LAVELLE; SPAIN, 2001).

Nos 12 meses de análise dos atributos climáticos do Parque Cientec, o total da precipitação foi 1418,2 mm (45,7 mm a mais que a média climatológica 1933-2002), com mínima de 25,4 mm em outubro de 2014 e máxima de 219,8 mm em janeiro de 2015. A média da temperatura do ar variou de 16,1°C em julho de 2014 a 24,2°C em janeiro de 2015. Observa-se também que a temperatura do solo é maior em superfície, tendo a média máxima de 28,9°C em janeiro de 2015 e decrescendo em profundidade, tendo a média mínima de 18,6°C a 30 cm de profundidade em julho de 2014 (Tabela 10 em anexo).

A coleta de minhocas na época seca ocorreu dia 25 de setembro de 2014 na FM e 02 de outubro de 2014 na FA. No dia 25 a estação meteorológica registrou 0,3 mm de precipitação durante 145 minutos; no dia 02, 1,9 mm durante 257 minutos. O dia 25 foi mais quente que o dia 02, tendo máxima de 26,6°C; no dia 02 a temperatura não passou dos 19,0°C. A temperatura do solo também foi maior dia 25, registrando em superfície média de 24,1°C, decrescendo de acordo com a profundidade. Por outro lado, no dia 02 a média da temperatura do solo aumentou com a profundidade, registrando em superfície 17,8°C e a 30 cm 21,8°C (Tabela 4).

A coleta de minhocas na época úmida ocorreu dia 04 de fevereiro de 2015 na FM e 24 de fevereiro de 2015 na FA. No dia 04 a estação meteorológica registrou 5,4 mm de precipitação durante 115 minutos; no dia 24, 26,1 mm durante 125 minutos. O dia 24 teve uma amplitude térmica 6,5°C maior que a do dia 04, no entanto a temperatura média do ar foi apenas 0,1°C acima. A temperatura do solo foi maior dia 24, registrando em superfície média de 27,8°C. No dia 04 a média da temperatura do solo aumentou com a profundidade, registrando em superfície 24,3°C e a 30 cm 25,2°C (Tabela 4).

A temperatura do solo está diretamente relacionada ao balanço de energia na superfície. Solos com cobertura vegetal interceptam a radiação incidente e reduzem a troca convectiva entre o solo e a atmosfera. A transmissão do calor recebido pela superfície às camadas inferiores depende de diversos fatores, como tamanho da partícula do solo,

densidade, quantidade de matéria orgânica e, principalmente, teor de água, devido a sua capacidade térmica. A variação diária da temperatura do solo na superfície segue, em geral, um padrão sinusoidal e produz uma onda que se propaga no solo, que é atenuada pela profundidade. A taxa de penetração da onda de energia térmica no solo é relativamente lenta, fazendo com que a máxima diária em profundidade seja significativamente menor que a da superfície (Gráfico 7) (LAVELLE; SPAIN, 2001).

O limite de temperatura para a sobrevivência das minhocas varia entre espécies e formas de adaptação específicas, mas, em geral, elas sobrevivem entre 0°C e 35°C. Não é fácil determinar a temperatura do solo para espécies específicas de minhocas em condições de campo, pois esta varia com a profundidade, com decorrer do dia e do ano. Para determinar a melhor temperatura para a sobrevivência de uma espécie e os limites inferior e superior são necessários experimentos de laboratório. Estudos já realizados demonstraram que a temperatura do solo influí sobre a atividade, respiração, metabolismo, crescimento e reprodução das minhocas. Verifica-se também que a temperatura letal superior para as minhocas é mais baixa do que a maior parte dos invertebrados (LEE, 1985; RIGHI, 1990).

Na Tabela 5 verifica-se um aumento significativo da temperatura do ar entre a época seca e a época úmida, tendo diferença da temperatura média de 4,7°C, que também pode ser observado no Gráfico 8. O aumento da temperatura do ar refletiu na temperatura do solo (Tabela 5 e Gráfico 8). Em superfície o aumento na temperatura foi de 3,4°C e a 30 cm de profundidade foi de 4,4°C (Tabela 5).

No Gráfico 9 observa-se que na época seca as minhocas estavam mais distribuídas ao longo do perfil de solo que na época úmida, quando elas se concentraram predominantemente entre 0 e 10 cm de profundidade, muitas vezes sido coletadas na superfície do solo, embaixo da serapilheira, onde evitavam a luz. No entanto, não se pode atribuir esse fato à temperatura do solo, já que sua média a 30 cm de profundidade na época úmida foi de 25,4°C, isto é, superior à temperatura média do solo na época seca em qualquer profundidade.

Já a água presente no solo promove tanto transformação física de materiais de origem e transporte de partículas sólidas, quanto hidrólise e dissolução de componentes orgânicos e inorgânicos, dois processos importantes da pedogênese. Sua quantidade é determinada pela textura e estrutura do solo, pois os poros de solos bem drenados são quase que totalmente cheios de água, seja no estado líquido ou como vapor (LAVELLE; SPAIN, 2001).

A vida no solo é um conflito constante entre a necessidade de oxigênio e de água, pois as condições que favorecem a entrada de oxigênio na minhoca são as mesmas que favorecem a perda de água. A composição da atmosfera no solo é bem diferente do ar livre. O teor de

oxigênio diminui com a profundidade, já a concentração de gás carbônico aumenta, devido à respiração da fauna edáfica e a decomposição da matéria orgânica. As minhocas, no entanto, são bem tolerantes ao gás carbônico e consumem oxigênio até a concentração de 3,9% no interior do solo, enquanto que no ar livre esta é de 21%. Assim, esses organismos possuem poucas limitações respiratórias (RIGHI, 1966; 1997).

Então, juntamente do teor de matéria orgânica, o principal condicionante da presença de minhocas é disponibilidade adequada de umidade no solo. Os corpos desses organismos possuem de 80% a 90% do seu peso composto por água. No entanto, o mecanismo de conservação de água nas minhocas não é bem desenvolvido. Por causa do seu sistema respiratório cutâneo, que requer constante umidade na parede corporal, e excreção de amônia e ureia, as minhocas perdem grandes quantidades de água, chegando até 60% do seu peso corporal em apenas um dia. Assim, embora muitas espécies possuam grande resistência à dessecção, as minhocas vivem constantemente na busca por umidade no solo, seja através da alimentação ou contato corporal a água líquida ou em vapor (LEE, 1985; RIGHI, 1966).

As minhocas adaptam-se a umidade do local em que vivem, respondendo de diferentes formas aos estresses provocados pelo excesso ou falta de água. Na época da seca, a primeira reação das minhocas é a procura por locais úmidos. Algumas espécies acompanham a umidade do lençol freático, descendo até grandes profundidades no interior do solo. Outras espécies, ainda, deslocam-se horizontalmente. Por outro lado, a maioria das espécies foge do excesso de água (BARTZ, 2011; LAVELLE; SPAIN, 2001; RIGHI, 1990, 1997, 1999). Juntamente com a menor quantidade de carbono orgânico, tal fato pode explicar a menor presença de minhocas no solo da FA (Tabela 1). Nesse contexto, a topografia influenciou indiretamente, já que o solo da planície fluvial possui maior umidade, estando possivelmente saturado em profundidade.

Na Ilha de Maracá, Amapá, a *Pontoscolex corethrurus* vive preferencialmente entre 15-20 cm superficiais, mas na época seca cava galerias até 100 cm de profundidade. Não conseguindo acompanhar a água, várias espécies, como essa, cavam câmaras arredondadas (como já exposto acerca da influência dessas estruturas biogênicas na morfologia do solo), onde os animais se enrolam em seu interior na época da diapausa, um período de inatividade, obrigatório ou não, que normalmente ocorre na época seca, podendo durar vários meses. Nesta fase enrolada, também conhecida como estivação, os animais não se alimentam, diminuindo muito seu metabolismo (JAMES; BARTZ; BROWN, 2015; RIGHI, 1990, 1997). Nesta pesquisa, algumas minhocas foram coletadas nessa situação na época seca.

Na Tabela 5 e no Gráfico 8 verifica-se o aumento significativo na precipitação com uma diferença de quase 800 mm. A densidade populacional e biomassa na época úmida não aumentaram significativamente (Tabela 1), no entanto é possível atribuir a distribuição das minhocas no perfil de solo na época seca à procura de umidade. Já na época úmida conclui-se que elas se concentraram na superfície do solo a fim de evitar o excesso de água em profundidade (Gráfico 9).

Tabela 4 – Atributos climáticos dos dias de coleta de minhocas

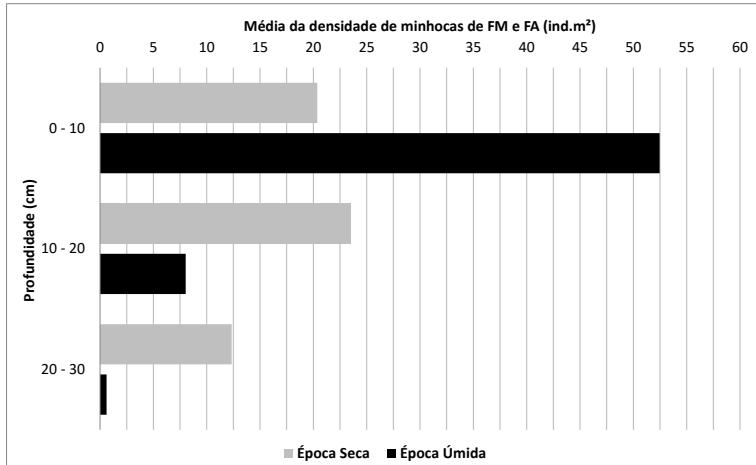
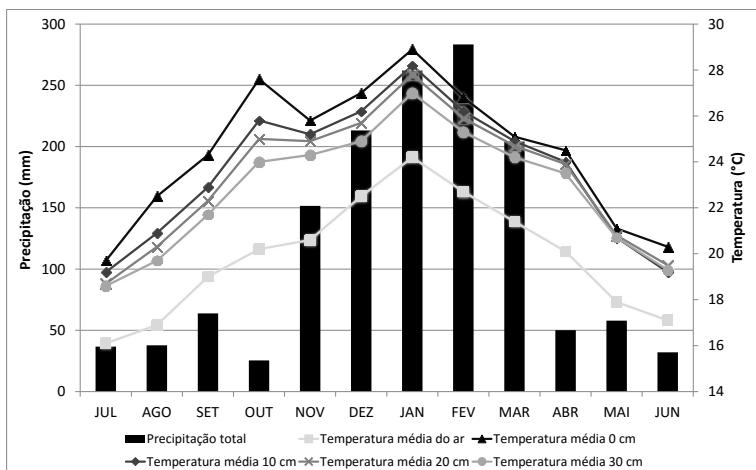
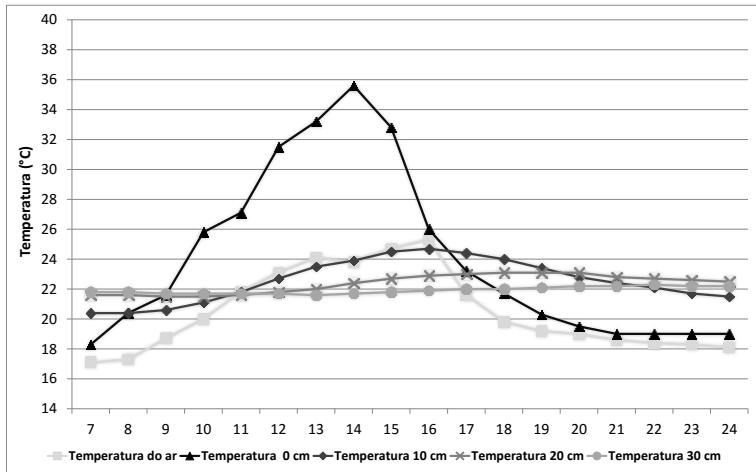
	Total	mm	Época seca		Época úmida	
			25 set. 2014	02 out. 2014	04 fev. 2015	24 fev. 2015
Precipitação	Total	mm	0,3	1,9	5,4	26,1
	Duração	(min)	145	275	115	125
T	Máxima		26,6	19,0	25,8	30,7
	Média		19,7	15,3	22,1	22,2
	Mínima		16,4	12,9	19,5	17,9
T solo média	0 cm	°C	24,1	17,8	24,3	27,8
	10 cm		22,6	20,8	24,4	27,4
	20 cm		22,4	21,6	25,1	27,7
	30 cm		21,9	21,8	25,2	27,0

Legenda: T = temperatura; época seca = julho de 2014 a outubro de 2014; época úmida = dezembro de 2014 a março 2015. **Fonte:** Estação Meteorológica do IAG/USP.

Tabela 5 – Atributos climáticos da época seca e época úmida

	Total	mm	Época seca		Época úmida	
			Média climatológica (1933-2002)			
Precipitação					163,7	962,9
T	Média máxima				281,7	773,1
	Média				25,4	29,4
	Média mínima				18,1	22,7
T solo média	0 cm	°C			13,2	18,6
	10 cm				23,5	27,0
	20 cm				22,2	26,4
	30 cm				21,6	26,0
					21,0	25,4

Legenda: T = temperatura; época seca = julho de 2014 a outubro de 2014; época úmida = dezembro de 2014 a março 2015. **Fonte:** Estação Meteorológica do IAG/USP.



CONCLUSÃO

As minhocas contribuem diretamente para processo pedogenético. A partir de sua movimentação através do solo e dequeção de complexos orgânico-minerais, construindo estruturas biogênicas, elas influenciaram a estruturação grumosa e a porosidade biológica dos horizontes superficiais dos solos do Parque Cientec.

A adaptabilidade e os padrões de organização das minhocas dependem diretamente de sua espécie. Como uma espécie peregrina, a *Pontoscolex corethrurus* foi dominante na área de estudo, sobrepondo-se sobre as nativas, a partir das seguintes estratégias de adaptação:

- Sua densidade populacional e biomassa não dependeram do pH do solo, tampouco do seu baixo teor de cálcio e elevada quantidade de alumínio. Por outro lado, o carbono orgânico se colocou como o principal condicionante da variação espacial das minhocas.
- A variação espacial das minhocas também foi indiretamente determinada pela topografia da área de estudo, uma vez verificado maior densidade populacional e biomassa na cota altimétrica mais elevada (FM), se comparada ao solo mais úmido da planície fluvial (FA).
- O microclima do solo é determinado por sua temperatura interna e regime hidrológico, ambos controlados pelo clima externo. O regime de chuvas e o aumento da temperatura do solo na época úmida não influenciaram a variação temporal da densidade populacional e biomassa de minhocas. No entanto, o contraste pluviométrico influenciou em sua distribuição vertical. Na época seca, as minhocas estavam distribuídas ao longo do perfil de solo, na procura por umidade em profundidade. Já na época úmida, esses organismos estavam concentrados mais próximos à superfície, a fim de evitarem o excesso de água nas camadas subjacentes.

Assim, o solo e o clima foram os elementos mais íntimos na determinação da densidade populacional e biomassa de minhocas no estrato geográfico.

REFERÊNCIAS

- ANTONIOLLI, Z. I.; CONCEIÇÃO, P. C.; BÖCK, V.; PORT, O.; SILVA, D. M.; SILVA, R. F. Método alternativo para estudar a fauna do solo. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 16, n. 4, p. 407-417, 2006.
- AQUINO, A. M. **Manual para macrofauna do solo**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2001. 21 p.
- AQUINO, A. M.; MENEZES, H. L. A.; QUEIROZ, J. M. **Recomendações para coleta de artrópodes terrestres por armadilhas de queda (“pitfall-traps”)**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2006. 8 p.
- AZEVEDO, P. T. M.; BROWN, G. G.; BARETTA, D.; PASINI, A.; NUNES, D. H. Populações de minhocas amostradas por diferentes métodos de coleta (elétrico, químico e manual) em ecossistemas da região de Londrina, Paraná, Brasil. **Acta Zoológica Mexicana**, Número Especial 2, p. 79-93, 2010.
- BARBOSA, L. M.; POTOMATI, A.; PECCININI, A. A. O PEFI: histórico e legislação. In: BICUDO, D. C.; FORTI, M. C.; BICUDO, C. E. M. (orgs.). **Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI)**: unidade de conservação que resiste à urbanização de São Paulo. São Paulo: Editora Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, 2002. p. 15-28.
- BARETTA, D. **Fauna do solo e outros atributos edáficos como indicadores da qualidade ambiental em áreas com Araucária angustifolia no Estado de São Paulo**. 2007. 158f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2007.
- BARTZ, M. L. C. **Ocorrência e taxonomia de minhocas em agroecossistemas no Paraná, Brasil**. 2011. 174 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2011.
- BENSUSAN, N. **Conservação da Biodiversidade em áreas protegidas**. Rio de Janeiro: Editora FGV, 2006, 176 p.
- BROWN, G. G.; JAMES, S. W. Ecologia, biodiversidade e biogeografia das minhocas no Brasil. In: BROWN, G. G.; FRAGOSO, C. (Ed.). **Minhocas na América Latina: biodiversidade e ecologia**. Londrina: Embrapa Soja, 2007. p. 297-383.

COLANGELO, A. C. Geografia Física, Pesquisa e Ciência Geográfica. **GEOUSP - Espaço e Tempo**, São Paulo, nº16, p. 09-16, 2004.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro, 1997. 212 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Procedimentos normativos de levantamentos pedológicos**. Brasília, 1995.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro, 2006. 306 p.

FERNANDES, J. A.; REIS, L. A. M.; CARVALHO, A. Caracterização do meio físico. In: BICUDO, D. C.; FORTI, M. C.; BICUDO, C. E. M. (orgs.). **Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI)**: unidade de conservação que resiste à urbanização de São Paulo. São Paulo: Editora Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, 2002. p. 49-62.

FRAGOSO, C.; LAVELLE, P. Earthworm communities of tropical rain forests. **Soil Biol. Biochem**, v. 24, nº 12, p. 1397-1408, 1992.

GUIRÃO, A. C.; FILHO, J. T. Preservação de um fragmento florestal urbano - estudo de caso: a ARIE Mata de Santa Genebra, Campinas-SP. **GEOUSP - Espaço e Tempo**, São Paulo, n. 29, p. 147 - 158, 2011.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**. 2 ed. Rio de Janeiro, 2012.

JAMES, S.; BARTZ, M.; BROWN, G. **Curso de Ecologia e Taxonomia de Minhocas**. Curitiba: Embrapa Florestas, Universidade Positivo, Universidade Federal do Paraná, 2015. Apostila.

LAVELLE, P. Faunal activities and soil processes: adaptative strategies that determine ecosystem function. **Advances in Ecological Research**, v. 27, p. 93-132, 1997.

LAVELLE, P.; BIGNELL, D.; LEPAGE, M.; WOLTERS, V.; ROGER, P.; INESON, P.; HEAL, O. W.; DHILLION, S. Soil function in a changing world: the role of invertebrate ecosystem engineers. **European Journal of Soil Biology**, v. 33, p. 159-193, 1997.

LABELLE, P.; BLANCHART, E.; MARTIN, A.; SPAIN, A. V.; MARTIN, S. Impact of soil fauna on the properties of soils in the humid tropics. Madison, SSSA, 1992. (SSSA Special, Publ., 29).

LABELLE, P.; SPAIN, A. **Soil ecology**. Dordrecht: Kluwer Academic, 2001, 688 p.

LEE, K. E. **Earthworms: their ecology and relations with soil and land use**. London: Academic Press, 1985. 411 p.

MELO JÚNIOR, H. B. **Estruturas biogênicas em Latossolos de Chapadões, Uberlândia – MG**. 2012. 42 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Solos) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2012.

MELO, F.; BROWN, G.; CONSTANTINO, R.; LOUZADA, J.; LUIZÃO, F.; MORAIS, J.; ZANETTI, R. Importância da meso e macrofauna do solo na fertilidade e como bioindicadores. **Boletim Informativo da SBCS**, 2009. 39, 40 p.

MIKLÓS, A. A. W. Biogênese do Solo. **Revista do Departamento de Geografia – USP**, volume especial 30 anos, p. 190-229, 2012.

MORAES, R. M. Ciclagem de nutrientes na floresta do PEFI: produção e decomposição da serapilheira. In: BICUDO, D.C.; FORTI, M.C.; BICUDO, C.E.M. (orgs.). **Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI): unidade de conservação que resiste à urbanização de São Paulo**. São Paulo: Editora Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, 2002. p. 133-142.

ODUM, E. P. **Fundamentos de Ecologia**. 6^a ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 2001.

OLIVEIRA, D. **O solo sob nossos pés**. São Paulo: Atual, 2010.

PATUCCI, N. N. **Estudo da pedofauna como bioindicadora de qualidade de solos em fragmentos florestais urbanos**. 2015. 140p. Dissertação (Mestrado em Geografia Física) – Departamento de Geografia – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

RIGHI, G. **Invertebrados: A Minhoca**. São Paulo: Ibecc, 1966. 83 p.

RIGHI, G. Minhocas da América Latina: diversidade, função e valor. In: **Anais do XXVI Congresso Brasileiro de Ciência do Solo**. Rio de Janeiro: SBCS, 1997, CD-Rom.

RIGHI, G. Oligochaeta (Annelida): diversidade e agro-ecologia. In: JOLY, C.A.; BICUDO, C.E.M. (Ed.). **Biodiversidade do Estado de São Paulo, Brasil: síntese do conhecimento ao final do século XX**. São Paulo: FAPESP, 1999.

RIGHI, G. **Minhocas de Mato Grosso e Rondônia**. Brasília: CNPq, Relatório de Pesquisa 12, Programa Polonoroeste, 1990.

ROSS, J. Os fundamentos da Geografia da Natureza. In: ROSS, J. (org.). **Geografia do Brasil**. 5^a ed. São Paulo: Edusp. 2005. p. 13-66.

FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA; INPE. **Atlas dos Remanescentes Florestais da Mata Atlântica Período 2012-2013**. Relatório Técnico, São Paulo, 2014. 61 p.

SANTOS, R.; LEMOS, R.; SANTOS, H.; KER, J.; ANJOS, L. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 5^a ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2005.

SWIFT, M. J.; HEAL, O. W.; ANDERSON, J. M. **Decomposition in terrestrial ecosystems**. Oxford: Blecwell, 1979. 372 p.

VIANA, V. M.; PINHEIRO, L. F. V. Conservação da biodiversidade em fragmentos florestais. **Série Técnica IPEF**, v. 12, n. 32, p. 25-42, 1998.

ANEXOS

Tabela 6 – Descrição da macromorfologia do solo da FM

FM	Profundidade cm	Cor Solo úmido	Textura	Estrutura			Porosidade			Cerosidade		Consistência			
				Tipo	Tamanho	Grau	Tamanho	Quantidade	Tipo	Grau	Quantidade	Solo seco	Solo úmido	Plasticidade	Pegajosidade
	0 - 10	Cinzeno muito escuro 7,5YR 3/1	Argilo-arenoso	Em grumos	Muito pequena	Fraca	Grandes	Poros comuns	Biológica	Fraca	Pouco	Solta	Friável	Plástica	Ligeiramente pegajosa
P1	10 - 20	Cinzeno muito escuro 7,5YR 3/1	Argilo-arenoso	Em grumos	Muito pequena	Fraca	Grandes	Poros comuns	Estrutural	Fraca	Pouco	Solta	Friável	Plástica	Ligeiramente pegajosa
		Bruno 7,5YR 4/4	Argilo-siltoso	Blocos subangulares	Média	Moderada	Muito pequenos	Poucos poros	Estrutural	Fraca	Pouco	Solta	Firme	Plástica	Ligeiramente pegajosa
	0 - 10	Preto 7,5YR 2,5/1	Argilo-arenoso	Em grumos	Pequena	Fraca	Médio	Poros comuns	Estrutural	Fraca	Pouco	Solta	Friável	Ligeiramente plástica	Ligeiramente pegajosa
P2	10 - 20	Preto 7,5YR 2,5/1	Argilo-arenoso	Em grumos	Pequena	Fraca	Médio	Poros comuns	Estrutural	Fraca	Pouco	Solta	Friável	Ligeiramente plástica	Ligeiramente pegajosa
		Bruno 7,5YR 4/4	Argilo-siltoso	Blocos subangulares	Média	Moderada	Pequenos	Poucos poros	Estrutural	Fraca	Pouco	Macia	Firme	Ligeiramente plástica	Ligeiramente pegajosa
	0 - 10	Bruno muito escuro 2,5YR 2,5/2	Argilo-arenoso	Em grumos	Muito pequena	Fraca	Pequenos	Poucos poros	Biológica	Fraca	Pouco	Solta	Friável	Ligeiramente plástica	Ligeiramente pegajosa
P3	10 - 20	Bruno muito escuro 2,5YR 2,5/2	Argilo-arenoso	Em grumos	Muito pequena	Fraca	Pequenos	Poucos poros	Estrutural	Fraca	Pouco	Solta	Friável	Ligeiramente plástica	Ligeiramente pegajosa
		Bruno-escuro 7,5YR 3/4	Argilo-arenoso	Blocos subangulares	Média	Fraca	Muito pequenos	Poucos poros	Estrutural	Fraca	Pouco	Macia	Firme	Ligeiramente plástica	Ligeiramente pegajosa

Legenda: FM = Floresta Ombrófila Densa Montana; P1 = Perfil 1; P2 = Perfil 2; P3 = Perfil 3.

Tabela 7 – Descrição da macromorfologia do solo da FA

FA	Profundidade cm	Cor Solo úmido	Textura	Estrutura			Porosidade			Cerosidade		Consistência			
				Tipo	Tamanho	Grau	Tamanho	Quantidade	Tipo	Grau	Quantidade	Solo seco	Solo úmido	Plasticidade	Pegajosidade
	0 - 10	Bruno-acinzentado muito escuro 10 YR 3/2	Argilo-arenoso	Em grumos	Média	Fraca	Médios	Poros comuns	Biológica	Fraca	Pouco	Solta	Friável	Ligeiramente plástica	Ligeiramente pegajosa
P1	10 - 20	Bruno-acinzentado 10 YR 4/2	Argilo-arenoso	Em grumos	Média	Fraca	Médios	Poros comuns	Estrutural	Fraca	Pouco	Solta	Friável	Ligeiramente plástica	Ligeiramente pegajosa
		Bruno-acinzentado 10 YR 4/2	Argilo-arenoso	Blocos subangulares	Média	Fraca	Pequenos	Poros comuns	Estrutural	Fraca	Pouco	Solta	Firme	Ligeiramente plástica	Ligeiramente pegajosa
P2	0 - 10	Bruno-acinzentado muito escuro 10 YR 3/2	Argilo-arenoso	Em grumos	Média	Fraca	Pequenos	Poros comuns	Biológica	Fraca	Pouco	Solta	Friável	Ligeiramente plástica	Ligeiramente pegajosa
		Bruno-acinzentado 10 YR 4/3	Argilo-arenoso	Blocos subangulares	Média	Fraca	Muito pequenos	Poros comuns	Estrutural	Fraca	Pouco	Macia	Friável	Ligeiramente plástica	Ligeiramente pegajosa
	20 - 30	Bruno 10 YR 5/3	Argilo-arenoso	Blocos subangulares	Média	Fraca	Muito pequenos	Poros comuns	Estrutural	Fraca	Pouco	Macia	Firme	Ligeiramente plástica	Ligeiramente pegajosa
P3	0 - 10	Bruno-acinzentado muito escuro 10 YR 3/2	Argilo-arenoso	Em grumos	Média	Fraca	Pequenos	Poros comuns	Biológica	Fraca	Pouco	Macia	Friável	Ligeiramente plástica	Ligeiramente pegajosa
		Bruno-acinzentado escuro 10 YR 4/2	Argilo-arenoso	Blocos subangulares	Média	Moderada	Muito pequenos	Poros comuns	Estrutural	Fraca	Pouco	Macia	Friável	Ligeiramente plástica	Ligeiramente pegajosa
	20 - 30	Bruno 10 YR 5/3	Argilo-arenoso	Blocos subangulares	Média	Moderada	Muito pequenos	Poros comuns	Estrutural	Fraca	Pouco	Macia	Friável	Ligeiramente plástica	Ligeiramente pegajosa

Legenda: FA = Floresta Ombrófila Densa Aluvial; P1 = Perfil 1; P2 = Perfil 2; P3 = Perfil 3.

Tabela 8 – Parâmetros químicos do solo da FM

FM	C 1	C 2	C 3	C 4	C 5	C 6	C 7	C 8	C 9	C 10	C 11	C 12	C 13	C 14	C 15	C 16	C 17	C 18	
CO	g.kg ⁻¹	32	34	27	22	34	27	29	28	21	24	17	21	21	25	21	21	19	19
pH	H ₂ O	3,7	3,9	4,1	4,1	4	4	4	3,7	4	3,9	3,9	3,8	4	4	3,9	4,1	4	4
	KCl	3,5	3,3	3,7	3,8	3,5	3,6	3,5	3,3	3,6	3,4	3,6	3,4	3,8	3,5	3,6	3,5	3,7	3,6
P	mg.kg ⁻¹	1	2	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
K		3	3	2	3	2	4	4	3	2	3	2	3	2	3	2	4	4	3
Ca		4	3	< 2	2	2	3	2	2	< 2	< 2	< 2	2	< 2	< 2	3	< 2	< 2	
Mg		1	1	1	1	1	1	2	1	1	< 1	1	< 1	< 1	1	1	1	1	
Al	mmolc.kg ⁻¹	58	58	52	45	69	21	61	61	47	58	49	57	52	56	53	49	46	46
H+Al		103	136	150	131	180	124	157	173	141	146	113	148	135	149	133	140	124	119
SB		8	7	4	6	5	8	7	7	3	5	2	6	2	4	3	8	6	5
CTC		111	143	154	137	185	132	164	180	144	121	115	154	137	153	136	148	130	124
V	%	7	5	3	4	3	6	4	4	2	3	2	4	1	3	2	5	5	4
m		88	89	93	88	93	86	90	90	94	92	96	90	96	93	95	86	88	90

Legenda: FM = Floresta Ombrófila Densa Montana; C *n* = ponto de coleta da amostra de solo; pH H₂O = potencial hidrogeniônico em água; pH KCl = potencial hidrogeniônico em cloreto de potássio; CO = carbono orgânico; g.kg⁻¹ = grama por quilo de solo; P = fósforo; mg.kg⁻¹ = miligrama por quilo do solo; K = potássio; Ca = cálcio, Mg = magnésio; Al = alumínio; H+Al = acidez potencial; SB = soma de bases trocáveis; CTC = capacidade de troca de cátions; mmolc.kg⁻¹ = milimol de carga por quilo de solo; V = saturação por bases trocáveis; m = saturação por alumínio.

Tabela 9 – Parâmetros químicos do solo da FA

FA	C 1	C 2	C 3	C 4	C 5	C 6	C 7	C 8	C 9	C 10	C 11	C 12	C 13	C 14	C 15	C 16	C 17	C 18	
CO	g.kg ⁻¹	13	30	19	18	9	17	19	16	18	14	17	23	16	17	24	37	21	27
pH	H ₂ O	4,1	4,1	3,9	4,1	4,2	4,1	3,9	4,1	4	4,5	4	4,2	4,1	4,3	4,6	4,8	3,8	4,1
	KCl	3,5	3,4	3,6	3,5	3,6	3,6	3,5	3,7	3,4	4,3	3,7	3,5	3,5	3,6	3,9	3,9	3,5	3,6
P	mg.kg ⁻¹	1	4	2	2	2	2	3	2	2	8	2	2	2	5	32	2	5	
K		4	4	2	4	2	3	3	2	4	1	3	3	3	4	6	4	2	5
Ca		3	2	< 2	2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	9	2	< 2	< 2	5	< 2	2
Mg		1	1	< 1	1	< 1	1	1	< 1	1	< 1	1	3	1	1	2	1	1	
Al	mmolc.kg ⁻¹	33	38	43	48	28	32	43	44	41	17	38	35	33	33	22	26	45	35
H+Al		85	125	111	107	61	94	103	100	105	69	88	104	83	78	95	115	111	99
SB		8	7	2	7	3	4	5	2	6	1	5	15	6	6	8	11	4	8
CTC		93	132	113	114	64	98	108	102	111	70	93	119	89	84	103	126	115	107
V	%	9	5	2	6	5	4	5	2	5	1	5	13	7	7	8	9	3	7
m		80	84	96	87	90	89	90	96	87	94	88	70	85	85	73	70	92	81

Legenda: FA = Floresta Ombrófila Densa Aluvial; C *n* = ponto de coleta da amostra de solo; pH H₂O = potencial hidrogeniônico em água; pH KCl = potencial hidrogeniônico em cloreto de potássio; CO = carbono orgânico; g.kg⁻¹ = grama por quilo de solo; P = fósforo; mg.kg⁻¹ = miligrama por quilo do solo; K = potássio; Ca = cálcio, Mg = magnésio; Al = alumínio; H+Al = acidez potencial; SB = soma de bases trocáveis; CTC = capacidade de troca de cátions; mmolc.kg⁻¹ = milimol de carga por quilo de solo; V = saturação por bases trocáveis; m = saturação por alumínio.

Tabela 10 – Atributos climáticos do Parque Cientec de 1 de julho de 2014 a 30 de junho de 2015

			JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN
Precipitação	Total	mm	36,7	37,8	63,8	25,4	151,6	213,2	262,1	283,4	204,2	50,1	57,9	32,0
	Média climatológica (1933-2002)		40,0	39,1	77,1	125,5	123,3	181,3	219,8	207,0	165,0	79,6	64,1	50,7
T	Média máxima	°C	22,2	24,4	26,4	28,5	27,1	29,1	31,8	29,1	27,4	25,8	23,2	23,4
	Média		16,1	16,9	19,0	20,2	20,6	22,5	24,2	22,7	21,4	20,1	17,9	17,1
	Média mínima		11,9	11,5	14,5	14,8	16,5	18,0	19,4	18,9	17,9	16,3	14,2	12,9
T solo média	0 cm	°C	19,7	22,5	24,3	27,6	25,8	27,0	28,9	26,8	25,1	24,5	21,1	20,3
	10 cm		19,2	20,9	22,9	25,8	25,2	26,2	28,2	26,2	24,9	24,0	20,7	19,2
	20 cm		18,7	20,3	22,3	25,0	24,9	25,7	27,8	25,9	24,7	23,9	20,8	19,5
	30 cm		18,6	19,7	21,7	24,0	24,3	24,9	27,0	25,3	24,2	23,5	20,7	19,3

Legenda: T = temperatura. **Fonte:** Estação Meteorológica do IAG/USP.