



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA FLORESTAL  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS**

**Maria Salomé de Lima**

**Relações solo-floresta em Fragmento de Mata Atlântica em  
Pernambuco**

Recife – PE

2015

**Maria Salomé de Lima**

**Relações solo-floresta em Fragmento de Mata Atlântica em  
Pernambuco**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, da Universidade Federal Rural de Pernambuco, para a obtenção do Título de Mestre.

**Orientador:** Prof. Dr. Fernando José Freire

**Co-orientador:** Prof. Dr. Luiz Carlos Marangon

Recife – PE

2015

Ficha Catalográfica

L732r Lima, Maria Salomé de  
Relações solo-floresta em fragmento de Mata Atlântica em  
Pernambuco / Maria Salomé de Lima. -- Recife, 2015.  
89 f.: il.

Orientador (a): Fernando José Freire.  
Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Ciências  
Florestais) – Universidade Federal Rural de Pernambuco,  
Departamento de Ciências Florestais, Recife, 2015.  
Inclui referências.

1. Solo – Características 2. Ecossistemas – Conservação  
3. Mata Atlântica – Pernambuco I. Freire, Fernando José,  
orientador II. Título

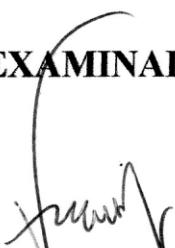
CDD 634.9

**Maria Salomé de Lima**

**Relações solo-floresta em Fragmento de Mata Atlântica em  
Pernambuco**

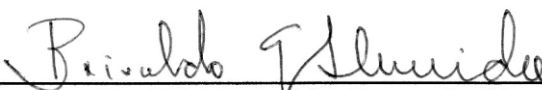
Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como requisito para a obtenção do Título de Mestre. Defendida publicamente em 27/02/2015.

**BANCA EXAMINADORA**



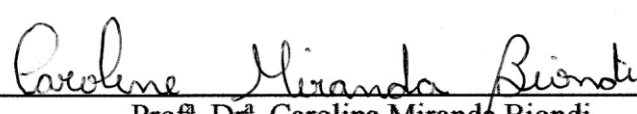
---

Prof. Dr. Fernando José Freire  
(Departamento de Agronomia – UFRPE)  
Presidente da banca examinadora



---

Prof. Dr. Brivaldo Gomes de Almeida  
(Departamento de Agronomia – UFRPE)  
Examinador



---

Prof. Dr. Carolina Miranda Biondi  
(Departamento de Agronomia – UFRPE)  
Examinador

Aos meus pais, Sr. Luiz Vitor (*in memorian*) e Sra. Maria da Penha, a meu esposo Eberson Pessoa Ribeiro e minha filha Sara, pela motivação e companherismo.

**DEDICO**

## **AGRADECIMENTOS**

A construção deste trabalho dissertativo só foi possível graças à ajuda de várias pessoas que direta e indiretamente auxiliaram na realização e concretização do meu sonho. Dessa forma, agradeço:

A Deus, pela oportunidade de viver e pela inteligência a mim concedida para aprender a cada dia;

A Eberson, meu esposo, e a Sara, minha filha, pelo amor, carinho, paciência, encorajamento e companheirismo;

A minha mãe, Maria da Penha, pelo amor incondicional e educação de qualidade e a todos os meus irmãos (João, Antônio, Claudia, Simone, Iara, Luiz, Augusto), pelo amor e companheirismo em todas as fases da minha vida;

De forma muito especial, a meu Orientador, Prof. Dr. Fernando José Freire e ao meu Co-orientador, Prof. Dr. Luiz Carlos Marangon, pelas orientações, sugestões, apoio, paciência e ajuda nos momentos difíceis;

Aos meus professores do Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais da Universidade Federal Rural de Pernambuco pelos ensinamentos que possibilitarão alcançar novos horizontes;

À Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Maria Betânia e ao Prof. Dr. Brivaldo Almeida, responsáveis pelo Laboratório de Química do Solo e Laboratório de Física do solo, respectivamente, da Universidade Federal Rural de Pernambuco, pelos ensinamentos e orientações com as análises do solo;

A Márcio Fléquisson pela ajuda e orientação preciosa em campo com a coleta das amostras de solo e com os ensinamentos na execução das análises do solo;

A Wagner, Guilherme, Joyce, Jhonata e João Vitor pelo auxílio, orientação e sugestões na execução das análises do solo;

A Renato Santos pelo auxílio com a estatística e a Deivide pelos ensinamentos e assistência na confecção dos mapas;

Ao Parque Estadual Dois Irmãos pela autorização da realização da pesquisa em seus domínios;

Ao mateiro Marcos Antônio (“Marquinho”) pela ajuda e guia no trabalho de campo;

Aos colegas de curso (Silvana, Cíntia, Irapuã, Nara, Joscely, Edson e Adelson), com os quais tive o privilégio de partilhar um ano de desafios e felicidades, como também pela ajuda e força nos momentos difíceis;

Aos amigos de trabalho da Escola Estadual Professor Antônio Carneiro Leão, pelas palavras de incentivos durante e na conclusão do mestrado;

Mais uma vez, evidencio meus sinceros agradecimentos a todos que participaram de qualquer forma para a concretização deste trabalho e realização do meu sonho.

*“Fui mais longe que pensava, rompi limites que não conhecia, continuei quando achava que não conseguiria mais e finalmente venci, tornando esse momento único e especial”.*

*Emile Paz*



## RESUMO

Os remanescentes de Mata Atlântica em ambientes urbanos exercem forte influência no equilíbrio natural dessas áreas. Assim, o remanescente que compõe o Parque Estadual Dois Irmãos (PEDI) é considerado como um dos maiores fragmentos florestais urbanos do Brasil e representa um referencial urbanístico de forte cunho social, político, econômico, histórico e paisagístico para a cidade do Recife. Entretanto, observa-se no PEDI forte degradação de borda devido à pressão do crescimento urbano. Além disso, o PEDI está sofrendo com a ocorrência de quedas de árvores em condições naturais. Portanto, a presente pesquisa teve como objetivo estudar a relação entre a queda de árvores e características físicas e químicas do solo em fragmento de floresta tropical representado pelo PEDI, identificando, mapeando e analisando o solo nas áreas de ocorrência de queda das árvores no *locus* da pesquisa. Para isso realizou-se a identificação, o georeferenciamento e o mapeamento das árvores caídas e a setorização dos pontos de coleta de solo. Os atributos físicos determinados em amostras deformadas foram granulometria, classe textural e densidade de partículas e em amostras não deformadas densidade do solo, porosidade total, capacidade de campo, ponto de murcha permanente, água disponível e condutividade hidráulica, além da determinação da curva característica de umidade nos dois solos predominantes do PEDI; Os atributos químicos determinados em amostras deformadas foram pH,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Al}^{3+}$ , (H+Al) e P. Utilizou-se a técnica da estatística multivariada para estudar os relacionamentos entre a frequência de queda das árvores e características físicas e químicas dos solos do PEDI. Na pesquisa foram encontradas 98 árvores caídas e identificadas 52 de diferentes espécies e famílias, dentre elas destaca-se a *Tapirira Guianensis* Aubl. e *Saccoglottis Mattogrossensis* Benth. Var. pela maior incidência de queda. Neste estudo essa incidência de queda de árvores no PEDI parece ter uma forte influência das características químicas e físicas dos solos que predominam o parque. O  $\text{Al}^{3+}$  e o (H+Al) foram os atributos químicos do solo mais discriminantes, enquanto que a porosidade, a condutividade hidráulica e o teor de argila foram os atributos físicos que mais influenciaram na queda das árvores. Com a finalidade de ampliar as informações e criar um banco de dados para estudos futuros, sugere-se também o monitoramento das espécies mais vulneráveis a queda, além de analisar outros elementos físicos e químicos dos solos do PEDI, como a abertura de perfis para compreender a dinâmica das raízes pivotantes.

**Palavras-chave:** Remanescentes, floresta urbana, atributos do solo.

## ABSTRACT

The Atlantic Forest remnants in urban environments have a strong influence on the natural balance of these areas. Thus, the remaining composing Parque Estadual Dois Irmãos (PEDI) is regarded as one of the largest urban forest fragments in Brazil and is an urban framework of strong social, political, economic, historical and landscape of the city of Recife. However, it is observed in the PEDI strong edge degradation due to the pressure of urban growth. In addition, the PEDI is suffering from the occurrence of falling trees under natural conditions. Therefore, this research aimed to study the relationship between falling trees and physical and chemical characteristics of the soil in tropical forest fragment represented by PEDI, identifying, mapping and analyzing the soil in the areas of occurrence of fall trees in the locus of research. For this there was the identification, mapping and georeferencing of fallen trees and sectorization of soil collection points. The physical attributes determined in disturbed samples grain size, texture class and density of particles and samples Undisturbed soil bulk density, porosity, field capacity, wilting point, available water and hydraulic conductivity, in addition to determining the characteristic curve moisture in two predominant PEDI soils; Chemical characteristics determined in deformed samples were pH,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Al}^{3+}$ , (H + Al) and P. We used multivariate statistical technique to study the relationships between the fall of frequency of trees and physical and chemical characteristics the PEDI soils. In the survey found 98 fallen trees and identified 52 different species and families, among which stands out the *Tapirira guianensis* Aubl., *Saccoglottis mattogrossensis* Benth. Var. and *Pera Ferruginea* (Schott) Müll. Arg. the higher incidence of fall. This incidence of falling trees in PEDI seems to have a strong influence of the chemical and physical characteristics of soils that dominate the park. The  $\text{Al}^{3+}$  and the (H + Al) are the chemical properties of the most discriminating soil, while the porosity, hydraulic conductivity and clay content are the physical attributes that most influenced the fall of trees. In order to extend the information and create a database for future studies, it is also suggested monitoring of the most vulnerable to fall species, and analyze physical and chemical elements of PEDI soils, such as opening profiles to understand the dynamics of perfitantes roots.

**Keywords:** Remnants, urban forest, soil attributes.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Ilustração do fenômeno de discrepâncias de temperatura entre os centros urbanos e o entorno rural, caracterizando a "Ilha de calor".....	21
Figura 2: Classificação das regiões fitoecológicas de acordo com a classe de formação e sistema fisionômico-ecológico no Brasil.....	25
Figura 3: Floresta Ombrófila Densa de Terras Baixas no Brasil.....	26
Figura 4: Mapa de localização do Parque Estadual Dois Irmãos (PEDI) em Pernambuco.....	33
Figura 5: Mapa das unidades geoambientais do Parque Estadual Dois Irmãos (PEDI) em Pernambuco.....	35
Figura 6: Mapa pedológico do Parque Estadual Dois Irmãos (PEDI) em Pernambuco.....	36
Figura 7: Mapa hidrológico do Parque Estadual Dois Irmãos (PEDI) em Pernambuco.....	37
Figura 8: Mapa das trilhas percorridas no Parque Estadual Dois Irmãos (PEDI) em Pernambuco para realização da pesquisa, com o desenho das curvas de nível, ilustrando as irregularidades do terreno e as diferentes altitudes.....	39
Figura 9: Ilustração dos procedimentos realizados para identificação das árvores caídas no Parque Estadual Dois Irmãos (PEDI) em Pernambuco.....	40
Figura 10: Mapa da espacialização dos pontos de coleta de solo no Parque Estadual Dois Irmãos (PEDI) em Pernambuco.....	41
Figura 11: Mapa da espacialização das árvores caídas nas trilhas do Parque Estadual Dois Irmãos (PEDI) em Pernambuco.....	46
Figura 12: Mapa da espacialização das diferentes espécies de árvores caídas e identificadas no Parque Estadual Dois Irmãos (PEDI) em Pernambuco.....	47
Figura 13: Exemplar de <i>Tapirira Guianensis Aubl</i> (Cupiúba) encontrado no Parque Estadual Dois Irmãos (PEDI) em Pernambuco.....	51
Figura 14: Exemplar de <i>Saccoglottis Mattogrossensis Benth. Var</i> (Oiti-de-Morcego) encontrado no Parque Estadual Dois Irmãos (PEDI) em Pernambuco.....	53
Figura 15: Curva de retenção de umidade em diferentes tipos predominantes de solo no Parque Estadual Dois Irmãos (PEDI) na profundidade 0-0,5 m.....	63
Figura 16: Mapa das árvores caídas com os respectivos pontos de coleta do solo no Parque Estadual Dois Irmãos (PEDI).....	64
Figura 17: Dendograma dos agrupamentos dos atributos químicos do solo e do teor de argila na camada 0-0,10 m de profundidade, em relação aos pontos de coleta de amostras deformadas do solo	

no Parque Estadual Dois Irmãos (PEDI), utilizando a distância euclidiana média, como coeficiente de similaridade e o algoritmo de WARD, como método de agrupamento .....	67
Figura 18: Dendograma dos agrupamentos dos atributos químicos do solo e do teor de argila na camada 0,10-0,30 m de profundidade, em relação aos pontos de coleta de amostras deformadas do solo no Parque Estadual Dois Irmãos (PEDI), utilizando a distância euclidiana média, como coeficiente de similaridade e o algoritmo de WARD, como método de agrupamento .....	70
Figura 19: Dendograma dos agrupamentos dos atributos químicos do solo e do teor de argila na camada 0,30-0,60 m de profundidade, em relação aos pontos de coleta de amostras deformadas do solo no Parque Estadual Dois Irmãos (PEDI), utilizando a distância euclidiana média, como coeficiente de similaridade e o algoritmo de WARD, como método de agrupamento .....	73
Figura 20: Dendograma dos agrupamentos dos atributos físicos do solo na camada 0-0,05 m de profundidade, em relação aos pontos de coleta de amostras não deformadas do solo no Parque Estadual Dois Irmãos (PEDI), utilizando a distância euclidiana média, como coeficiente de similaridade e o algoritmo de WARD, como método de agrupamento .....	75
Figura 21: Dendograma dos agrupamentos dos atributos físicos do solo na camada 0,10-0,15 m de profundidade, em relação aos pontos de coleta de amostras não deformadas do solo no Parque Estadual Dois Irmãos (PEDI), utilizando a distância euclidiana média, como coeficiente de similaridade e o algoritmo de WARD, como método de agrupamento .....	78

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Identificação e coordenadas geográficas dos pontos de coleta de solo nas trilhas do Parque Estadual Dois Irmãos (PEDI) em Pernambuco .....	42
Tabela 2: Identificação e coordenadas geográficas das diferentes espécies de árvores caídas nas trilhas do Parque Estadual Dois Irmãos (PEDI) em Pernambuco .....	48
Tabela 3: Frequência absoluta e relativa das árvores caídas e identificadas nas trilhas do Parque Estadual Dois Irmãos (PEDI) em Pernambuco .....	49
Tabela 4: Atributos químicos e físicos nos pontos de coleta de amostras deformadas de solo na profundidade 0-0,10 m, nas trilhas do Parque Estadual Dois Irmãos (PEDI) em Pernambuco .....	56
Tabela 5: Atributos químicos e físicos nos pontos de coleta de amostra deformadas de solo na profundidade 0,10-0,30 m, nas trilhas do Parque Estadual Dois Irmãos (PEDI) em Pernambuco....	57
Tabela 6: Atributos químicos e físicos nos pontos de coleta de amostras deformadas de solo na profundidade 0,30-0,60 m, nas trilhas do Parque Estadual Dois Irmãos (PEDI) em Pernambuco....	58
Tabela 7: Atributos físicos nos pontos de coleta de amostras não deformadas de solo na profundidade 0-0,05 m, nas trilhas do Parque Estadual Dois Irmãos (PEDI) em Pernambuco ....	61
Tabela 8: Atributos físicos nos pontos de coleta de amostras não deformadas de solo na profundidade 0,10-0,15 m, nas trilhas do Parque Estadual Dois Irmãos (PEDI) em Pernambuco...	61
Tabela 9: Atributos químicos e teor de argila, seus agrupamentos e correlações em componentes principais iniciais nas amostras de solo deformadas na profundidade 0-0,10 m, autovalores, variância total e acumulada .....	65
Tabela 10: Atributos químicos e teor de argila, seus agrupamentos e correlações em componentes principais finais nas amostras de solo deformadas na profundidade 0-0,10 m, autovalores, variância total e acumulada .....	66
Tabela 11: Atributos químicos e teor de argila, seus agrupamentos e correlações em componentes principais iniciais nas amostras de solo deformadas na profundidade 0,10-0,30 m, autovalores, variância total e acumulada.....	69
Tabela 12: Atributos químicos e teor de argila, seus agrupamentos e correlações em componentes principais finais nas amostras de solo deformadas na profundidade 0,10-0,30 m, autovalores, variância total e acumulada.....	69
Tabela 13: Atributos químicos e teor de argila, seus agrupamentos e correlações em componentes principais iniciais nas amostras de solo deformadas na profundidade 0,30-0,60 m, autovalores, variância total e acumulada.....	72

Tabela 14: Atributos químicos e teor de argila, seus agrupamentos e correlações em componentes principais finais nas amostras de solo deformadas na profundidade 0,30-0,60 m, autovalores, variância total e acumulada.....	72
Tabela 15: Atributos físicos, seus agrupamentos e correlações em componentes principais nas amostras de solo não deformadas na profundidade 0-0,05 m, autovalores, variância total e acumulada.....	74
Tabela 16: Atributos físicos, seus agrupamentos e correlações em componentes principais iniciais nas amostras de solo não deformadas na profundidade 0,10-0,15 m, autovalores, variância total e acumulada.....	76
Tabela 17: Atributos físicos, seus agrupamentos e correlações em componentes principais finais nas amostras de solo não deformadas na profundidade 0,10-0,15 m, autovalores, variância total e acumulada.....	77

# SUMÁRIO

RESUMO

ABSTRACT

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE TABELAS

1 INTRODUÇÃO.....	15
2 REVISÃO DE LITERATURA .....	18
2.1 MATA ATLÂNTICA.....	18
2.2 PARQUE ESTADUAL DOIS IRMÃOS EM PERNAMBUCO (PEDI).....	19
2.3 OS BENEFÍCIOS DE REMANESCENTES FLORESTAIS EM ÁREAS URBANAS ...	20
2.3.1 Temperatura.....	21
2.3.2 Drenagem e estabilidade dos agregados do solo .....	22
2.3.3 Poluição .....	22
2.4 RELAÇÃO SOLO–FLORESTA.....	23
2.4.1 Floresta Ombrófila Densa de Terras Baixas.....	24
2.4.2 Características físicas e químicas do solo.....	27
2.5 CAUSAS DA QUEDA DE ÁRVORES EM FRAGMENTOS FLORESTAIS.....	30
2.5.1 Vento .....	31
2.5.2 Aspectos fitossanitários .....	32
2.5.3 Topografia .....	32
2.5.4 Solo.....	32
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	33
3.1 CARACTERIZAÇÃO DO PARQUE ESTADUAL DOIS IRMÃOS (PEDI) .....	33
3.2 MAPEAMENTO DAS ÁRVORES .....	38
3.3 IDENTIFICAÇÃO BOTÂNICA DAS ÁRVORES CAÍDAS .....	40
3.4 COLETA DAS AMOSTRAS DE SOLO .....	41
3.5 ANÁLISES DE SOLO .....	43
3.6 ANÁLISES ESTATÍSTICAS .....	44
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	46

4.1 ESPÉCIES VERSUS FREQUÊNCIA DE QUEDA .....	46
4.2 CARACTERIZAÇÃO DAS ESPÉCIES ARBÓREAS COM MAIOR INCIDÊNCIA DE QUEDA NO PEDI.....	50
4.3 ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO .....	54
4.4 ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO.....	59
4.5 ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS E DE AGRUPAMENTOS DOS ATRIBUTOS QUÍMICOS E FÍSICOS DO SOLO EM RELAÇÃO À QUEDA DE ÁRVORES.....	63
4.5.1 Amostras deformadas .....	63
4.5.1.1 Análise de componentes principais e de agrupamentos dos atributos químicos e físicos do solo em relação à queda de árvores, na camada 0-0,10 m.....	64
4.5.1.2 Análise de componentes principais e de agrupamentos dos atributos químicos e físicos do solo em relação à queda de árvores, na camada 0,10-0,30 m.....	68
4.5.1.3 Análise de componentes principais e de agrupamentos dos atributos químicos e físicos do solo em relação à queda de árvores, na camada 0,30-0,60 m.....	71
4.6 ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS E DE AGRUPAMENTOS DOS ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO EM RELAÇÃO À QUEDA DE ÁRVORES .....	73
4.6.1 Amostras não deformadas .....	73
4.6.1.1 Análise de componentes principais e de agrupamentos dos atributos físicos do solo em relação à queda de árvores, na camada 0-0,05 m .....	73
4.6.1.2 Análise de componentes principais e de agrupamentos dos atributos físicos do solo em relação à queda de árvores, na camada 0,10-0,15 m .....	76
5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES .....	79
REFERÊNCIAS .....	80



# 1 INTRODUÇÃO

A Mata Atlântica, considerada a segunda maior floresta tropical pluvial do continente americano, possui uma considerável importância para o equilíbrio ecológico. Originalmente, estendia-se ao longo de 17 estados da costa brasileira, dentre eles Pernambuco. Por muitos anos foi intensamente desmatada e fragmentada com os ciclos econômicos e o processo de urbanização. Mesmo assim é rica em biodiversidade e espécies endêmicas, porém é ameaçada de extinção em grau muito elevado, sendo caracterizada como um “*hotspot*” (MITTERMEIER *et al.*, 2005).

Muitas áreas urbanas costeiras ainda possuem remanescentes de Mata Atlântica. Esses remanescentes proporcionam localmente um equilíbrio nas condições climáticas, uma diminuição relativa da poluição urbana e um aumento da absorção de água da chuva, bem como promove equilíbrio térmico, por meio do aumento da evapotranspiração e do albedo. Algumas características físicas do solo também são preservadas, como porosidade e densidade, o que diminui a erosão, aumentando a percolação da água, imprescindível para o abastecimento do lençol freático, além de preservar as espécies do bioma (CAPECHE; MACEDO; MELO, 2008; COPEL, 2009). É inegável que esses fatores, entre outros, proporcionam benefícios para o bem-estar da sociedade com a diminuição da poluição do ar, sem falar no benefício sonoro proporcionado pela fauna e o visual paisagístico da biodiversidade das espécies vegetais.

Entende-se que a cobertura vegetal pode influenciar características químicas e físicas do solo, e este também pode influenciar na formação vegetal, desenvolvimento e conservação das florestas, pois o solo é um recurso natural básico que pode proporcionar sustentabilidade a vegetação. Assim, qualquer intervenção nesse recurso natural, por ação antrópica ou natural, irá repercutir no equilíbrio da natureza, isso porque o solo funciona como fundação ou alicerce da vida em ecossistemas terrestres. Assim, determinadas características físicas e químicas inerentes ao solo poderão provocar alterações nas estruturas das árvores e podendo ocasionar sua queda (LEPSCH, 2002).

A queda de árvores em condições naturais pode ser uma consequência da idade das mesmas, das chuvas, do vento e do tipo de raízes, como também pode ter relação direta com o solo. Ações antrópicas negativas nas coberturas vegetais podem influenciar as condições fitossanitárias das árvores, facilitando a penetração de fungos e bactérias, contribuindo para o

agravamento do processo natural e acelerando a mortalidade vegetal (OLIVEIRA; LOPES, 2007; SAMPAIO *et al.*, 2010).

Por outro lado, deve-se ter atenção a relação solo-floresta, pois o solo pode ser determinante na queda de árvores em um fragmento florestal, uma vez que é a fonte de nutrientes, reserva e dreno para as plantas, além de ser responsável por sua sustentação (NOVAIS; MELLO, 2007). Lepsch (2002) complementou esse argumento afirmando que esse é um recurso natural importante e que não pode ser considerado apenas como o produto resultante da transformação de rochas.

Assim, o estudo do solo nas proximidades de árvores caídas é fundamental para o entendimento desse fenômeno em áreas florestais, uma vez que várias causas ou um conjunto delas podem determinar sua queda. É nesse âmbito que o presente trabalho vislumbrou compreender a frequente queda de árvores no Parque Estadual Dois Irmãos (PEDI) e sua relação com características físicas e químicas do solo. Deste modo, este estudo é fundamental para o planejamento estratégico da gestão das áreas verdes das cidades brasileiras, principalmente para a Região Metropolitana do Recife – RMR.

O PEDI é considerado como um dos maiores fragmentos urbanos, além de um dos mais importantes laboratórios naturais do Nordeste. No entanto observa-se uma forte degradação do parque devido à pressão provocada pelo crescimento urbano (PERNAMBUCO, 1998). Pode-se afirmar que o PEDI, com sua floresta urbana, representa um referencial urbanístico de forte cunho social, político, econômico e arquitetônico, somados a seus valores históricos, artísticos e paisagísticos para a RMR (BADIRU *et al.*, 2005).

Assim, parte-se da hipótese que a queda de árvores no referido parque pode estar relacionada diretamente com características físicas e químicas do solo. Dessa maneira, a atual pesquisa se propõe a realizar uma análise integrada do solo e da cobertura vegetal em um fragmento de Mata Atlântica em área urbana, uma vez que as árvores são de suma importância para a manutenção do equilíbrio ecológico.

A relevância deste estudo se dá em fornecer subsídios técnico-científicos para as ações governamentais, com vistas a harmonizar o equilíbrio ambiental, a qualidade de vida e o bem-estar social. Ressalta-se também que as informações obtidas contribuirão para o planejamento de estudos do solo e sua importância para a implantação de árvores nos meios urbanos. De tal modo, que as decisões para cenários urbanos futuros exigirão estudos integrados dos fatores condicionantes.

Portanto, de posse de uma base de dados sobre a relação entre a queda de árvores, distinguidas pelas espécies, e características do solo, se poderá discutir seus resultados e suas

causas determinantes. Dessa maneira, esta análise servirá de base científica para estudos posteriores, bem como para a elaboração de planos de ação e tomadas de decisões por parte das esferas governamentais e, principalmente, no PEDI.

Assim, o objetivo desta pesquisa foi estudar a relação entre a queda de árvores e características físicas e químicas do solo em fragmento de floresta tropical em área urbana representado pelo PEDI, identificando, mapeando e analisando o solo nas áreas de ocorrência de queda das árvores no *locus* da pesquisa.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 MATA ATLÂNTICA

A Mata Atlântica foi uma das primeiras florestas avistadas pelos colonizadores europeus no Brasil, proporcionando ao mesmo tempo o encanto de uma paisagem paradisíaca e a primeira riqueza de produtos naturais a ser explorada. Desde então vários ciclos econômicos e sociais se desenvolveram no seu domínio, acarretando um acelerado desmatamento e fragmentação (MELO; FURTADO, 2006).

Essa floresta ocupava mais de um milhão e trezentos mil quilômetros quadrados de vegetação ao longo de 17 estados da costa brasileira, restando hoje apenas 7% da cobertura original, cedendo espaço para ampliação das áreas urbanas, industriais e agrícolas (MELO; FURTADO, 2006). A mais de 30 anos, Mori *et al.* (1983) afirmaram que esta floresta tropical era considerada como sendo o ecossistema que se encontrava no estado mais crítico de degradação em todo o mundo, mesmo assim ainda foi em 2005 foi considerada a mais rica em espécies endêmicas do mundo (MITTERMEIER *et al.*, 2005).

Nos estados do Nordeste do Brasil, a degradação da Mata Atlântica é proporcionalmente maior do que no resto do país, uma vez que as áreas desse ecossistema encontram-se fragmentadas e próximas de grandes centros urbanos. A expansão urbana, a agropecuária, a implantação de infraestrutura econômica e a extração florestal em algumas grandes cidades do Nordeste do Brasil reduziram até esses fragmentos (FIDEM, 1987; PERNAMBUCO, 2001).

No Estado de Pernambuco, a Mata Atlântica ocupava, aproximadamente, 15,7% da sua área total. Atualmente resta apenas cerca de 2%, representada por um conjunto de fragmentos florestais, geralmente pequenos e inferiores a 50 ha (ANDRADE-LIMA, 1960; RANTA *et al.*, 1998). Visando conservar os fragmentos em Pernambuco, foi editada a Lei nº 9.989, de 13 de janeiro de 1987, onde foram criadas 40 reservas na Região Metropolitana do Recife – RMR (PERNAMBUCO, 1987), dentre elas o Parque Estadual Dois Irmãos (PEDI).

## 2.2 PARQUE ESTADUAL DOIS IRMÃOS EM PERNAMBUCO (PEDI)

O Parque Estadual Dois Irmãos (PEDI) é um dos fragmentos urbanos de Mata Atlântica da Região Metropolitana do Recife - RMR. A degradação desse remanescente vem acontecendo desde a colonização do Brasil, primeiramente com a exploração do pau-brasil, em seguida com o plantio da cana-de-açúcar e por fim com a urbanização acelerada da cidade do Recife (MELO; FURTADO, 2006; PERNAMBUCO, 2012).

Na gestão do governador Francisco do Rego Barros, conhecido como o Conde da Boa Vista, criou-se em 1835 a Repartição de Obras Públicas, com o objetivo de melhorar as condições de higiene e saúde dos cidadãos. O Conde da Boa Vista autorizou o fornecimento de água potável para a cidade de Recife através da lei nº 46 de julho de 1837, que previa a distribuição de água para a população, obtida em alguns açudes, dentre eles o Prata, que se localizava no PEDI. O açude do Prata atualmente ainda compõe, com outros açudes, uma rede hídrica que atravessa o parque. Esta distribuição ocorria em 13 chafarizes localizados em pontos estratégicos da cidade (MIRANDA, 2012).

Em 1841 o projeto de distribuição de água dos engenheiros militares Conrado Jacob de Niemeyer e Pedro de Alcântara Bellegard foi aprovado com base no manancial do Rio Prata, que faz parte da hidrografia do PEDI e fonte de distribuição de água para as comunidades circunvizinhas, perdurando até os dias atuais (WEBER; RESENDE, 1998).

As águas do Prata naquela época eram consideradas de boa qualidade e protegidas pela vegetação do PEDI. Devido à importância dessas águas para o abastecimento da cidade do Recife esse remanescente de Mata Atlântica foi relativamente protegido. Diante de sua relevância para o abastecimento hídrico do Recife, outras ações preservacionistas para a vegetação foram criadas, como: o Horto Florestal de Dois Irmãos em 1916 no governo de Dantas Barreto, que recebeu esse nome por ter sido fundado em terras do Engenho Dois Irmãos (COSTA, 1981; MENEZES; ARAÚJO; CHAMIXAES, 1991).

Inicialmente o PEDI foi administrado pela Prefeitura do Recife e, 19 anos depois, pelo Instituto de Pesquisas Agronômicas (IPA). Em 1955 a Lei Estadual nº 2.307 regulamentou a incorporação de parte do terreno do Horto para a Escola de Agronomia, hoje a Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), que reduziu a área da mata. Em 1969, o Horto começou a ser administrado pela Empresa Pernambucana de Turismo (EMPETUR) e aberto à visitação pública, depois de reformado e criado o Horto Zoobotânico Dois Irmãos (COSTA, 1981; WEBER; RESENDE, 1998).

No dia 12 de agosto de 1986 a Lei nº 9.860, sobre proteção de mananciais, mais uma vez beneficiou a Mata do Horto Dois Irmãos em função das águas do Prata. Entretanto, apenas em janeiro de 1987 com a Lei nº 9.989, a Mata passou a dispor de um instrumento legal para sua proteção, em que foram criadas 40 reservas na RMR e dentre elas a Reserva Ecológica de Dois Irmãos (PERNAMBUCO, 1987).

Denominada inicialmente de Reserva Ecológica, posteriormente passou a categoria de Parque Estadual por meio da Lei Nº 11.622/98. Desde esta data o PEDI foi destinado à conservação ecológica, ao lazer, à pesquisa, à educação científica e ambiental, aos turistas e visitantes em geral (COELHO; FIGUEREDO FILHO, 1998; PERNAMBUCO, 1998).

O Parque possuía 373 ha, além de 14 hectares de área construída do Zoológico, mas atualmente, com a desapropriação de uma área de 774 ha da Fazenda Brejo dos Macacos pelo Decreto Nº 38.660, de 21 de setembro de 2012, o Parque quase triplicou seu tamanho, ampliando-o para a Zona Norte do Recife. Assim, a área total do PEDI totaliza 1.161 ha, englobando os açudes do Prata, do Meio, de Dentro e o de Dois Irmãos, além da área do Zoológico, sendo considerado um dos mais importantes laboratórios naturais do Nordeste (TABARELLI, 1998; PERNAMBUCO, 2012).

O PEDI atualmente tem foco na realização de pesquisas voltadas para a produção de conhecimento sobre a diversidade e os processos biológicos na área. A presença desse fragmento de Mata Atlântica no espaço urbano favorece uma melhor qualidade de vida para os seres humanos, “influenciando o conforto térmico e mecânico e disponibilizando espaços de lazer” (OLIVEIRA; LOPES, 2007, p. 2). Além disso, abriga uma rica biodiversidade, regula o fluxo de mananciais hídricos, controla o clima, ameniza a poluição do ar e a impermeabilidade do solo (DISLICH; PIVELLO, 2002).

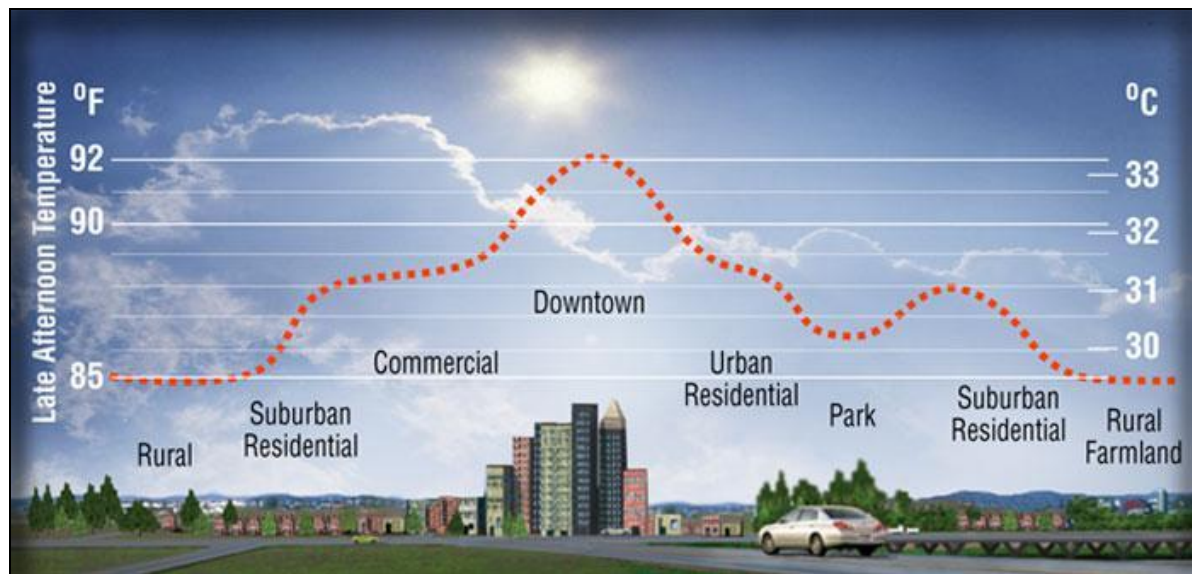
### **2.3 OS BENEFÍCIOS DE REMANESCENTES FLORESTAIS EM ÁREAS URBANAS**

A vegetação é essencial para o ambiente urbano. Os benefícios e as diversas funções desempenhadas por ela nas cidades estão ligados a aspectos ecológicos, sociais, econômicos e culturais (GONÇALVES, 1999), proporcionando a redução dos efeitos da poluição, controle da radiação solar, temperatura, umidade, proteção contra o impacto direto dos ventos e das gotas de chuva sobre o solo e fornecimento de abrigo e alimento para a fauna local, além de harmonizar a beleza cênica da cidade, parques, praças e jardins públicos (MILANO; DALCIN, 2000). Dessa forma, apresenta-se a seguir alguns aspectos relevantes influenciados pela vegetação em áreas urbanas.

### 2.3.1 Temperatura

O Sistema Climático Urbano (SCU) é bem peculiar e inerente a cada cidade. Entretanto, pode-se perceber o papel de equilibrador térmico da vegetação quando se compara a temperatura do núcleo urbano (excesso de concreto, impermeabilização do solo, cânions urbanos, escassez de vegetação, dentre outros) com as áreas rurais adjacentes, onde as temperaturas dessas ficam de 5 a 8 °C menores do que nas cidades. Esse fenômeno de discrepâncias de temperatura entre os centros urbanos e o seu entorno rural é denominado de “ilha de calor” (BARRY; CHORLEY, 2013), como se pode observar na Figura 1.

Figura 1 – Ilustração do fenômeno de discrepâncias de temperatura entre os centros urbanos e o entorno rural, caracterizando a "ilha de calor"



Fonte: Berkeley Lab (2013).

Segundo Givoni (1998) e Barry & Chorley (2013) afirmaram, a ilha de calor é um fenômeno predominantemente noturno, cujo efeito é mais acentuado em noites de céu claro e pouco vento. As particularidades da geometria urbana intensifica a ilha de calor em função da razão da altura pela largura do cânion (edifícios). Os estudos realizados por Lombardo (1985) constataram que o tipo de material utilizado nas construções e a quantidade e localização das áreas verdes afetaram a intensidade da ilha de calor. O autor afirmou também que elevadas temperaturas dos núcleos urbanos podem proporcionar modificações na distribuição da precipitação.

Conforme Ferreira (2013, p.129–130), “radiação absorvida pela vegetação é utilizada para a fotossíntese e para a evapotranspiração; apenas uma porcentagem muito pequena é convertida em calor sensível”. Durante o processo de evapotranspiração o consumo de energia é cerca de 60

a 75% da energia solar incidente na vegetação, resfriando as folhas, bem como o ar em seu redor, além de aumentar a umidade do ar por meio da transpiração (MAGALHÃES; CRISPIM, 2003).

A vegetação nos ambientes urbanos bloqueia parte da radiação solar que chega a superfície terrestre, atenuando a absorção e, conseqüentemente, a irradiação de calor pela superfície. Spangenberg (2009) advertiu que a absorção, transmissão e reflexão dos raios solares pelos dosséis vegetais são mais complexas do que as construções civis, uma vez que a copa das árvores, distribuição de folhas, diferença entre espécies, entre outras características, são bastante heterogêneas.

### **2.3.2 Drenagem e estabilidade dos agregados do solo**

As enchentes nas áreas urbanas estão diretamente relacionadas à escassez de áreas vegetadas, excessiva impermeabilidade do solo e canalização dos rios e córregos. Esse conjunto de fatores determina o aumento da velocidade da água e da quantidade do escoamento superficial. A elevada velocidade do escoamento majora o processo erosivo e proporciona, conseqüentemente, um acentuado assoreamento, provocando enchentes mais severas à medida que a vazão diminui (FERREIRA, 2013).

Essas intervenções antrópicas, como também o assoreamento dos rios podem comprometer a estabilidade dos agregados do solo, causando rebaixamento da superfície (diminuição do nível do lençol freático) e corrida de massa em áreas mais íngremes, principalmente pela escassez de vegetação.

Portanto, a vegetação tem papel fundamental na retenção da água pluvial por meio da percolação e redução da velocidade de infiltração, do impacto da chuva e, por conseguinte, atenuação do processo erosivo do solo (sulcos e ravinamentos), além de manter estáveis as estruturas do solo, importantíssimas para a segurança da população e das edificações.

### **2.3.3 Poluição**

A poluição atmosférica nos centros urbanos é constituída por diversos elementos, como gás carbônico (CO<sub>2</sub>), monóxido de carbono (CO), óxidos de enxofre e de nitrogênio, compostos orgânicos voláteis e material particulado em suspensão. Essa poluição do ar, proveniente dos veículos automotores, das indústrias, queimadas, entre outras atividades antrópicas, diminui a



qualidade de vida da população, uma vez que compromete a saúde humana, causando doenças respiratórias e mortes por enfarto (FERREIRA, 2013).

A cobertura vegetal tem como uma de suas funções remover alguns gases nocivos aos seres humanos, amenizando as implicações indesejáveis da poluição nas cidades. Entretanto, o percentual de remoção de poluentes atmosféricos dependerá do quantitativo destes no ar, do porte, do vigor, do tipo e da densidade da vegetação, bem como das condições climáticas (FALCÓN, 2007).

A poluição do solo em áreas urbanas pode ser atenuada pela absorção dos poluentes pelas raízes das plantas e concentração na biomassa. Esse tipo de poluição é maior do que o nível de contaminantes das águas dos rios e córregos, apresentando baixa mobilidade. Dessa maneira, a cobertura vegetal pode agir na retirada ou imobilização dos resíduos (metais pesados, pesticidas, entre outros) contidos no solo. O transporte desses resíduos para a parte aérea das plantas pode ser introduzido na cadeia alimentar, prejudicando dessa forma a fauna local (MORINAGA, 2007; FERREIRA, 2013).

Como outra função da vegetação no meio urbano, pode-se destacar o controle do escoamento superficial das águas das chuvas pelas árvores, influenciando o equilíbrio do ciclo hidrológico, a ação purificadora por fixação de poeiras e gases tóxicos, materiais residuais e reciclagem de gases por meio de mecanismos fotossintéticos, bem como pela depuração bacteriana e de outros microorganismos. Além desses benefícios, a vegetação nas cidades contribui para a saúde e bem-estar social, porque quebra a monotonia da paisagem construída, valoriza a visualização ornamental do espaço urbano, contribuindo para a interação entre as atividades humanas e o ambiente, como também amortecendo os ruídos (GOMES; SOARES, 2003).

## **2.4 RELAÇÕES SOLO-FLORESTA**

A vegetação é de fundamental importância para a melhoria da qualidade dos ambientes. Para o solo, a cobertura vegetal tem papel essencial, pois a presença da vegetação proporciona benefícios físicos, químicos e biológicos, além da proteção contra a erosão e a dinâmica da ciclagem de nutrientes. Assim, a retirada dessa cobertura promove um desequilíbrio ambiental entre o solo e o meio, modificando seus atributos (PRADO, 1991; MELO; LIRA FILHO; RODOLFO JUNIOR, 2007).

O solo também possui sua importância, principalmente por servir de sustentação e nutrição para as plantas, além de armazenar água e ar para que as mesmas completem

seu ciclo de vida. Lepsch (2002, p.10) complementou e enfatizou afirmando que a cobertura vegetal possui uma relação direta com o solo, pois “suas raízes penetram o solo, que lhe proporciona suporte para manter caules fixos e eretos. Dele elas extraem água em mistura com nutrientes”. Portanto o equilíbrio das árvores pode ser influenciado e/ou determinado pelo solo (PRADO, 1991; PRADO; NATALE; FURLANI, 2002).

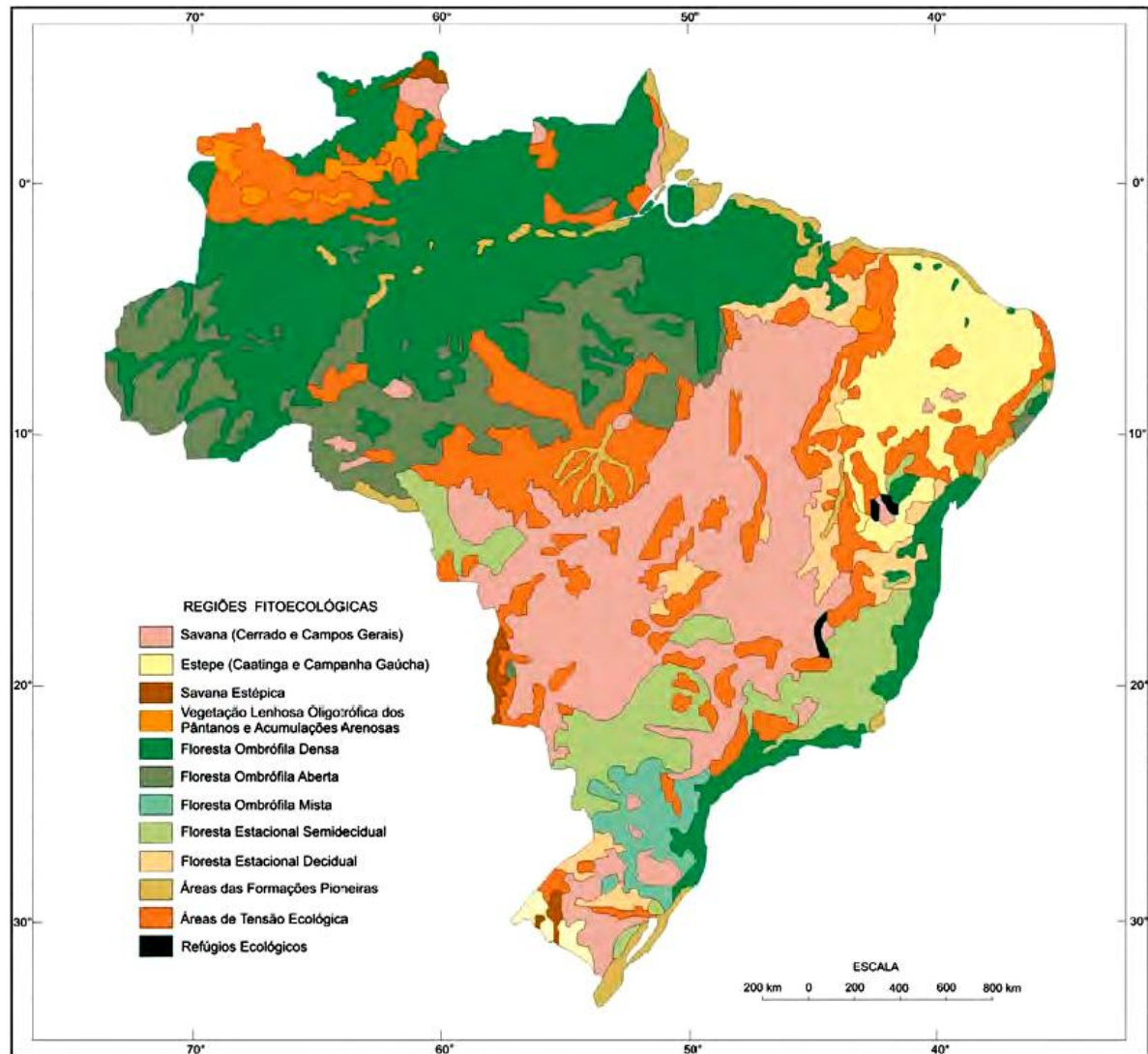
Primavesi (2002) afirmou que é no solo que a planta por meio de suas raízes se estabelece absorvendo água e nutrientes, isso porque dependendo do tipo de raiz, as árvores adquirem uma maior capacidade de absorção de água e nutrientes para seu desenvolvimento, estabelecendo uma relação direta com o solo. O autor ainda complementou enfatizando que as raízes podem ser afetadas pela mudança da composição do solo e isso pode ocasionar mudanças nas estruturas das árvores e, conseqüentemente, sua queda.

#### **2.4.1 Floresta Ombrófila Densa de Terras Baixas**

A Floresta Atlântica é um bioma de grande diversidade biológica, sendo um dos mais ricos e mais ameaçados do planeta, além de ser considerado um dos cinco *hotspots* de biodiversidade com alto grau de endemismo (MYERS *et al.*, 2000; MITTERMEIER *et al.*, 2005). A referida floresta, também chamada de Floresta Tropical Pluvial, possui um conjunto de formações florestais em função do relevo e do clima. Essas variações vegetacionais são mais evidentes quando observadas em larga escala (SCARANO, 2002). De acordo com o mapa da classificação vegetal do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (Figura 2), essa formação vegetal é separada pela classe de formação, sistema fisionômico-ecológico e determinada pelas formas de vida vegetais dominantes (IBGE, 2012).

A designação Floresta Tropical Pluvial (de origem latina) foi substituída por Floresta Ombrófila Densa (de origem grega). Essa nova designação foi instituída por ElleMBERG e Mueller-Dumbois no período entre 1965/1966. As duas designações possuem o mesmo significado "amigo das chuvas". O IBGE em sua classificação vegetal divide a Floresta Ombrófila Densa em cinco formações: a Floresta Ombrófila Densa de Terras Baixas, a Floresta Ombrófila Densa Alto-montana, a Floresta Ombrófila Densa Aluvial, a Floresta Ombrófila Densa Submontana e a Floresta Ombrófila Densa Montana. Os fatores ambientais são determinantes para essa classificação das formações vegetacionais do território brasileiro (IBGE, 2012).

Figura 2 – Classificação das regiões fitoecológicas de acordo com a classe de formação e sistema fisionômico-ecológico no Brasil



Fonte: IBGE (2012).

A Floresta Ombrófila Densa de Terras Baixas é uma formação vegetal que vem apresentando fragmentações constantes, principalmente, pela ação antrópica. A vegetação dominante é caracterizada por fanerófitos, além de lianas lenhosas e epífitas em abundância, cuja formação é classificada de acordo com a topografia, que reflete as diferentes fisionomias, que por sua vez são baseadas nas variações ecotípicas e faixas altimétricas de cada ambiente (Figura 3). Nessa formação, encontram-se algumas famílias típicas da Mata Atlântica, como *Myrtaceae*, *Rubiaceae*, *Fabaceae*, *Lauraceae* entre outras, que as distinguem das outras formações vegetais e podem alcançar até 35 m de altura (VELOSO; RANGEL FILHO; LIMA, 1991; ALVES, 2000).

Figura 3 – Floresta Ombrófila Densa de Terras Baixas no Brasil



Fonte: IBGE (2012).

A supracitada vegetação é típica de ambientes ombrófilos que caracterizam a florística florestal, cuja propriedade ombrotérmica abrange os fatores climáticos tropicais de elevadas temperaturas, com médias de 25 °C aproximadamente, baixa amplitude térmica e elevada precipitação, com uma média de 1.500 mm, bem distribuídos ao longo do ano (IBGE, 2012).

A Floresta Ombrófila Densa de Terras Baixas ocupa grande espaço nas planícies costeiras, capeadas por tabuleiros pliopleistocênicos do Grupo Barreiras, entre 4° Latitude Norte e 16° Latitude Sul, com altitudes que variam entre 5 e 100 m, que se estende desde a Amazônia até o Rio de Janeiro. O relevo apresenta várias formas originadas geologicamente do Pré-Cambiano e do período Quaternário da Era Cenozóica. O solo dominante na referida floresta é o Latossolo com características distróficas (pouca fertilidade) e Argissolos decorrentes de vários tipos de rochas, dentre elas as cratônicas e arenitos (VELOSO; RANGEL FILHO; LIMA, 1991; IBGE, 2012).

Sanquetta (2008) argumentou que os solos da referida floresta, de modo geral, são mal-drenados, podendo ocorrer acúmulo de água nas áreas mais baixas. Contudo, muitas espécies arbóreas conseguem se adaptar neles e se desenvolver alcançando grande porte e até quatro estratos de copas.

A vegetação tropical com seus atributos naturais, variações ambientais e localização privilegiada, proporciona um conjunto de diversidade de paisagem com uma formação vegetal recheada de divisões, caracterizando sua biodiversidade (COSTA JÚNIOR *et al.*, 2008). O estudo dessa vegetação pode contribuir para maiores informações sobre as possíveis causas da queda frequente de árvores nestes ambientes, impactando na conservação e preservação do mencionado ecossistema (MARANGON *et al.*, 2008). Isso porque os fragmentos florestais são mais frequentes em ambientes urbanos, que se apresentam sem a devida conservação e manutenção, práticas essenciais para o equilíbrio das relações solo-floresta.

#### **2.4.2 Características físicas e químicas do solo**

O solo é um recurso natural fundamental que suporta a cobertura vegetal. Sem ele os seres vivos não sobreviveriam, pois nessa cobertura, incluem-se as culturas, os tipos de árvores, gramíneas, raízes e herbáceas. Contudo os solos apresentam qualidades internas próprias e características externas, que permitem descrevê-los e classificá-los (LEPSCH *et al.*, 1983).

Reinert (1998, p.163) afirmou que, o solo é considerado um “corpo natural organizado, vivo e dinâmico, que desempenha inúmeras funções no ecossistema terrestre”. Mais recentemente, Bertoni; Lombardi Neto (2012, p.28), complementaram, escrevendo que, “O solo, além da grande superfície que ocupa no globo, é uma das maiores fontes de energia para o grande drama da vida que, geração após geração de homens, plantas e animais, atuam na terra”.

A Embrapa (1999, p.5) considerou, em sua coletânea, esse recurso natural como:

[...] uma coleção de corpos naturais, constituídos por partes sólidas, líquidas e gasosas, tridimensionais, dinâmicos, formados por materiais minerais e orgânicos, que ocupam a maior parte do manto superficial das extensões continentais do planeta. [...]. Ocasionalmente podem ter sido modificados por atividades humanas.

Numa definição de solo puramente mineral, pode-se dizer que as partículas sólidas constituem a matriz do solo e a distribuição quantitativa dessas partículas, como areia, silte e argila define sua textura, característica física muito estável (CAMARGO; ALLEONI, 1997).

Para a ciência do solo, em trabalho coordenado por Curi *et al.* (1993, p. 74), os autores apresentaram algumas definições para o solo, tais como:

Solo. (1) Material mineral e/ou orgânico inconsolidado na superfície da terra que serve como meio natural para o crescimento e desenvolvimento de plantas terrestres. (2) Matéria mineral não consolidada, na superfície da terra, que foi sujeita e influenciada por fatores genéticos e ambientais do material de origem, clima (incluindo efeitos de umidade e temperatura), macro e microorganismos, e topografia, todos atuando durante um período e produzindo um produto solo, o qual difere do material do qual ele é derivado em muitas propriedades e características físicas, químicas, mineralógicas, biológicas e morfológicas.

O solo funciona como fundação ou alicerce da vida em ecossistemas terrestres. Os fatores de sua formação, como clima, organismos, material de origem, relevo e tempo possuem papel importante na definição de suas propriedades, pois auxilia na compreensão das diferenças morfológicas e em sua composição física e química. O solo é avaliado de acordo com as suas propriedades físicas e químicas e a interação dessas possibilita inferir sobre sua fertilidade natural (GUERRA; BOTELHO, 1996; FERREIRA, 1998; LEPSCH, 2002). As propriedades físicas e químicas se fundamentam a partir da compreensão da dinâmica e dos processos atuantes na formação e evolução do solo (GUERRA; BOTELHO, 1996; WEIRICH NETO *et al.*, 2006).

Além da textura, duas propriedades físicas do solo são básicas, como a densidade de partículas sólidas e a densidade do solo. A densidade das partículas se relaciona com sua composição mineral e varia muito pouco entre os diferentes tipos de solo, enquanto que a densidade do solo está relacionada à maior ou menor compactação do solo, pois quanto maior será a densidade do solo, menor é a capacidade do solo, e maior a dificuldade de infiltração da água, aumentando o escoamento superficial. Portanto, ambos são atributos físicos importantíssimos por fornecer indicativos sobre o estado de conservação, que exerce influência sobre a infiltração e retenção de água no solo, desenvolvimento de raízes e trocas gasosas (DANIELS; HAMMER, 1992; GUARIZ *et al.*, 2009).

Assim, existe uma relação inversamente proporcional entre densidade do solo e espaço poroso. Os solos com maior porosidade têm menor densidade. Dessa maneira todos os fatores que interferem no espaço poroso irão interferir na densidade do solo (MACHADO; FAVARETTO, 2006).

Curi *et al.* (1993) afirmaram que, a porosidade do solo significa o volume do solo não ocupado por partículas sólidas, que inclui o espaço poroso preenchido pelo ar e água. O volume é resultado da porosidade total do solo, subdividida em microporos e macroporos. Assim, Bertoni; Lombardi Neto (2012, p.43) discorrendo sobre porosidade disseram que,

“refere-se à proporção de espaços ocupados pelos líquidos e gases em relação ao espaço ocupado pela massa de solo”.

Os macroporos são responsáveis pela aeração, penetração de raízes e drenagem. Em termos de diâmetro são enquadrados em cinco classes de tamanho, como muito pequenos (<0,5 mm), pequenos (0,5 – 2,0 mm), médios (2,0 – 5,0 mm), grosseiros (5,0 – 10,0 mm) e muito grosseiros (>10,0 mm) (LIMA; LIMA, 1996; LIER, 2010).

Assim a quantidade de macroporos é fundamental para o crescimento das raízes e absorção de água e nutrientes, cuja redução pode ocasionar o crescimento horizontal de raízes, que diminuem o diâmetro verticalmente com a finalidade de adentrarem nos poros menores. Portanto, a porosidade é responsável por alguns fenômenos e de elevada importância para as propriedades físicas do solo, como a retenção e fluxo de água e ar. No entanto um solo é considerado fisicamente ideal quando apresenta: boa aeração e retenção de água; bom armazenamento de calor e pouca resistência mecânica ao crescimento radicular (BEUTLER; CENTURION 2003; REINERT; REICHERT, 2006).

Por outro lado, os microporos estão mais relacionados com a retenção e o armazenamento de água do solo. Muita microporosidade torna o solo menos permeável, porém com maior capacidade de reter água.

As propriedades químicas do solo (pH, teor de nutrientes, capacidade de troca catiônica, saturação por bases, condutividade elétrica, matéria orgânica, dentre outras) têm a finalidade de compreender o solo sob o ponto de vista agrônomo. Essas propriedades são essenciais para distinguir as divisões dos solos, com suas respectivas potencialidades, riscos e limitações (GUERRA; BOTELHO, 1996).

Dentre as propriedades químicas, a Capacidade de Troca Catiônica (CTC) refere-se aos componentes orgânicos e minerais do solo, cuja importância baseia-se na determinação da caracterização das argilas de baixa e alta atividade. A saturação por bases é utilizada para classificar o solo em eutrófico ou distrófico, ou seja, se é fértil ou de pouca fertilidade. O pH pode ser utilizado para interpretar o grau de acidez dos solos (BAYER, 1992; EMBRAPA, 2009).

Lepsch (2002) afirmou que a matéria orgânica é uma das propriedades químicas considerada mais importante, pois é proveniente da decomposição de restos animais e vegetais. Esses restos orgânicos se decompõem e transformam-se em húmus, de ocorrência natural que libera nutrientes, por meio do processo de mineralização. Em ambientes de alta temperatura, umidade adequada e boa aeração, a matéria orgânica se mineraliza ligeiramente, liberando nutrientes para as plantas (PAULA; PEREIRA; MACHADO, 2013).

Nessas transformações ocorrem diversas e complexas reações, atingindo o estado coloidal com elevada densidade de cargas elétricas, capaz de adsorver e trocar cátions e, conseqüentemente, aumentar a dinâmica do solo. Portanto, “o húmus é considerado de vital importância para a vida do solo” (LEPSCH, 2002, p.42). A matéria orgânica é benéfica, tanto para as características químicas, como para as características físicas, cuja decomposição serve como cimento na formação dos agregados do solo, atuando na permeabilidade, porosidade e retenção de água (BENITES; MADARI; MACHADO, 2003).

O conhecimento e monitoramento das características do solo são importantes para a preservação, conservação e manejo de sua fertilidade. Isso pode evitar a degradação, erosão e desgaste do solo, pois esse é o ambiente base para muitos organismos (FIALHO *et al.*, 2006). Desse modo, o seu conhecimento é essencial uma vez que “ocupa uma posição peculiar ligada às várias esferas que afetam a vida humana. É, além disso, o substrato principal da produção de alimentos” (RESENDE *et al.* 2002, p.01).

## **2.5 CAUSAS DA QUEDA DE ÁRVORES EM FRAGMENTOS FLORESTAIS**

A compreensão das causas de queda de árvores em remanescentes florestais é fundamental para a realização do planejamento estratégico da gestão das áreas verdes nas cidades, sobretudo as brasileiras, tanto porque as decisões para cenários urbanos futuros exigirão estudos integrados dos fatores condicionantes.

A queda de árvores pode estar relacionada com a idade e com o aumento da poluição, as quais influenciam nas condições fitossanitárias das plantas, ou seja, a presença de organismos biodegradadores da madeira, como insetos, bactérias e fungos. Quando há ocorrência desses indivíduos nas árvores existe uma transformação na estrutura anatômica e na resistência da planta, deixando-as mais susceptíveis a queda (BRAZOLIN, 2009; PEREIRA *et al.*, 2011).

Vários estudos (JAMES, 2003; OLIVEIRA; LOPES, 2007; BRAZOLIN, 2009; SAMPAIO *et al.*, 2010; PEREIRA *et al.*, 2011) foram realizados levando em consideração todos esses fatores e suas influências na queda de árvores, entretanto todos para ambientes altamente antropizados e não em fragmentos florestais, o que dificultou explorar mais intensamente o estado da arte desse tema. A seguir foram relacionados alguns fatores que podem contribuir efetivamente com a queda das árvores em fragmentos florestais.



### 2.5.1 Vento

O vento pode ser uma das causas da queda de árvores. Oliveira; Lopes (2007) reforçaram a afirmação de que a queda de árvores pode ter uma relação com os efeitos do vento forte, porém depende também das características da espécie e das condições fitossanitárias de cada indivíduo, bem como das características ambientais, onde se pode incluir o solo.

A queda das árvores depende do grau de exposição ao vento, devido ao efeito de borda, uma vez que sua ação abre clareiras nas coberturas vegetais, favorecendo tal fenômeno, principalmente quando essas clareiras forem abertas em terrenos com declives acentuados. Porém, a idade, a dimensão, a densidade da folhagem e da madeira influenciam na resistência das árvores aos ventos fortes (BELLINGHAM; TANNER, 2000; OLIVEIRA; LOPES, 2007).

James (2003) argumentou que a resistência de cada indivíduo a ação do vento é diferente, pois cada um possui uma estrutura que depende do tamanho e forma do tronco, como também da flexibilidade, já que as árvores mais jovens são mais flexíveis. As próprias árvores se adaptam à força dos ventos, formando uma variação na espessura dos anéis de crescimento, na forma dos ramos e na própria árvore. Contudo, a ação eólica na queda de árvores é mais acentuada nos ambientes mais antropizados, como ruas, avenidas, praças, entre outros, do que em fragmentos florestais.

### 2.5.2 Aspectos fitossanitários

Outro fator a ser investigado em episódios de queda de árvores é a questão da fitossanidade. A presença de organismos biodegradadores da madeira, como fungos, insetos e bactérias podem alterar o arcabouço anatômico e a resistência das árvores, deixando-as mais susceptíveis a queda. Esses biodegradadores atacam as plantas basicamente pelas injúrias originadas por podas inadequadas e/ou quedas de galhos, bem como pela retirada da casca. No Brasil, os cupins são responsáveis por grandes danos à arborização urbana, sendo frequente a presença de ninhos nas árvores (BRAZOLIN, 2009). Isso pode se intensificar nos fragmentos florestais por serem mais úmidos, o que favorece a ação desses organismos.

A arborização urbana é o conjunto de vegetação arbórea de uma cidade, cultivada ou espontânea, existente em vias públicas, parques, praças, áreas de dominialidade pública e remanescentes de vegetação nativa, que de forma harmoniosa com outros elementos urbanos, alcançam a função social desejada (SANTOS, 1993; MEUNIER *et al.*, 1999).

Portanto, a principal via de infecção por onde os organismos biodegradadores ingressam na planta é por meio de injúrias, causada por podas e/ou quedas de galhos e também pela retirada da casca. Dessa maneira, uma poda mal realizada pode influenciar diretamente na queda da árvore (RAYNER; BODDY, 1988), como também a queda frequente e natural de galhos em fragmentos florestais.

### **2.5.3 Topografia**

A topografia é outro elemento que pode influenciar na queda de árvores, por meio de suas características altimétricas e de sua inclinação. Segundo relatou Rodrigues *et al.* (2007) a topografia em uma escala local tem sido considerada como uma das variáveis mais significantes na distribuição espacial e na estrutura das florestas tropicais, isso porque frequentemente corresponde à mudanças nas propriedades dos solos, sobretudo no regime de água e nas suas características físicas e químicas.

Estudo realizado por Cardoso; Schiavini (2002), ao caracterizar a topografia de um remanescente e avaliar sua relação com a distribuição das 20 principais espécies do ambiente, verificaram que algumas espécies sofreram influências positivas e outras negativas pelas variações de umidade do solo, causadas pela topografia. Nagamatsu; Hirabuki; Mochida (2003) observaram variações na estrutura e na dinâmica da vegetação em diferentes altitudes, com maior densidade e área basal em locais mais altos, além de menor mortalidade.

A influência da inclinação do terreno na queda de árvores foi observada por Robert (2003) e Getzin; Wiegand (2007), os quais asseguraram que quanto maior o grau de inclinação do ambiente maior a mortalidade de árvores, pois alguns fatores responsáveis pela queda tornaram-se mais atuantes em áreas com declividade mais acentuada, principalmente fatores como a assimetria de copa. Gale; Barfod (1999) complementaram ao revelarem em suas pesquisas, que o grau de inclinação, bem como a altitude e a presença de sapopemas (raízes tabulares) relacionaram-se fortemente com o tipo de morte das árvores.

### **2.5.4 Solo**

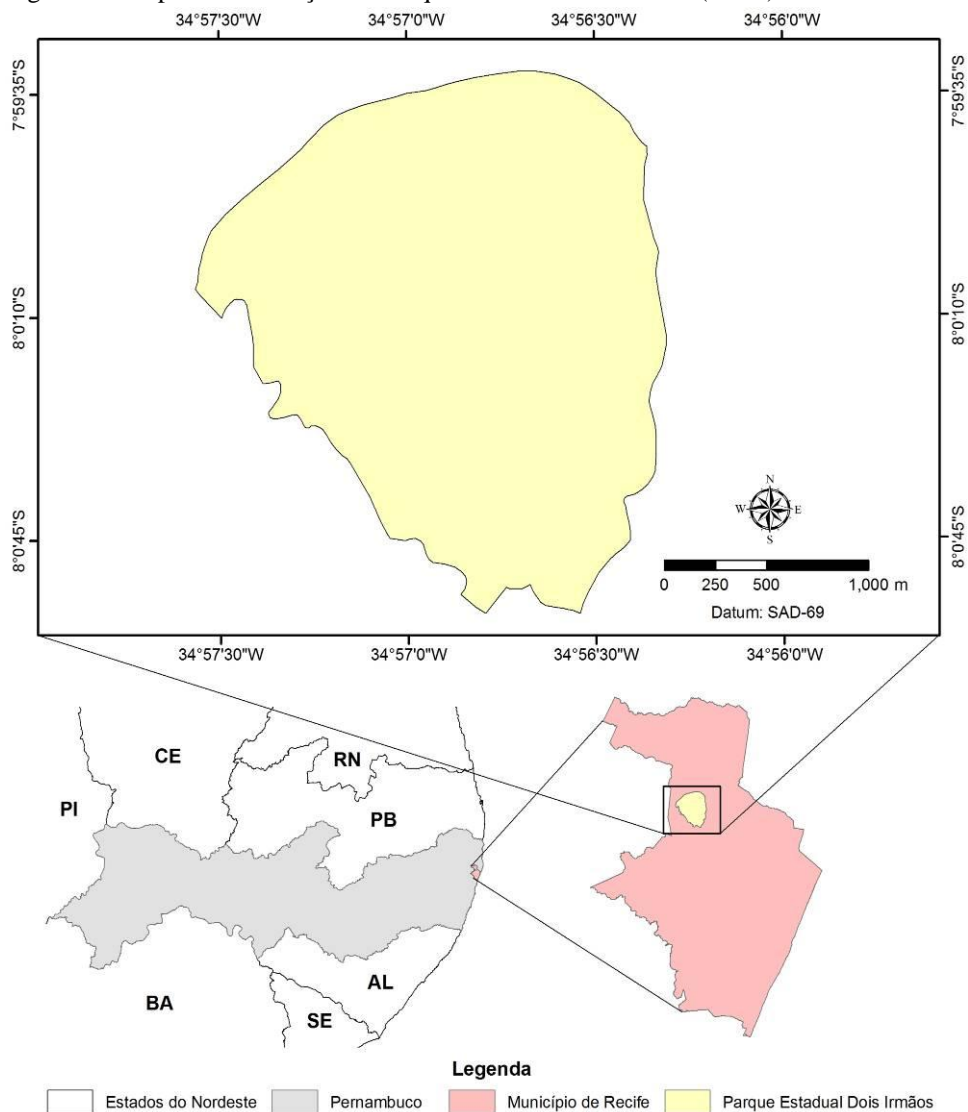
Entender a relação entre a queda de árvores e as características do solo pode ajudar a explicar melhor esse fenômeno, pois determinadas características inerentes ao solo poderão provocar alterações nas estruturas vegetais. Contudo, existem poucos estudos que relacionaram queda de árvores com características do solo, mesmo em áreas urbanas.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 CARACTERIZAÇÃO DO PARQUE ESTADUAL DOIS IRMÃOS (PEDI)

A área da pesquisa foi o PEDI com sua localização, clima, regime hídrico, cobertura vegetal, estrutura geológica, solos e hidrografia. O PEDI está situado geograficamente à noroeste da cidade do Recife-PE, entre as coordenadas  $07^{\circ}59'30''$  e  $08^{\circ}01'00''$  de latitude Sul e  $34^{\circ}56'30''$  e  $34^{\circ}57'30''$  de longitude Oeste do meridiano de Greenwich (Figura 4). O Parque atualmente ocupa 1.161 ha após a desapropriação de uma área com vegetação secundária da Fazenda Brejo dos Macacos. Pelo montante da área, pode ser considerado como um dos maiores fragmentos de Mata Atlântica em área urbana de Pernambuco (LIMA; CORRÊA, 2005; PERNAMBUCO, 2012).

Figura 4 – Mapa de localização do Parque Estadual Dois Irmãos (PEDI) em Pernambuco



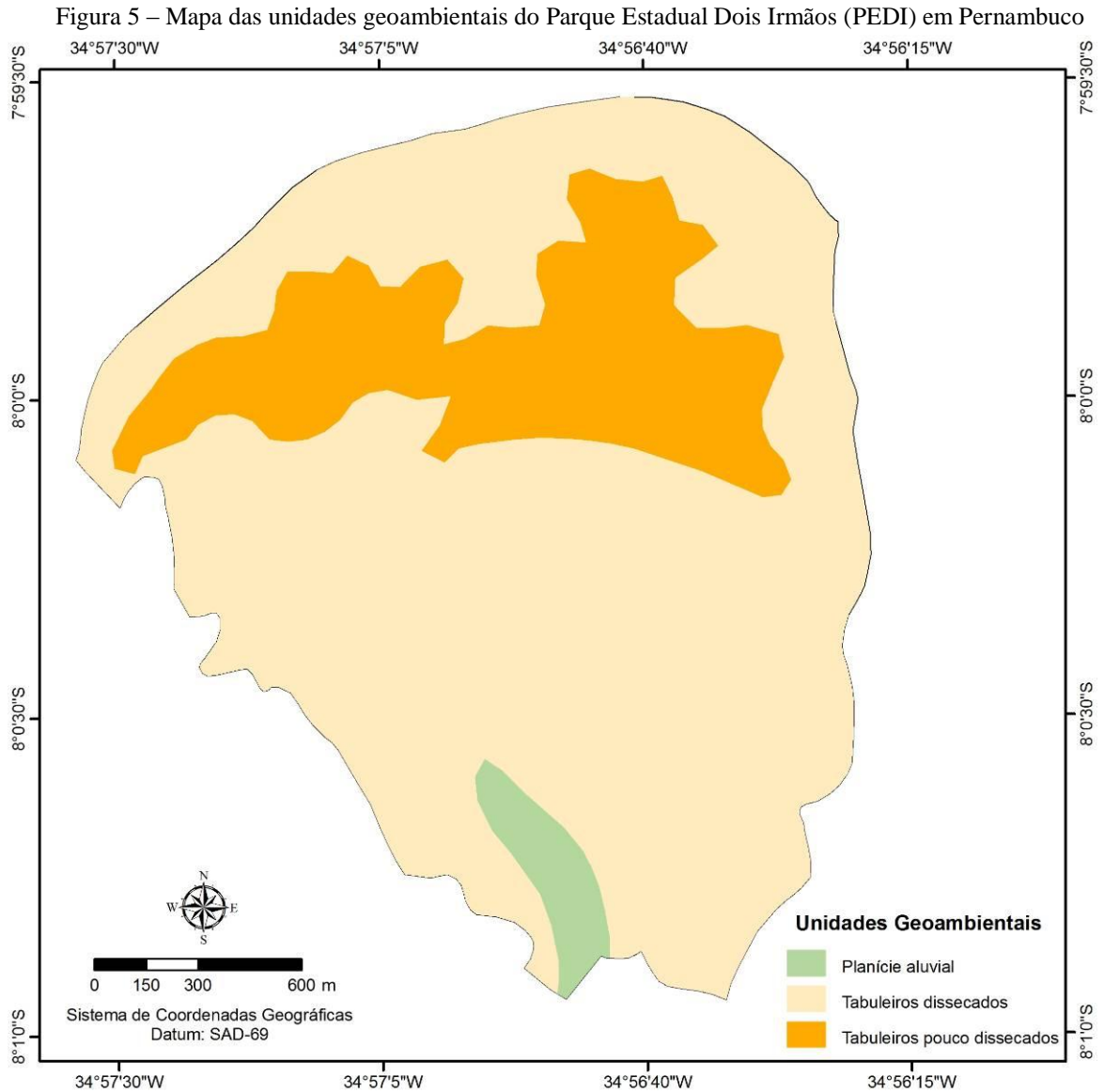
Fonte: Embrapa (2001); IBGE (2010).

O clima do *locus* da pesquisa é o tropical litorâneo úmido do tipo As', conforme a classificação de Köppen, com temperaturas médias mensais superiores a 25,5° C. Devido sua proximidade do litoral, o PEDI está sob forte influência das brisas e das correntes marítimas, que contribuem para as altas taxas de precipitação e evaporação, respectivamente. O regime de chuvas ocorre no período de outono–inverno, com elevados índices pluviométricos anuais, acima de 1.600 mm, com precipitações máximas em junho e julho; e com umidade relativa do ar em torno de 80%. Essas características climáticas proporcionam um menor gradiente térmico para as áreas do entorno do PEDI (PFALTZGRAFF, 2003; MOREIRA; GALVÍNCIO, 2007).

A cobertura vegetal é um fragmento de Floresta Ombrófila Densa de Terras Baixas ou Floresta Estacional Perenifolia Costeira. Essa cobertura forma um dos poucos fragmentos remanescentes de Mata Atlântica do Estado de Pernambuco e é de suma importância para o conforto térmico e diminuição de poluentes atmosféricos da cidade do Recife, uma vez que fornece umidade à baixa atmosfera, mediante a evapotranspiração, como também sequestra dióxido de carbono por meio da fotossíntese (COUTINHO; LIMA FILHO; SOUZA NETO, 1998; JATOBÁ, 2009; IBGE, 2012). Destaca-se também pela área de preservação de mananciais, pois é “um dos mais importantes resquícios de Mata Atlântica da Região Metropolitana do Recife, possuindo ainda uma expressiva cobertura vegetal, apesar das alterações sofridas ao longo de todo o seu perímetro” (LIMA; CORRÊA, 2005, p.69).

A estrutura geológica é constituída por terrenos sedimentares da Formação Barreiras da idade plio–pleistocênica composta por sedimentos areno–argilosos não consolidados, cuja natureza e granulometria são bastante variadas. Geomorfologicamente está inserida na planície costeira em áreas de morro, formando os tabuleiros com topos planos, variando de 10 a 100 m de altitude. As unidades geoambientais encontradas no PEDI são a Planície aluvial, Tabuleiros dissecados e Tabuleiros pouco dissecados (Figura 5). Em função de suas particularidades geológicas, geomorfológicas e topográficas, bem como de uso e ocupação do solo, o terreno apresenta intenso potencial de erosividade. Essa potencialidade se assevera durante os períodos de forte pluviosidade, evidenciando os processos de movimentos de massa, erosão laminar e voçorocamentos (COUTINHO; LIMA FILHO; SOUZA NETO, 1998; CORRÊA, 2005).

Os solos do PEDI são constituídos de associações de três grandes grupos: os Latossolos Amarelos, Argissolos Amarelos e Gleissolos, variando em sua textura de arenosos a areno-argilosos (Figura 6).

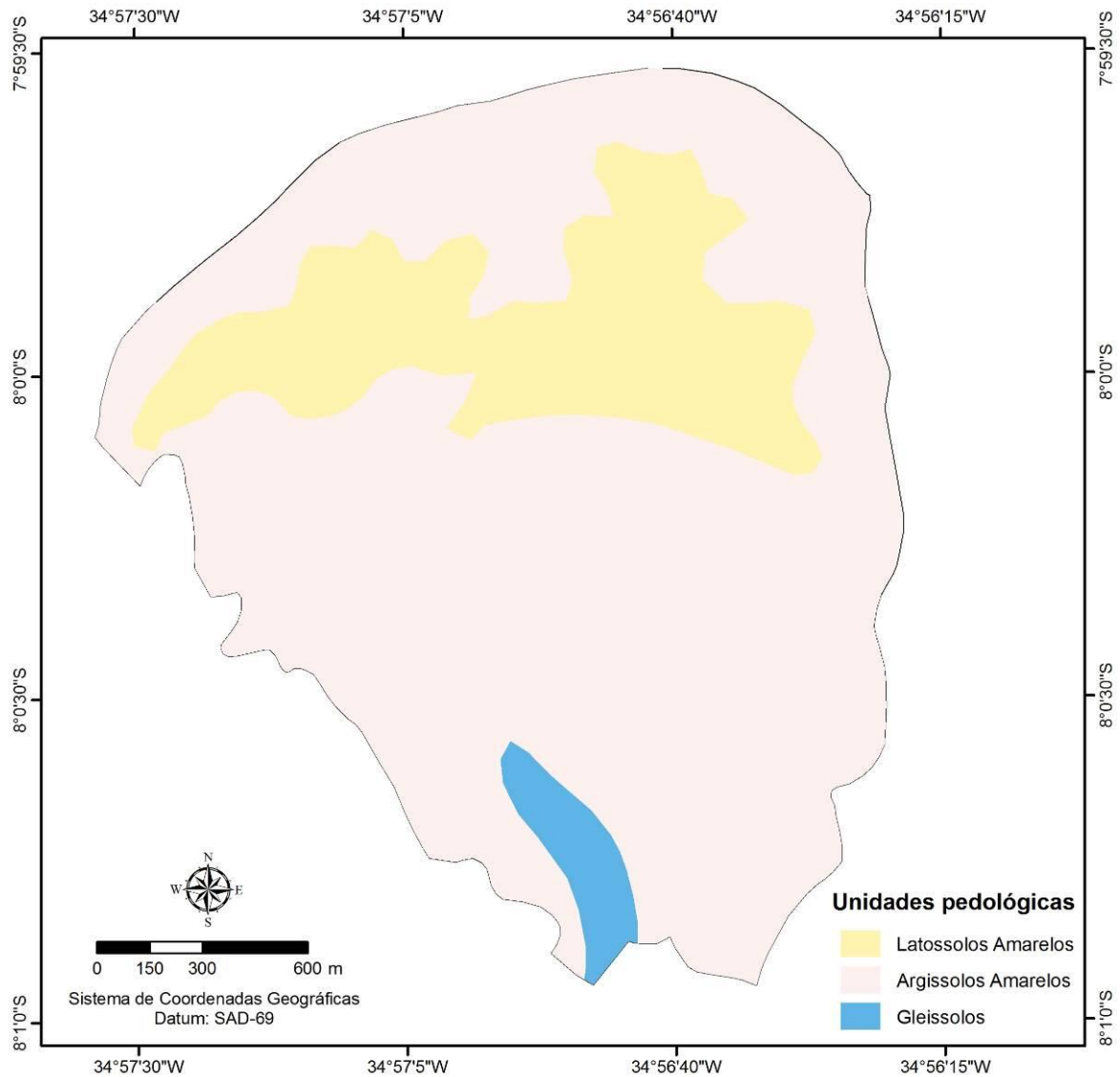


Fonte: Embrapa (2001).

Os Latossolos Amarelos são solos minerais, não hidromórficos, em avançado estágio de intemperização, apresentando perfis relativamente homogêneos em cor e textura. Apresentam horizonte B latossólico de coloração amarelada e com, na grande maioria dos casos, baixos teores de óxidos de ferro ( $< 80 \text{ g kg}^{-1}$ ). De boas condições físicas, esses solos possuem um manejo e mecanização simplificados e com boa capacidade de armazenamento de água (ARAÚJO FILHO, 2000).

Os Argissolos Amarelos são formados de material mineral, apresentando horizonte B textural imediatamente abaixo do A ou E, com argila de atividade baixa ou de atividade alta conjugada e mais amarelos na maior parte dos primeiros 100 cm desse horizonte, inclusive BA (SANTOS *et al.*, 2013).

Figura 6 – Mapa pedológico do Parque Estadual Dois Irmãos (PEDI) em Pernambuco

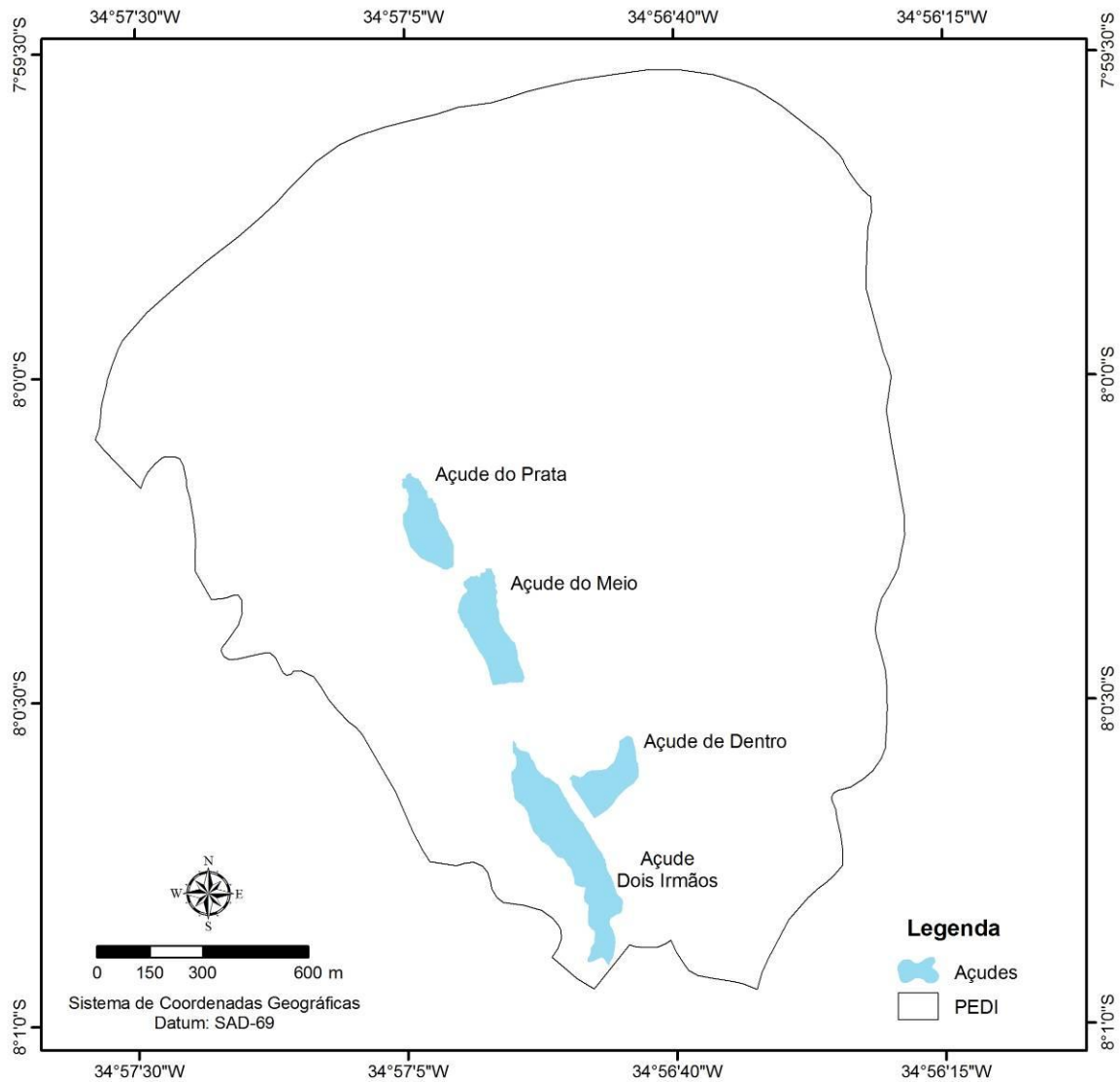


Fonte: Embrapa (2001).

Os Gleissolos compreendem os solos que possuem horizonte glei iniciando-se nos primeiros 50 cm da superfície do solo. Apresentam um horizonte subsuperficial de coloração acinzentada ou cinzenta (horizonte glei), comumente com mosqueados de cores amareladas ou avermelhadas oriundas da oxidação do ferro em algumas partes da matriz do solo. Esse tipo de solo possui deficiência na drenagem porque são desenvolvidos principalmente nos ambientes de várzeas ou planícies aluvionais, o que influencia no excesso de umidade de forma permanente ou temporária. Dessa forma, resultam solos com perfis bastante variados, ou seja, usualmente não apresentam um padrão de distribuição uniforme das características morfológicas, físicas e químicas ao longo do perfil e nem horizontalmente (ARAÚJO FILHO, 2000; SANTOS *et al.*, 2013).

A hidrografia do PEDI é formada pela Bacia do Prata (42.550 m<sup>2</sup>), a qual é constituída pelo rio do Prata e pelos açudes de Dois Irmãos, de Dentro, do Meio e do Prata, originados e alimentados por poços artesianos, afloramentos de lençóis subterrâneos e águas pluviais (Figura 7).

Figura 7 – Mapa hidrográfico do Parque Estadual Dois Irmãos (PEDI) em Pernambuco



Fonte: Embrapa (2001).

De propriedade da Companhia Pernambucana de Saneamento (COMPESA), os açudes foram construídos com o objetivo de armazenar água dos aquíferos e abastecer a população. Entretanto, os mesmos têm pouca contribuição para o abastecimento, devido o assoreamento e o aumento da demanda populacional, como também suas pequenas dimensões (SILVESTRE; CARVALHO, 1998).

Os açudes de Dois Irmãos e de Dentro foram construídos para armazenar água dos pequenos aquíferos da bacia (BEZERRA, 2006), todavia suas águas não são aproveitadas para o abastecimento da população porque o volume de água é pequeno, apesar da considerável dimensão territorial do açude de Dois Irmãos, porém de pequena profundidade, além da baixa qualidade de suas águas e do forte assoreamento. Os açudes do Prata e do Meio são os mais importantes devido suas propriedades. O primeiro, com 18.550 m<sup>2</sup> de extensão e volume variando no inverno e verão entre 43.267 m<sup>3</sup> e 28.658 m<sup>3</sup>, com profundidade média de 1,95 m; o segundo, com extensão de 24.000 m<sup>2</sup> e volume aproximado de 53.515 m<sup>3</sup>, com profundidade média de 2,10 m (CHAMIXAES *et al.*, 1993). A qualidade das águas desses açudes é considerada adequada para o abastecimento público e abastece parte da população da zona norte do Recife.

De acordo com a Resolução nº 20 (CONAMA, 1986), as águas dos açudes enquadram-se na classe especial por exigir simples tratamento de desinfecção e ser protegida fisiograficamente por um vale e margeados pela vegetação. A cobertura florestal do PEDI é importante para a manutenção do equilíbrio ambiental porque evita a erosão dos solos, a lixiviação excessiva de nutrientes e o aumento da temperatura da água. Esses mananciais são fundamentais diante da carência de corpos d'água de boa qualidade e sem impacto ambiental para a Região Metropolitana do Recife – RMR (SOPPER, 1975).

### **3.2 MAPEAMENTO DAS ÁRVORES**

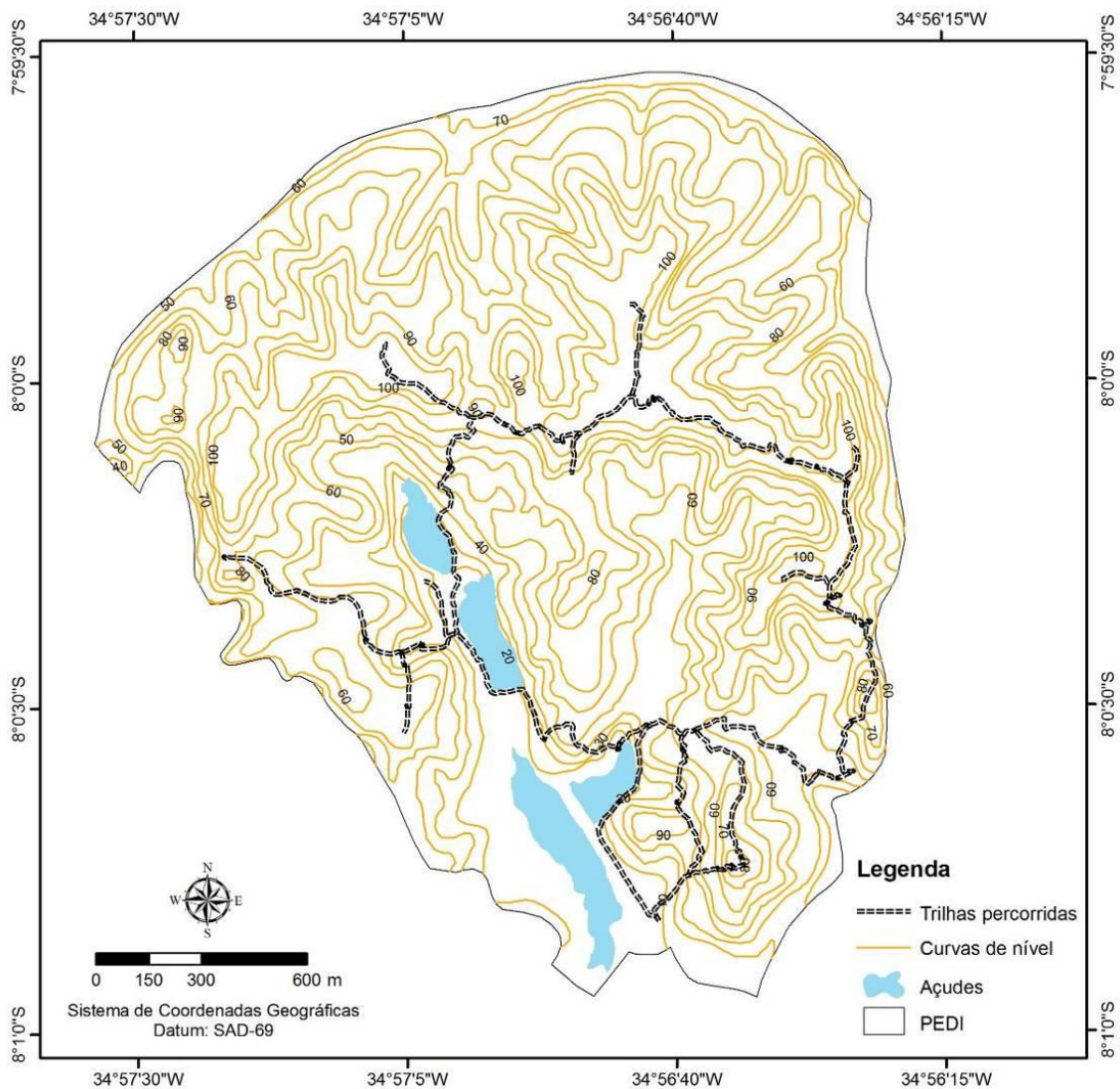
Para mapear as árvores caídas no PEDI, inicialmente optou-se pelo mapeamento das trilhas existentes, escolhendo-se a trilha mais adequada a ser percorrida, levando-se em consideração a praticidade, a segurança e o conhecimento prévio do mateiro. Para isso realizou-se uma pesquisa exploratória e o mapeamento das trilhas a serem percorridas (Figura 8).

Como se pode observar, as trilhas percorridas não atingiram a totalidade do PEDI. A porção central não foi explorada efetivamente devido as grandes irregularidades do relevo com contrafortes (vertentes) bastante íngremes.

A área mais ao norte do PEDI também não foi explorada pela inexistência de trilhas pré-existentes, além da barreira geográfica mencionada, sendo necessária uma demanda de tempo muito longa para investigação nessa área, além da preocupação com a segurança da equipe de pesquisadores.



Figura 8 – Mapa das trilhas percorridas no Parque Estadual Dois Irmãos (PEDI) em Pernambuco para realização da pesquisa, com o desenho das curvas de nível, ilustrando as irregularidades do terreno e as diferentes altitudes



Definidas as trilhas, as árvores caídas neste caminhamento foram localizadas e georeferenciadas pelo Sistema Universal Transversal de Mercator (UTM), por meio do Sistema de Posicionamento Global (GPS). As árvores foram identificadas e marcadas com plaquetas contendo o número de registro (ID), as coordenadas geográficas e a altitude (Figura 9). Não foram contabilizadas como caídas às árvores mortas, desenraizadas ou quebradas encontradas sob outras espécies pela queda de outras árvores ou galhos que caíram aparentemente no mesmo período.

Assim, a identificação, o registro e o georeferenciamento permitiram o mapeamento dos pontos de ocorrência mais frequentes de queda das árvores, por meio da plotagem das coordenadas das árvores caídas na *shape* do PEDI por meio do *software* Arcgis 9.3, além de possibilitar a setorização das áreas de maior e menor incidência de queda das árvores nas proximidades das trilhas percorridas.

Figura 9 – Ilustração dos procedimentos realizados para identificação das árvores caídas no Parque Estadual Dois Irmãos (PEDI) em Pernambuco



### 3.3 IDENTIFICAÇÃO BOTÂNICA DAS ÁRVORES CAÍDAS

A identificação botânica das árvores caídas foi realizada visando a obtenção de informações morfológicas e fisiológicas das espécies que mais frequentemente foram encontradas caídas no PEDI, pelas suas distintas características e particularidades individuais. A identificação botânica dessas árvores foi essencial para a discussão das comparações entre as espécies. Entende-se que essa “identificação é a determinação de um táxon, como idêntico ou semelhante a outro já existente, utilizando-se a comparação com material de herbário devidamente identificado, as chaves dicotômicas de identificação e a literatura específica” (WIGGERS; STANGE, 2008, p.4).

Dessa maneira a identificação das espécies foi realizada através da comparação de semelhanças entre indivíduos ou plantas da coleção do herbário do Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais (PPGCF) da UFRPE.

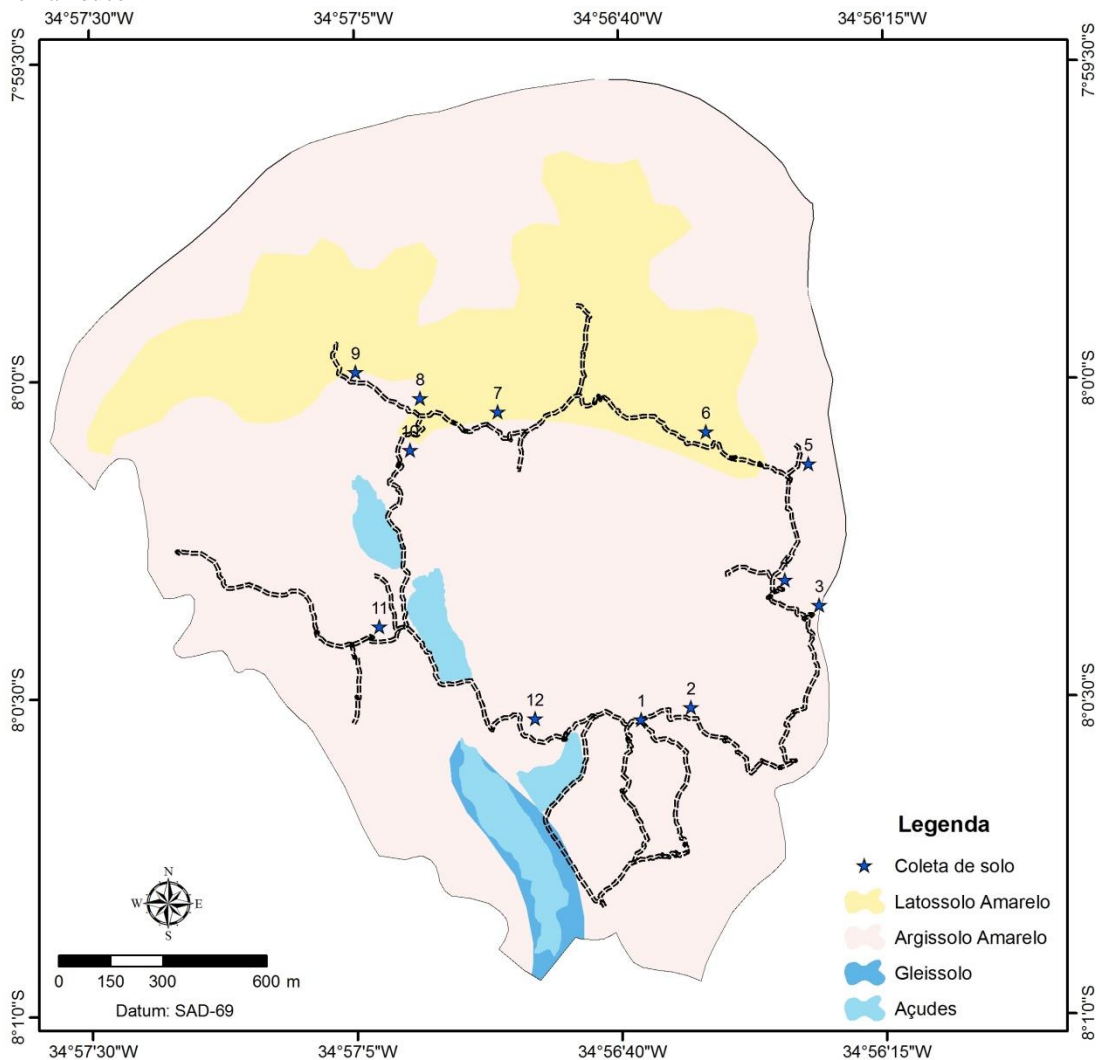
Na coleta realizada para identificação das espécies foram retiradas amostras das cascas das árvores nas dimensões de 5 cm no sentido transversal e 10 cm no sentido longitudinal (BRISON; FORMAN, 1998). As amostras foram etiquetadas com as especificações da árvore (ID, coordenadas geográficas e altitude) e acondicionadas em sacos plásticos.

### 3.4 COLETA DAS AMOSTRAS DE SOLO

Após a etapa de mapeamento (setorização) das maiores ocorrências de queda de árvores no PEDI e a identificação das mesmas, foram realizada, em pontos estratégicos, as coletas das amostras de solo. A seleção dos locais de coleta das amostras foi determinada à medida que se concluiu a identificação e o mapeamento das árvores caídas, o que determinou a seleção de postos amostrados.

Os locais selecionados se concentraram onde ocorreram a maior incidência de queda das árvores. Os pontos centrais das coletas de solo foram georeferenciados e possibilitaram a sua representação espacial. Foram selecionados 12 pontos de coleta ao longo da trilha de mapeamento das árvores caídas (Figura 10). A coleta de solo foi realizada a uma distância de um metro da base das raízes das árvores caídas.

Figura 10 – Mapa da espacialização dos pontos de coleta de solo no Parque Estadual Dois Irmãos (PEDI) em Pernambuco



O mapa revela que todas as coletas estão às margens das trilhas onde a ocorrência de árvores caídas foi significativa. A Tabela 1 apresenta as coordenadas geográficas e a altitude dos 12 pontos onde foram coletadas as amostras de solo.

Considerando que a altitude é um fator importante na distribuição dos diferentes tipos de solo, pode-se observar nas trilhas percorridas no PEDI (Figura 8), a distinção de três diferentes altitudes: áreas com altitudes elevadas, como as dos pontos 4, 5, 6, 7, 8 e 9; áreas de altitudes intermediárias, como as dos pontos 2, 3 e 10; e áreas de baixa altitudes, como as dos pontos 1, 11 e 12 (Figura12).

Tabela 1 – Identificação e coordenadas geográficas dos pontos de coleta de solo nas trilhas do Parque Estadual Dois Irmãos (PEDI) em Pernambuco

<b>ID</b>	<b>Latitude</b>	<b>Longitude</b>	<b>Altitude</b>
1	8°00'31.9"	34°56'38.1"	37m
2	8°00'31.2"	34°56'33"	63m
3	8°00'21.5"	34°56'21"	81m
4	8°00'19"	34°56'24.2"	96m
5	8°00'6.9"	34°56'22"	102m
6	8°00'05"	34°56'31.7"	103m
7	8°00'03"	34°56'51.1"	100m
8	8°00'1.6"	34°56'58.7"	97m
9	7°59'59"	34°57'4.7"	110m
10	8°00'6.5"	34°56'59.5"	73m
11	8°00'23"	34°57'2.5"	41m
12	8°00'31.8"	34°56'47.8"	40m

Em cada ponto de coleta foram retiradas cinco amostras de solo, sendo três deformadas, por meio de tradagem, nas profundidades de 0–0,10, 0,10–0,30 e 0,30–0,60 m, retirando-se aproximadamente 300 g de solo em cada coleta; e duas amostras não deformadas nas profundidades de 0–0,05 e 0,10–0,15 m, totalizando 60 amostras.

As amostras deformadas foram acondicionadas em sacolas plásticas e identificadas com plaquetas. Posteriormente, foram colocadas para secar à sombra. Em seguida as amostras passaram pelos processos de destorroamento e separação das frações do solo por tamisação e homogeneização da fração menor que 2 mm, por meio de peneira com malha de 2 mm. Ao final desses processos, obteve-se a Terra Fina Seca ao Ar (TFSA). As amostras não deformadas também foram acondicionadas em sacos plásticos e identificadas com plaquetas. Em seguida, foram saturadas com água para realização das análises físicas.

### 3.5 ANÁLISES DE SOLO

As amostras das solos coletadas foram analisadas nos Laboratórios de Física do Solo e Química do Solo, ambos na UFRPE. Nas amostras deformadas de solos foram realizadas a análise granulométrica para determinação das frações areia, silte e argila, determinando-se sua classe textural, além da mensuração da densidade de partículas. A granulometria foi realizada por meio do método da pipeta, após agitação lenta de 16 h. Para determinação da classe textural, utilizou-se o triângulo textural, que permitiu o cálculo dos percentuais de areia, silte e argila e classificar a textura do solo. Na determinação da densidade de partículas, utilizou-se o método do balão volumétrico, fazendo uso de álcool etílico, como líquido penetrante (EMBRAPA, 2009).

Nas amostras não deformadas foram analisadas a densidade do solo, a porosidade total (macroporosidade, mesoporosidade, microporosidade e criptoporosidade), a capacidade de campo, o ponto de murcha permanente, calculada a água disponível e determinada a condutividade hidráulica saturada por meio dos métodos do permeâmetro de carga constante (para os arenosos e carga decrescente, para as mais argilosas). As amostras não deformadas foram submetidas à tensões de 1; 6; e 10 kPa na mesa de tensão e 33,3; 500; e 1500 kPa no aparelho extrator de Richards e, ao final, secas em estufa a 105 °C. Para a condutividade hidráulica, nas amostras de textura mais arenosa foi aplicado o método do permeâmetro de carga constante e nas amostras mais argilosas, o de carga decrescente (EMBRAPA, 2009).

Curvas de retenção de água foram elaboradas nos tipos de solo predominantes no PEDI. Essas curvas foram ajustadas levando em consideração o modelo matemático indicado por Van Genuchten (1980), assim descrito:

$$\theta = \theta_r + (\theta_s - \theta_r) / [1 + (\alpha * h)^n]^m,$$

em que:  $\theta$  é a umidade do solo em volume ( $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ );  $h$  é a tensão (potencial mátrico) expressa em Centímetro Coluna de Água (c.c.a.);  $\theta_r$  é a umidade residual  $\theta$  no ponto de murcha permanente ( $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ );  $\theta_s$  é a umidade de saturação ( $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ ), e “ $\alpha$ ”, “ $m$ ” e “ $n$ ” são as constantes empíricas.

Nas amostras de solo deformadas foram também determinados algumas características químicas, como: pH em  $\text{H}_2\text{O}$ ;  $\text{Ca}^{2+}$ ;  $\text{Mg}^{2+}$ ;  $\text{K}^+$ ;  $\text{Al}^{3+}$ ; (H+Al) e P. O pH foi medido com eletrodo de vidro em solução do solo na proporção 1:2,5 em água destilada. O  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  e  $\text{Al}^{3+}$  foram extraídos com KCl 1,0 mol  $\text{L}^{-1}$ ; o P e o  $\text{K}^+$  com Mehlich-1; e o (H+Al) com

acetato de cálcio  $0,5 \text{ mol L}^{-1}$ . Os cátions  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$  foram determinados por espectrofotometria de absorção atômica; o  $\text{K}^+$  por fotometria de chama; e o P determinado por colorimetria. O  $\text{Al}^{3+}$  foi determinado por titulação na presença do indicador azul de bromotimol e titulado com NaOH ( $0,025 \text{ mol L}^{-1}$ ) e o (H+Al) também foi determinado por titulação com NaOH e fenolftaleína como indicador, conforme procedimentos, recomendados pela Embrapa (2009).

### 3.6 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Em busca de uma relação entre características físicas e químicas do solo com a frequência de queda das árvores no PEDI, bem como com as diferentes espécies encontradas, os dados foram analisados em matriz multivariada, definindo-se componentes principais e características do solo que mais se relacionaram com a queda das árvores.

Os dados foram submetidos aos testes de esfericidade de Bartlett, em que se examina a existência da hipótese nula, e o teste de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO), no qual é avaliada a adequação dos dados, cujo resultado indica se é ou não adequado o uso da análise de componentes principais (ACP).

Na análise multivariada foi avaliado o nível de relacionamento dos atributos químicos e físicos do solo, separadamente, e para cada profundidade pela análise de componentes principais (ACP), constituindo uma etapa intermediária do procedimento estatístico. As variáveis físicas e químicas que se revelaram mais importantes na comparação dos atributos foram empregadas na análise de agrupamento (AA) como etapa conclusiva na separação de cada ponto de amostragem do PEDI e a frequência da queda de árvores.

De acordo com Ribas; Vieira (2011), a ACP tem por objetivo minimizar a complexidade das inter-relações entre um elevado número de variáveis observadas a um número relativamente pequeno de combinações lineares com essas variáveis, que resultam nas componentes principais (CPs). Nesta etapa, a ACP foi aplicada para identificar e selecionar as CPs e as variáveis, químicas e físicas, que mais contribuíram com essa CPs para explicar, com redução expressiva de perda de informação, a maior parte da variabilidade total dos dados. O primeiro componente principal esclarece a maior parte da variação total dos dados e, portanto, é o mais importante (FERREIRA, 2008).

Em seguida a aplicação da ACP, as variáveis, físicas e químicas, que apresentaram maior correlação com as CPs foram mantidas para a etapa conclusiva, enquanto as demais foram excluídas. Para determinar o número de CPs necessários para serem usados na

interpretação dos resultados foi usado como critério, que o número de CPs seria baseado na explicação de no mínimo 70% da variabilidade total dos dados. Em cada componente principal foram selecionadas as variáveis, que possuíam coeficientes de correlação com suas respectivas CPs, superior a 0,7 (em módulo). Com a finalidade de melhorar a interpretação das CPs, a extração delas foi alcançada por meio do processo de rotação das componentes que minimiza o número de variáveis com altas cargas, em um único componente principal (FIELD, 2009).

Essas variáveis, físicas e químicas consideradas discriminantes na composição da frequência de queda das árvores nos diferentes pontos de amostragem nas diferentes profundidades, foram mantidas para posterior análise de agrupamento (AA).

Posteriormente a seleção pela ACP, as variáveis consideradas importantes no processo interpretativo, foram submetidas a AA. Segundo Mingoti (2005), esse método estatístico tem por finalidade encontrar e separar objetos em grupos similares, sendo estes com veracíssima semelhança dentro de cada grupo e mínima entre os grupos, em termos das variáveis estudadas. A medida de dissimilaridade empregada foi a distância euclidiana e o algoritmo de WARD, como método de aglomeração. O resultado da AA foi apresentado em forma de dendrograma, auxiliando na identificação dos agrupamentos das amostras mais semelhantes. O número de grupos foi definido pela partição do dendrograma na maior distância entre grupos de ligação obtida.

O estado fitossanitário e as informações botânicas de cada espécie, como morfologia e fisiologia não foram tratados estatisticamente. Apenas se fez inferências descritivas das observações realizadas em campo.

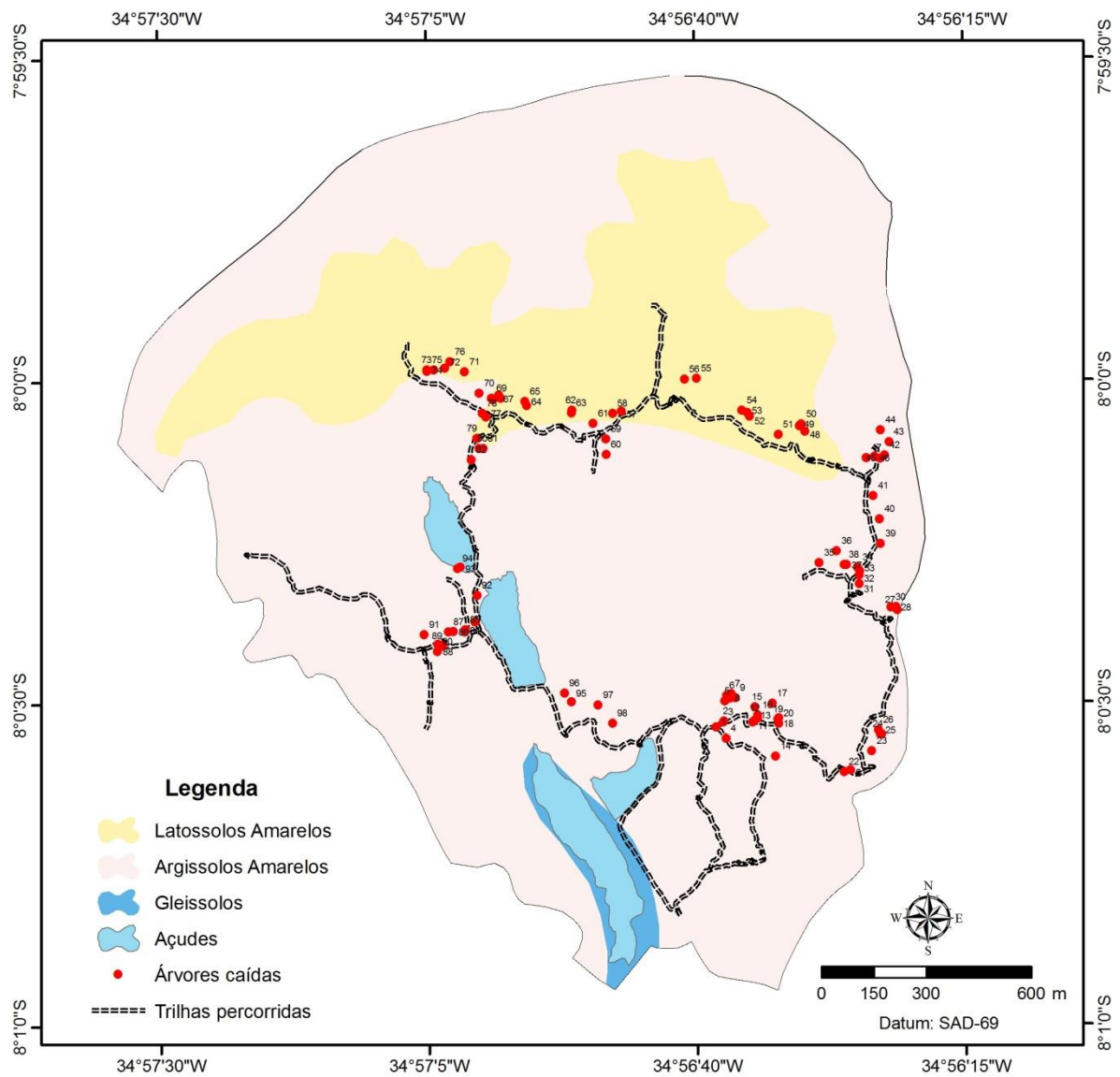
Os dados foram analisados utilizando-se o SAS, como ferramenta estatística para processamento e avaliação.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 ESPÉCIES *VERSUS* FREQUÊNCIA DE QUEDA

O mapeamento das árvores caídas no PEDI foi fundamental para a setorização das mesmas. Foram encontradas 98 árvores caídas (Figura 11), sendo que 46 indivíduos não foram identificadas por causa do alto grau de decomposição.

Figura 11 – Mapa da espacialização das árvores caídas nas trilhas do Parque Estadual Dois Irmãos (PEDI) em Pernambuco





Assim, 52 árvores caídas de diferentes espécies e famílias foram identificadas, cuja espacialização no PEDI pode se observar na Figura 12. A Tabela 2 representa as respectivas coordenadas geográficas, altitude e os nomes científicos e populares das espécies caídas e identificadas no PEDI.

Figura 12 – Mapa da espacialização das diferentes espécies de árvores caídas e identificadas no Parque Estadual Dois Irmãos (PEDI) em Pernambuco

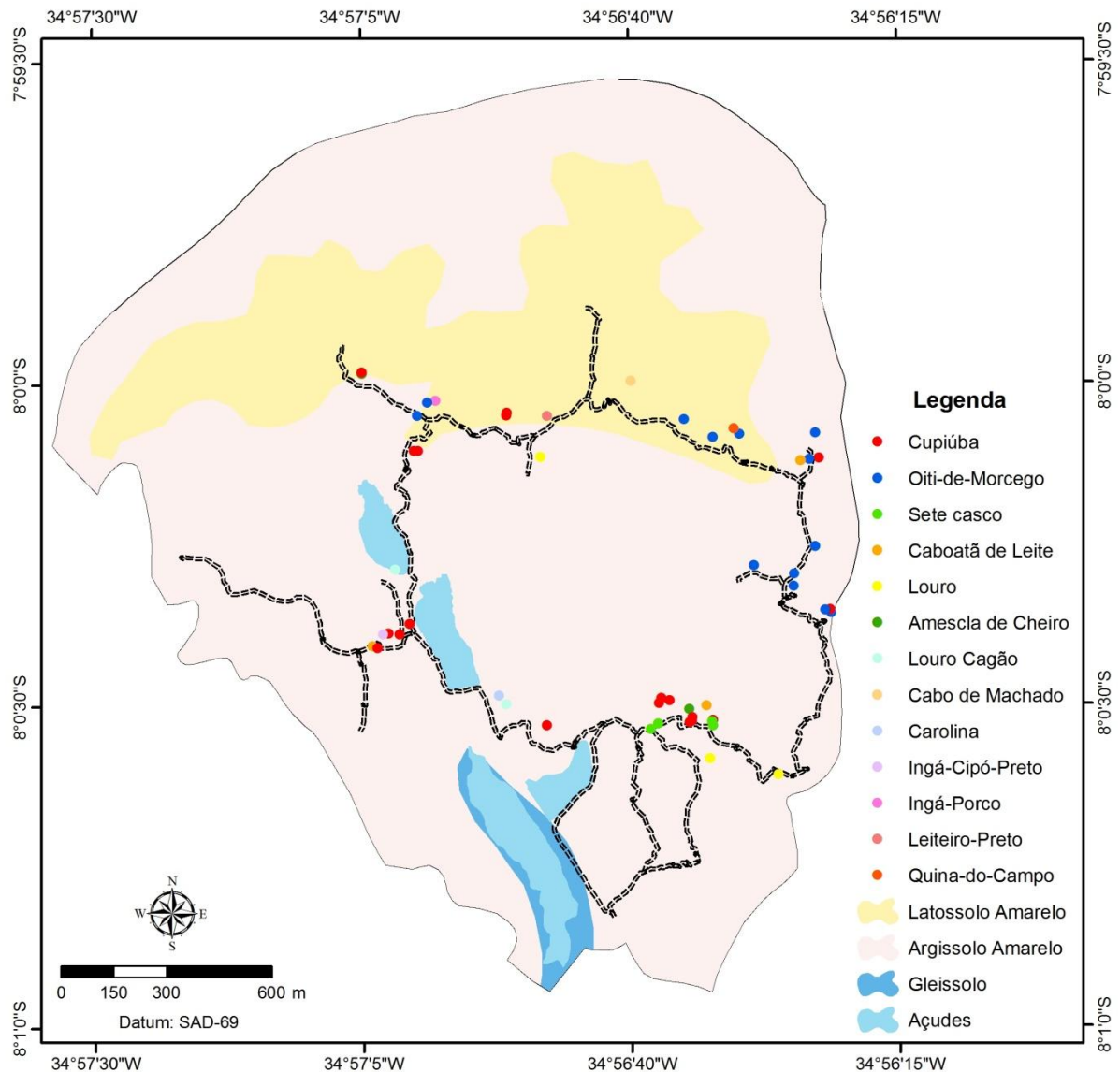


Tabela 2– Identificação e coordenadas geográficas das diferentes espécies de árvores caídas nas trilhas do Parque Estadual Dois Irmãos (PEDI) em Pernambuco

ID	Latitude	Longitude	Altitude	Nome científico	Nome popular
1	8°00'32"	34°56'38"	35m	<i>Pera Ferruginea (Schott) Müll. Arg.</i>	Sete Casco
2	8°00'31.6"	34°56'37"	51m	<i>Pera Ferruginea (Schott) Müll. Arg.</i>	Sete Casco
5	8°00'29.9"	34°56'37.1"	66m	<i>Tapirira Guianensis Aubl.</i>	Cupiúba
6	8°00'29.4"	34°56'36.8"	54m	<i>Tapirira Guianensis Aubl.</i>	Cupiúba
10	8°00'32"	34°56'35.2"	63m	<i>Tapirira Guianensis Aubl.</i>	Cupiúba
12	8°00'31.5"	34°56'33.8"	57m	<i>Tapirira Guianensis Aubl.</i>	Cupiúba
13	8°00'31.4"	34°56'34.3"	60m	<i>Tapirira Guianensis Aubl.</i>	Cupiúba
14	8°00'35"	34°56'32.4"	79m	<i>Ocotea Gardinerii (Meeisn) Mez.</i>	Louro
15	8°00'30.7"	34°56'34"	48m	<i>Protium heptaphyllum (Aubl.) Marchand.</i>	Amescla de Cheiro
16	8°00'31.3"	34°56'33.7"	77m	<i>Tapirira Guianensis Aubl.</i>	Cupiúba
17	8°00'30"	34°56'32.5"	64m	<i>Thyrsodium Spruceanum Benth.</i>	Caboatã de Leite
18	8°00'31.2"	34°56'31.9"	56m	<i>Tapirira Guianensis Aubl.</i>	Cupiúba
19	8°00'31.1"	34°56'32.4"	61m	<i>Pera Ferruginea (Schott) Müll. Arg.</i>	Sete Casco
20	8°00'31.9"	34°56'32.1"	66m	<i>Pera Ferruginea (Schott) Müll. Arg.</i>	Sete Casco
22	8°00'36.5"	34°56'26"	35m	<i>Ocotea Gardinerii (Meeisn) Mez.</i>	Louro
27	8°00'21.4"	34°56'21"	80m	<i>Saccoglottis Matogrossensis Benth. Var.</i>	Oiti-de-Morcego
28	8°00'21"	34°56'21"	80m	<i>Tapirira Guianensis Aubl.</i>	Cupiúba
30	8°00'21.1"	34°56'21.6"	71m	<i>Saccoglottis Matogrossensis Benth. Var.</i>	Oiti-de-Morcego
31	8°00'19.1"	34°56'24.5"	92m	<i>Saccoglottis Matogrossensis Benth. Var.</i>	Oiti-de-Morcego
33	8°00'18.1"	34°56'24.6"	100m	<i>Saccoglottis Matogrossensis Benth. Var.</i>	Oiti-de-Morcego
35	8°00'17.5"	34°56'28.3"	99m	<i>Saccoglottis Matogrossensis Benth. Var.</i>	Oiti-de-Morcego
39	8°00'15.2"	34°56'22.6"	100m	<i>Saccoglottis Matogrossensis Benth. Var.</i>	Oiti-de-Morcego
42	8°00'6.7"	34°56'22"	94m	<i>Tapirira Guianensis Aubl.</i>	Cupiúba
44	8°00'4.6"	34°56'22.5"	101m	<i>Saccoglottis Matogrossensis Benth. Var.</i>	Oiti-de-Morcego
46	8°00'7.2"	34°56'23"	102m	<i>Saccoglottis Matogrossensis Benth. Var.</i>	Oiti-de-Morcego
47	8°00'7.2"	34°56'24"	113m	<i>Thyrsodium Spruceanum Benth.</i>	Caboatã de Leite
48	8°00'4.8"	34°56'29.4"	130m	<i>Saccoglottis Matogrossensis Benth. Var.</i>	Oiti-de-Morcego
49	8°00'4.3"	34°56'30"	133m	<i>Hortia Brasiliana Vand.</i>	Quina-do-Campo
51	8°00'5"	34°56'31.8"	115m	<i>Saccoglottis Matogrossensis Benth. Var.</i>	Oiti-de-Morcego
52	8°00'3.3"	34°56'34.7"	107m	<i>Saccoglottis Matogrossensis Benth. Var.</i>	Oiti-de-Morcego
55	7°59'59.9"	34°56'39.8"	106m	<i>Aspidosperma Discolor A. DC.</i>	Cabo de Machado
58	8°00'3"	34°56'47.4"	107m	<i>Pourea Penduncularis (Mart e Eichl) Baehni</i>	Leiteiro-Preto
60	8°00'6.8"	34°56'48.1"	82m	<i>Ocotea Gardinerii (Meeisn) Mez.</i>	Louro
62	8°00'2.7"	34°56'51.2"	94m	<i>Tapirira Guianensis Aubl.</i>	Cupiúba
63	8°00'2.8"	34°56'51.6"	95m	<i>Tapirira Guianensis Aubl.</i>	Cupiúba
66	8°00'1.8"	34°56'57.6"	82m	<i>Sclerolobium Densiflorum Benth</i>	Ingá-Porco
68	8°00'1.6"	34°56'58.6"	96m	<i>Saccoglottis Matogrossensis Benth. Var.</i>	Oiti-de-Morcego
74	7°59'59"	34°57'4.6"	111m	<i>Protium heptaphyllum (Aubl.) Marchand.</i>	Amescla de Cheiro
75	7°59'59"	34°57'4.1"	111m	<i>Tapirira Guianensis Aubl.</i>	Cupiúba
78	8°00'3"	34°56'59.6"	85m	<i>Saccoglottis Matogrossensis Benth. Var.</i>	Oiti-de-Morcego
80	8°00'6.4"	34°56'59.9"	81m	<i>Tapirira Guianensis Aubl.</i>	Cupiúba
81	8°00'6.2"	34°56'59.5"	64m	<i>Tapirira Guianensis Aubl.</i>	Cupiúba
83	8°00'22.1"	34°57'0.4"	24m	<i>Tapirira Guianensis Aubl.</i>	Cupiúba
84	8°00'23.5"	34°57'1.3"	27m	<i>Tapirira Guianensis Aubl.</i>	Cupiúba
86	8°00'23.7"	34°57'2.9"	25m	<i>Tapirira Guianensis Aubl.</i>	Cupiúba
87	8°00'23.2"	34°57'2.7"	25m	<i>Ingá Thibaudiana DC.</i>	Ingá-Cipó-Preto
88	8°00'24.5"	34°57'3.6"	49m	<i>Thyrsodium Spruceanum Benth.</i>	Caboatã de Leite
89	8°00'24.5"	34°57'3.3"	48m	<i>Tapirira Guianensis Aubl.</i>	Cupiúba
93	8°00'17.3"	34°57'1.9"	45m	<i>Ocotea Glomerata (Nees.) Maz.</i>	Louro Cagão
95	8°00'29.8"	34°56'51.3"	26m	<i>Ocotea Glomerata (Nees.) Maz.</i>	Louro Cagão
96	8°00'29.1"	34°56'52"	26m	<i>Pachira Aquatica aubl.</i>	Carolina
98	8°00'32.2"	34°56'47.6"	54m	<i>Tapirira Guianensis Aubl.</i>	Cupiúba

Como se pode observar na Figura 12 foram encontradas árvores caídas em o todo percurso trilhado, cuja distribuição e quantitativo foram distintos e irregulares, dependendo das espécies (Tabela 2). A frequência absoluta da queda das espécies foi muito variada, ressaltando-se a importância da frequência relativa, pois fornece uma visualização comparativa. Das 52 espécies encontradas e identificadas, 2 se sobressaíram por possuir maior frequência de queda em relação às demais (Tabela 3).

Tabela 3 – Frequência absoluta e relativa das árvores caídas e identificadas nas trilhas do Parque Estadual Dois Irmãos (PEDI) em Pernambuco

<b>Espécies</b>	<b>Frequência Absoluta</b>	<b>Frequência Relativa (%)</b>
Amescla de Cheiro	2	3,85
Cabo de Machado	1	1,92
Caboatã de Leite	3	5,77
Carolina	1	1,92
Cupiúba	19	36,54
Ingá-Cipó-Preto	1	1,92
Ingá-Porco	1	1,92
Leiteiro-Preto	1	1,92
Louro	3	5,77
Louro Cagão	2	3,85
Oiti-de-Morcego	13	25,00
Quina-do-Campo	1	1,92
Sete Casco	4	7,69

Constatou-se que a espécie Cupiúba apresenta uma frequência absoluta de 19 árvores caídas distribuídas em todo o percurso, sendo a espécie com maior frequência relativa (36,54%). A segunda espécie com maior frequência absoluta de queda foi a Oiti-de-Morcego com 13 árvores caídas, representando 25% de frequência relativa. A queda dessa espécie concentrou-se nas áreas com altitude superior a 70 m em Latossolo Amarelo. A terceira com maior incidência absoluta de queda foi a Sete Casco, com 4 espécies caídas e frequência relativa de 7,69%, com quedas concentradas nas áreas de baixada, com altitude inferior a 70 m onde, concentra-se solo do tipo Argissolo Amarelo.

Em seguida, Caboatã de Leite e Louro apresentaram 3 espécies caídas, representando 5,77% de frequência relativa cada uma; Amescla de Cheiro e Louro Cagão com 2 árvores caídas cada uma e frequência relativa de 3,85% cada uma. As espécies Cabo de Machado, Carolina, Ingá-Cipó-Preto, Ingá porco, Leiteiro-Preto e Quina-do-Campo com uma espécie caída cada uma, representou apenas 1,92% de frequência relativa, distribuídas em todo o percurso trilhado.

É perceptível certa diversidade de espécies caídas, concentrando-se em Cupiúba e Oiti-de-Morcego que apresentaram, as maiores frequências de queda, seja absoluta ou relativa (Tabela 3). A Cupiúba permeia toda a trilha do PEDI e a Oiti-de-Morcego, as áreas mais elevadas da trilha (Figura 12).

#### **4.2 CARACTERIZAÇÃO DAS ESPÉCIES ARBÓREAS COM MAIOR INCIDÊNCIA DE QUEDA NO PEDI**

Das espécies caídas encontradas nas trilhas do PEDI foi realizada a caracterização das 2 mais frequentes: *Tapirira Guianensis* Aubl. (Cupiúba), *Saccoglottis Mattogrossensis* Benth. Var (Oiti-de-Morcego), pertencentes às respectivas famílias: *Anacardiaceae* e *Humiriaceae* (Figuras 13 e 14).

A Cupiúba pertence à família *Anacardiaceae* uma das maiores da ordem *sapindales* com cerca de 70 gêneros e 700 espécies. Típica da flora neotropical, essa espécie é encontrada nas regiões tropicais e subtropicais do mundo. No Brasil ocorrem 15 gêneros e aproximadamente 70 espécies, sendo considerada comum em quase todas as formações florestais, sobretudo, na Floresta Atlântica de Terras Baixas (PIRANI, 1987; SOUZA; LORENZI, 2005).

Lorenzi (1998) afirmou que Cupiúba é uma espécie arbórea pioneira com ocorrência em todo território brasileiro e abundante em formações secundárias, além de se desenvolver em ambientes bem drenados, especialmente, em terrenos úmidos, como os encontrados nas várzeas, onde possui boa capacidade de brotar e crescer, contudo é uma espécie tolerante a várias condições ambientais.

É uma árvore perenifólia, de pequeno a médio porte, podendo atingir até 30 m de altura e 60 cm de diâmetro, cujo fuste (tronco) apresenta raízes tabulares, que facilita a sua identificação (Figura 13). A espécie apresenta folhas alternas, compostas, imparipenadas, folíolos opostos, oblongos, obovados e ovados. Inflorescência comumente cimosa e numerosas flores, pequenas e nectaríferas, pouco vistosas, unissexuadas (plantas monóicas, dióicas ou poligâmicas), actinomorfas e medem aproximadamente um milímetro de comprimento, geralmente livres entre si, com frutos em geral drupa ou sâmara, comestíveis ou pseudofrutos comestíveis (BARROSO *et al.*, 1999; BARBOSA, 2002; SOUZA; LORENZI, 2005).

Figura 13 – Exemplar de *Tapirira Guianensis Aubl* (Cupiúba) encontrado no Parque Estadual Dois Irmãos (PEDI) em Pernambuco



A Cupiúba é uma espécie arbórea ou arbustiva de madeira leve com superfície uniforme, macia ao corte e com baixa resistência a organismos xilófagos (cupins ou térmita). Essa árvore apresenta madeira róseo-claro com porosidade difusa e fibras septadas com paredes delgadas a medianas (Figura 13), sendo empregada comercialmente na confecção de brinquedos, objetos artesanais, compensados, embalagens, caxotes, lenha e fabricação de carvão (LORENZI, 1998).

Para Fernandes; Venturieri; Jardim (2012), além do valor comercial, tem grande valor ecológico no reflorestamento de áreas degradadas por causa do seu rápido crescimento e alta capacidade de regeneração. Assim, segundo argumentou Siqueira *et al.* (2001), é uma das espécies mais importantes nas florestas de terras baixas de Pernambuco, juntamente com sua respectiva família.

A implantação da Cupiúba em projetos de reposição de matas ciliares e estabilização de dunas ocorre pelo seu alto nível de regeneração. Sua tolerância higromórfica intercalada com bom intercâmbio biótico e seus atrativos frutos para a fauna contribui para o sucesso regenerativo, tanto em ambientes fortemente edáficos, como antropizados (KAGEYAMA; GANDARA, 2000).

Em concordância com o que afirmou Guedes (1998), o grande número de indivíduos de Cupiúba encontrados no PEDI indica que a área sofreu antropização, pois

essa espécie é característica de vegetação secundária, uma vez que ela está presente em determinadas áreas em estágios avançados de regeneração.

Na pesquisa de campo observou-se que as espécies caídas de Cupiúba foram encontradas em quase todo o percurso trilhado, especialmente em altitudes inferiores a 100 m (Figura 12 e Tabela 2). Essa espécie caída foi localizada em Latossolos Amarelos e Argissolos Amarelos, com predomínio deste último. Em solos Gleissolos não foi encontrada nenhuma espécie caída.

Os Argissolos Amarelos do PEDI possuem argila de baixa atividade e são relativamente bem permeáveis, devido a presença de poros de origem biológica, geralmente nas partes mais superficiais do solo. O grau de atividade das argilas influencia a retenção de água e nutrientes, assim sendo pode interferir na estabilidade das espécies. Constatou-se também que o número de indivíduos de Cupiúba é significativamente reduzido em Latossolos Amarelos (Figuras 6 e 12), uma vez que nessa área encontram-se as maiores altitudes do PEDI (Figura 8).

O Oiti-de-Morcego, pertencente à família *Humiriaceae*, que possui 8 gêneros e aproximadamente 40 espécies, ocorre muito na região neotropical, no oeste da África (Figura 14). No Brasil ocorrem todos os gêneros e quase todas as espécies, principalmente na Região Amazônica (CAVALCANTE, 1979; SOUZA; LORENZI, 2005). A espécie foi encontrada no PEDI com uma frequência elevada, porém, descontínua e dispersa na área pesquisada (Tabela 3 e Figura 12).

O Oiti-de-Morcego é uma espécie perenifólia e típica de formações semiabertas (campos e campinas), podendo ocorrer em mata alta, várzea, campos úmidos, restinga ou mata de encostas. Seu porte varia de acordo com o ambiente, caracterizando-se como árvore em matas ou arbusto em campos (SOUZA; LORENZI, 2005).

De acordo com sua descrição botânica, ela apresenta folhas alternas, simples, ápice cuspidado, base aguda e margem inteira ou serrada e inflorescência cismosa; as flores com 5–6 mm de comprimento, pouco vistosas, bissexuadas, corola com pétalas lanceoladas, sépalas orbiculares e pubescentes e disco nectarífero laciniado envolvendo a base do ovário; e fruto drupa falciforme com cor vermelho-alaranjado próxima a maturação, contendo internamente uma polpa açucarada (LORENZI, 1998; HOLANDA SÁ NETO; LIMA, 2003; SOUZA; LORENZI, 2005).

O Oiti-de-Morcego possui sementes dispersas pela fauna silvestre que as utilizam também para se alimentar. Essa fauna geralmente é composta por pássaros e mamíferos, dentre eles: morcegos, araras, tartarugas, pacas e antas. Normalmente, Oiti-de-Morcego não é

cultivado e nem largamente explorado economicamente, mas pode ser utilizado na alimentação, para uso medicinal, ornamental e corante (VIEIRA; GAVÃO; ROSA, 1996; FERRÃO, 2001). Lorenzi (1998) defendeu que esse tipo de espécie para reflorestamento de área degradada tem a finalidade de recuperar e manter o equilíbrio ecológico e ambiental.

Figura 14 – Exemplar de *Saccoglottis Mattogrossensis Benth. Var* (Oiti-de-Morcego) encontrado no Parque Estadual Dois Irmãos (PEDI) em Pernambuco



A incidência de queda de Oiti-de-Morcego no PEDI ocorreu de maneira inversa da Cupiúba (Figura 12). Observou-se que as espécies caídas de Oiti-de-Morcego situaram-se, principalmente, em Latossolos Amarelos com altitudes superiores a 70 m (Figuras 6, 8 e 12) em terrenos planos, profundos, com argila de baixa atividade e de permeabilidade lenta, a qual intensifica a capacidade de armazenamento de água. As investigações permitiram compreender que a boa capacidade de armazenamento de água não é a causa mais específica da queda de árvores dessa espécie, estando, provavelmente, relacionada a outros atributos do solo, talvez químicos, uma vez que a referida espécie possui uma dispersão descontínua nas trilhas do PEDI (Figura 12).

### 4.3 ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO

Os atributos químicos do solo das amostras coletadas nas profundidades 0-0,10; 0,10-0,30 e 0,30-0,60 m estão representados nas Tabelas 4, 5 e 6.

O pH é uma das propriedades químicas do solo de significativa importância, principalmente quando relacionado à disponibilidade de nutrientes, capacidade da planta em absorvê-los e à presença de elementos tóxicos. Os valores de pH analisados no PEDI evidenciaram que os solos apresentaram uma reação ácida, que Alvarez *et al.* (1999) classificou como sendo de acidez elevada. Contudo, de acordo a Embrapa (2009), o PEDI apresentou solo extremamente ácido, pois o pH ficou abaixo de 4,5, exceto nas camadas mais profundas que apresentou pH muito ácido (Tabelas 4, 5 e 6).

Essa variação é considerada normal, pois os solos brasileiros são em sua maioria muito ácidos até 40 cm de profundidade e com baixa disponibilidade de nutrientes. Normalmente, necessitam de calagem para aumentar a produtividade florestal e agrícola. Segundo afirmou Caldas (2007) essa variação é natural em regiões com elevada precipitação, porque ocorre lixiviação dos nutrientes presentes nas camadas superiores do solo.

O  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  e  $\text{K}^+$  são cátions trocáveis importantíssimos no processo de nutrição das plantas, pois fornece condições ideais para o desenvolvimento das mesmas. A distribuição de  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  e  $\text{K}^+$  apresentou variações que decresceram, na maioria das amostras, de acordo com a profundidade (Tabelas 4, 5 e 6). Como as camadas superficiais são mais ricas em matéria orgânica, é natural que sejam mais ricas em nutrientes.

Os teores de  $\text{Ca}^{2+}$  em todas as profundidades estudadas apresentaram valores inferiores a  $2,0 \text{ cmol}_c \text{ dm}^3$ . Para Tomé Júnior (1997) valores inferiores a estes são considerados baixos. No ponto 1 de coleta e na profundidade de 0-0,10 m, o  $\text{Mg}^{2+}$  apresentou teor  $>0,4 \text{ cmol}_c \text{ dm}^3$ , que segundo Raij (1981) e Tomé Júnior (1997), teores de  $\text{Mg}^{2+}$  acima desse valor é considerado alto. Assim, pode-se afirmar que nesse trecho da área estudada não há deficiência desse nutriente. White (2009) argumentou afirmando que áreas costeiras apresentam teor de  $\text{Mg}^{2+}$  elevado, devido à influência marinha, porém, como observado anteriormente, o mesmo não ocorreu para  $\text{Ca}^{2+}$ .

De acordo com o que afirmou Cavalcanti (2008), os teores de  $\text{K}^+$  são considerados muito baixos e quase nulos em florestas. No PEDI os valores de  $\text{K}^+$  variaram de 0,01 a  $0,17 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  na profundidade de 0,30-0,60 m (Tabela 6), sendo que na maioria das amostras os valores foram inferiores a  $0,12 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , considerado muito baixo, de acordo com Tome Júnior (1997). O motivo mais aceitável para esses baixos valores deve-se a



vulnerabilidade desse elemento à lixiviação, embora seja um elemento de suma importância no ciclo de algumas espécies florestais (SANTOS, 2011; SANTOS, 2012).

Os teores de  $\text{Al}^{3+}$  decresceram com a profundidade em todas as amostras (Tabelas 4, 5 e 6). A acidez do solo e teores elevados de  $\text{Al}^{3+}$  são prejudiciais ao desenvolvimento da floresta, chegando a ser tóxico quando se aproxima de  $1 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ . O solo ácido prejudica a disponibilidade de nutrientes para as plantas e aumenta a concentração de  $\text{Al}^{3+}$  (PRIMAVESI, 2002; ARAÚJO, 2010).

No PEDI foi comum encontrar solo extremamente ácido e altas concentrações de  $\text{Al}^{3+}$ . Nos solos florestais, teores elevados de  $\text{Al}^{3+}$  são normalmente quelatizados pelas substâncias húmicas decorrentes da decomposição da matéria orgânica, o que minimiza sua ação tóxica. No entanto, esses teores elevados podem provocar barreiras químicas e inibir o crescimento vertical de raízes, reduzindo a sustentabilidade das árvores. Isso pode se relacionar com quedas frequentes de árvores em fragmentos florestais sobre solos muito ácidos, como os do PEDI.

Em floresta, como no fragmento estudado, existe uma grande concentração na manta orgânica de  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  e  $\text{K}^+$  e pequena no solo, principalmente em profundidade, favorecendo a concentração de (H+Al) na parte subsuperficial do solo (MARIN, 2002). Em discordância com o referido autor, as amostras analisadas tiveram seus teores de acidez potencial minimizados em profundidade (Tabelas 4, 5 e 6). Mesmo assim, essa acidez potencial apresentou-se elevada, devido a extrema acidez ativa da área estudada. Como os teores de  $\text{Al}^{3+}$ , decresceram com a profundidade e os de (H +Al) se elevaram, é provável que a grande quantidade de matéria orgânica que apresentam os solos florestais, ao mineralizar, esteja liberando uma quantidade significativa de H, elevando a acidez ativa e sendo responsável pela elevação também da acidez potencial.

Os teores de P disponível nos solos estudados apresentaram-se baixo, decrescendo em profundidade (Tabelas 4, 5 e 6). Este elemento foi encontrado abaixo do nível crítico no solo, ao mesmo tempo em que a floresta se apresentou exuberante. Entretanto, segundo afirmou Jordan (1991), a baixa disponibilidade de P em ambientes tropicais é um dos fatores limitantes para o crescimento das plantas.

Tabela 4 – Atributos químicos e físicos nos pontos de coleta de amostras deformadas de solo na profundidade 0-0,10 m, nas trilhas do Parque Estadual Dois Irmãos (PEDI) em Pernambuco

Atributo	Ponto de coleta de solo											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<b>pH</b> (H <sub>2</sub> O 1:2,5)	4,13	4,10	3,97	3,84	4,13	4,12	4,45	4,34	4,29	3,93	4,14	4,38
<b>Ca<sup>2+</sup></b> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,21	0,35	0,32	0,31	0,17	0,18	0,23	0,16	0,16	0,27	0,28	0,18
<b>Mg<sup>2+</sup></b> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,99	0,17	0,22	0,18	0,27	0,13	0,12	0,14	0,42	0,15	0,03	0,16
<b>K<sup>+</sup></b> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,14	0,06	0,05	0,06	0,09	0,06	0,06	0,04	0,09	0,04	0,02	0,11
<b>Na</b> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,07	0,04	0,07	0,06	0,14	0,10	0,05	0,06	0,06	0,04	0,00	0,10
<b>Al<sup>3+</sup></b> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	2,30	1,70	2,20	2,60	2,40	2,90	1,80	2,30	2,00	2,00	1,20	1,50
<b>(H + Al)</b> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	6,76	5,94	9,24	9,73	11,55	13,03	5,77	7,92	11,88	7,75	4,12	5,11
<b>P</b> (mg dm <sup>-3</sup> )	3,35	2,08	2,50	0,52	1,30	2,50	1,65	1,02	2,36	2,29	3,42	2,22
<b>SB</b> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	1,41	0,62	0,66	0,61	0,67	0,47	0,46	0,40	0,73	0,50	0,33	0,55
<b>CTC (t)</b> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	3,71	2,32	2,86	3,21	3,07	3,37	2,26	2,70	2,73	2,50	1,53	2,05
<b>CTC (T)</b> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	8,17	6,56	9,9	10,34	12,22	13,50	6,23	8,32	12,61	8,25	4,45	5,66
<b>V</b> (%)	17,25	9,45	6,66	5,89	5,48	3,48	7,38	4,80	5,78	6,06	7,41	9,71
<b>m</b> (%)	61,99	73,27	76,92	80,99	77,17	86,05	79,20	85,18	73,26	80,00	78,43	73,17
<b>Areia</b> (%)	84,70	81,96	37,20	30,46	46,18	20,18	48,37	41,52	25,20	65,17	75,82	63,61
<b>Silte</b> (%)	3,68	4,48	9,74	2,42	1,88	18,94	9,89	9,30	10,37	8,56	6,23	10,67
<b>Argila</b> (%)	11,62	13,56	53,06	67,12	51,94	60,88	41,74	49,18	64,43	26,27	17,95	25,72
<b>Dp</b> (g cm <sup>-3</sup> )	2,70	2,66	2,59	2,56	2,53	2,56	2,56	2,59	2,66	2,59	2,77	2,63
<b>Classe Textural</b>	Areia franca	Areia franca	Argila	Muito argiloso	Argila	Muito argiloso	Franco argiloso	Argila	Muito argiloso	Franco argilo arenoso	Franco arenoso	Franco argilo arenoso

Tabela 5 – Atributos químicos e físicos nos pontos de coleta de amostras deformadas de solo na profundidade 0,10-0,30 m, nas trilhas do Parque Estadual Dois Irmãos (PEDI) em Pernambuco

Atributo	Ponto de coleta de solo											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<b>pH</b> (H <sub>2</sub> O 1:2,5)	4,13	4,22	3,83	4,25	4,06	4,34	4,16	4,16	3,90	4,36	4,35	4,50
<b>Ca<sup>2+</sup></b> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,16	0,25	0,19	0,13	0,05	0,05	0,06	0,06	0,30	0,16	0,16	0,13
<b>Mg<sup>2+</sup></b> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,16	0,19	0,19	0,19	0,12	0,11	0,12	0,12	0,13	0,11	0,04	0,04
<b>K<sup>+</sup></b> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,04	0,05	0,02	0,05	0,04	0,04	0,03	0,06	0,04	0,03	0,03	0,04
<b>Na</b> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,02	0,03	0,04	0,04	0,06	0,09	0,03	0,05	0,03	0,03	0,02	0,06
<b>Al<sup>3+</sup></b> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	2,10	1,20	1,80	2,10	2,00	2,30	1,70	2,00	2,00	1,80	1,50	1,50
<b>(H + Al)</b> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	7,42	2,31	4,78	7,42	5,94	9,57	6,27	5,94	6,10	5,44	4,78	6,62
<b>P</b> (mg dm <sup>-3</sup> )	2,36	1,72	3,49	1,23	1,587	2,64	1,44	0,88	1,51	1,94	3,35	1,870
<b>SB</b> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,38	0,52	0,47	0,44	0,27	0,29	0,24	0,29	0,50	0,33	0,25	0,27
<b>CTC (t)</b> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	2,48	1,72	2,27	2,54	2,27	2,59	1,94	2,29	2,50	2,13	1,75	1,77
<b>CTC (T)</b> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	7,80	2,83	5,25	7,86	6,21	9,86	6,51	6,23	6,60	5,77	5,03	6,89
<b>V</b> (%)	4,87	18,37	8,95	5,59	4,34	2,94	3,68	4,65	7,57	5,71	4,97	3,91
<b>m</b> (%)	84,67	69,76	79,29	82,67	88,10	88,80	87,62	87,33	80,00	84,50	85,71	84,74
<b>Areia</b> (%)	61,11	86,23	37,14	29,87	28,09	18,68	40,62	41,11	29,14	63,01	73,43	64,26
<b>Silte</b> (%)	13,80	4,86	14,38	2,87	8,90	20,22	9,75	10,28	7,00	12,19	6,62	4,02
<b>Argila</b> (%)	25,09	8,91	48,48	67,26	63,01	61,10	49,63	48,61	63,86	24,80	19,95	31,72
<b>Dp</b> (g cm <sup>-3</sup> )	2,63	2,73	2,66	2,59	2,50	2,53	2,63	2,56	2,04	2,66	2,70	2,66
<b>Classe Textural</b>	Franco argilo arenoso	Areia	Argila	Muito argiloso	Muito argiloso	Muito argiloso	Argila	Argila	Muito argiloso	Franco argilo arenoso	Franco arenoso	Franco argilo arenoso

Tabela 6 – Atributos químicos e físicos nos pontos de coleta de amostras deformadas de solo na profundidade 0,30-0,60 m, nas trilhas do Parque Estadual Dois Irmãos (PEDI) em Pernambuco

Atributo	Ponto de coleta de solo											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<b>pH</b> (H <sub>2</sub> O 1:2,5)	4,61	4,10	3,71	4,24	4,34	4,53	4,49	4,12	4,06	4,76	4,56	4,76
<b>Ca<sup>2+</sup></b> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,12	0,12	0,06	0,07	0,03	0,05	0,04	0,05	0,13	0,05	0,09	0,05
<b>Mg<sup>2+</sup></b> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,09	0,08	0,18	0,03	0,11	0,13	0,06	0,07	0,08	0,02	0,02	0,02
<b>K<sup>+</sup></b> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,12	0,17	0,11	0,02	0,09	0,02	0,02	0,02	0,04	0,02	0,01	0,01
<b>Na</b> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,03	0,07	0,08	0,03	0,02	0,04	0,03	0,03	0,07	0,01	0,04	0,01
<b>Al<sup>3+</sup></b> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	1,30	1,20	1,20	1,30	1,30	1,40	1,20	1,50	1,40	1,20	1,10	1,20
<b>(H + Al)</b> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	3,96	2,64	2,80	2,80	3,79	5,77	3,63	4,29	3,46	3,79	8,25	3,96
<b>P</b> (mg dm <sup>-3</sup> )	1,09	1,23	1,16	1,09	0,74	1,51	1,09	0,59	1,16	2,43	2,29	2,43
<b>SB</b> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,36	0,44	0,43	0,15	0,25	0,24	0,15	0,17	0,32	0,10	0,13	0,09
<b>CTC (t)</b> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	1,66	1,64	1,63	1,45	1,55	1,64	1,35	1,67	1,72	1,30	1,23	1,29
<b>CTC (T)</b> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	4,32	3,08	3,23	2,95	4,04	6,01	3,78	4,46	3,78	3,89	8,38	4,05
<b>V</b> (%)	8,33	14,28	13,31	5,08	6,18	3,99	3,96	3,81	8,46	2,57	1,55	2,22
<b>m</b> (%)	77,31	73,17	73,61	89,65	83,87	85,36	88,88	89,82	81,39	92,30	89,43	93,02
<b>Areia</b> (%)	51,04	77,39	35,43	25,77	24,30	17,23	42,62	36,38	22,06	57,43	66,92	61,49
<b>Silte</b> (%)	14,24	5,18	10,01	4,86	9,62	3,67	5,68	10,91	12,05	11,17	10,16	25,02
<b>Argila</b> (%)	34,72	17,43	54,56	69,37	66,08	79,10	51,70	52,71	65,89	31,40	22,92	13,49
<b>Dp</b> (g cm <sup>-3</sup> )	2,66	2,53	2,66	2,70	2,59	2,46	2,70	2,66	2,85	2,81	2,63	2,66
<b>Classe Textural</b>	Franco argiloso	Franco arenoso	Argila	Muito argiloso	Muito argiloso	Muito argiloso	Argila	Argila	Muito argiloso	Franco argiloso	Franco argilo arenoso	Franco arenoso

Em ecossistemas naturais não perturbados diretamente pelo homem, a existência de vários processos químicos e biológicos permitem que as plantas, mesmo em condições de baixa disponibilidade de nutrientes essenciais ao seu desenvolvimento, o utilizem de forma eficiente. No caso específico do P e em ambientes florestais, pode ocorrer absorção direta do P da manta orgânica, a medida que vai ocorrendo mineralização da matéria orgânica (NOVAIS; SMYTH, 1999).

Conforme argumentou Citadini-Zanette (1995), os baixos teores de P e altos teores de  $Al^{3+}$  são prejudiciais e limitantes no desenvolvimento de algumas espécies florestais, sendo necessária uma análise mais complexa para cada indivíduo. Como complementou White (2009), a planta desenvolve mecanismos especiais para absorvê-lo, pois o mais importante são as raízes finas presentes na superfície do solo, penetrando a manta orgânica e contribuindo na ciclagem de nutrientes de forma direta. Espig *et al.* (2009) estudando um fragmento florestal de Mata Atlântica em Pernambuco, afirmaram que os teores de nutrientes quantificados na manta orgânica puderam justificar a exuberância do fragmento sobre um solo de baixa fertilidade. Os autores argumentaram ainda que a nutrição do fragmento independe dos teores das bases trocáveis ( $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$  e  $K^+$ ) do solo, devido ao grande aporte de nutrientes via serrapilheira.

#### 4.4 ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO

Os atributos físicos do solo foram analisados em amostras deformadas e não deformadas. Nas deformadas foram determinadas a granulometria e por conseguinte sua classe textural, além da determinação da densidade de partículas do solo do PEDI (Tabelas 4, 5 e 6). A granulometria das amostras mostrou que há variações na classe textural dos solos do PEDI, que varia de arenosa até muito argilosa, constatando-se o predomínio das classes texturais argila e muito argilosa. A análise revelou um predomínio da classe arenosa nos Argissolos e argilosa nos Latossolos.

Nas amostras coletadas nas áreas de altitudes inferiores do PEDI, em que predominam Argissolos Amarelos, cujas características predominantes são porosidade e permeabilidade, a fração areia predomina sobre a argila, o que explica a classificação textural mais arenosa dessas áreas (Tabelas 4, 5 e 6).

Nas amostras coletadas em Latossolos Amarelos nas áreas de maiores altitudes e com características opostas aos Argissolos, isto é, menos permeável, a fração argila predomina sobre a areia, explicando a classificação textural mais argilosa (Tabelas 4, 5 e 6).

A fração silte apresentou na maioria das amostras aumento de seus teores à medida que se aprofundava, porém em baixos teores (Tabelas 4, 5 e 6). Segundo afirmou Araújo (2010), os baixos teores de silte são provenientes do alto grau de intemperismo desses solos.

A densidade de partículas revelou uma variação pequena entre as amostras e suas profundidades (Tabelas 4, 5 e 6). Kiehl (1979) mencionou que valores próximos a  $3,0 \text{ g cm}^{-3}$  é comum em regiões de clima tropical. A pouca variação na densidade das partículas é um reflexo da composição mineralógica do solo, principalmente das frações silte e areia (BRADY, 2007).

Em amostras não deformadas foram determinadas: a densidade do solo, macroporos, mesoporos, microporos, criptoporos, porosidade total, capacidade de campo, ponto de murcha permanente, água disponível e condutividade hidráulica nas profundidades de 0 – 0,5 e 0,10 – 0,15 m (Tabelas 7 e 8).

As variações granulométricas contribuíram na determinação da densidade do solo devido aos rearranjos estruturais das partículas e, conseqüentemente, da porosidade (SOUSA, 2003). De acordo com o que afirmou Araújo (2010), a densidade do solo aumenta com a profundidade em função da diminuição da matéria orgânica em subsuperfície. Isto é mais evidente em áreas florestais, porque os teores de matéria orgânica na superfície são maiores.

Dessa forma, pode-se afirmar que a densidade do solo do PEDI está em consonância com o exposto, uma vez que a supracitada densidade aumentou com a profundidade (Tabelas 7 e 8).

Os valores mencionados da densidade do solo da área do PEDI foram considerados médios e altos. Reinert; Reichert (2006) mencionaram que a densidade do solo de  $1,75 \text{ g cm}^{-3}$  pode ser considerado como o limite crítico e acima desse valor causa impedimento físico ao crescimento das raízes. Segundo afirmaram Reichert; Reinert; Braida (2003), quando os valores de densidade do solo atingem de 1,30 a  $1,40 \text{ g cm}^3$  em Latossolos, estes também são considerados críticos, o que ocorreu com algumas áreas de Latossolos do PEDI.

A porosidade total do solo é responsável pelo armazenamento e transporte do ar e da água. Esse atributo físico apresentou valores decrescentes com a profundidade (Tabelas 7 e 8), uma vez que há uma redução dos macroporos nas camadas superficiais e aumento dos microporos nas camadas subsuperficiais. De acordo com o que afirmaram Oliveira *et al.* (2009) é normal as camadas superficiais apresentarem maior porosidade, devido uma menor densidade do solo, que é explicado pelo tamanho das unidades estruturais que são menores na superfície.

Tabela 7 – Atributos físicos nos pontos de coleta de amostras não deformadas do solo na profundidade 0–0,05 m, nas trilhas do Parque Estadual Dois Irmãos (PEDI) em Pernambuco

Atributo	Ponto de coleta de solo											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ds (g cm <sup>-3</sup> )	1,29	1,25	1,42	1,18	1,11	1,04	1,31	1,51	1,17	1,44	1,29	1,27
MAP (cm <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup> )	0,05	0,08	0,04	0,13	0,09	0,10	0,04	0,05	0,05	0,04	0,04	0,06
MEP (cm <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup> )	0,20	0,25	0,11	0,10	0,08	0,08	0,06	0,02	0,07	0,09	0,21	0,14
MIP (cm <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup> )	0,04	0,03	0,08	0,07	0,07	0,06	0,09	0,09	0,09	0,06	0,10	0,08
CP (cm <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup> )	0,07	0,05	0,14	0,21	0,22	0,27	0,22	0,24	0,26	0,18	0,11	0,15
PT (cm <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup> )	0,36	0,41	0,37	0,51	0,46	0,51	0,41	0,40	0,47	0,37	0,46	0,43
CC (cm <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup> )	0,10	0,06	0,19	0,23	0,26	0,32	0,26	0,28	0,32	0,22	0,13	0,20
PMP (cm <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup> )	0,07	0,05	0,14	0,21	0,22	0,27	0,22	0,24	0,26	0,18	0,11	0,15
CH (cm h <sup>-1</sup> )	113,9	269,2	3,0	10,2	5,1	22,5	2,7	0,6	14,2	3,2	91,3	32,5
AD (cm <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup> )	0,03	0,01	0,05	0,03	0,04	0,05	0,04	0,04	0,06	0,04	0,02	0,04

Ds= Densidade do Solo; MAP = Macroporos; MEP = Mesoporos; MIP = Microporos; CP = Criptoporos; PT = Porosidade total; CC = Capacidade de campo; PMP = Ponto de murcha permanente; AD = Água disponível; CH = Condutividade Hidráulica saturada (Ksat).

Tabela 8 – Atributos físicos nos pontos de coleta de amostras não deformadas do solo na profundidade 0,10 – 0,15 m, nas trilhas do Parque Estadual Dois Irmãos (PEDI) em Pernambuco

Atributo	Ponto de coleta de solo											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ds (g cm <sup>-3</sup> )	1,33	1,24	1,40	1,25	1,22	1,10	1,54	1,51	1,31	1,49	1,42	1,28
MAP (cm <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup> )	0,06	0,04	0,04	0,08	0,04	0,04	0,05	0,07	0,04	0,04	0,04	0,08
MEP (cm <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup> )	0,12	0,22	0,04	0,07	0,05	0,05	0,02	0,05	0,04	0,08	0,18	0,04
MIP (cm <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup> )	0,08	0,05	0,11	0,07	0,07	0,08	0,13	0,10	0,06	0,08	0,12	0,09
CP (cm <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup> )	0,13	0,04	0,17	0,21	0,23	0,30	0,22	0,17	0,23	0,13	0,06	0,17
PT (cm <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup> )	0,39	0,35	0,36	0,43	0,39	0,47	0,42	0,39	0,37	0,33	0,40	0,38
CC (cm <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup> )	0,17	0,06	0,22	0,23	0,26	0,36	0,25	0,20	0,30	0,17	0,09	0,25
PMP (cm <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup> )	0,13	0,04	0,17	0,21	0,23	0,30	0,22	0,17	0,23	0,13	0,06	0,17
CH (cm h <sup>-1</sup> )	19,8	263,9	6,7	8,5	0,05	2,03	1,1	3,4	1,8	5,4	55,9	115,3
AD (cm <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup> )	0,04	0,02	0,05	0,02	0,03	0,06	0,04	0,03	0,07	0,04	0,03	0,08

Ds = Densidade do Solo; MAP = Macroporos; MEP = Mesoporos; MIP = Microporos; CP = Criptoporos; PT = Porosidade total; CC = Capacidade de campo; PMP = Ponto de murcha permanente; AD = Água disponível; CH = Condutividade Hidráulica saturada (Ksat).

A capacidade de campo é a quantidade de água retida pelo solo após a drenagem ter sido cessada em um solo previamente saturado por chuva ou irrigação (EMBRAPA, 2009b). Como já esperado pela diferença de tipo de solo, morfologia dos perfis e porosidade dos solos, as amostras dos Argissolos Amarelos retiveram menos água que as amostras dos Latossolos Amarelos (Tabelas 7 e 8).

O ponto de murcha permanente é o ponto de retenção de água a uma tensão de 1.500 kPa e representa o teor de água em que as plantas não conseguem mais extrair água do solo. Os valores de umidade do solo no ponto de murcha permanente encontrados no PEDI

foram semelhantes aos encontrados na pesquisa realizada por Ghanbarian; Millán (2009) em solos arenosos e argilosos, os quais possuem porosidades diferentes e, conseqüentemente, umidade variada, porque esses resultados são reflexos da localização, do tipo de solo e da textura em que essas amostras foram coletadas no PEDI.

A água disponível é a umidade retida no solo entre capacidade de campo e o ponto de murcha permanente (OLIVEIRA; QUEIROZ, 1975). Os resultados da quantidade de água disponível no solo do PEDI sofre influência dos diferentes tipos de solo (Latosolos e Argissolos), da declividade do terreno e da classe textural dos pontos coletados, pois o tamanho dos poros reflete na maior ou menor retenção de água (OLIVEIRA *et al.*, 2009). Dessa forma, o tamanho dos poros determina o potencial da água retida neles e a tensão necessária para esvaziá-los, pois quanto menor o tamanho, maior também a tensão necessária para a retirada da água (CAMARGO; ALLEONI, 1997). Contudo, percebeu-se um padrão de aumento da quantidade da água disponível com a profundidade (Tabelas 7 e 8), com algumas variações, sendo consideradas normais pela diversidade do terreno e pelas pequenas mudanças.

A condutividade hidráulica saturada foi analisada utilizando o método de carga constante para todas as amostras de solo e de carga decrescente em algumas amostras, que é indicado para solo de baixa condutividade hidráulica.

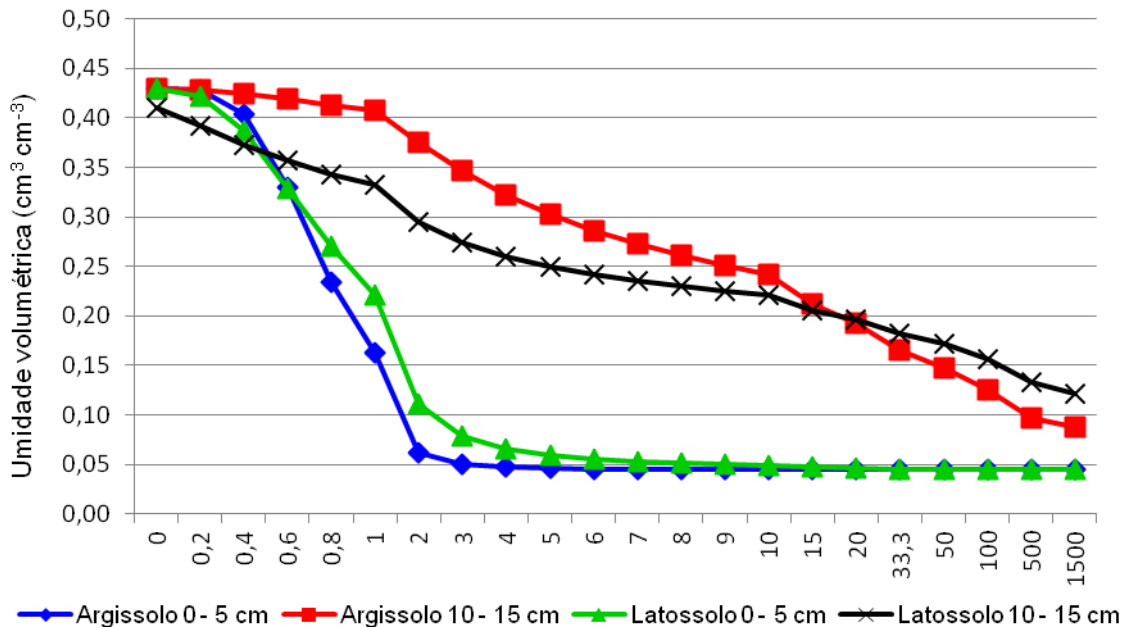
Com os resultados de condutividade hidráulica saturada constatou-se que as amostras de Argissolos Amarelos possuem condutividade bastante superior as dos Latossolos Amarelos. Isso ocorreu porque a textura mais arenosa dos Argissolos normalmente é responsável por uma condutividade hidráulica maior. Amostras localizadas em áreas de solo com predominância de textura argilosa mostraram, principalmente nas camadas mais subsuperficiais, valores mais baixos de condutividade hidráulica saturada. De acordo com o que afirmou Santos (2012), isso pode ser decorrente do baixo grau de estruturação, associado ao elevado teor de argila. .

A capacidade de retenção de água das amostras na profundidade 0–0,5 m nos dois tipos de solo apresentou uma queda abrupta de umidade com o aumento gradativo das tensões (Figura 15). Inicialmente o solo apresentou cerca de  $0,43 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$  de umidade, chegando até  $0,05 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$  de umidade a 1.500 kPa.

No Argissolo Amarelo o decréscimo abrupto de umidade cessou na tensão de 3 kPa, permanecendo constante até a tensão de 1.500 kPa. Observou-se que a retenção de água foi maior nas baixas tensões. Dexter (2004) explicou que o Argissolo Amarelo é um solo com atributos físicos, muito críticos, além de serem, no caso do PEDI, bastante arenosos (Tabelas 4, 5 e 6).



Figura 15 – Curva de retenção de umidade em diferentes tipos predominantes de solo no Parque Estadual Dois Irmãos (PEDI) nas profundidades de 0-0,5 e 0,10-0,15 m



No Latossolo Amarelo a queda abrupta de umidade foi interrompida em maiores tensões, a partir daí diminuiu lentamente até se estabilizar a partir de 33,3 kPa. Segundo afirmaram Beutler *et. al.* (2002), nos solos Argissolos a retenção de umidade cai abruptamente nas primeiras tensões, pois pode estar relacionada ao elevado teor de matéria orgânica nas camadas mais superficiais.

A curva de retenção de água das amostras na profundidade 0,10–0,15 m apresentou decréscimo gradativo com o aumento das tensões. A retenção de água do Argissolo foi maior do que a do Latossolo até a tensão de 15 kPa. A partir dessa tensão há uma inversão, em que o Latossolo retém mais água do que o Argissolo, mantendo-se até 1.500 kPa. Entretanto, em quantidades absolutas o Argissolo reteve mais água.

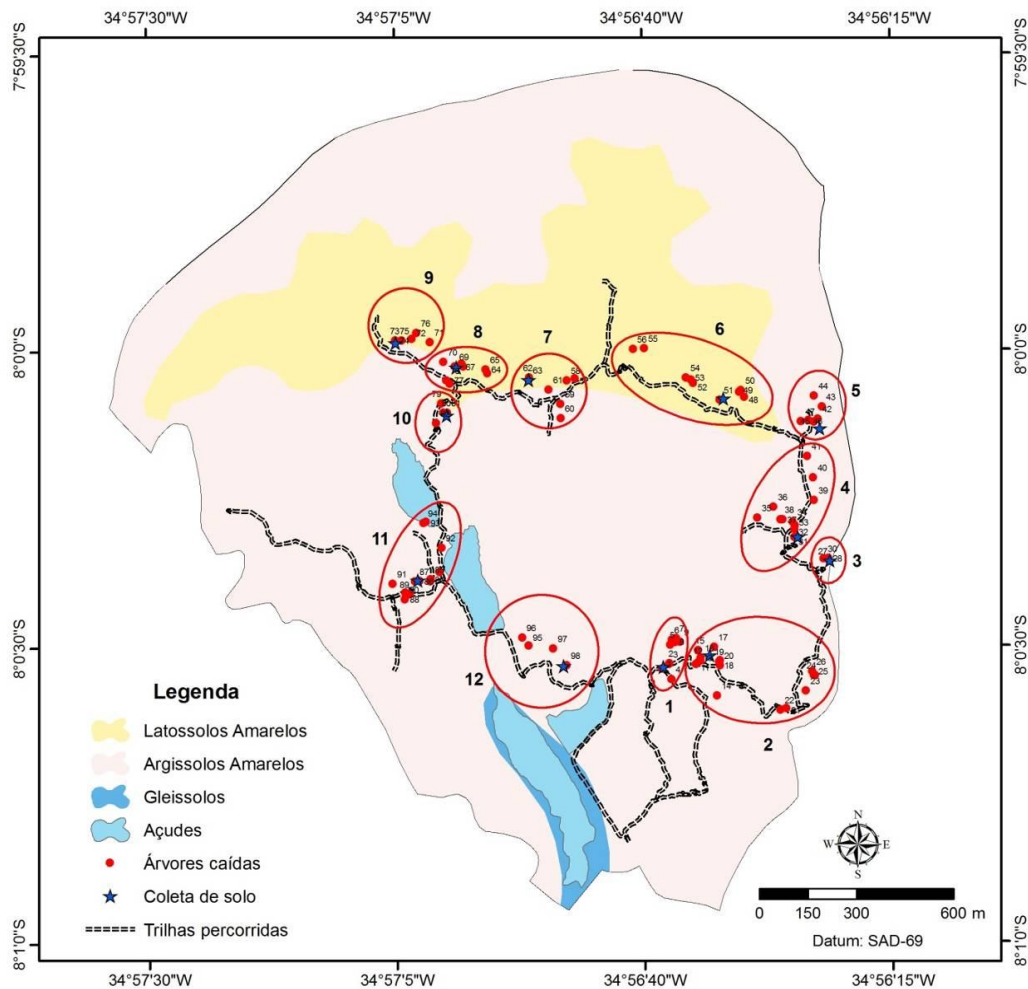
## 4.5 ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS E DE AGRUPAMENTOS DOS ATRIBUTOS QUÍMICOS E FÍSICOS DO SOLO EM RELAÇÃO À QUEDA DE ÁRVORES

### 4.5.1 Amostras deformadas

Para entender se havia relacionamento entre a frequência de queda de árvores no PEDI com atributos físicos e químicos dos solos, utilizou-se a técnica estatística da análise multivariada de dados.

Para isso nos 12 pontos onde foram realizadas as amostragens de solo em diferentes profundidades, contabilizou-se a frequência de queda das árvores (Figura 16). Assim, a técnica estatística irá agrupar atributos físicos e químicos do solo e identificar por meio de correlações que atributo explica melhor a variabilidade dos dados, organizando-os em componentes principais. Os atributos físicos e químicos serão analisados de acordo com o tipo de amostragem (amostra deformada e não deformada) e profundidade.

Figura 16 – Mapa das árvores caídas com os respectivos pontos de coleta do solo no Parque Estadual Dois Irmãos (PEDI) em Pernambuco



#### 4.5.1.1 Análise de componentes principais e de agrupamentos dos atributos químicos e físicos do solo em relação à queda de árvores, na camada 0-0,10 m

No desenvolvimento da análise multivariada foi possível agrupar os atributos químicos e teor de argila em dois grupos de Componentes Principais (CP1 e CP2) iniciais e finais, os quais somados explicaram a variância acumulada de 68,7% para os agrupamentos iniciais e 90,8%

para os agrupamentos finais (Tabelas 9 e 10). O CP1 final explicou 71,62% da variância total (Tabela 10), sendo assim considerado o mais importante no esclarecimento das variâncias pelo maior peso atribuído, pelos autovalores e pela variância total, pois a CP1 retira do conjunto de dados o máximo possível da variabilidade. O CP2 explicou 19,25% da variância total.

Após a realização do primeiro agrupamento das variáveis (agrupamentos iniciais) foram excluídas, as variáveis que apresentaram valores de correlação inferiores a 0,7 em módulo. Esse critério foi utilizado para seleção das variáveis dentro dos CPs. As variáveis selecionadas, ou seja, não excluídas têm ampla importância no componente principal, por serem consideradas as mais discriminantes na distinção das características do solo que mais influenciaram na queda de árvores do PEDI, pois seus autovalores expressaram os maiores valores de correlação com o mesmo.

Assim, na análise inicial (Tabela 9) algumas variáveis foram excluídas porque não apresentaram correlação  $\geq 0,7$  em módulo dos componentes principais. Desta forma excluiu-se pH,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$  e P. O agrupamento final (CP1 e CP2) pode ser compreendido como um grupo de variáveis que representam a acidez do solo, pois as variáveis que a compõe deduzem essa observação, principalmente, pelos componentes de acidez do solo ( $\text{Al}^{3+}$  e H+Al), os quais colaboram para que o solo torne-se distrófico, ou seja, de pouca fertilidade, afetando o desenvolvimento das plantas.

Tabela 9 – Atributos químicos e teor de argila, seus agrupamentos e correlações em componentes principais iniciais nas amostras de solo deformadas na profundidade 0-0,10 m, autovalores, variância total e acumulada

Atributos	CP1	CP2
pH	-0,259564	0,289625
$\text{Ca}^{2+}$	-0,399974	-0,328776
$\text{Mg}^{2+}$	0,639475	-0,695801
$\text{K}^+$	0,197041	-0,591423
$\text{Al}^{3+}$	<b>0,917892</b>	0,006768
(H + Al)	<b>0,946682</b>	0,100712
P	-0,469029	-0,017055
SB	0,393548	<b>-0,900352</b>
CTC(t)	<b>0,913175</b>	-0,176692
CTC(T)	<b>0,950605</b>	0,066577
V	<b>-0,769120</b>	-0,588887
m	0,582082	<b>0,720819</b>
Argila	<b>0,808348</b>	0,308774
Autovalores	Variância total (%)	Acumulado(%)
6,630441	47,36029	47,3603
2,988743	21,34816	68,7085

Com a retirada das variáveis que apresentaram baixa correlação, realizou-se um segundo agrupamento de variáveis (agrupamentos finais), com 7 variáveis definidas com a seguinte ordem decrescente de importância: CTC (T), (H+Al),  $Al^{3+}$ , CTC (t), SB, argila e V (Tabela 10).

Tabela 10 – Atributos químicos e teor de argila, seus agrupamentos e correlações em componentes principais finais nas amostras de solo deformadas na profundidade 0-0,10 m, autovalores, variância total e acumulada

Atributos	CP1	CP2
$Al^{3+}$	<b>0,917892</b>	0,006768
<b>(H + Al)</b>	<b>0,946682</b>	0,100712
<b>SB</b>	0,393548	<b>-0,900352</b>
<b>CTC(t)</b>	<b>0,913175</b>	-0,176692
<b>CTC(T)</b>	<b>0,950605</b>	0,066577
<b>V</b>	<b>-0,769120</b>	-0,588887
<b>Argila</b>	<b>0,808348</b>	0,308774
Autovalores	Variância total (%)	Acumulado(%)
5,014063	71,62947	71,6295
1,347799	19,25427	90,8837

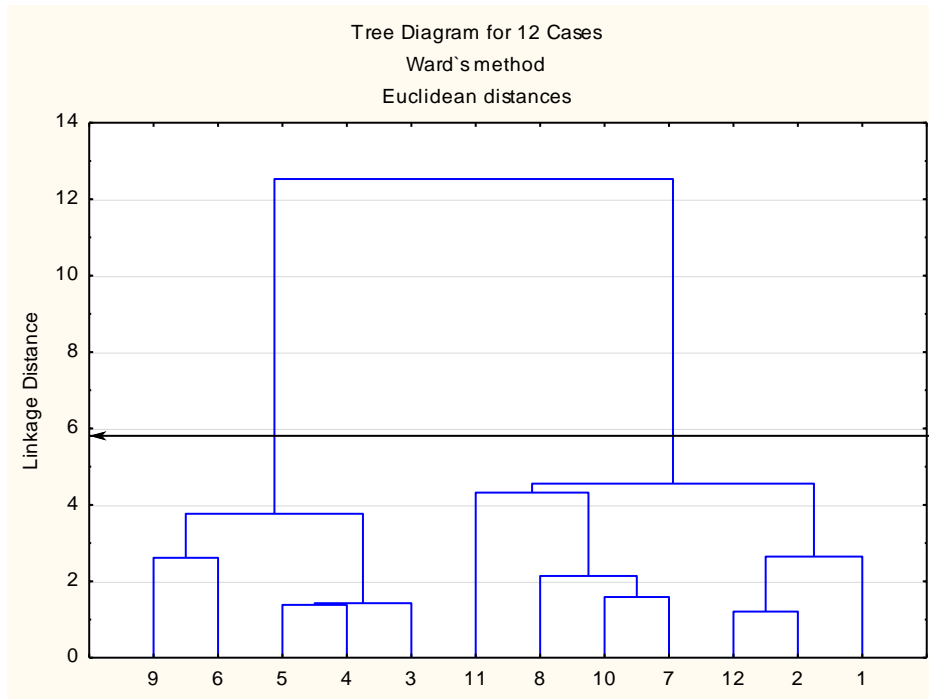
As correlações, sejam elas positivas ou negativas, representaram variáveis que se relacionaram nos diferentes pontos de amostragem do PEDI. Por exemplo, a correlação positiva do  $Al^{3+}$  (0,92) significou que nos pontos mais altos da coleta de amostras, os teores de  $Al^{3+}$  também foram elevados, daí a correlação positiva. Por outro lado, a correlação negativa da SB (-0,90) significou que nos pontos mais altos da coleta de amostras, a SB é menor, daí a correlação negativa.

As variáveis que compõem o CP1 no agrupamento final, como  $Al^{3+}$ , (H+Al) e argila, CTC (t), CTC (T) e V apresentaram valores variados e geralmente maiores em camadas superficiais, principalmente nas amostras situadas em Latossolos Amarelos. Os atributos mencionados apresentam características que contribuem para a concentração da acidez, que além do alto índice pluviométrico do PEDI, que influencia na remoção das bases trocáveis pela lixiviação e também pela concentração de argila de baixa atividade. De Maria *et al.* (2009), explicaram que a água de percolação e a lixiviação intensifica a acidificação por substituir as bases trocáveis por (H e Al).

A Figura 17 representa um dendograma, que é um tipo específico de diagrama que organiza determinados fatores e variáveis, acoplados com os pontos de coleta de solo. O

diagrama é formado através das variáveis consideradas discriminantes das características do solo que mais influenciaram na queda das árvores.

Figura 17 – Dendograma dos agrupamentos dos atributos químicos do solo e do teor de argila na camada 0-0,10 m de profundidade, em relação aos pontos de coleta do solo de amostras deformadas no Parque Estadual Dois Irmãos (PEDI), utilizando a distância euclidiana média, como coeficiente de similaridade e o algoritmo de WARD, como método de agrupamento



Foi observada a formação de 4 grandes grupos de pontos de coleta do solo diferentes entre si. Um grupo formado pelos pontos 1, 2 e 12, o outro pelos pontos 7, 10, 8 e 11, o terceiro pelos pontos 3, 4 e 5 e o último pelos pontos 6 e 9.

O grupo composto pelos pontos 1, 2 e 12 contabilizaram 25 árvores caídas. Esses pontos ficaram situados em Argissolos Amarelos, com textura arenosa, cujas variáveis importantes da CP1 foram:  $Al^{3+}$ , (H+Al) e argila. Os valores de  $Al^{3+}$  foram variados e elevados em relação às camadas mais profundas, com média de  $1,84 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ . O (H+Al) apresentou também valores variados, maiores que outras profundidades e média de  $5,93 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  (Tabela 4). O teor de argila também apresentou valores variados e mais baixos do que camadas mais profundas (Tabela 4).

O maior grupo foi o composto pelo pontos 7, 10, 8 e 11, com 31 árvores caídas. Os pontos se localizaram em Argissolos Amarelos e Latossolos Amarelos, ambos com classe textural diferentes e variáveis que compõe os componentes principais com valores diferentes. O  $Al^{3+}$  apresentou média de  $1,82 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ . O (H+Al) apresentou valores variados, com

média de  $6,39 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , superior ao grupo anterior. O teor de argila apresentou valores medianos e maiores em pontos localizados no Latossolo Amarelo.

O grupo formado com os pontos 3, 4 e 5 apresentou 32 árvores caídas. Esse quantitativo foi maior entre os demais grupos e localizou-se em área de Latossolos Amarelos, com altitude acima de 70 m. O  $\text{Al}^{3+}$  e (H+Al) apresentaram altos valores, com média de  $2,4 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  e  $10,17 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , respectivamente (Tabela 4). O teor de argila apresentou os maiores valores em relação às demais amostras. O grupo que agregou os pontos 6 e 9 apresentou 15 árvores caídas. Nestes pontos, os teores de  $\text{Al}^{3+}$ , (H+Al) e argila foram elevados (Tabela 4).

De acordo com o que foi visto, pode-se afirmar que o solo da área foi caracterizado como de baixa fertilidade natural e de alta acidez. É provável que as principais variáveis responsáveis pela queda de árvores na profundidade de 0-0,10 m do PEDI sejam  $\text{Al}^{3+}$ , (H+Al) e teor de argila.

Como comentado anteriormente, elevados teores de  $\text{Al}^{3+}$  podem não causar distúrbios químicos em áreas florestais, porque são quelatizados pelos ácidos orgânicos do húmus. No entanto, podem formar barreiras químicas, que não permitem a penetração de raízes e, neste caso, especificamente, forçar seu crescimento horizontalmente. Isso enfraquece a sustentação e pode causar a queda das árvores, principalmente em locais sujeitos a ventos fortes e áreas inclinadas.

#### *4.5.1.2 Análise de componentes principais e de agrupamentos dos atributos químicos e físicos do solo em relação à queda de árvores, na camada 0,10-0,30 m*

Para essa camada foram extraídos dois componentes principais (CP1 e CP2), que explicaram juntos os CPs iniciais (68,40%) e CPs finais (72,40%) da variância acumulada (Tabelas 11 e 12). A CP1 final explicou 45,88% e a CP2 final 26,52% da variância total (Tabela 12).

O CP1 é considerado o mais importante por explicar a maior parte da variância dos dados. No CP1 da análise inicial houve alta correlação com as variáveis:  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$ , (H+Al), CTC (t), CTC (T), V, m e argila, destacando o  $\text{Ca}^{2+}$  e V que apresentaram correlação negativa (Tabela 11).

Na CP1 final houve correlação com 7 variáveis na seguinte ordem decrescente: (H+Al), CTC (T),  $\text{Al}^{3+}$ , V, m, CTC (t) e argila. A variável V apresentou correlação negativa, assim, expressando a necessidade do solo em nutrientes considerados essenciais ao desenvolvimento das árvores, além da presença de variáveis como  $\text{Al}^{3+}$  e (H+Al) que representam acidez do solo.

Tabela 11 – Atributos químicos e teor argila, seus agrupamentos e correlações em componentes principais iniciais nas amostras de solo deformadas na profundidade 0,10-0,30 m, autovalores, variância total e acumulada

Atributos	CP1	CP2
pH	0,070795	<b>-0,721619</b>
Ca <sup>2+</sup>	<b>-0,711132</b>	0,445925
Mg <sup>2+</sup>	-0,175870	<b>0,840462</b>
K <sup>+</sup>	0,188053	0,314643
Al <sup>3+</sup>	<b>0,875718</b>	0,429587
(H + Al)	<b>0,924162</b>	0,191415
P	-0,148656	-0,179675
SB	-0,541306	<b>0,806809</b>
CTC (t)	<b>0,696751</b>	0,675039
CTC (T)	<b>0,908163</b>	0,239455
V	<b>-0,878144</b>	0,311433
m	<b>0,874569</b>	-0,408708
Argila	<b>0,714868</b>	0,429597
Autovalores	Variância total (%)	Acumulado(%)
6,177427	44,12448	44,1245
3,399181	24,27987	68,4043

Tabela 12 – Atributos químicos e teor de argila, seus agrupamentos e correlações em componentes principais finais nas amostras de solo deformadas na profundidade 0,10-0,30 m, autovalores, variância total e acumulada

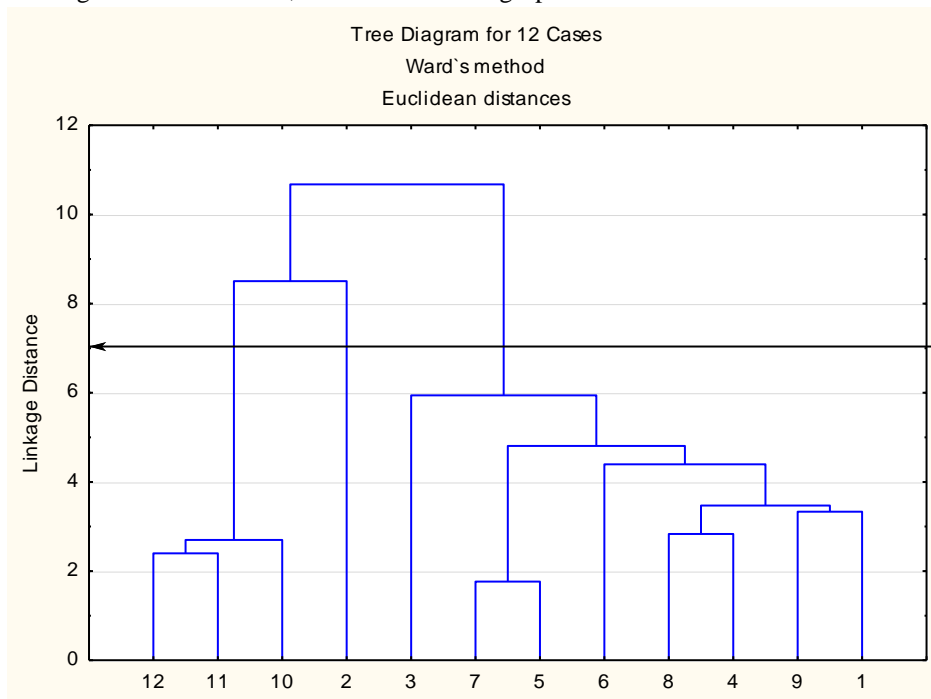
Atributos	CP1	CP2
pH	-0,048514	<b>0,703707</b>
Mg	-0,083328	<b>-0,890169</b>
AL	<b>0,936546</b>	-0,294567
(H+AL)	<b>0,950609</b>	-0,051345
SB	-0,412413	<b>-0,847560</b>
CTC (t)	<b>0,796886</b>	-0,554339
CTC (T)	<b>0,942221</b>	-0,099502
V	<b>-0,857023</b>	-0,454066
m	<b>0,819286</b>	0,525063
Argila	<b>0,752398</b>	-0,339868
Autovalores	Variância total (%)	Acumulado(%)
5,506572	45,88810	45,8881
3,182494	26,52079	72,4089

Do CP2 inicial foram extraídas 3 variáveis:  $Mg^{2+}$ , SB e pH. Na CP2 final as mesmas 3 variáveis se destacaram. O pH apresentou correlação positiva e o  $Mg^{2+}$  e a SB tiveram correlação negativa. O pH foi o diferencial na relação das variáveis da CP2 final da camada de 0,10-0,30 m, ressaltando a acidez ativa do solo.

A Figura 18 ressalta o dendograma com os grupos de pontos amostrados formados com as variáveis consideradas mais discriminantes das características do solo que mais influenciaram na queda das árvores do PEDI. Foram formados dois grupos, sendo um considerado grande devido ao maior número de pontos agrupados (1, 3, 4, 5, 6, 7, 8 e 9). Nele foram contabilizadas 65 árvores caídas, cujos pontos estão localizados em sua grande maioria nos Latossolos Amarelos.

Neste agrupamento as variáveis mais importantes foram o  $Al^{3+}$  e o (H+Al), que apresentaram ambos valores, em média de  $2,0 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  (Tabela 5). Nesta camada, como na anterior, os teores de  $Al^{3+}$  e (H+Al) parecem influenciar marcadamente a queda de árvores no PEDI.

Figura 18 – Dendograma dos agrupamentos dos atributos químicos do solo e do teor de argila na camada 0,10-0,30 m de profundidade, em relação aos pontos de coleta do solo de amostras deformadas no Parque Estadual Dois Irmãos (PEDI), utilizando a distância euclidiana média, como coeficiente de similaridade e o algoritmo de WARD, como método de agrupamento





O outro grupo foi composto pelos pontos 2, 10, 11 e 12, com 33 árvores caídas. Das variáveis mais importantes, o  $\text{Al}^{3+}$  e o (H+Al) apresentaram médias de 1,5 e 4,28  $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , respectivamente (Tabela 5). Os teores de argila são menores que o grupo anterior, concomitantemente com sua localização em Argissolos Amarelos, com textura predominantemente arenosa. Assim, como na camada anterior, as variáveis que mais influenciaram na queda de árvores da camada de 0,10-0,30 m foram o  $\text{Al}^{3+}$ , (H+Al) e teor de argila. Continua sendo provável a presença de uma barreira química impedindo o crescimento vertical das raízes e forçando seu desenvolvimento horizontal, o que torna vulnerável sua sustentação.

#### *4.5.1.3 Análise de componentes principais e de agrupamentos dos atributos químicos e físicos do solo em relação à queda de árvores, na camada 0,30-0,60 m*

Através da análise dos componentes principais foram extraídos dois CPs que, juntos explicaram CPs iniciais 71,24% e CPs finais 73,52% da variância acumulada (Tabelas 13 e 14). O CP1 inicial, foi responsável por explicar 50,42% da variância total e apresentou as variáveis formadas por: pH,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ , SB, CTC (t), V, e m (Tabela 13). O CP1 é o mais importante por explicar a maior parte das variações dos dados, assim como as variáveis que o compõe.

No CP1 final houve alta correlação com 7 variáveis, na seguinte ordem decrescente: V, SB, m,  $\text{K}^+$ , CTC (t), pH e  $\text{Mg}^{2+}$  (Tabela 14). A m e o pH apresentaram correlação negativa.

O CP2 final explicou 19,41% da variância total, apresentando a segunda maior importância. No CP2 inicial e final as variáveis de  $\text{Al}^{3+}$  e argila apresentaram correlação negativa (Tabelas 13 e 14).

O dendograma da Figura 19 possui dois grandes grupos distintos. O primeiro grupo foi constituído pelos pontos 1, 2, 3, 6, 8 e 9 com 50 árvores caídas, cujas variáveis mais discriminantes para queda delas apresentaram valores variados e baixos em relação às camadas mais superficiais (Tabelas 4, 5 e 6). É como se a barreira química começasse a deixar de existir nas camadas mais profundas. No entanto, se já tiver ocorrido um espalhamento horizontal de raízes nas camadas superficiais, não adianta a 0,60 m de profundidade ter havido retratação dos teores de  $\text{Al}^{3+}$ .

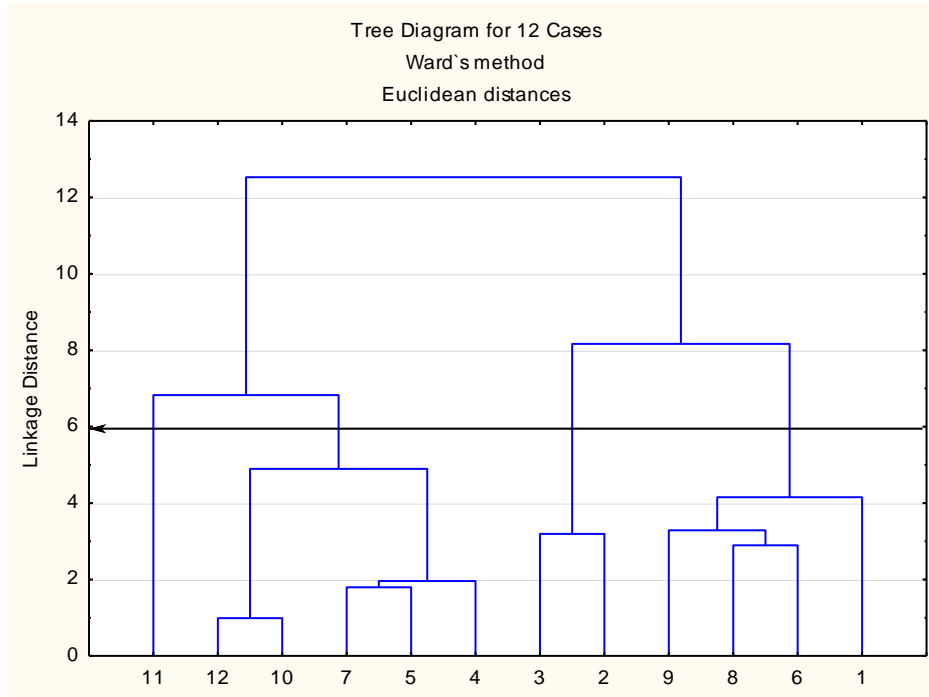
Tabela 13 – Atributos químicos e teor de argila, seus agrupamentos e correlações em componentes principais iniciais nas amostras de solo deformadas na profundidade 0,30-0,60 m, autovalores, variância total e acumulada

Atributos	CP1	CP2
pH	<b>-0,805042</b>	0,230640
Ca <sup>2+</sup>	0,502978	0,518913
Mg <sup>2+</sup>	<b>0,733226</b>	-0,274248
K <sup>+</sup>	<b>0,822983</b>	0,449760
Al <sup>3+</sup>	0,226186	<b>-0,783638</b>
(H + Al)	-0,533525	0,265848
P	-0,597221	0,636596
SB	<b>0,942639</b>	0,279694
CTC (t)	<b>0,832743</b>	-0,323954
CTC (T)	-0,469762	0,294691
V	<b>0,950633</b>	0,243324
m	<b>-0,907052</b>	-0,375417
Argila	0,207782	<b>-0,833472</b>
Autovalores	Variância total (%)	Acumulado(%)
7,060024	50,42874	50,4287
2,914171	20,81551	71,2442

Tabela 14 – Atributos químicos e teor de argila, seus agrupamentos e correlações em componentes principais finais nas amostras de solo deformadas na profundidade 0,30-0,60 m, autovalores, variância total e acumulada

Atributos	CP1	CP2
pH	<b>-0,801518</b>	0,229984
Mg <sup>2+</sup>	<b>0,751919</b>	-0,258580
K <sup>+</sup>	<b>0,830462</b>	0,436246
Al <sup>3+</sup>	0,179737	<b>-0,864683</b>
SB	<b>0,947220</b>	0,229793
CTC (t)	<b>0,804875</b>	-0,414400
V	<b>0,961779</b>	0,227551
m	<b>-0,916511</b>	-0,338984
Argila	0,184397	<b>-0,857762</b>
Autovalores	Variância total (%)	Acumulado(%)
6,493216	54,11014	54,1101
2,329529	19,41274	73,5229

Figura 19 – Dendograma dos agrupamentos dos atributos químicos dos solos e do teor de argila na camada 0,30-0,60 m de profundidade, em relação aos pontos de coleta do solo de amostras deformadas no Parque Estadual Dois Irmãos (PEDI), utilizando a distância euclidiana média, como coeficiente de similaridade e o algoritmo de WARD, como método de agrupamento



O segundo grupo é composto pelos pontos 4, 5, 7, 10, 11 e 12 com 48 árvores caídas e variáveis com valores mais baixos em relação às amostras das camadas mais superficiais (Tabelas 4, 5 e 6).

## 4.6 ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS E DE AGRUPAMENTOS DOS ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO EM RELAÇÃO À QUEDA DE ÁRVORES

### 4.6.1 Amostras não deformadas

#### 4.6.1.1 Análise de componentes principais e de agrupamentos dos atributos físicos do solo em relação à queda de árvores, na camada 0-0,05 m

Na análise de componentes principais com os atributos físicos do solo, foram extraídos dois componentes principais (CP1 e CP2), os quais somados explicaram 89,70% da variância total (Tabela 15). O CP1 explicou 61,70% da variância acumulada, considerado o mais importante pelo

esclarecimento da variabilidade total e peso atribuído. O CP2 explicou apenas 27,99% da variância total, sendo o segundo mais importante na explicação da variabilidade total.

Tabela 15 – Atributos físicos, seus agrupamentos e correlações em componentes principais finais nas amostras de solo não deformadas na profundidade 0-0,05 m, autovalores, variância total e acumulada

Atributos	CP1	CP2
<b>Ds</b>	-0,058101	<b>0,931716</b>
<b>MAP</b>	0,066843	<b>-0,869588</b>
<b>MEP</b>	<b>0,980874</b>	0,009140
<b>MIP</b>	<b>0,863522</b>	-0,442899
<b>CP</b>	<b>-0,921144</b>	-0,350738
<b>PT</b>	0,578760	<b>-0,800798</b>
<b>CC</b>	<b>-0,945406</b>	-0,298884
<b>PMP</b>	<b>-0,921144</b>	-0,350738
<b>AD</b>	<b>-0,850281</b>	-0,046188
<b>CH</b>	<b>0,898067</b>	-0,020914
Autovalores	Variância total (%)	Acumulado (%)
6,170896	61,70896	61,7090
2,799736	27,99736	89,7063

Ds = Densidade do Solo; MAP = Macroporos; MEP = Mesoporos; MIP = Microporos; CP = Criptoporos; PT = Porosidade total; CC = Capacidade de campo; PMP = Ponto de murcha permanente; AD = Água disponível; CH = Condutividade Hidráulica saturada (Ksat).

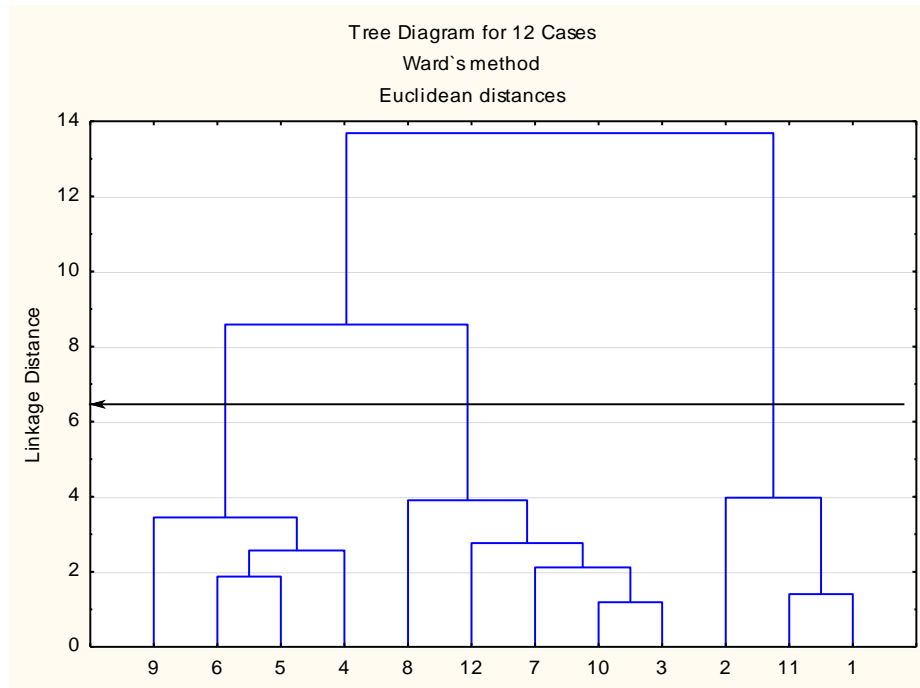
As variáveis que apresentaram valores de correlação inferiores a 0,7 em módulo foram excluídas. A primeira análise dessa profundidade foi satisfatória para determinar as variáveis que mais se agruparam nos pontos de amostragem, não sendo necessária uma segunda análise, como nos casos anteriores. O CP1 apresentou uma alta correlação com 7 variáveis, que em ordem de importância decrescente foi: Mesoporos (MEP), Capacidade de Campo (CC), Ponto de Murcha Permanente (PMP), Criptoporos (CP), Condutividade Hidráulica (CH), Microporos (MIP) e Água Disponível (AD). As variáveis CP, CC, PMP e AD apresentaram correlação negativa.

O CP1 representa os arranjos estruturais das partículas e da porosidade. A correlação revelada pela análise apresentou aumento dos mesoporos e microporos e a influência desses na condutividade hidráulica do solo. O CP2 apresentou correlação com as seguintes variáveis: densidade do solo (Ds), macroporos (MAP) e porosidade total (PT), sendo os dois últimos com correlação negativa.

O dendograma com o agrupamento dos pontos das coletas do solo desenvolvido através das variáveis selecionadas de cada componente principal está representado na Figura 20. Ele apresentou 3 grandes grupos. O grupo que compõe os pontos 1, 2 e 11 com 16 árvores caídas e as variáveis

com média de MEP de  $0,22 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ , MIP de  $0,32 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$  e CH de  $91,48 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$  (Tabela 7). Esse grupo de pontos localizou-se em Argissolos Amarelos de textura predominante arenosa.

Figura 20 – Dendograma dos agrupamentos dos atributos físicos do solo na camada 0-0,05 m de profundidade, em relação aos pontos de coleta do solo de amostras não deformadas no Parque Estadual Dois Irmãos (PEDI), utilizando a distância euclidiana média, como coeficiente de similaridade e o algoritmo de WARD, como método de agrupamento



O segundo grupo foi composto pelos pontos 3, 7, 8, 10 e 12 com 52 árvores caídas e com as variáveis apresentando valores variados e menores em relação às outras amostras. Esses pontos foram localizados em Latossolos Amarelos de textura variada, com predominância argilosa (Tabelas 4, 5 e 6). Esse grupo apresentou maior frequência de queda de árvores e valores médios de MEP de  $0,11 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ , MIP de  $0,20 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$  e CH de  $8,43 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$  (Tabela 7).

Essa baixa CH na superfície poderá estar proporcionando escoamento superficial e erosão, expondo as raízes, deixando as árvores mais vulneráveis à queda. Alguns pesquisadores que estudaram o PEDI (COUTINHO; LIMA FILHO; SOUZA NETO, 1998; CORRÊA, 2005), argumentaram que em função de suas particularidades geológicas, geomorfológicas e topográficas, o terreno do PEDI apresenta intenso potencial de erosividade. Essa potencialidade se assevera durante os períodos de forte pluviosidade, que evidenciam possíveis processos de movimentos de massa, erosão laminar e voçorocamentos.

O terceiro é o grupo composto pelos pontos 4, 5, 6 e 9 com 30 árvores caídas, cujas variáveis de MEP, MIP e CH apresentaram médias de 0,05, 0,25 e  $13,08 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ ,

respectivamente (Tabela 7). Assim, os pequenos tamanhos dos poros que caracterizou as variáveis são os mais discriminantes para o fenômeno de queda das árvores.

#### 4.6.1.2 Análise de componentes principais e de agrupamentos dos atributos físicos do solo em relação à queda de árvores, na camada 0,10-0,15 m

Na análise dos componentes principais foram extraídos dois componentes (CP1 e CP2) que somados explicaram 74,89% iniciais e 95,15% finais da variância acumulada (Tabelas 16 e 17). Ressalta-se que o critério utilizado para seleção das variáveis dentro das CPs foi a exclusão das variáveis que apresentaram valores de correlação inferiores a 0,7 em módulo. Assim, o CP1 inicial apresentou correlação com 5 variáveis: MEP, MIP, CP, CC e PMP (Tabela 16). O CP1 final explicou 69,43% da variância total, tornando-o o mais importante pelo peso atribuído. O CP2 final explicou apenas 25,72% da variância total (Tabela 17).

Tabela 16 – Atributos físicos, seus agrupamentos e correlações em componentes principais iniciais nas amostras de solo não deformadas na profundidade 0,10-0,15 m, autovalores, variância total e acumulada

Atributos	CP1	CP2
<b>Ds</b>	0,051569	<b>0,954863</b>
<b>MAP</b>	-0,082969	-0,128983
<b>MEP</b>	<b>0,955315</b>	-0,145201
<b>MIP</b>	<b>0,909665</b>	-0,215530
<b>CP</b>	<b>-0,945752</b>	-0,266953
<b>PT</b>	0,596236	<b>-0,714288</b>
<b>CC</b>	<b>-0,945338</b>	-0,317912
<b>PMP</b>	<b>-0,945752</b>	-0,266953
<b>AD</b>	-0,512923	-0,287859
<b>CH</b>	0,686009	-0,367945
Autovalores	Variância total (%)	Acumulado (%)
5,521415	55,21415	55,2141
1,967987	19,67987	74,8940

Ds = Densidade do Solo; MAP = Macroporos; MEP = Mesoporos; MIP = Microporos; CP = Criptoporos; PT = Porosidade total; CC = Capacidade de campo; PMP = Ponto de murcha permanente; AD = Água disponível; CH = Condutividade Hidráulica saturada (Ksat).

O CP1 inicial apresentou 5 variáveis que se correlacionaram nos pontos de amostragem na seguinte ordem decrescente de importância: MEP, PMP, CP, CC. As três

últimas variáveis apresentaram correlação negativa, sendo que MEP e MIP foram as mais discriminantes (Tabela 16). O mesmo aconteceu com o CP1 final, no qual foi verificado que a diminuição dos poros é a mais discriminante das características físicas (Tabela 17). O CP2 inicial apresentou correlação com densidade do solo (Ds) e porosidade total (PT), sendo que a PT apresentou correlação negativa, o mesmo acontecendo com o CP2 final (Tabelas 16 e 17).

Tabela 17 – Atributos físicos, seus agrupamentos e correlações em componentes principais finais nas amostras de solo não deformadas na profundidade 0,10-0,15 m, autovalores, variância total e acumulada

<b>Atributos</b>	<b>CP1</b>	<b>CP2</b>
<b>DS</b>	0,102971	<b>0,955891</b>
<b>MEP</b>	<b>0,939183</b>	-0,211065
<b>MIP</b>	<b>0,938189</b>	-0,221889
<b>CP</b>	<b>-0,960927</b>	-0,257597
<b>PT</b>	0,592215	<b>-0,762667</b>
<b>CC</b>	<b>-0,943425</b>	-0,280437
<b>PMP</b>	<b>-0,960927</b>	-0,257597
<b>Autovalores</b>	<b>Variância total (%)</b>	<b>Acumulado (%)</b>
<b>4,860395</b>	69,43421	69,4342
<b>1,800530</b>	25,72185	95,1561

Ds = Densidade do Solo; MEP = Mesoporos; MIP = Microporos; CP = Criptoporos; PT = Porosidade total; CC = Capacidade de campo; PMP = Ponto de murcha permanente.

A Figura 21 representa um dendograma com os pontos das coletas de solo formado por meio das variáveis discriminantes das características físicas. Foram formados 4 grupos. O primeiro foi composto pelos pontos 1, 4 e 12 com 25 árvores caídas e variáveis com média de MEP de  $0,07 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$  e MIP de  $0,24 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$  (Tabela 8) com textura predominantemente arenosa e valores menores do que as camadas mais superficiais.

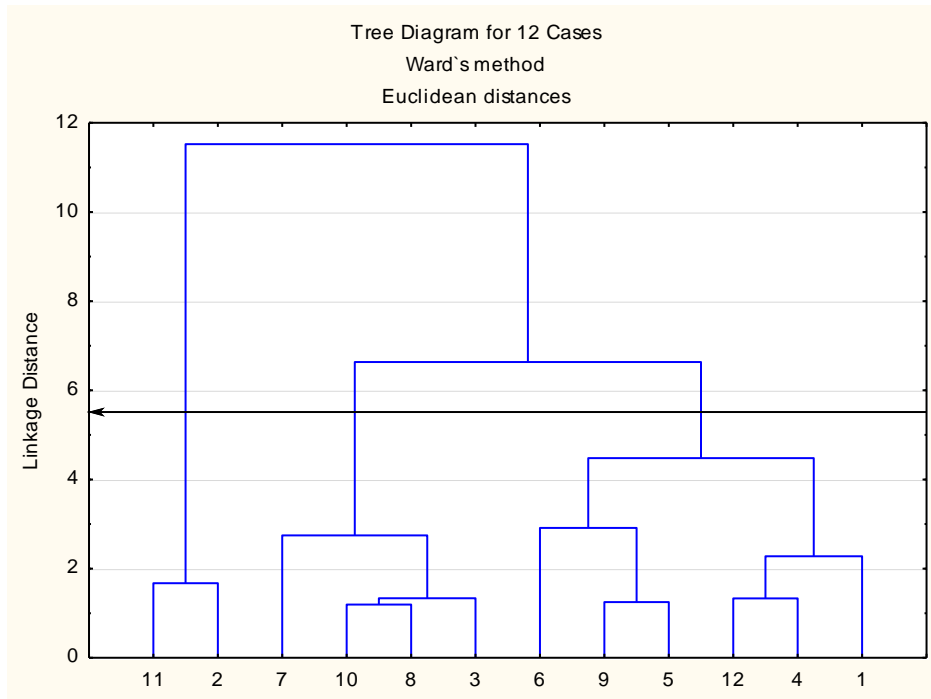
O segundo grupo foi composto pelos pontos 5, 6 e 9 com 21 árvores caídas e todos os pontos localizados em Latossolos Amarelos de textura argilosa e as variáveis mais discriminantes foram MEP e MIP com média de  $0,04$  e  $0,18 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ , respectivamente (Tabela 8).

O terceiro foi constituído pelos 3, 8, 10 e 7 com 41 árvores caídas e pontos localizados em Latossolos Amarelos de textura argilosa e variáveis discriminantes com médias de MEP de  $0,04 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$  e MIP de  $0,19 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$  (Tabela 8).

O quarto grupo foi composto pelos pontos 2 e 11, ambos localizados em Argissolos Amarelos de textura arenosa (Tabelas 4, 5 e 6) com MEP em média de  $0,20 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$  e MIP

com média de  $0,30 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ . Os MEP e MIP são os atributos físicos mais discriminantes para a queda de árvores do PEDI nesta camada.

Figura 21 – Dendograma dos agrupamentos dos atributos físicos do solo na camada 0,10-0,15 m de profundidade, em relação aos pontos de coleta do solo de amostras não deformadas no Parque Estadual Dois Irmãos (PEDI), utilizando a distância euclidiana média, como coeficiente de similaridade e o algoritmo de WARD, como método de agrupamento



Portanto, inferi-se que nas análises de amostras deformadas do solo, o  $\text{Al}^{3+}$ ,  $(\text{H}+\text{Al})$  e o teor de argila foram as variáveis mais discriminantes para a queda de árvores. Assim, destaca-se a alta acidez do solo do PEDI, como um alerta que precisa ser mais investigado. Essa acidez elevada e altos teores de  $\text{Al}^{3+}$  podem representar barreiras químicas ao desenvolvimento das raízes. Nas amostras não deformadas as variáveis mais discriminantes foram a porosidade e a condutividade Hidráulica, que podem interferir no movimento da água, conseqüentemente uma maior erodibilidade e vulnerabilidade de sustentação das árvores.



## 5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Os resultados encontrados permitiram extrair conclusões a cerca do fenômeno de queda de árvores, como também sua relação com as características físicas e químicas do solo do Parque Estadual Dois Irmãos (PEDI).

As espécies *Tapirira Guianensis* (Cupiúba) e *Saccoglottis Mattogrossensis* (Oiti-de-Morcego) apresentaram maior incidência de queda no PEDI e apresentaram distribuição descontínua em todo o percurso trilhado. A Cupiúba foi a espécie arbórea com maior incidência de queda. A ocorrência de queda do Oiti-de-Morcego se concentrou em Latossolos Amarelos.

Neste estudo a incidência de queda de árvores no PEDI foi influenciada por características químicas e físicas do solo. O  $Al^{3+}$  e o (H+Al) foram os atributos químicos do solo mais discriminantes, enquanto que a porosidade, a condutividade hidráulica e o teor de argila foram os atributos físicos que mais influenciaram para a queda das árvores.

Dessa forma, recomenda-se uma análise mais específica sobre essas espécies com maior incidência de queda no PEDI, considerando as condições fitossanitárias das mesmas, bem como outros elementos do solo da área.

Com a finalidade de ampliar as informações e criar um banco de dados para estudos futuros, sugere-se também o monitoramento das espécies mais vulneráveis a queda, além de analisar outros elementos físicos e químicos do solo do PEDI, como a abertura de perfis para compreender a dinâmica das raízes pivotantes.

## REFERÊNCIAS

- ALVAREZ, V. V. H. *et al.* Interpretação dos resultados das análises de solos. In: RIBEIRO, A.C., GUIMARÃES, P.T.G., ALVAREZ V., V. H. (Ed.) **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 5 aproximação. Viçosa, MG. 1999.
- ALVES, L. F. **Estrutura, dinâmica e alometria de quatro espécies arbóreas tropicais**. Tese (Doutorado em Biologia Vegetal). Universidade Estadual de Campinas, Campinas – SP, 2000.
- ANDRADE-LIMA, D. Tipos de florestas de Pernambuco. Associação dos Geógrafos Brasileiros. **Anais...**, v.12, p.69-85, 1960.
- ARAÚJO FILHO, J. C. *et al.* **Levantamento de reconhecimento de baixa e média intensidade dos solos do Estado de Pernambuco**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2000.
- ARAÚJO, J. K. S. **Caracterização de latossolos amarelos húmicos sob diferentes sistemas de manejo e avaliação da qualidade do solo no município de Brejão, agreste de Pernambuco**. Dissertação (Mestrado em Ciência do solo) – Departamento de Agronomia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife-PE, 2010.
- ARAÚJO, L. H. B. *et al.* Composição florística e estrutura vertical de um fragmento de Floresta Ombrófila Densa, Macaíba-RN. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer. Goiânia, v. 09, n.17, p.744-754, 2013.
- BADIRU, I. A. *et al.* Método para a classificação tipológica da floresta urbana visando o planejamento e a gestão das cidades. XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. **Anais...**, Goiânia, p. 1427–1433, 2005.
- BARBOSA, J. B. F. **Reprodução, dispersão primária e regeneração de *Manilkara subsericeae* (Mart.) Dubart, *Podocarpus sellowii* klotzch e *Tapirira guianensis* Aubl. Em floresta Ombrófila densa de Terras Baixas, Paranaguá – PR**. Tese (Dotourado em Ciências Florestais) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Curitiba-PR, 2002.
- BARROSO, G. M.; *et al.* **Frutos e sementes - morfología aplicada à sistemática de dicotiledóneas**. Editora UFV. Viçosa-MG, 1999.
- BARRY, R. G.; CHORLEY, R. J. **Atmosfera, tempo e clima**. Tradução: Ronaldo Cataldo Costa. 9. ed. Porto Alegre: Brookman, 2013.
- BAYER, C. **Características químicas do solo, nutrição e rendimento do milho afetados por métodos de preparo e sistemas de culturas**. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre–RS, 1992.
- BELLINGHAM, P. J., TANNER, E. V. J. The influence of topography on tree growth, mortality, and recruitment in a tropical montane forest. **Biotropica**, v.32, p. 378-384, 2000.

BENITES, V. M.; MADARI, B.; MACHADO, P. L. O. A. **Extração e fracionamento quantitativo de substâncias húmicas do solo**: um procedimento simplificado de baixo custo. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2003.

BERKELEY LAB. **Heat Island Group**. Disponível em: <<http://heatiland.lbl.gov/>>. Acesso em: 12 de jan. de 2013.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 8ª ed. São Paulo: Ícone, 2012.

BEUTLER A. N.; CENTURION, J. F. Efeito do conteúdo de água e da compactação do solo na produção de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.38, p.849-856, 2003.

BEUTLER, A. N. et al. Retenção de água em dois tipos de latossolos sob diferentes usos. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v. 26, n. 03, p. 829-834, 2002.

BEZERRA, M. G. C. L. **Transformações espaço - temporais da mata de Dois Irmãos a partir da avaliação dos processos de apropriação do espaço**. Dissertação (mestrado em geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal de Pernambuco, Recife – PE, 2006.

BRADY, N. WEIL, R. R. **The Nature and Properties of Soils**.14 ed. Prentice Hall, p. 980 2007.

BRAZOLIN, S. **Biodeterioração, anatomia do lenho e análise de risco de queda de árvores de tipuana, Tipuana tipu (Benth.) O. Kuntze, nos passeios públicos da cidade de São Paulo, SP**. Tese (Doutorado em Recursos Florestais). Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2009.

BRISON, D. FORMAN, L. **The herbarium handbook**. (Third Edition). Great Britain: Royal Botanic Gardens, Kew, 1998.

CALDAS, A. M. Solos, **antropização e morfometria da microbacia do Prata, Recife, PE**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Tecnologia Rural, Recife, 2007.

CAMARGO, O. A.; ALLEONI, L. R. F. **Compactação do solo e o desenvolvimento das plantas**. Piracicaba, São Paulo, 1997.

CAPECHE, C. L.; MACEDO, J. R.; MELO, A. S. **Estratégias de recuperação de áreas degradadas**. EMBRAPA. Rio de Janeiro, 2008.

CARDOSO, E.; SCHIAVINI, I. Relação entre distribuição de espécies arbóreas e topografia em um gradiente florestal na Estação Ecológica do Panga (Uberlândia, MG). **Revista Brasileira de Botânica**, v. 25, n. 3, p. 277–289, 2002.

CAVALCANTE, P. B. **Frutas comestíveis da Amazônia III**. Belém: Museu Paraense Emilio Goeldi, 1979. 62p. (Publicações avulsas, 33).

CAVALCANTI, F. J. A. (Coord.). **Recomendações de adubação para o Estado de Pernambuco**. 2ª aproximação. 3.ed. Recife, IPA, 2008.

CHAMIXAES, C. B. C. B. *et al.* **Detrminação do Estado Trópico de Açudes do Vale do Prata**. Relatório do Convênio UFPE/COMPESA. Recife, 1993.

CITADINI-ZANETTE, V. **Fitossociologia e aspectos dinâmicos de um remanescente da mata atlântica na microbacia do rio Novo, Orleans, SC**. Tese (Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais) – Programas de Pós- Graduação em Ecologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 1995.

COELHO, M. P. C. A.; FIGUEIREDO FILHO, C. C. **Árvores do Parque Dois Irmãos**. SECTEMA/Parque Dois Irmãos. Recife, 1998.

COMPANHIA PARANAENSE DE ENERGIA (COPEL). **Arborização para vias públicas**. Paraná, 2009.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). **Resolução CONAMA nº 20**. Ministério de Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente. Brasília, 1986. Disponível em: < <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=2727>>. Acesso em: 08 mar. 2014.

CORRÊA, A. C. B. A geografia física: uma pequena revisão dos seus enfoques. **Revista Científica da Faculdade Sete de Setembro**, v. 1, p. 170-180, 2005.

COSTA JÚNIOR, *et al.* Estrutura fitossociológica do componente arbóreo de um fragmento de Floresta Ombrófila Densa na Mata Sul de Pernambuco, Nordeste do Brasil. **Ciência Florestal**, v. 18, n. 2, p. 173-183, 2008.

COSTA, F. A. P. **Arredores de recife**. Recife: Fundação de Culturas do Recife, 1981.

COUTINHO, R. Q.; LIMA FILHO, M. F.; SOUZA NETO, J. B. Características climáticas, geológicas, geomorfológicas e geotécnicas da Reserva Ecológica de Dois Irmãos. In: MACHADO, I. C.; LOPES, A. V.; PÔRTO, K. C. (Orgs.). **Reserva Ecológica de Dois Irmãos: Estudos em um remanescente de Mata Atlântica em área urbana**. Recife: Editora Universitária da UFPE, 1998.

CURI, N.; *et al.* **Vocabulário de ciência do solo**. Campinas: SBCS, 1993.

DANIELS, R. B.; HAMMER, R. D. **Soil geomorphology**. Jonh Wiley e Sons, Inc. Nova York, 1992.

DE MARIA, I. C.; *et al.* Efeito da adição de diferentes fontes de cálcio no movimento de cátions em colunas de solo. **Sci. Agric.**, Piracicaba, v.50, n. 1, p. 87-98, 2009.

DEXTER, A. R. Soil physical quality. Part I. Theory, effects of soil texture, density, and organic matter, and effects on root growth. **Geoderma**, v. 120, n. 3/4, p. 201-214, 2004.

DISLICH, R.; PIVELLO, V. R. Tree structure and species composition changes in an urban tropical forest fragment (São Paulo, Brazil) during a five-year interval. **Boletim de Botânica da Universidade de São Paulo**, p.1-12, 2002.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISAS AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2. ed. rev. ampl. – Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2009.

\_\_\_\_\_. **Embrapa Milho e Sorgo**. Sistemas de Produção, 5ed., Rio de Janeiro, 2009b.

\_\_\_\_\_. EMBRAPA SOLOS – Unidade de Execução de Pesquisa e Desenvolvimento (UEP). GOVERNO DO ESTADO DE PERNAMBUCO. Secretaria de Produção Rural e Reforma Agrária. **ZAPE Digital**. Zoneamento Agroecológico do Estado de Pernambuco. Recife, 2001. CD-ROM. (Embrapa Solos. Documentos, 35).

\_\_\_\_\_. **Sistema Brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa solos, 1999.

ESPIG, S. A. *et al.* Sazonalidade, composição e aporte de nutrientes da serrapilheira em fragmento de Mata Atlântica. **Revista árvore**, v. 33, n. 5, p. 949-956, Viçosa-MG, 2009.

FALCÓN, A. **Espacios verdes para una ciudad sostenible**: planificación, proyecto, mantenimiento y gestión. Barcelona: Gustavo Gili, 2007.

FERNANDES, M. M.; VENTURIERI, G. C.; JARDIM, M.A.G. Biologia, visitantes florais e potencial melífero de Tapirira Guianensis (Anacardeaceae) na Amazônia Oriental. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 55, n.3, p. 167-175, 2012.

FERRÃO, J.E.M. **Fruticultura tropical**: espécies com frutos comestíveis. Lisboa: Instituto de Investigação Científica Tropical, v.3, 2001.

FERREIRA, D. F. **Estatística multivariada**. Lavras: editora UFLA, 2008.

FERREIRA, J. C. *et al.* **Fertilização e proteção das plantas para uma agricultura sustentável**. Manual de Agricultura biológica, 1 ed. Lisboa – Portugal: Editora Agrobio, 1998.

FERREIRA, L. S. Vegetação em áreas urbanas: benefícios e custos associados. **Revista LABVERDE**, n°6, p. 123-143, Junho de 2013.

FIALHO, J. S.; *et al.* Indicadores da qualidade do solo em áreas sob vegetação natural e cultivo de bananeiras na Chapada do Apodi – CE. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 37, p. 250-257, 2006.

FIELD, ANDY. **Descobrimo a estatística usando SPSS**. Tradução Lorí Viali. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

FUNDAÇÃO DE DESENVOLVIMENTO DA REGIÃO METROPOLITANA DO RECIFE (FIDEM). **Reservas ecológicas: região metropolitana do Recife**. Recife, 1987.

GALE, N.; BARFOD, A. S. Canopy tree mode of death in a western Ecuadorian rain forest. **Journal of Tropical Ecology**, v. 15, p. 415-436, 1999.

GETZIN, S.; WIEGAND, K. Asymmetric tree growth at the stand level: Random crown patterns and the response to slope. **Forest Ecology and Management**, v. 242, p.165-174, 2007.

GHANBARIAN, A.; MILLÁN, H. The relationship between surface fractal dimension and soil water content at permanent wilting point. In: **Goderma**, Ed. 151, p.224-232, 2009.

GIVONI, B. **Climate Considerations in Building and Urban Design**. New York: John Wiley & Sons, 1998.

GOMES, M. A. S.; SOARES, B. R. A vegetação nos centros urbanos: considerações sobre os espaços verdes em cidades médias brasileiras. **Estudos Geográficos**, Rio Claro, v.1, n.1, p. 19-29, Junho, 2003.

GONÇALVES, W. Florestas urbanas. **Revista Ação Ambiental**, v.9, n.1, p.17-19, 1999.

GUARIZ, H. R.; *et al.* Variação da umidade e da densidade do solo sob diferentes coberturas vegetais. **Anais ... Natal-RN**, INPE, p. 7709-7716, 2009.

GUEDES, M. L. S. A vegetação fanerogâmica da Reserva Ecológica de Dois Irmãos. In: MACHADO, I. C.; LOPES, A. V.; PÔRTO, K. C. (Orgs.). **Reserva Ecológica de Dois Irmãos: Estudos em um remanescente de Mata Atlântica em área urbana**. Recife: Editora Universitária da UFPE, 1998.

GUERRA, A. J. T.; BOTELHO, R. G. M. **Características e propriedades dos solos relevantes para os estudos pedológicos e análise dos processos erosivos**. Anuário do Instituto de Geociência. Rio de Janeiro: v.19, 1996.

HOLANDA SÁ NETO, A.; LIMA, R. B. Flora paraibana: família Humiriaceae Juss. *Revista Nordestina de Biologia*. João Pessoa, v. 17, p. 3-10, 2003.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Downloads Geociências**. Disponível em: <[http://downloads.ibge.gov.br/downloads\\_geociencias.htm](http://downloads.ibge.gov.br/downloads_geociencias.htm)>. Acesso em: 08 de out. de 2010.

\_\_\_\_\_. **Manual técnico da vegetação brasileira**. Rio de Janeiro, 2012.

JAMES, K. Dynamic loading of trees. **Journal of Arboriculture**, v.29, n.3, p.165-171, 2003.

JATOBÁ, L. As condições climáticas de Pernambuco. In: ANDRADE, M. C. (Coord.). **Geografia de Pernambuco: ambiente e sociedade**. João Pessoa, PB: Editora Grafset, 2009.

JORDAN, C.F. **Nutrient cycling processes and tropical forest management**. In: GÓMEZ-POMPA, A.; WHITMORE, T.C.; HADLEY, M. eds. Rain forest regeneration and management. UNESCO/The Parthenon Publ. p. 159-80, Group, 1991.

KAGEYAMA, P.; GANDARA, F. B. Regeneração de áreas ciliares. In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO-FILHO, H. F. (Eds.) **Matas ciliares: conservação e recuperação**. Editora: Universidade de São Paulo-USP, São Paulo, 2000.

KIEHL, E.J. **Manual de edafologia: relação solo planta**. São Paulo, Agronômica Ceres, 274 p.il., 1979.

LEPSCH, I. F. **Formação e conservação dos solos**. Uberlândia: Oficina dos Textos, 2002.

LEPSCH, I. F.; *et al.* **Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso**. Sociedade Brasileira de Ciência Solo. Campinas-SP, 1983.

- LIER, Q. J. V. **Física do solo**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Viçosa–MG, 2010.
- LIMA, M. G. C.; CORRÊA, A. C. B. Apropriação de uma unidade de Conservação de Mata Atlântica no espaço urbano de Recife – PE: O caso da Reserva de Dois Irmãos. **Revista de Geografia da UFPE**. Recife: v.22, n.1, p. 67-77, 2005.
- LIMA, V. C.; LIMA, J. M. J. C. **Introdução à pedologia**. Universidade Federal do Paraná, Departamento de Solos e Engenharia Agrícola. Curitiba, 1996.
- LOMBARDO, M. A. **Ilha de Calor nas Metrôpoles: O exemplo de São Paulo**. São Paulo: Hucitec, 1985.
- LORENZI, H. **Árvores brasileiras: Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil**. Nova Odessa: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 1998.
- MACHADO, A. M. M.; FAVARETTO, N. Atributos físicos do solo relacionados ao manejo e conservação dos solos. In: LIMA, M. R.; *et al.* **Diagnóstico e recomendações de manejo do solo: aspectos teóricos e metodológicos**. Curitiba: UFPR/ Setor de Ciências Agrárias, p. 234-254, 2006.
- MAGALHÃES, L. M. S.; CRISPIM, A. A. **Vale a pena plantar e manter árvores e florestas na cidade?** Ciência Hoje, n°193, p. 64-68, maio de 2003.
- MARANGON, L. C. *et al.* Regeneração natural em um fragmento de Floresta Estacional Semidecidual em Viçosa, Minas Gerais. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v.32, n.1, p.183-191, 2008.
- MARIN, A. M. P. **Impactos de um sistema agroflorestal com café na qualidade do solo**. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 2002.
- MELO, M. D. V. C.; FURTADO, M. F. G. **Florestas urbanas: estudo sobre as representações sociais da Mata Atlântica de Dois Irmãos, na cidade do Recife – PE**. Conselho Nacional da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica. São Paulo, 2006.
- MELO, R. R.; LIRA FILHO, J. A.; RODOLFO JÚNIOR, F. Diagnóstico qualitativo e quantitativo da arborização urbana no bairro Bivar Olinto, Patos, Paraíba. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**. Piracicaba – SP, v. 2, n. 1, 2007.
- MENEZES, J. L. M.; ARAÚJO, H. F.; CHAMIXAES, J. C. B. **Águas do Prata – História do saneamento de Pernambuco**. Recife: Editora Apipucos, 1991.
- MEUNIER, I. J. *et al.* **Poda das árvores urbanas de Recife**. Recife – PE, 1999.
- MILANO, M. S.; DALCIN, E. C. **Arborização de vias públicas**. Rio de Janeiro: Light, 2000.
- MINGOTI, S.A. **Análise de dados através de métodos de estatística multivariada: Uma abordagem aplicada**. Belo Horizonte: UFMG, p. 295, 2005.
- MIRANDA, C, A. C. O urbanismo higienista e a implantação da Campanha do Beberibe e da Drainage Company Limited na Cidade do Recife. **Revista Gestão Pública: Práticas e Desafios**. Recife: v.3, n. 5, p.144-169, 2012.

MITTERMEIER, R. A.; *et al.* **Hotspots revisited**: Earth's biologically richest and most endangered terrestrial ecoregions, Conservation International. 2. ed. University of Chicago Press, Boston, p.392, 2005.

MOREIRA, E. B. M.; GALVÍNCIO, J. D. Espacialização das temperaturas à superfície na cidade do Recife, utilizando imagens TM – LANNDSAT 7. **Revista de Geografia da UFPE**. Recife: v. 24, n. 3, p. 101-115, 2007.

MORI, S. A.; *et al.* Southern Bahian moist forests. **The Botanical Review**. New York: v.49, p. 155-204, 1983.

MORINAGA, C. M. **Recuperação de Áreas Contaminadas**. Um novo desafio para projetos paisagísticos. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo (FAUUSP). São Paulo. 2007.

MYERS, N., *et al.* Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, v. 403, p. 853-858, 2000.

NAGAMATSU, D.; HIRABUKI, Y.; MOCHIDA, Y. Influence of micro-landforms on forest structure, tree death and recruitment in a Japanese temperate mixed forest. **Ecological Research**, v. 18, p. 533-547, 2003.

NOVAIS, R. F.; MELLO, J. W. V. Relação solo-planta. In: NOVAIS, R. F.; *et al.* **Fertilidade do solo**. Viçosa – MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p.134-177, 2007.

NOVAIS, R.F.; SMYTH, T.J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Viçosa: UFV/DPS, P. 399, 1999.

OLIVEIRA, L. B.; *et al.* Morfologia e classificação de Luvissolos e Planossolos desenvolvidos de rochas metamórficas no Semiárido do Nordeste brasileiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v.33, p.1333-1345, 2009.

OLIVEIRA, L. B.; QUEIROZ, E. N. Curvas características de retenção de umidade de solos do nordeste do Brasil. *Pesquisa Agropecuária Brasileira, Série Agronomia*, Rio de Janeiro, v.10, p.69-75, 1975.

OLIVEIRA, S.; LOPES, A. Metodologia de avaliação do risco de queda de árvores devido a ventos fortes. O caso de Lisboa. In: VI Congresso De Geografia Portuguesa. **Anais...** Lisboa, 2007.

PAULA, R. R.; PEREIRA, M. G.; MACHADO, D. L.; Atributos químicos e matéria orgânica em complexos florestais periodicamente inundados na restinga da Marambaia – RJ. **Revista Florestal**, UFSM, v. 23, n. 4, p. 529-538, 2013.

PEREIRA, P. H.; *et al.* Estudo de caso do risco de queda de árvores urbanas em via pública na cidade de Dois Vizinhos-PR. **Synergismus Scyentifica UTFPR**. Pato Branco, 2011.

PERNAMBUCO. **Lei nº 9989, de 13 de janeiro de 1987**. Define as reservas ecológicas da região metropolitana do Recife. Diário Oficial do Estado de Pernambuco. Recife, 1987.

\_\_\_\_\_. **Lei nº 11.622, de 29 de dezembro de 1998**. Parque Estadual de Dois Irmãos. Diário Oficial do Estado de Pernambuco. Recife, 1998.



\_\_\_\_\_. **Diagnóstico das Reservas Ecológicas: Região Metropolitana do Recife**. Secretaria de Ciência Tecnologia e Meio Ambiente de Pernambuco. Recife, 2001.

\_\_\_\_\_. **Secretaria de Meio Ambiente e Sustentabilidade Parque Estadual de Dois Irmãos**. Governo de Pernambuco. Recife, 2012.

PFALTZGRAFF, P. A. S. (Coord.). **Sistema de informações geoambientais da Região Metropolitana do Recife**. Recife: CPRM, 2003.

PIRANI, Jose Rubens. Flora da serra do cipó, Minas Gerais: *Anacardiaceae*. **Boletim de Botânica, Universidade de São Paulo**, v.9, p.199-209, 1987.

PRADO, H. **Manejo dos solos: aspectos pedológicos e suas implicações**. São Paulo: Nobel, 1991.

PRADO, R. M.; NATALE, W.; FURLANI, C. E. A. **Manejo mecanizado de atividades para implantação de culturas**. Jaboticabal: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2002. (Série Engenharia Agrícola).

PRIMAVESI, A. **Manejo Ecológico do solo: a agricultura em regiões tropicais**. São Paulo: Nobel, 2002.

RABELLO, L. M. **Condutividade elétrica do solo, tópicos e equipamentos**. Embrapa Instrumentação Agropecuária, São Carlos–SP, 2009.

RAIJ, B. V. **Avaliação da fertilidade do solo**. Piracicaba: Instituto da Potassa & Fosfato, p.142, 1981.

RANTA, P.; *et al.* The fragmented atlantic forest of Brazil: size, shape and distribution of forest fragments. **Biodiversity Conservation**. v.7, p. 385-403, 1998.

RAYNER, A.D.M.; BODDY, L. (Ed.). **Fungal decomposition of wood: its biology and ecology**. Chichester: John Willey, 1988.

REICHERT, J. M.; REINERT, D.J.; BRAIDA, J.A. Qualidade dos solos e sustentabilidade de sistemas agrícolas. **Revista Ciência & Ambiente**, edição 27, Santa Maria, p.29-48, 2003.

REINERT, D. J. **Recuperação de solos em sistemas agropastoris: recuperação de áreas degradadas**. Universidade Federal de Viçosa, Departamento de solos, Sociedade Brasileira de Recuperação de Áreas Degradadas. Viçosa–MG, 1998.

REINERT, D. J.; REICHERT, J. M. **Propriedades físicas do solo**. Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria–RS, 2006.

RESENDE, M.; *et al.* **Pedologia Base para distinção de ambientes**. 4. ed. Viçosa–MG: NEPUT, 2002.

RIBAS, J. R.; VIEIRA, P. R. C.; **Análise multivariada como uso do SPSS**. Rio de Janeiro: Editora: Ciência Moderna, 2011.

ROBERT, A. Simulation of the effect of topography and tree falls on stand dynamics and stand structure of tropical forests. **Ecological Modelling**, v. 167, p.287-30, 2003.

- RODRIGUES, L. A. *et al.* Efeitos de solos e topografia sobre a distribuição de espécies arbóreas em um fragmento de floresta estacional semidecidual, em Luminárias, MG. **Árvore**, v. 31, n. 1, p. 25-35, 2007.
- SAMPAIO, A. C. F; *et al.* Avaliação de árvores de risco na arborização de vias públicas de Nova Olímpia, Paraná, **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, Piracicaba: v.5, n.2, p.82-104, 2010.
- SANQUETTA, C. R. **Manual para instalação e medição de parcelas permanentes nos biomas Mata Atlântica e Pampa**. Curitiba: RedMAP, 2008.
- SANTOS, E. **Caracterização dendrológica e estética de 18 espécies arbóreas com potencial de uso em paisagismo e arborização urbana**. 1993. 146 f. Tese (Pós-Graduação em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1993.
- SANTOS, H. G. *et al.* **Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos**. 3 ed. ver. ampl. Brasília – DF: Embrapa, 2013.
- SANTOS, J. C. B. **Caracterização de neossolos regolíticos da região semi-árida do estado de Pernambuco**. Dissertação (Mestrado em Agronomia-Ciência do Solo) – Departamento de Agronomia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife-PE, 2011.
- SANTOS, M. A. **Recuperação de solo salino-sódico por fotorremediação com *atriplex nummularia* ou aplicação de gesso**. Dissertação (Mestrado em Ciências do Solo) – Departamento de Agronomia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife-PE, 2012.
- SCARANO, F. R. Structure, function and floristic relationships of plant communities in stressful habitats marginal to the Brazilian Atlantic Rainforest. **Ann. Bot.**, v. 90, p. 517-524, 2002.
- SILVESTRE, A. N.; CARVALHO, P. V. V. B. C. Bacia do Prata: aspectos qualitativos da água. In: MACHADO, I. C.; LOPES, A. V.; PÔRTO, K. C. (Orgs.). **Reserva Ecológica de Dois Irmãos: Estudos em um remanescente de Mata Atlântica em área urbana**. Recife: Editora Universitária da UFPE, 1998.
- SIQUEIRA, D. R.; *et al.* Physiognomy, Structure, and Floristics in an Area of Atlantic Forest in Northeast Brazil. In: Gottsberger, G.; Liede, S. (org.). **Life Forms and Dynamics in Tropical Forests**. **Diss. Bot. Berlin**, Stuttgart, v.346, p.11-27, 2001.
- SOPPER, W. E. **Effects of timber harvesting and related management practices on water quality in forested watersheds**. *Journal of Environmental Quality*, Madison, v.4, n.1, p.24-9, 1975.
- SOUSA, J. B. **Caracterização e gênese de solos em ambientes de cordilheira e campo de inundação periódica da sub-região do Pantanal de Peconé, Mato Grosso**. Tese (Doutorado em solo e nutrição de plantas), Pós-Graduação em solo e Nutrição de plantas. Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 2003.
- SOUZA, L. S.; COGO, N. P.; VIEIRA, S. R. Variabilidade de propriedades físicas e químicas do solo em um pomar cítrico. **Revista Brasileira de ciência do solo**, v.21, p.367-372, 1997.

SOUZA, V. C.; LORENZI, H. **Botânica sistemática**: guia ilustrado para identificação das famílias de Angiospermas da flora brasileira, baseado em APG II. Nova Odessa, SP: Instituto Platarum, 2005.

SPANGENBERG, J. **Nature in Megacities**. Tese (Doutorado) – Bauhaus Universität. Weimar. 2009.

TABARELLI, M. Dois Irmãos: O desafio da conservação Biológica em um fragmento de Floresta Tropical. In: MACHADO, I. C.; LOPES, A. V.; PÔRTO, K. C. (Orgs.). **Reserva Ecológica de Dois Irmãos**: Estudos em um remanescente de Mata Atlântica em área urbana. Recife: Editora Universitária da UFPE, 1998.

TEXAS A&M UNIVERSITY. **Gardens Have The Potential To Improve Health**. Research Shows. ScienceDaily, 24 novembro 2003. Disponível em: <<http://www.sciencedaily.com/releases/2003/11/031124071045.htm>>. Acesso em: 12 de dez. de 2013.

TOMÉ JÚNIOR, J. B. **Manual para interpretação de análise de solo**. Guaíba: Agropecuária, 1997.

ULRICH, R. S. et al. Stress recovery during exposure to natural and urban environments. **Journal of Environmental Psychology**, v. 11, p. 201-230, 1991.

VAN GENUCHTEN, M. T. A. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. **Soil Science Society America Journal**, v. 44, n. 05, p. 892-898, 1980.

VELOSO, H. P.; RANGEL FILHO, A. L. R.; LIMA, J. C. A. **Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal**. Rio de Janeiro: IBGE (Departamento de Recursos Naturais e estudos ambientais), 1991.

VIEIRA, I.C.G.; GAVÃO, N.; ROSA, N.A. Caracterização morfológica de frutos e germinação de sementes de espécies arbóreas nativas da Amazônia. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi**, série botânica, v.12, n.2, 1996.

WEBER, A.; REZENDE, S. M. Reserva Ecológica e Parque de Dois Irmãos: Histórico e Situação Atual. In: MACHADO, I. C.; LOPES, A. V.; PÔRTO, K. C. (Orgs.). **Reserva Ecológica de Dois Irmãos**: Estudos em um remanescente de Mata Atlântica em área urbana. Recife: Editora Universitária da UFPE, 1998.

WEIRICH NETO, P. H. *et al.* Um estudo da variabilidade espacial do conceito de areia do solo, utilizando diferentes métodos de interpolação. **Ciência Agrária e Engenharias**, v.12, n.1, p. 41-49, 2006.

WHITE, R. E. **Princípios práticos da ciência do solo**: O solo como um recurso natural. 4. ed. Organização Andrei Editora LTDA, São Paulo, 2009.

WIGGERS, I.; STANGE, C. E. B. **Manual de instruções para coleta, identificação e herborização de material botânico**. Programa de Desenvolvimento Educacional – SEED – PR, UNICENTRO. Laranjeiras do Sul – PR, 2008.