

Universidade de São Paulo
Faculdade de Filosofia Letras e Ciências Humanas
Departamento de Geografia

Nathalia Manso Kozlowski Pitombeira

Mapeamento Preliminar de Solos do Parque CienTec

São Paulo
2020

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

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

PP685m Pitombeira, Nathalia Manso Kozlowski
Mapeamento Preliminar de Solos do Parque CienTec
/ Nathalia Manso Kozlowski Pitombeira ; orientadora
Déborah de Oliveira. - São Paulo, 2020.
67 f.

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

1. Mapeamento de solo. 2. Relação solo paisagem.
3. Mapeamento preliminar. I. de Oliveira, Déborah,
orient. II. Título.

AGRADECIMENTOS

Durante os anos que frequentei a Universidade de São Paulo como estudante muitas pessoas chegaram a minha vida. Muitas ficaram por pouco tempo e outras continuaram por perto até o momento final. Gostaria de agradecer a todas, tanto as pessoas que estavam só de passagem, quanto aquelas que vieram e decidiram estender a sua participação na história da minha vida. A essas últimas pessoas eu realmente tenho muito a agradecer. Agradecer todos os momentos em que essas pessoas especiais, que escolheram me ter como alguém especial, estiveram presentes. E quando digo presente, não me refiro só a presença física, mas também a aquela sensação de que mesmo longe tem alguém que sempre torce por você.

Gostaria de agradecer aqueles que estiveram do meu lado desde o começo, meus familiares, em especial, a minha irmã e ao meu marido. Ter a Sarah ao meu lado torna meus os desafios mais leves. Agradeço ao Zorandir, meu parceiro de vida, por todo -apoio, carinho e companheirismo. A sua presença nos momentos difíceis me trouxe alegria, paz, conforto e às vezes um pouco de chá.

Agradeço aos amigos, em especial aos que conheci durante o período que fui estagiária no Parque CienTec. Muitos ali me mostraram o poder que o sorriso tem frente às mais diversas dificuldades. A convivência com todos que conheci nesse parque me ensinaram que juntos não somos só mais fortes, como também muito mais felizes. Cecília sabe escolher integrantes para sua equipe, pois esta é sempre composta por pessoas incríveis e é isso que torna o CienTec um lugar mágico.

Ainda falando em amigos, gostaria de destacar alguns que foram meus colegas de curso e que entraram pra minha vida nos momentos finais, mas que foram muito especiais e sempre que puderam me ajudaram muito. Gabs, Vivi, Copercine, Camila e Bia. Contar com o apoio e carinho de vocês trouxe além de muitas conversas, reflexões, sorrisos e incentivo, uma certa fé de que as coisas dariam certo.

Agradeço à minha orientadora, a professora Deborah, por estar presente desde a minha entrada no Projeto Solo na Escola. Projeto que também tenho a agradecer por ter me acolhido e que sempre foi muito inspirador.

Mapeamento Preliminar de Solos do Parque CienTec

Resumo

É conhecido que o relevo possui a propriedade de condicionar características aos solos, portanto certos atributos topográficos podem explicar a ocorrência de determinado solo em uma área. Sendo assim, ao analisar os dados pedológicos encontrados em estudos anteriores e os co-relacionando com algumas características do relevo, é possível extrapolar essas informações e obter um mapa pedológico preliminar da área de estudo. Para as análises da topografia, foram utilizados dados gerados a partir de modelos digitais de elevação (MDE). Com essas análises foi possível inferir quais os locais mais propícios para se encontrar algumas das três classes de solos com ocorrências já conhecidas.

Pesquisas similares vêm comprovando que esse método, além de reduzir custos, é eficaz e rápido. Esses estudos continuam embasados na compreensão de que os solos são formados pela atuação conjunta de seus fatores de formação, e que a morfologia do terreno exerce grande influência nas características do solo que os recobrem.

Palavras chaves:

Mapeamento de solo, relação solo paisagem, mapeamento preliminar.

Abstract

It is known that the relief has the property of conditioning characteristics to soils, so some topographic attributes may explain the occurrence of certain soil in an area. Thus, by analyzing the pedological data found in previous studies and co-relating them with some relief features, it is possible to extrapolate these informations and obtain a preliminary pedological map of the study area. For the topography analysis, data generated from digital elevation models (DEM) were used. With these analyzes it was possible to infer which are the most favorable places to find some of the three classes of soils with known occurrences, which made it possible to make a preliminary soil map of the area.

Similar researches have proven that this method, besides reducing costs, is effective and fast. These studies continue to be based on the understanding that soils are formed by the joint action of their formation factors, and that the morphology of the terrain has a great influence on the soil characteristics that cover them.

Key words:

Soil mapping, soil-landscape relationship, preliminary mapping.

1	Introdução	1
1.1	Objetivos	2
1.2	Objetivos específicos	2
1.3	Justificativa	3
1.4	Materiais e Métodos	3
2.	Revisão Bibliográfica	4
2.1	Fatores de formação do solo	6
2.1.1	Material de Origem	6
2.1.2	Clima	8
2.1.3	Relevo	10
2.1.4	Organismos	11
2.1.5	Tempo	13
2.1.6	Relação Solo Paisagem	14
3.	Solos e Interações com a paisagem.	16
3.1	Processos Pedogenéticos	16
3.2	Classificação de Solos	18
3.4	A Vertente	19
3.5	Estudos Sobre a Relação Solo Paisagem	23
4	Caracterização da Área de Estudo	28
4.1	Clima	30
4.2	Vegetação	31
4.3	Geologia	34
4.4	Geomorfologia	35
5	Resultados	40
6	Conclusões	61
7	Referências	63

1 Introdução

A variabilidade é uma característica dos solos norteadas por padrões que regem a distribuição espacial dessa diversidade. A explicação para a escolha de padrões adotados nos estudos sobre a variedade de solos nas diferentes paisagens é a escala de análise, pois escalas diferentes podem possuir diferentes fatores como determinantes. Na escala global e regional, os padrões de solos geralmente se relacionam com os padrões globais de clima. Em escala regional, a geologia pode ser o que explica a variedade. Para uma escala local, outros fatores, como a topografia e o tipo de relevo podem ser determinantes (Gerrard, 2000). Os processos que levam à formação da cobertura pedológica são os mesmos que levam ao desenvolvimento do modelado e formas do terreno. É a partir dessa premissa que estudos sobre as relações entre os solos e as formas da paisagem têm sido por longo tempo a base do mapeamento detalhado de solos. Para a realização desses estudos, por muito tempo, utilizou-se a análise estereoscópica de fotografias aéreas para o delineamento manual das unidades de solo-paisagem. Atualmente a análise digital do terreno vem sendo utilizada, pois trouxe algumas vantagens em relação ao método tradicional para a separação dessas unidades; com uma maior precisão e padronização dos resultados além de ter se mostrado uma alternativa rápida e econômica que pode ser aplicada para a quantificação e classificação do relevo (Ippoliti et al, 2003).

Existem estudos produzidos na área do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga que realizaram coletas e análises do material pedológico encontrado e por isso possuem dados sobre a pedologia do local. Porém, estes estudos são pontuais, e sempre buscaram embasar pesquisas que não possuíam por objetivo direto compreender a formação destes solos e sua espacialização. Aqui os estudos consultados foram os de Struffaldi-De-Vuono (1985), Forti (2000), Moraes (2002) e Patucci (2015).

Struffaldi-De-Vuono (1985) em seu estudo sobre a Fitossociologia do estrato arbóreo no Jardim Botânico, comparou duas áreas, às quais chamou de área A e área B. Para caracterizá-las, realizou coleta de amostras em 10 pontos diferentes em cada uma das áreas, tendo de cada ponto obtido amostras em três profundidades: 0 – 20 cm, 40 –

60 cm e 80 -100 cm.

O objetivo do trabalho de Forti (2000) é caracterizar as transferências entre atmosfera, solo e água de espécies químicas presentes nas soluções aquosas (nitrato, sulfato, amônio, cátions básicos e metais pesados), através de análises químicas para verificar essas espécies na água de chuva, na transprecipitação, na solução do solo e no curso d'água, para relacioná-los com a situação da vegetação local e com efeitos de poluição atmosférica. Para atingir esse resultado, a autora realiza uma topossequência de duas áreas de estudos, uma delas é uma sub bacia encontrada dentro do Parque Cientec.

Moraes (2002) foca seu estudo na produção de serapilheira em uma parte da floresta administrada pelo Instituto de Botânica, levantando valores sobre essa produção.

A pesquisa de Patucci (2015) avaliou a qualidade e biodiversidade dos solos do Parque CienTec e do Parque do Jaraguá, utilizando exemplares da pedofauna e outros atributos edáficos.

Possuindo as informações contidas nesses estudos e tendo como premissa as condições ambientais ocasionadas pelo clima, conhecendo a distribuição da vegetação e do material de origem e supondo que esse sistema está se formando já a algum tempo, conclui-se que a variação dos solos encontrados está condicionada à sua posição na topografia. O esperado é que aplicando métodos de análise digital do terreno e analisando os dados já existentes sobre os solos do parque, seja possível ter um vislumbre de como e porquê os solos encontrados ocorrem e se espacializam.

1.1 Objetivos

Mapear os Solos do Parque CienTec produzindo mapa pedológico preliminar.

1.2 Objetivos específicos

Este estudo procura fornecer uma contribuição de caráter geral sobre os solos do Parque CienTec, reunindo conhecimentos sobre a área, obtidos em trabalhos já publicados. Constitui-se assim, uma revisão bibliográfica das características morfológicas, físico-químicas e mineralógicas dos solos presentes no Parque CienTec.

1.3 Justificativa

O Parque de Ciência e Tecnologia da Universidade de São Paulo (Parque CienTec) é uma unidade da USP que possui uma história de ensino e pesquisa antes mesmo de se assentar enquanto unidade da universidade voltada para extensão, produção e divulgação. O parque possui como herança, a história de algumas instituições como a Comissão Geográfica e Geológica, Serviço Meteorológico, Diretoria do Serviço Meteorológico e Astronômico do Estado de São Paulo e o Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas. Seus limites se situam dentro do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI), sendo assim uma das instituições que compõem o PEFI.

O PEFI é um parque estadual criado em 1969, e abriga algumas instituições dentro de seus limites. Além do Parque CienTec; o Jardim Botânico, O Zoológico de São Paulo, e o Centro de Exposições Imigrantes, também fazem parte deste complexo. O CienTec possui cerca de 120 hectares de mata Atlântica em diferentes estágios de conservação. Desde 2012 a Reitoria da USP passou a considerar a área como “Reserva Ecológica da USP” visando proteger o parque como uma Área de Preservação Permanente (APP) e interesse ambiental, destinada apenas a conservação, restauração, pesquisa, extensão e ensino (Mantovani & Massambani, 2004).

O Parque CienTec, assim como o PEFI como um todo, já vem sendo estudado em alguns trabalhos científicos. A maior parte dessas pesquisas são voltadas para a investigação da flora e seus estados de conservação. Dessa forma, o resultado do presente estudo, um mapa preliminar, pois para um mapeamento de solos propriamente dito, seria necessário coletar e analisar materiais em campo, para poder relacionar e apurar os dados e os estudos realizados remotamente, tem como uma de suas intenções, auxiliar futuros estudos pedológicos que venham a ser realizados na área, assim como qualquer outro estudo ligado às características físicas do local.

1.4 Materiais e Métodos

Para a execução deste trabalho, inicialmente foi realizada uma pesquisa

bibliográfica com o objetivo de obter embasamento teórico, informações a respeito da área e seleção de dados para a confecção do material cartográfico.

Deste material, pode-se destacar as curvas de níveis obtidas da Representação das Curvas de níveis principais do Município de São Paulo com escala entre 1:1.000 e 1:5.000 e Intervalos de 5 m, de responsabilidade da Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica (FCHT) e Secretaria de Desenvolvimento Urbano (SMUL). Através do software qgis 3.0, foi possível gerar o modelo de elevação digital a partir das curvas de níveis. Com o MDE pronto produziu-se os mapas de declividade e o hipsométrico, e analisou-se alguns aspectos da topografia. O fatiamento do relevo na carta de declividade para representar as classes do relevo se deu em conformidade com a proposta da Ross (1994), que divide em 5 categorias, de forma a representar: declividade muito fraca (0-6%), declividade fraca (6-12%), declividade média (12-20%), declividade forte (20-30%) e declividade muito forte (> 30%).

Para cumprir o seu objetivo, esse trabalho utiliza os dados sobre os solos extraídos de trabalhos já concluídos, como a trincheira elaborada por Forti(2000), as análises realizadas por Struffaldi-De-Vuono(1985) e por Patucci(2015) e assim busca extrapolar as informações para as outras áreas do parque que possuem características morfométricas e morfológicas semelhantes, sendo que para tanto, o mapa de declividade e o hipsométrico são essenciais.

2. Revisão Bibliográfica

Solo é o corpo ou estrutura que sustenta o crescimento de muitas plantas e animais, e fazem parte da biosfera. A complexidade de sua composição e das forças físicas, químicas e biológicas que continuamente agem sobre ele, dificulta com que se estabeleça uma definição rigorosa sobre o que são solos. Os solos podem ter significados diferente para públicos diferentes. Para quem está mais preocupado com a geologia, o solo pode significar um pouco mais que um material não consolidado derivado do intemperismo das rochas, enquanto para quem busca compreender a hidrologia, os solos são um reservatório de armazenamento de água que interagem com a captação e o balanço hídrico (White, 2006).

Aqui, a definição de solo a ser adotada é que são uma coleção de corpos naturais tridimensionais, resultante da ação integrada do clima e organismos sobre um material de origem, condicionado pelo relevo em diferentes períodos de tempo e que apresenta características que expressam os processos e mecanismos dominantes em sua formação (Palmieri & Larach, 2014). É um material inconsolidado que sustenta o crescimento das plantas terrestres, sendo constituído de matéria mineral, matéria orgânica, água e ar. Eles possuem uma organização tridimensional definida, sendo que na direção vertical são divididos em horizontes que possuem espessura diversa, e lateralmente mudam de acordo com as variações dos principais fatores de formação (Wild, 1993). Podem ser considerados sistemas abertos, que resulta da interação de muitos processos que acontecem dentro e fora de seu corpo; como por exemplo, receber material e energia em seu limite, assim, sempre respondendo às variações ambientais (Gerrard, 2000).

A origem do material que compõem os solos é a ação combinada de alguns fatores que interagem entre si e que desencadeiam os processos pedogenéticos. Sendo assim, para entender como se dá a distribuição dos solos, é necessário a compreensão dos processos que são responsáveis não só pela sua formação, mas também pela formação de elementos da própria paisagem. Pode-se dizer que os solos e a paisagem em que se encontram são intimamente ligados e ao estabelecer a relação solo-paisagem de um local, é possível fazer predições sobre as características dos solos ali presentes (Kämpf & Curi, 2012).

Dokuchaev, 1883 e Jenny, 1941 estabeleceram o paradigma dos fatores de formação do solo, também conhecido como modelo fatorial-funcional, que fornece uma estrutura conceitual para o entendimento da formação do solo. Para esses autores, os solos são o resultado da ação combinada dos fatores de formação sendo estes; clima, organismos, relevo e tempo, compondo assim a famosa equação $S=f(c, o, r, m, t)$. A combinação desses fatores de formação são os responsáveis pelos processos pedogenéticos, bem como a intensidade da ocorrência desses processos (Kämpf & Curi, 2012).

2.1 Fatores de formação do solo

Os fatores de formação do solo e a interação entre eles são responsáveis por condicionar a ação de vários processos, que ao atuar ao longo do tempo, produzem mudanças nas propriedades do solo (Kämpf & Curi, 2012). Essas mudanças acabam por conferir além de sua formação, sua contínua evolução; pois os processos de formação não se findam, mas continuam a se desenvolver continuamente, sempre em busca de um equilíbrio com o ambiente.

Sendo assim, para uma melhor compreensão dos dados cartográficos e o melhor entendimento de como se dá a influência da topografia na área de estudo, é indispensável uma revisão sobre a contribuição do relevo na formação dos solos, bem como de todas as outras variáveis na equação $\text{Solo} = f(c, o, r, m, t)$.

2.1.1 Material de Origem

O material de origem fornece muitas características para o solo, influencia tanto em sua velocidade de formação quanto em até que ponto o solo pode se desenvolver, pois as características herdadas do material de origem norteiam alguns processos importantes, como a retenção de umidade, retenção de cátions, erodibilidade, permeabilidade, retenção de fosfatos, lixiviação de nitratos, coesão e adesão (Oliveira, 2005).

Para compreender o material de origem como um dos fatores de formação do solo é preciso algumas considerações sobre o processo de intemperismo das rochas, pois para que haja solo, é necessário que as rochas sejam alteradas e se desagreguem (Oliveira, 2005).

O intemperismo é um conjunto de processos físicos, químicos e biológicos que promove a quebra física e a alteração química das rochas que estão na superfície terrestre ou próxima dela (Fontes, 2012). O que desencadeia seu processo, é a necessidade dos materiais de se adequarem às condições ambientais para atingir o equilíbrio físico-químico, e isso está intimamente ligado com a influência da atmosfera, da hidrosfera, da biosfera e da litosfera. Não há uma única parte em toda superfície do

globo terrestre em que esses processos não ocorram.

O material geológico é a base da ação do intemperismo, sendo frequentemente citado como um fator de resistência à formação dos solos, pois exerce papel passivo em relação à ação do clima e dos organismos (Lepsch, 2012). Em alguns casos, até mesmo acontece de organismos começarem a se desenvolver sobre uma fina camada de rocha intemperizada, exposta aos efeitos da atmosfera (Lepsch, 2011), porém apesar dos solos serem comumente referenciados como o resultado da decomposição direta e contínua das rochas da crosta terrestre, existe uma quantidade expressiva de casos em que o solo não se desenvolve propriamente da rocha, mas a partir de seus materiais intemperizados, removidos, transportados e depositados pela erosão (Lepsch, 2012).

Portanto, é preciso considerar que existe uma variedade grande de materiais de origem. Segundo Lepsch (2011, p.469) esses materiais são divididos nas seguintes categorias:

- a) Materiais derivados diretamente de rochas que se formaram pela consolidação de material vulcânico (magma), pelo metamorfismo deste ou de rochas sedimentares. Tais rochas podem ser claras (ou ácidas, ricas, em quartzo, como granito e gnaisses) ou escuras (ou básicas, pobres em sílica, como basaltos);
- b) Materiais derivados de rochas sedimentares consolidadas, como arenitos, ardósias, siltitos, argilitos e rochas calcárias. Formam-se pela deposição e solidificação de sedimentos, como os materiais fragmentados de rochas ígneas ou metamórficas;
- c) Sedimentos inconsolidados mais recentes, de idade quaternária, tais como os aluviões recentes, os eólicos (dunas de areias, depois de estabilizadas), cinzas vulcânicas, sedimentos glaciais (incluindo o loess, tipo de solo formado a partir de sedimentos acumulados pela ação do vento), colúvios e depósitos orgânicos (ou turfeiras). Formam-se pela deposição de sedimentos em épocas relativamente recentes;
- d) Sedimentos inconsolidados mais antigos (quaternário e terciário) pseudo autóctones (pedissedimentos).

O material de origem, independente de qual seja, possui primordial importância para várias características do solo, dentre quais se destacam a textura, a cor e a composição química e mineralógica (Oliveira, 2005).

A textura de um solo, é influenciada pelo material de origem por este ser uns dos responsáveis por características como facilidade química de intemperismo e também física, responsáveis por alterar e diminuir os minerais originais. Rochas compostas por

minerais grandes (fenocristais) se intemperizam mais rápido do que aquelas compostas por uma granulometria fina (Oliveira, 2005), pois uma granulometria mais grossa resulta em uma ação maior do intemperismo físico, por causa da dilatação e contração desses minerais maiores com o tempo irem abrindo espaço para a penetração da água, calor e de gases, e portanto acabam abrindo passagem para a atuação do intemperismo químico (Fontes, 2012). Outra influência importante ligada ao intemperismo é a composição química original do material de origem e que pode contribuir na textura é a formação dos minerais de argila. A natureza dos argilominerais que se formam no solo se relacionam com as condições de pedogênese que o material foi submetido e também com a sua composição. Por exemplo, para formação de esmectitas é necessário um ambiente rico em Ca^{2+} e Mg^{2+} para sua formação e serão mais facilmente encontradas em solos cujo o material de origem apresentavam esses íons em sua estrutura (Oliveira, 2005).

Outro fator citado, a cor dos solos, se relacionada com o material de origem, por ser uma expressão de características químicas que podem ter sido diretamente herdada do material de origem, ou ainda ser uma característica de minerais secundários derivados da mineralogia original. Oliveira 2005, destaca algumas condições que dependem da mineralogia do material original para se expressarem, e traz o exemplo da influência dos óxidos de ferro, como a hematita, que é responsável por conferir aos solos cores vermelhas a avermelhadas, enquanto a presença de goethita resulta em cores brunadas e amareladas. Outros exemplos citados pelo autor é a coloração preta que se expressa pela presença de óxido de manganês e a coloração esbranquiçada que existente quando o carbonato está presente.

O material de origem portanto, exerce influência em várias características dos solos, sendo essas características dependentes uma das outras. A composição mineralógica de um solo pode explicar a cor e a textura que ele apresenta, por influenciar quais pigmentos estão presentes e qual o tamanho das partículas. A textura, por sua vez pode influenciar o quanto de um pigmento será necessário para expressar a cor.

2.1.2 Clima

O clima é um fator colocado muito em evidência por sua contribuição ativa e

diferencial na pedogênese. A contribuição das variáveis do clima é tamanha que este pode ser considerado o mais importante agente na manifestação das propriedades do solo (Palmieri & Larach, 2016). Seus principais elementos, temperatura e umidade, controlam a intensidade do intemperismo das rochas, o crescimento da biota e consequentemente influencia o tipo dos horizontes pedogenéticos (Lepsch, 2010).

Pode-se dizer que o clima junto com os organismos são os “fatores ativos”, pois em determinado tempo e em certas condições de relevo, agem diretamente sobre o material de origem que é o fator “passivo” (Lepsch, 2007). O clima influencia diretamente e indiretamente a formação do solo. Como atuação direta, destaca-se por determinar a umidade e a temperatura do ambiente. A ligação que existe entre o clima e os processos de erosão, transporte e deposição são suas mais notáveis contribuições indiretas.

Lepsch (2007), destaca que materiais derivados de uma mesma rocha podem originar solos completamente diferentes se submetidos a climas desiguais enquanto que materiais de origem diversos podem dar origem a solos similares se submetidos às mesmas condições climáticas por um longo período de tempo. Isso se deve ao controle que os principais elementos do clima; a temperatura e a umidade acabam por exercer sobre a atuação do intemperismo químico, no crescimento dos organismos, na quantidade e frequência que as águas pluviais vão atuar nos eventos de escoamentos e percolação e assim contribuir para a distinção entre os horizontes pedogenéticos. Oliveira (2005) destaca a importância da temperatura ao ressaltar sua influência na velocidade em que as reações químicas envolvidas nesses processos atuam. A Lei de Van't Hoff estabelece que a cada 10 °C de aumento de temperatura a velocidade das reações químicas é dobrada. Isso explica o porquê os solos das regiões tropicais quentes e úmidas figuram entre os mais intemperizados do mundo. O autor também salienta que temperatura influencia diretamente vários atributos do solo. Uma das contribuições já encontradas sobre temperatura nos solos, foi que em temperaturas inferiores ou iguais a 15 °C a goethita é o único óxido de ferro encontrado. As temperaturas mais amenas influenciam a concentração de carbono e também na espessura do horizonte A.

2.1.3 Relevo

O relevo exerce um importante papel no desenvolvimento dos solos, pois os aspectos do relevo local tem marcante influência nas condições hídricas e térmicas, pois proporcionam uma distribuição desigual da água da chuva, da luz, do calor e da erosão. Essas diferenças de condições se refletem, por exemplo, no microclima, na vegetação e em características e propriedades dos solos.

A distribuição desigual da água chuva acontece porque mesmo que a precipitação aconteça de forma homogênea em uma determinada área, parte dessa água escoará para as partes mais baixas e côncavas do terreno, que acumularão mais água que as partes mais altas (Lepsch, 2011). Essa influência do relevo na movimentação da água, se dá tanto na superfície, quanto no interior do solo e atua sobre a percolação interna e os processos relacionados, como a lixiviação de solutos, transporte de partículas coloidais em suspensão no meio líquido e também age sobre os fenômenos em que a presença da água é indispensável como hidrólise, hidratação e dissolução (Oliveira, 2005). Desta forma, a acumulação de água nas partes mais baixas, ou seja, nas áreas mal drenadas do terreno, proporcionam aos solos que ali se desenvolvam um encharcamento mais contínuo de seus poros, o que promove uma diferença no intemperismo químico entre essas áreas encharcadas e aquelas que a acumulação não está presente (Lepsch, 2011). Em locais onde a drenagem não é eficiente se estabelecem processos como a solubilização dos óxidos de ferro e acumulação de matéria orgânica, ao passo que em áreas bem drenadas a oxidação é mais presente e a matéria orgânica consegue se decompor mais rápido.

Os resultados são ambientes diferentes que geram condições diferenciadas para o desenvolvimento da pedogênese. Pode-se verificar que as características dos solos, variam de acordo com a sua posição na paisagem. Segundo Palmieri & Larach (2016) essas características são: dinâmica de escoamento pluvial superficial, subsuperficial, lateral e vertical espessura do solo e diferenciação de horizontes, horizontes superficiais e teor de matéria orgânica e cor e temperatura do solo.

Até agora levou-se em conta situações em que as características da vertente

permitem o desenvolvimento do perfil do solo porém, há áreas onde desenvolvimento do perfil acaba por ser desfavorecido. Áreas onde a declividade é muito acentuada, como em relevos montanhoso, serras e bordas de planaltos, muitas vezes o terreno é muito íngreme, e acaba por se constituir como um ambiente que favorece uma atuação tão intensa da erosão que a velocidade com que os sedimentos são removidos supera a velocidade de sua formação. Essa erosão faz parte de um processo natural de evolução do relevo e são a origem dos processos de acumulação e remoção dos materiais das formas superficiais. Essa dinâmica é subordinada às características do relevo, sendo que aqueles mais suaves seriam aptos ao acúmulos de espessos mantos de alteração e solos, enquanto os mais acidentados estariam sujeitos a descarnamentos erosivos e solos rasos (Espindola, 2010).

2.1.4 Organismos

Diversos são os organismos que interagem com os solos a ponto de poder exercer importante influência para a diferenciação dos perfis e dos horizontes. Esses organismos compreendem a microflora, microfauna, macroflora, macrofauna e também os seres humanos (Lepsch, 2011).

A microfauna e microflora compreende as algas, bactérias e fungos, e são responsáveis por iniciar o processo de decomposição de material vegetal e animal, contribuindo assim para a formação do húmus nos horizontes mais superficiais. Os ácidos orgânicos que resultam dessa atividade de decomposição também contribuem para a formação de agregados que compõem a estrutura do solo (Lepsch, 2011).

A macrofauna e macroflora também contribuem ativamente, direta e indiretamente no processo de formação dos solos. Como ação direta da macroflora, pode-se destacar vários processos fisiológicos como a absorção de água e a transpiração e também a adição na superfície de folhas, galhos, sementes e raízes (Oliveira, 2005). Considerando uma floresta, habitada por diversos seres vivos, desde os microorganismos, até os animais e plantas de grande porte, pode-se traçar como esses organismos realizam processos e ações para sua sobrevivência que acabam por influenciar os solos que os sustentam. Um desses processos é o revolvimento de minerais exercido pelas raízes das

árvores que ao penetrar até profundidades consideráveis para retirar elementos nutritivos necessários à sua vida, retiram esses componentes dos horizontes mais profundos e, quando suas folhas ou mesmo as próprias árvores morrem e caem no solo, os microorganismos as decompõem e restituem à superfície do terreno esses elementos anteriormente retirados e os concentram nos horizontes mais superficiais (Lepsch, 2011). Assim, acontece o ciclo de nutrientes entre solo e planta, e a ocorrência desse ciclo é muito pronunciada em matas (Oliveira, 2005).

Outro fator importante que a macroflora é sua ação protetora. A cobertura vegetal influencia na susceptibilidade à erosão de um solo, pois uma cobertura vegetal mais escassa proporciona uma maior atuação da erosão. Para elucidar a ação protetora da cobertura vegetal sobre o solo, destaca-se aqui três situações: a dissipação da energia cinética das gotas de chuva, a atenuação da remoção de partículas finas pelo escoamento superficial e o abrandamento da incidência de radiação solar.

As gotas de chuva chegam até a superfície carregadas de certa energia cinética e transmitem essa energia para as partes aéreas das plantas. Sem essa dissipação de energia pela vegetação, as gotas de chuva chegam ao solo com a maior energia possível em relação ao tamanho da gota, ou seja, da intensidade da precipitação. Essa condição pode agravar a erosão pluvial, que é quando ocorre a destruição dos agregados do solo pelo impacto das gotas da chuva (Tricart, 1977).

A atenuação dos efeitos do escoamento superficial é principalmente importante nas encostas das colinas e morros, sendo essa ação ainda mais ampliada se o local se encontrar sob condições climáticas que proporcione a ocorrência de eventos de chuvas torrenciais (Lepsch, 2011). Esses eventos de chuvas promovem um intenso escoamento superficial que remove as partículas mais finas do solo, deixando na superfície as mais grosseiras.

O abrandamento da incidência da radiação solar é responsável por diminuir a evaporação superficial. Outra consequência dessa influência na incidência de radiação solar, se expressa na relação entre cobertura vegetal e temperatura do solo, sendo que onde o dossel consegue barrar mais a incidência dos raios solares a tendência é o solo

aquecer menos.

A macrofauna que se abriga no solo também fornece contribuições importantes para o desenvolvimento de características dos solos. Dentre essas atividades, temos por exemplo a trituração de restos vegetais, escavação de galerias e a mistura de materiais dos diversos horizontes. Alguns desses animais possuem o poder de promover grandes movimentações de material, como as formigas, os cupins, e os vermes. Além de contribuírem com uma transferência de materiais entre os horizontes, a decomposição de seus dejetos e corpos também contribuem para a formação de húmus e dos agregados da mesma forma que a matéria vegetal. (Lepsch, 2011).

2.1.5 Tempo

Todos os processos pedogenéticos que ocorrem em um certo material geológico em decorrência da atuação dos outros fatores de formação do solo, precisam de uma certa quantidade de tempo para que seus efeitos possam resultar de fato no desenvolvimento de um solo. Independente do processo que expôs o material, no qual este fenômeno ocorre, o início, ou “tempo zero”, do novo ciclo de formação do solo é o momento em que os últimos sedimentos se depositam ou quando a rocha foi exposta pela erosão (Lepsch, 2011). Todos os eventos e portanto as modificações causadas por estes, continuam por um certo período de tempo, até que o equilíbrio seja alcançado. Quando essa condição é alcançada, geralmente os solos se tornam espessos e seus horizontes tendem a ser bem definidos, refletindo as condições ambientais que contribuíram para sua formação (Lepsch, 2011).

As condições de equilíbrio mudam constantemente ao longo do tempo. Isso fica evidente diante do fato que raramente as superfícies formadas pelos solos iniciaram sua formação antes do Cenozóico (Kämpf & Curi, 2012). Dada essa inconstância do meio, em uma escala geológica, temos o fato de que os solos dificilmente permanecem em equilíbrio com o meio em que se encontram por mais do que alguns poucos milhões de anos. Pode-se dizer, que a maior parte dos solos são geologicamente recentes, possuindo seus “tempo zero” no Quaternário. Sendo assim, na escala de tempo geológica, a formação dos solos atuais é um evento relativamente recente na superfície

terrestre. Porém na escala de tempo humana, os solos são renovados muito lentamente. Soma-se também o fato de que durante a pedogênese, alguns eventos estão susceptíveis de ocorrerem, como mudanças climáticas, erosão e deposição de solos e de material geológico, o que confere a muitos solos várias origens.

2.1.6 Relação Solo Paisagem

Vários pesquisadores buscaram relacionar como acontece a dinâmica entre os processos pedogenéticos e as formas do terreno, e como esta relação influencia a espacialização dos solos em uma paisagem. Como aqui se pressupõe que distribuição das diferentes classes de solo pelo parque está condicionada pelas relações entre o solo, o setor da vertente em que ele se encontra e as características morfométricas e morfológicas da vertente, a relação solo-paisagem também precisa ser abordada.

Huggett (1975), salienta que a concepção de Hans Jenny em 1941 e a de Roy Simonson em 1959 é precursora dos estudos de relação solo paisagem. De fato, os estudos desses autores permitem compreender agentes e situações que ao mesmo tempo que fazem parte da paisagem também são responsáveis por moldá-la. Ao ter esse entendimento do que provoca as transformações e a forma como elas ocorrem, é possível vislumbrar como elas atuam sobre os solos. Para a compreensão dessa dinâmica, entende-se aqui que os processos que levam a formação dos solos e o desenvolvimento do modelado são tão intrínsecos que pode-se dizer que não existem processos exclusivamente pedogenéticos ou morfogenéticos (Colangelo, 1995). Porém, embora sejam solidários e indissociáveis, abrigam uma dualidade pois, o primeiro favorece o espessamento enquanto o outro privilegia a mudança e criação de formas (Espindola, 2013).

Segundo Coltrinari (1982), o modelado é o conjunto de formas que se desenvolvem devida à atuação direta ou indireta do clima sobre o relevo e variam com o tipo e intensidade dos processos que as originaram. A influência do clima é tamanha que a cada grande zona climática, corresponde a um modelado característico.

Percebe-se aqui que o clima além de figurar entre os um dos já discutidos, fatores de formação do solo, atua de forma decisiva no modelado do terreno. Isso se deve ao

fato que ele é responsável pela temperatura do ambiente e também pela disponibilidade de água e sua intensidade de entrada. É essa entrada de água, via pluviosidade, que além de permitir o intemperismo químico das rochas, é responsável pelo escoamento superficial e subsuperficial, processos que a ocorrência e a intensidade confere algumas características aos solos, mas que também se relaciona ao transporte de materiais, que é intimamente ligado à modelagem das formas do terreno.

Sobre esses fenômenos que atuam sobre a modelagem do relevo, é importante ressaltar a importância de sua atuação em uma escala de tempo. Apesar dos eventos extremos deixarem grandes marcas em uma paisagem, os maiores responsáveis pelas características de um relevo, são os eventos que possuem uma magnitude menor, mas que acontecem com frequência.

Assim como acontece com os solos, os diferentes tipos de relevos também possui um “tempo zero”, que seria quando este começou a ser modelado. É considerado para este marco, o momento em que ocorre a primeira exposição ao intemperismo subaéreo (Daniels et al, 1971) pois, existe a contribuição do material que embasa e sustenta a forma, ou seja, sua litologia. Ela possui uma influência marcante sobre a morfologia do terreno, pois rochas diferentes frequentemente não possuem a mesma resistência ao intemperismo e isso proporciona algumas litologias a conservarem por mais tempo algumas características, como por exemplo, uma altitude mais elevada.

Portanto, os fatores de formação do solo, também atuam no desenvolvimento do modelado, instaurando assim uma dinâmica entre a formação do próprio relevo e os solos que os recobrem. Essa interação entre a topografia e a pedologia pode ser abordada em várias escalas. Para análises em escala dos níveis taxonômicos mais elevados, uma importante contribuição foi a de Tricart (1977). Segundo o autor, a paisagem pode ser classificada pela sua estabilidade morfodinâmica, e o autor denominou assim os meios estável, os meios integrade (que seriam os meios de transição ou intermediário) e os meios fortemente instáveis.

Os meios estáveis são caracterizados por se encontrarem em áreas de dissecação moderada, sem a presença de manifestações vulcânicas suscetíveis de desencadear eventos morfodinâmicos catastróficos, cobertas por vegetação suficientemente fechada e capaz de retardar os processos mecânicos da morfogênese,

drenagem sem incisões violentas e vertentes de lenta evolução. Por possuírem essas características, o desenvolvimento pedogenético acontece mais livremente, levando ao desenvolvimento de solos. Os meios intergrades asseguram uma transição gradual entre um meio estável e um instável, e sua principal característica é a atuação tanto da morfogênese quanto da pedogênese. Nos meio fortemente instáveis a morfogênese é o elemento da dinâmica natural que se sobressai e subordina todos os outros (Tricart, 1977).

3. Solos e Interações com a paisagem.

Nos próximo capítulo será discutido as interação do solo com a paisagem. Para tanto, é importante ressaltar alguns tópicos, como os processos pedogenéticos, a classificação de solos, o que leva sua diferenciação em uma vertente e alguns estudos já realizados sobre esse tema.

3.1 Processos Pedogenéticos

Os fatores de formação do solo ao atuarem criam condições para que os processos pedogenéticos se estabeleçam. Os processos são diversos e foram agrupados e classificados por Simonson (1959), sendo que os processos gerais são: adição, remoção, transformação e translocação. Nem sempre um único grupo consegue explicar a complexidade do processo, sendo que muitos processos são compostos e pertencem a mais de um grupo, como se pode observar na tabela 1, os processos específicos e qual grupo(s) pertencem.

A magnitude dos efeitos dos processos pedogenéticos é governada pela interação dos fatores de formação dos solos. Esses processos atuam de forma complexa na paisagem, sendo difícil resumir sua atuação em um único modelo. Eles acontecem simultaneamente, interagindo entre si e são os principais causadores da diferenciação entre os horizontes. Nessa interação estão presentes tanto processos verticais como a bioturbação e a iluviação, quanto processos laterais como o escoamento superficial e subsuperficial (White, 2006). Estes dois últimos merecem um destaque por serem muito recorrentes em meio tropical úmido.

Processos pedogenéticos específicos	Processos múltiplos	Descrição resumida do processo	Exemplo de ocorrência
Ferralitização	Remoção, transformação e translocação	Remoção de sílica e concentração de óxidos de Fe e Al.	Latossolos, Nitossolos, caráter ácrico
Silicificação	Transformação e translocação	Migração e acúmulo de sílica cimentando estruturas ou a matriz do solo	Latossolos e Argissolos Amarelos coesos
Plintitização e laterização	Transformação e translocação	Redução e translocação de Fe e oxidação e precipitação originando mosqueados, plintita ou petroplintita	Plintossolos
Lessivagem ou argiluviação	Translocação	Migração vertical de argila no solo	Argissolos, Luvisolos, horizontes E, lamelas
Podzolização	Transformação e translocação	Migração de complexos de Fe, Al e matéria orgânica no solo com acúmulo em horizonte iluvial, com ou sem sílica	Espodossolos, Ortstein
Gleização	Remoção, transformação e translocação	Redução de Fe em condições anaeróbias e translocação formando horizontes acinzentados com ou sem mosqueados	Gleissolos, Planossolos
Calcificação ou carbonatação	Translocação	Acumulação de CaCO_3 com nódulos ou horizonte endurecido	Luvisolos, Chernossolos Rêndzicos
Ferrólise	Remoção, transformação e translocação	Destruição de argila com formação de horizonte B textural	Planossolos, Argissolos
Salinização	Translocação	Acumulação de sais por evaporação no horizonte superficial ou na superfície do solo	Gleissolos Sálcos
Sulfurização ou tiomorfismo	Transformação e translocação	Acidificação do solo causada pela oxidação de compostos de enxofre	Gleissolos Tiomórficos

Tabela 1: Adaptado de Kämpf & Curi (2012).

O escoamento superficial ocorre a nível das vertentes nas mais diversas profundidades e acompanham as discontinuidades litológicas e/ou pedológicas (Baccaro, 1999). É o processo mais notável de distribuição da água e acontece quando esta não é mais capaz de infiltrar no solo por causa da saturação de seus poros. Apesar do escoamento superficial ser o mais visível, em regiões úmidas o movimento lateral subsuperficial é mais importante (Kämpfe & Curi, 2012). Isso se deve ao fato de grande parte da água que precipita na paisagem a deixa dessa forma. Esse movimento hídrico interno é o resultado do encontro da água infiltrada com uma camada menos permeável pois, uma vez este acúmulo estabelecido sobre esta camada, a água é obrigada a escoar sobre essa seguindo a direção da declividade do terreno.

Toda essa interação de fatores, explicam a presença ou ausência de alguma característica no solo e também a intensidade com que alguma característica se manifesta. A manifestação de características diferentes, em intensidades diferentes levou a necessidade de classificar os solos.

3.2 Classificação de Solos

Dentre as características que um solo possui é possível destacar algumas que possibilitem identificar similaridade com outros e assim fazer uma distinção. Segundo Oliveira(1992), essas características são denominadas de atributos e abrangem não só as inerentes, como por exemplo, a constituição mineralógica das argilas e a textura, mas como também as propriedades manifestadas que não fazem parte da sua essência, mas dizem respeito a estímulos exercidos (comportamento ou reação evidenciada). Dentre essas especificidades, pode-se destacar a cor, a consistência no estado molhado e a capacidade de troca de cátions. No Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos (SiBCS), os atributos são separados em dois tipos: diagnósticos e complementares.

Os atributos diagnósticos são aqueles mais pertinentes para se fazer a diferenciação, em razão do que são escolhidos como critério para a distinção de solos e estabelecimento de grupamentos (Oliveira, 1992). Os atributos complementares são as demais características que podem ser identificadas no campo ou inferidas de outras propriedades determinadas por análises de laboratórios.

A necessidade da classificação de solos no Brasil se iniciou na década de 1950 e foi motivada pela necessidade por estudos sistemáticos de solos. Constituídos por uma série de levantamentos pedológicos a níveis estaduais e regionais, eles possuíam por objetivo a realização de um inventário de solos do território nacional. Os resultados foram publicados em 1981, sob o título de Mapa de Solos do Brasil com escala de 1:5.000.000 (Palmieri & Larach, 2014). Durante o processo de elaboração desse material, foram estabelecidos critérios e atributos de solos constituintes das unidades de mapeamento que serviram de base para a evolução do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS).

Os levantamentos e mapeamentos pedológicos possuem como objetivo principal subdividir áreas heterogêneas em partes mais homogêneas (IBGE, 2007), sendo assim, este tipo de trabalho é por natureza indutor de classificação de solos. O elo entre a classificação e o levantamento se estabelece quando alguns solos são considerados semelhantes por causa de suas propriedades e por isso são reunidos em classes (IBGE,

2007). As classes combinadas com informações e relações com o meio ambiente são fundamentais para composição de unidades de mapeamento. Assim, a unidade de mapeamento é o agrupamento de área de solos, estabelecida para possibilitar sua representação em bases cartográficas e mostrar a distribuição espacial, extensão e limites.

Para mapear os solos, é necessário tanto trabalhos de interpretação em campo, quanto de etapas de escritório e de laboratório. Dentre os trabalhos de escritório está a seleção de dados para posterior confecção e interpretação de uma base cartográfica, que são mapas ou cartas que contenham informações sobre hidrografia, planimetria e altimetria (IBGE, 2007)

3.4 A Vertente

Para a compreensão de como acontece a dinâmica entre solo e relevo bem como a sua importância para o mapeamento e levantamento pedológico, assume-se aqui que a unidade mais básica do relevo é a vertente, sendo assim, necessário defini-la.

Christofolletti (1980), salienta a necessidade de caracterizar o que são vertentes e destaca que, em um sentido amplo, estas seriam qualquer superfície inclinada, não horizontal, sem qualquer conotação genética ou locacional, abrangem todos os elementos componentes da superfície terrestre e são formadas por uma ampla variedade de condições endógenas e exógenas. Para uma explanação mais precisa, o autor evoca a apresentada por Jan Dylik em 1968, que segundo ele, trouxe uma definição mais precisa de vertente ao descrevê-la como uma forma tridimensional que foi modelada pelos processos de denudação entre o interflúvio e o fundo de vale. Ainda segundo o mesmo autor, a caracterização das vertentes fornece informações básicas necessárias à representação de determinada área e pode ser descrita através de seus componentes. Muitos autores abordam este estudo de compartimentação das vertentes, sendo um destes Ruhe (1960), para quem a vertente possui cinco elementos: 1-interflúvio, 2-ombro, 3-encosta, 4-sopé e 5-sopé colúvio-aluvial, como retratado na figura 1.

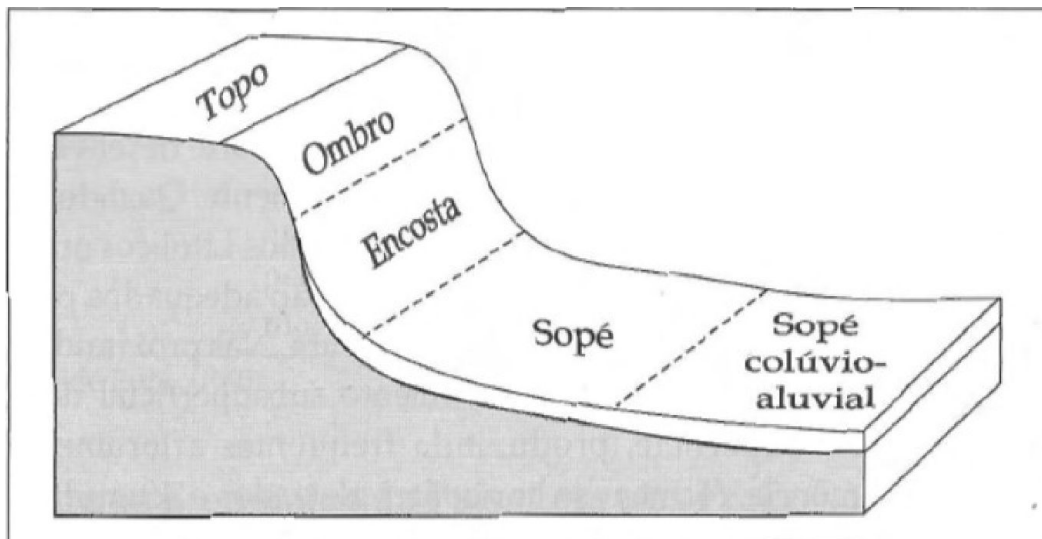


Figura1: Esquema de vertente concebido por Ruhe(1960). Fonte: Kämpfe & Curi (2012)

O interflúvio é a porção mais elevada, convexa e relativamente plana o que faz o setor ser o mais estável. O ombro e a encosta são dois segmentos erosionais, sendo o ombro uma transição do interflúvio para a encosta que é o segmento que detém o declive mais acentuado. O sopé e o sopé colúvio-aluvial são porções mais inferiores, sendo o sopé um segmento que apresenta concavidade e abrigar tanto processos erosionais quanto deposicionais, enquanto o sopé colúvio-aluvial é um segmento deposicional situado entre o sopé e o canal de drenagem. Esses cinco elementos, nem sempre estão todos presentes em uma paisagem, podendo ocorrer ausências e repetições de elementos em uma paisagem ou setores da paisagem (Kämpfe & Curi, 2012).

Outra forma consentânea de estudar vertentes é analisar seus parâmetros morfométricos. Segundo Hart (1986) qualquer medida significativa do tamanho ou formato da forma de relevo é chamado de parâmetro morfométrico, portanto altitude, comprimento, largura e ângulo são todos parâmetros e entre esses elementos há relações quantitativas e estatísticas importantes.

Ruhe (1975), define que os parâmetros responsáveis por determinar a vertente no espaço seriam declividade, curvatura horizontal e curvatura vertical. A declividade é caracterizada pelo ângulo de inclinação da vertente com o plano horizontal, a curvatura vertical é medida ao longo da direção da declividade e a curvatura horizontal é medida de forma perpendicular a curvatura horizontal.

Ao analisar esses três componentes morfométricos da vertente é possível

classificá-la pela forma que possui. Essa forma, ao condicionarem se as águas convergirão ou dispersarão, exerce grande relevância na pedogênese (Oliveira, 2005), pois assim também se relacionam com a movimentação interna ao longo da vertente e portanto, influencia processos como a erosão e modelagem do terreno e na formação da variabilidade espacial dos solos. Segundo Kämpfe & Curi (2012). Os processos superficiais e subsuperficiais, que ocorrem nas diferentes formas de vertente, podem ser visualizadas como linhas de fluxo de material, como na figura 2:

Essas linhas de fluxo são lineares onde o material é uniforme e as linhas de contorno são paralelas, sendo que, onde há curvatura no contorno, as linhas de fluxo convergem ou divergem: vertentes com contornos côncavos condicionam linhas de fluxo convergentes, enquanto contornos convexos condicionam linhas de fluxo divergentes (Kämpfe & Curi, 2012).

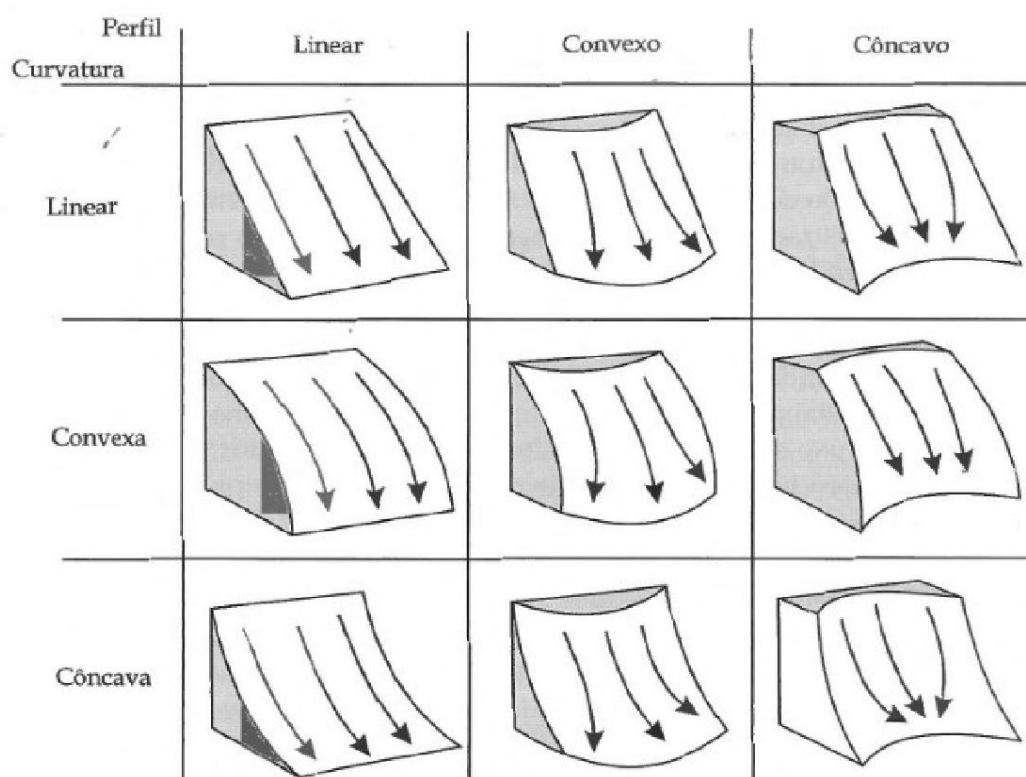


Figura 2: Linhas de Fluxo em uma vertente. Fonte: Oliveira(2005)

Quando ocorre a precipitação, a água pode seguir três vias principais na superfície terrestre: escoamento superficial, escoamento subsuperficial e infiltração com percolação profunda. O movimento e distribuição das águas pluviais é condicionado por essas linhas de fluxo e é assim se atrelam ao poder erosivo dos diferentes tipos de

escoamento e influenciam a modelagem do terreno, pois os escoamentos são responsáveis pelo transporte de materiais.

Os processos que atuam em uma vertente denunciam a existência de uma complexidade enorme em seu funcionamento e segundo Christofolletti (1980), dentre as contribuições que se propuseram desvendá-la, duas merecem ser destacadas: o conceito de balanço morfogenético e o conceito da dinâmica das vertentes como sistema aberto. O autor destaca que para o conceito de balanço morfogenético a meteorização e a pedogênese correspondem a processos verticais da vertente, sendo que a combinação de suas ações proporcionam o espessamento do solo. Os demais (movimentação das partículas do solo, escoamento, ação eólica, entre outros), seriam os paralelos, Estes são responsáveis pela retirada de sedimentos da vertente, que possui como consequência tanto a redução da espessura do solo, quanto o rebaixamento do modelado. Para o conceito da dinâmica das vertentes como sistema aberto, o autor enfatiza que as vertentes precisam ser consideradas como se estendendo do interflúvio ao canal fluvial e possuindo como limite superior a superfície topográfica e como inferior a rocha inalterada. Essa superfície funcionaria como um sistema que recebe e perde tanto energia quanto matéria, como por exemplifica a figura 3.

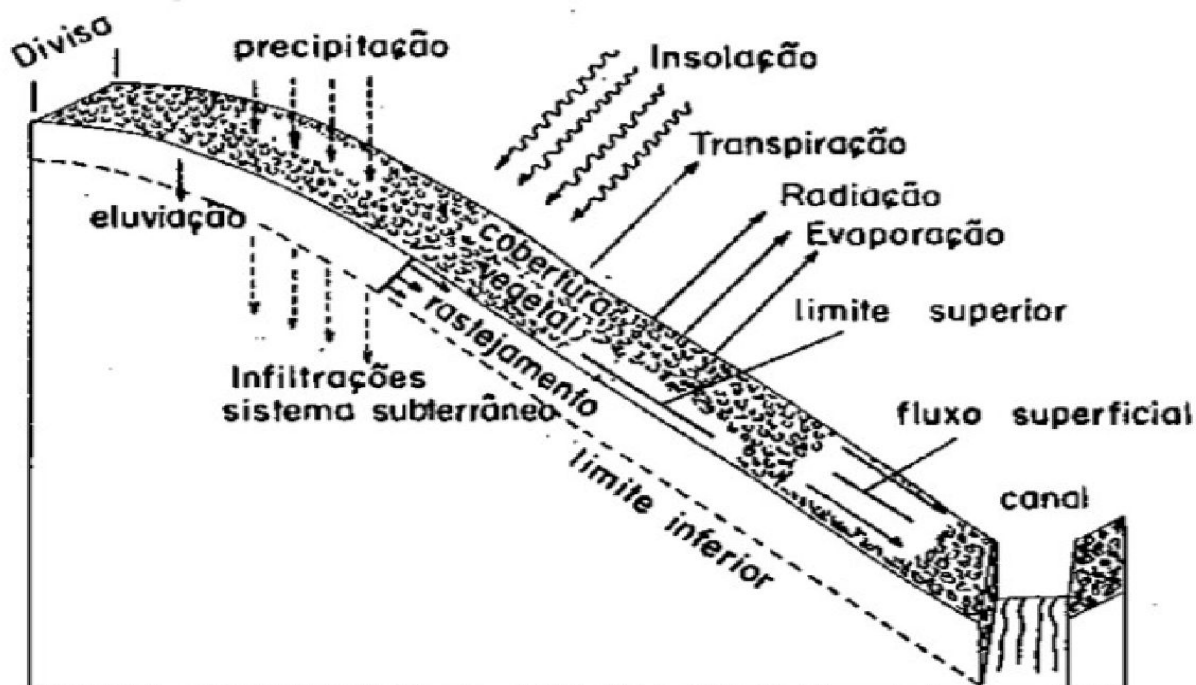


Figura 3: Representação da vertente enquanto sistema aberto. Fonte: Christofolletti (1980)

As fontes primárias de matéria seriam a precipitação, a rocha e a vegetação e as de energia seriam a gravidade e a radiação solar. Processos como, por exemplo, escoamento, meteorização, movimento de material, infiltração e eluviação, seriam responsáveis pela circulação de matéria e energia pelo sistema.

3.5 Estudos Sobre a Relação Solo Paisagem

Ao retratar realisticamente os solos e os sistemas de relevo deve-se levar em consideração o fluxo de materiais e energia através do sistema e isso não depende só da topografia, ou do ângulo de inclinação, mas também de sua posição relativa (Gerrard, 1992). A posição que um solo ocupa na vertente é responsável por lhe conferir características, por causa da movimentação vertical e subparalela da água na superfície e a frequência e duração de períodos que cada compartimento da vertente permanece saturado ou não com água. Kämpfe & Curi (2012) destacam que a variação dos solos em uma vertente se deve a variações de drenagem subsuperficial, ao transporte diferencial, e deposição de sedimentos erodidos e à lixiviação, translocação e redeposição de materiais solúveis via superfície ou subsuperfície

A interpretação da relação entre o relevo e os solos em escalas de detalhe, possui alguns nomes de importantes como o de Geoffrey Milne, que se destaca tanto pelo pioneirismo, quanto pela obra em si. Visando o apoio ao mapeamento de solos, o autor relaciona o padrão de solos encontrados na paisagem com os processos existentes ao longo de toda a vertente, do interflúvio até o sopé no fundo do vale (Kämpfe & Curi, 2012). Seu trabalho ressalta a importância da movimentação de sedimentos ao longo de uma vertente, sendo portanto, Milne o primeiro a incluir o processo de erosão como fator essencial para a diferenciação de solos sob condições climáticas constantes e advindos de um mesmo material de origem (Gerrard, 1992). Nasce assim em 1935 o emblemático conceito de catena, no qual Geoffrey Milne indica a presença regional de sucessões sistemáticas de solos ao longo das vertentes, tendo a erosão como principal fator responsável pela variedade de solos (Queiroz Neto, 2011). A variedade de solos em uma catena é geralmente relacionada à diferentes posições que os solos se encontram em uma vertente. Sendo que características próprias da drenagem de cada posição se configuram como uma das principais razões da existência da diversidade de solos, pois

interfere diretamente na umidade disponível naquele microambiente. A declividade, seria portanto, um dos fatores mais importantes que causa uma variação nas condições de umidade do solo, pois os ângulos mais íngremes reduzem a quantidade de água que penetra no solo e aumenta a remoção de material por erosão (Gerrard, 1992).

Como uma extensão do modelo do conceito de catena, pode-se destacar o modelo de nove unidades de superfície de Dalrymple, Blong e Conacher de 1968 retratado na figura 4 (Gerrard, 1992). Tais autores consideram a vertente como sistema complexo tridimensional que estende do interflúvio ao meio do leito do canal fluvial e da superfície do solo ao limite superior da rocha não-intemperizada, dividindo-a em nove unidades.

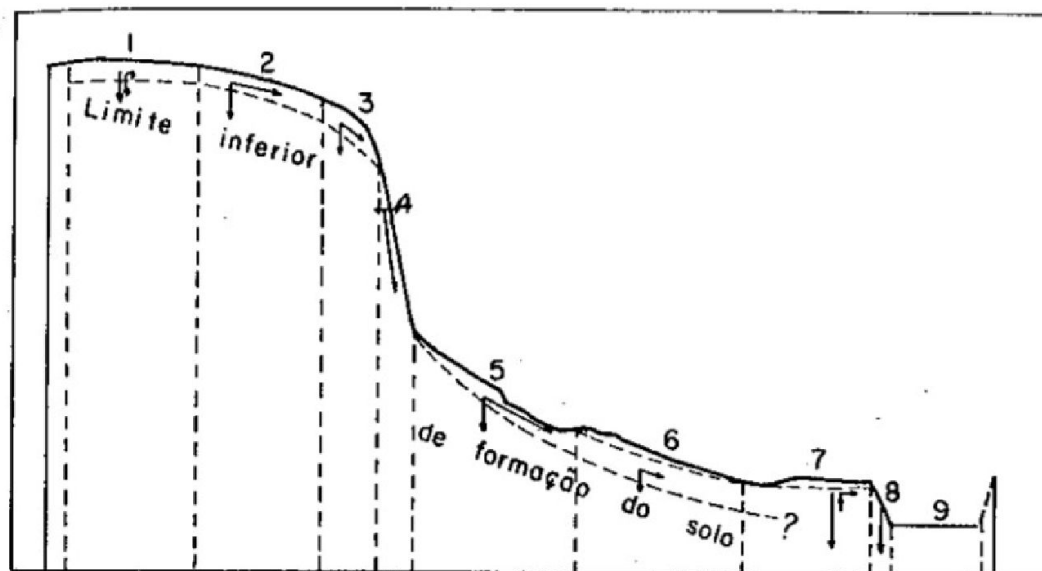


Figura 4: Representação esquemática do modelo de 9 unidades proposto por Dalrymple et al (1968). Nas unidades 1 e 2, predominam os processos pedogenéticos e o movimento vertical da água. A inclinação convexa da fluência (unidade 3) é caracterizada por processos pedogenéticos e geomorfológicos. As unidades 4 e 5, face de queda e inclinação média de transporte, são controladas pelos processos de intemperismo e movimentos de massa. O pedal de apoio coluvial (unidade 6) contém processos geomorfológicos e pedogenéticos. A inclinação do topo aluvial (unidade 7) é controlada pelo movimento da água abaixo da superfície e incursões periódicas pelo rio na inundação. As unidades 8 e 9 são controladas fluvialmente. Fonte: Adaptado de Christofletti (1980)

Modelos como o exemplificado acima demonstram como a espessura do solo depende das taxas relativas de remoção de sedimentos e intemperização do material de origem. É perceptível que em locais, onde a remoção é não é intensa, a formação de solos profundos é favorecida, enquanto outros locais, mais ativos em erosão, os solos serão mantidos finos e tendendo a permanecer jovens. Este processo resulta em solos mais rasos em partes superiores e declivosas da vertente e um correspondente

espessamento do solo em direção às partes mais baixas (Kämpfe & Curi, 2012). Portanto, o esperado é encontrar solos, mais desenvolvidos, profundos e intemperizados nos interflúvios, em ombros e encostas solos constantemente rejuvenescidos e solos com uma dinâmica de acumulação coluvial na base da vertente e solos com acumulação aluvial e com influência da hidromorfia em áreas próximas ao canal. Sendo assim, existe um certo padrão na distribuição dos solos sobre os diferentes tipos de relevos. Aqueles muito acidentados abrigariam solos poucos desenvolvidos enquanto relevos mais suaves seriam cobertos por solos mais desenvolvidos (Rossi & Queiroz Neto, 2001).

Outra característica a ser analisada é a influência da vertente na drenagem interna dos solos. Segundo Palmieri & Larach (2016) as partes altas e relativamente planas, os solos apresentam boa drenagem interna, nas encostas com declives mais acentuados a drenagem é boa ou excessiva e nas partes inferiores das vertentes os solos tendem a ser imperfeitamente drenados ou mal drenados. A permanência ou não da água resulta em solos com características diferentes, dependendo de onde se encontra o lençol freático (figura 5).

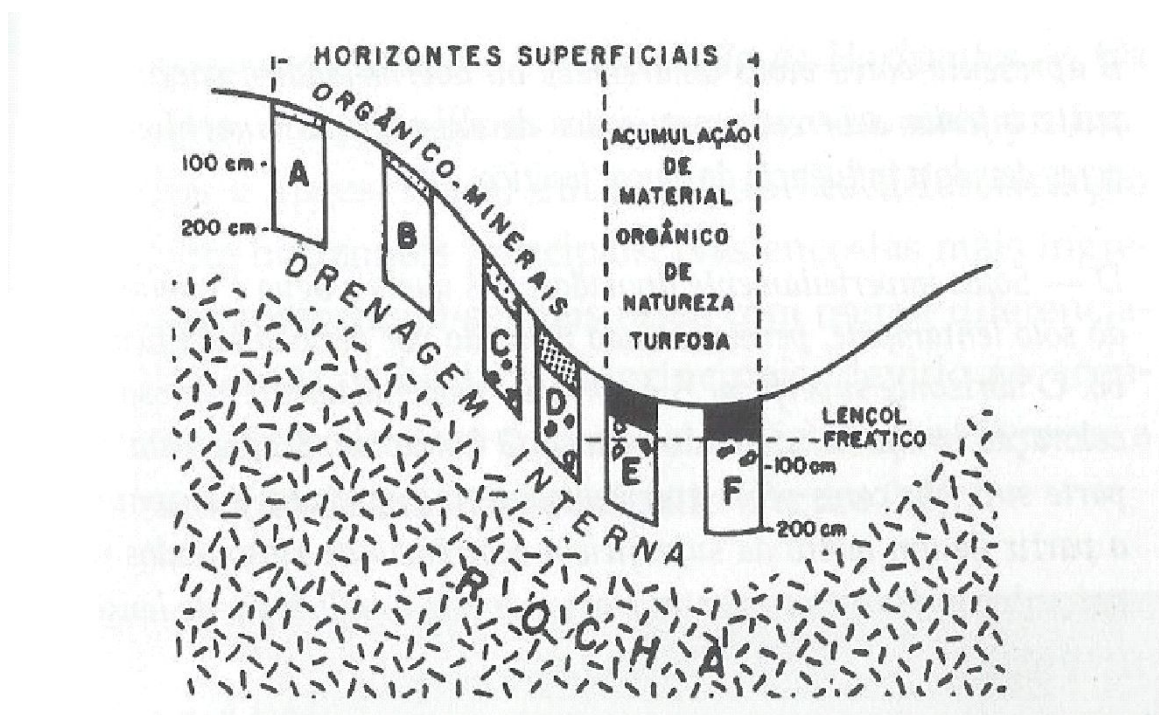


Figura 5- Representação esquemática da influência do relevo na drenagem interna, na cor, espessura e na natureza do horizonte superficial. A- Solos muito bem drenados, B- Solos bem drenados, C- Solos moderadamente drenados, D- Solos imperfeitamente drenados, E- Solos mal drenados e F- Solos muito mal drenados. Fonte: Palmieri & Larach (2016).

Tendo em vista tudo o que já foi discutido até aqui, percebe-se que a distribuição dos solos na paisagem não é aleatória, existindo correspondência com elementos da paisagem. Para finalidade de mapeamento em escala de detalhe toda influência que a topografia exerce deve ser considerada, pois esta se relaciona diretamente com a delimitação das unidades de mapeamento.

A Unidade de mapeamento equivale a um conjunto de áreas de solos, com posições e relações definidas na paisagem e é caracterizada em termos da(s) unidade(s) taxonômica(s) que a compõem, sendo que, as unidades de mapeamento podem ser constituídas, tanto por classes de solos, quanto por tipos de terreno, seja por associação ou individualmente (IBGE, 2007). Hall & Olson (1991) salientam que sempre que possível, uma única unidade de mapeamento deve ser limitada a uma única posição de forma terrestre, ou seja, a uma única unidade solo-paisagem.

Em uma vertente com litologia, clima, vegetação e tempo inicial conhecidos, a unidade solo-paisagem seria os segmentos da vertente. Visando a compreensão da distribuição dos solos por uma paisagem, Hudson (1992,p 838), estabelece cinco paradigmas da relação solo-paisagem:

- 1- Dentro de uma mesma unidade solo-paisagem, os cinco fatores da formação do solo interagem de forma distintiva. Por consequência, todas as áreas de uma mesma unidade acabam por desenvolverem o mesmo tipo do solo.
- 2- Via de regra, quanto mais discrepantes forem unidades solo-paisagem fronteiriças, mais abrupta e evidente são as descontinuidades que as separam.
- 3- Geralmente, quanto mais similares as unidades da paisagem são, mais similares seus solos associados tendem a ser. Inversamente, as unidades muito diferentes da paisagem tendem a ter solos muito diferentes.
- 4- As diferentes unidades solo-paisagem possuem um relacionamento espacial predizível uma das outras. Por exemplo, uma unidade estará sempre localizada acima de outra na paisagem, ou entre uma unidade e um córrego.
- 5- Uma vez que os relacionamentos entre solos e unidades da paisagem foram determinados para uma área, a cobertura pedológica pode ser inferida identificando as características das unidades solo-paisagem. O solo é examinado diretamente somente como necessário validar este relacionamento.

Vários são os estudos que demonstram ser possível analisar quais processos ocorrem em qual segmento da vertente, e assim identificar os responsáveis por atribuir

características aos solos. Dentro dessa perspectiva, de que as características do relevo, como declividades, formas e a sua posição relativa imprimem características aos solos, vários autores enfatizam a necessidade de integrar estudos pedológicos e geomorfológicos, surgindo assim a Pedogeomorfologia (Salgado, 2005).

Graham & Buol (1990) estudaram e comparou duas topossequências em diferentes vertentes de uma paisagem na Carolina do Norte com o propósito de interpretar a gênese dos solos na paisagem. Neste estudo, os autores concluíram que a composição do material de origem foi um fator importante para determinar algumas características dos solos e que os solos podem se formar inteiramente sobre a rocha intemperizada ou a partir de colúvio, sendo que na maioria das posições com uma declividade pronunciada, ambos os materiais estão contribuindo para a formação dos solos.

Ippoliti et al.(2003), classificou as formas de relevo (geoformas) em correspondência com os tipos de forma em uma microbacia no município de Viçosa, e foi constatado que a declividade e o perfil topográfico foram os principais fatores de relevo que influenciam na distribuição dos solos.

Sirtoli et al.(2008), encontrou estreita relação entre os componentes morfométricos e morfológicos do relevo, com a variação de solos encontrados em em uma área de 303,4 ha, situado na bacia hidrográfica o rio Canguiri.

Villela et al. (2013), analisando a relação relevo-rocha-solo no município de Sorocaba, em uma área situada sobre o contato de dois compartimentos geomorfológicos, Planalto Atlântico e Depressão Periférica Paulista, encontraram estreita relação entre o desenvolvimento das diferentes formas de relevo encontradas na paisagem com a variedade de rochas existentes. Estes dois elementos, também demonstraram enorme influência nos os solos.

Segundo Graham & Buol (1990) os solos são melhor compreendidos quando estudados em contextos paisagísticos, não simplesmente como pedons individuais ou unidades de classificação. E estes estudos, embora possuam métodos, materiais e objetivos diferentes, buscaram exatamente isso, interpretar a paisagem que abriga os solos, para assim compreender seus fenômenos e/ou sua distribuição.

4 Caracterização da Área de Estudo

O Parque CienTec é uma das instituições abrangidas pelo Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI), sendo este localizado na zona sul da cidade de São Paulo, no bairro da Água Funda (figura 6).

O PEFI possui 562,00 ha de área e o Parque CienTec ocupa cerca de 25% dessa área, sendo uma das maiores instituições que o compõem. Essas informações sobre o Parque CienTec, são importantes tanto para caracterizar e embasar o presente trabalho quanto para compreender como atuam os processos que em busca pelo equilíbrio com esse ambiente específico imprimem não só características aos solos, mas acabam também por modelar o relevo.

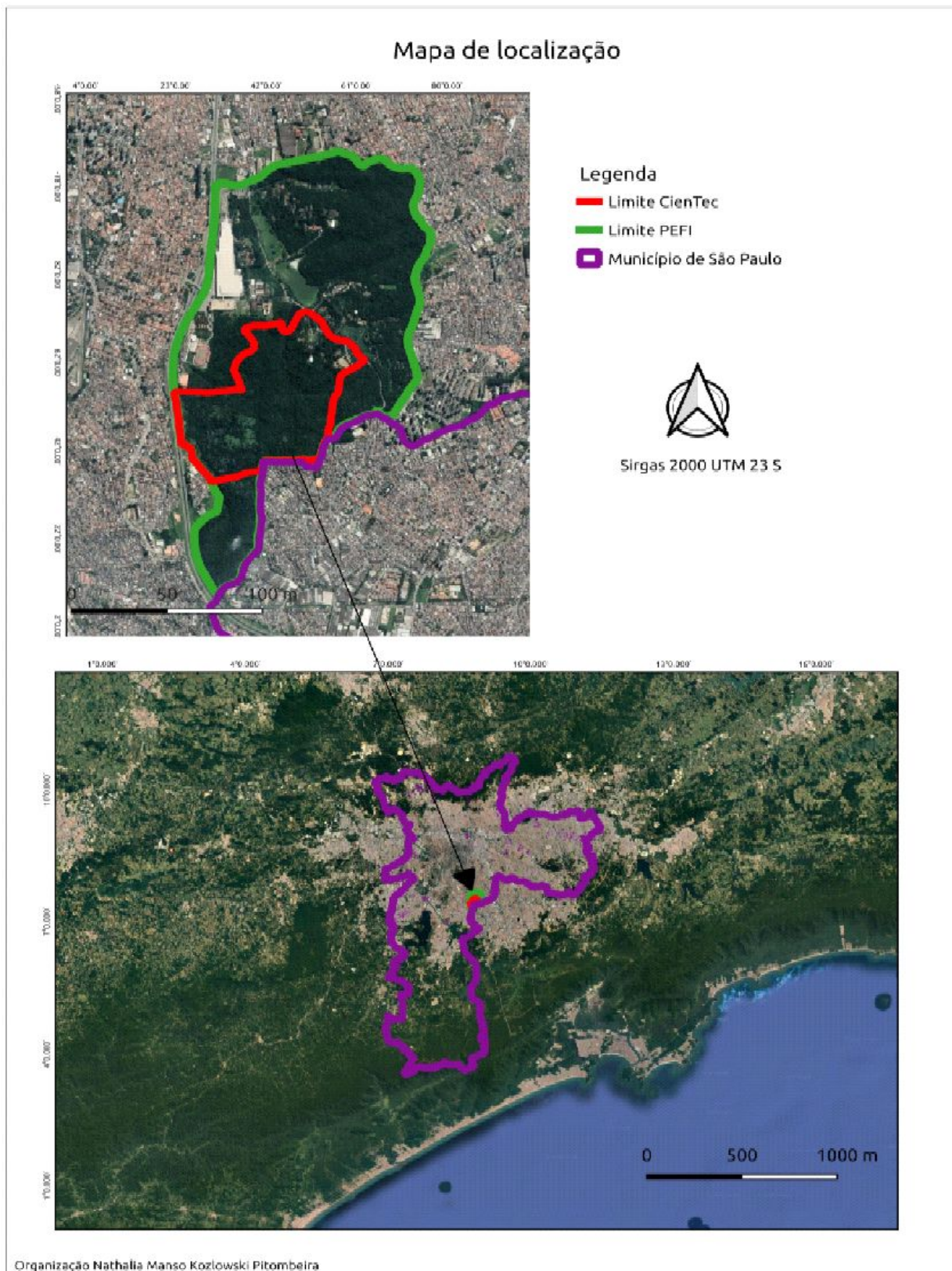


Figura 6: Mapa de Localização

4.1 Clima

Para o estudo do comportamento do clima do PEFI Santos e Funari (2002), consideraram um contexto de escala mais amplo e analisaram o contexto da área a qual se insere o parque, a Bacia Hidrográfica do Alto Tietê e apontam que por causa de sua localização, a influência marítima do Oceano Atlântico se faz presente.

A altitude da área, que varia entre de 760 a 870 m, exerce um papel de destaque no clima local, tanto que este é enquadrado de acordo com a classificação de climática de Köppen na denominação Cwb, Clima Tropical de Altitude, que é caracterizado pelo verão como estação chuvosa e um inverno seco (Santos e Funari, 2002). Os dados climatológicos coletados no parque pela Estação Climatológica do IAG comprovam que realmente os meses de verão apresentam uma pluviosidade mais elevada e que esses valores nos meses de inverno são bem mais modestos tanto em temperatura quanto em pluviosidade.

A Estação Climatológica do IAG realiza medições diárias e possui um banco de dados com esses registros desde o ano de inauguração, possuindo assim, dados sobre as normais climatológicas de 1933 a 1960 e de 1961 a 1990 no local do Parque CienTec.

O gráfico (figura 7) mostra como se dá a distribuição da pluviosidade ao longo do ano e evidencia que os meses de Dezembro, Janeiro e Fevereiro, são os mais chuvosos e os meses de Julho, Agosto e Setembro, são os meses de menor pluviosidade.

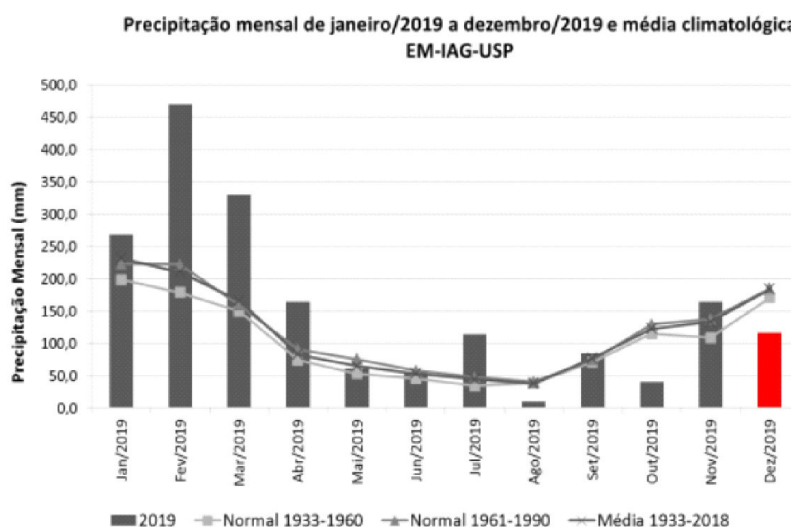


Figura 7: Precipitação acumulada mensal de janeiro de 2019 a dezembro de 2019 além de médias e normais climatológicas. Fonte: Resumo Mensal da Estação Meteorológica do IAG-USP (2019).

O gráfico abaixo (figura 8) exprime melhor as médias mensais de temperatura ao longo do ano de 2019.

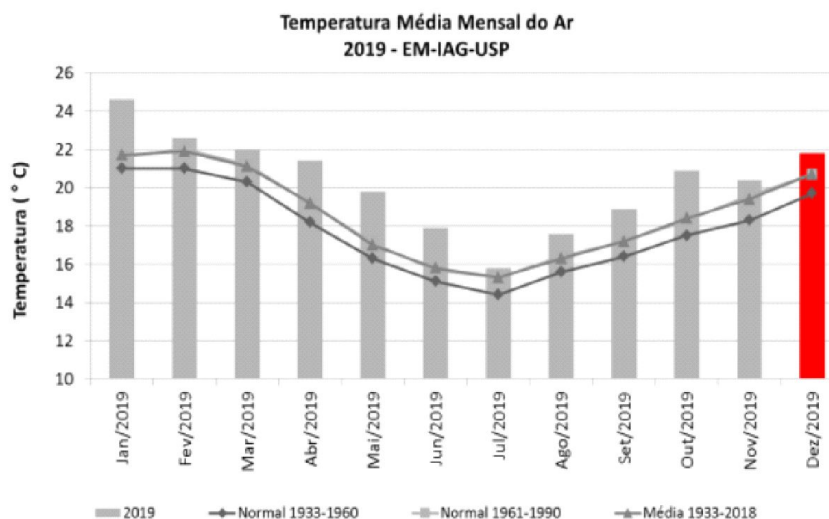


Figura 8: Temperatura média mensal de janeiro de 2019 a dezembro de 2019, além de médias e normais climatológicas. Fonte: Resumo Mensal da Estação Meteorológica do IAG-USP (2019).

4.2 Vegetação

A vegetação nativa do PEFI pertence ao grupo das florestas tropicais do Domínio da Mata Atlântica. A Mata Atlântica reúne diversas formações florestais, como as florestas ombrófilas densas, as florestas ombrófilas abertas as ombrófilas mistas e as florestas decíduais. Tamanha diversidade se dá por conta da diversidade latitudinal, altitudinal e geomorfológica que geram grande quantidade de ambientes, que abrigam diferentes animais e plantas com diferentes adaptações. (Pivello & Peccinini, 2002.

(Pivello & Peccinini, 2002). Tendo como base fotografias aéreas pancromáticas de 1994, Pivello & Peccinini (2002), classificaram em 12 padrões distintos de vegetação e uso da terra e uso da terra (figura 9).

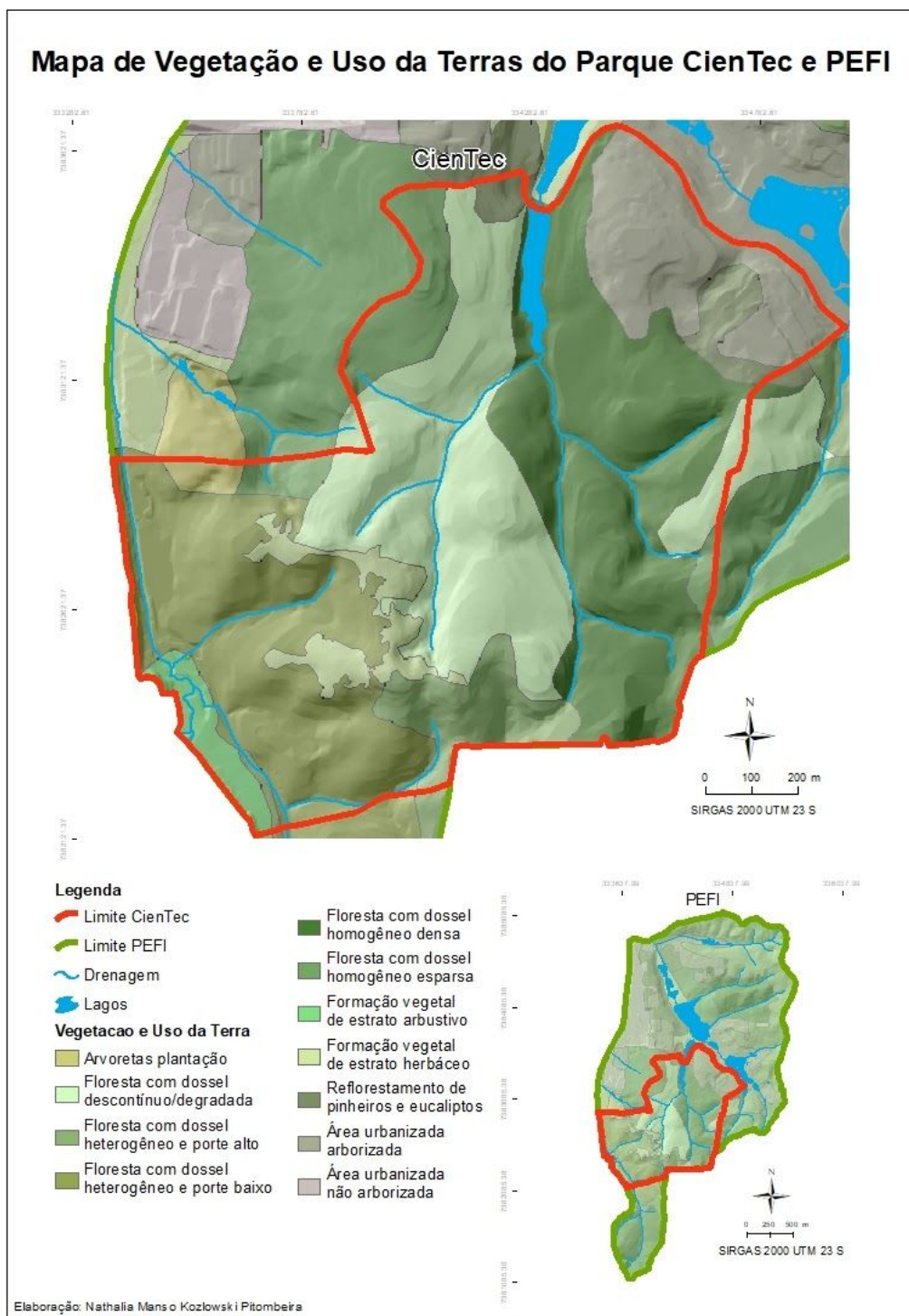


Figura 9: Mapa de Vegetação e Uso da Terra

Os doze padrões correspondem a:

1- Corpos d'água, que representam os lagos artificiais do parque.

2- Área urbanizada não arborizada: áreas completa ou parcialmente ocupadas por edificações, incluindo vias de acesso locais e estacionamentos que apresenta pouca ou nenhuma arborização.

3- Área urbanizada arborizada: apresenta edificações, porém, há entre edificações uma vegetação composta, em sua maioria, de árvores, havendo poucas áreas pavimentadas expostas;

4- Reflorestamento: vegetação composta por árvores de espécies exóticas, principalmente, *Eucalyptus* sp. e *Pinus* sp.;

5- Formação vegetal de estrato herbáceo: áreas abertas, sem pavimentação, onde ocorre vegetação herbácea (principalmente gramíneas) para ajardinamento de trechos próximos a instalações ou em áreas de visitação pública e de lazer;

6- Formação vegetal de estrato arbustivo: vegetação com alturas referentes aos estratos arbustivo e subarbustivo (entre 0,5 e 1,5 m) relacionada às áreas alteradas por ações humanas e áreas limítrofes do parque;

7- Arvoretas/plantação: vegetação composta, principalmente, de pequenas árvores (arvoretas) e arbustos altos (altura em torno de 4m) organizados aparentemente em fileiras, dando o aspecto de cultivo;

8- Floresta com dossel heterogêneo e porte alto: formação florestal localizada, principalmente, nas encostas e topos de morro, possuindo copas amplas e muitos indivíduos emergentes;

9- Floresta com dossel heterogêneo e porte baixo: formação florestal cujo dossel apresenta grande variação nas alturas das copas das árvores, com alguns indivíduos emergentes e muitas clareiras, localizada em áreas que sofreram degradação anterior;

10- Floresta com dossel homogêneo densa: vegetação composta de árvores relativamente baixas, cujas copas ocupam.

Ao analisar imagens de satélite mais recentes, foram encontradas algumas discordâncias do mapa de vegetação apresentado por Pivello e Peccine(2002), sendo relatado por funcionários do Parque CienTec a ocorrência da queda de um balão que causou um incêndio em uma das colinas no interior do parque em 2006. Desde 2009, ativistas da agência Pick-upau, uma ONG ambientalista brasileira fundada em 1999, em conjunto com o Parque CienTec têm promovido o plantio de mudas de espécies nativas e assim colaborado para a recuperação do local afetado. A área onde é possível ver os impactos do incêndio no interior o parque CienTec ainda está em fase de recuperação e possui trechos, que nas imagens de satélite, se assemelham ao que anteriormente foi caracterizado como formação vegetal de estrato herbáceo, e portanto no mapa de vegetação aqui apresentado foram representados dessa forma.

Sobre a fauna do parque, o Plano de Manejo (2008) destaca que muito ainda precisa ser pesquisado sobre quais são as espécies que ali habitam e o tamanho de

suas populações. Existe o relato da presença de espécies de cobras, lagartos, gambás, macaco bugio, macaco saguis, vários insetos e muitas aves.

Algumas pesquisas que analisaram parcela da fauna foram realizadas, como o estudo de levantamento sobre a avifauna de Parrella et al (2016), que encontrou 157 espécies de aves no PEFI e o inventário sobre a fauna edáfica realizado por Patucci (2015) que encontrou 10 famílias de espécies, que se distribuem de forma diferente pelos solos do parque.

4.3 Geologia

Localmente a constituição litológica é caracterizada pela verificação de alguns afloramentos no Instituto de Botânica, na antiga Secretaria de Agricultura e Abastecimento e no Estacionamento do Jardim Zoológico. Portanto, para delimitar o contato litológico foi necessário recorrer inferências utilizando critérios morfológicos (Fernandes et al, 2002). Assim, foram identificadas no PEFI três unidades geológicas: sedimentos quaternários dispostos em planícies aluviais, depósitos que provavelmente são terciários ocorrendo na porção noroeste do parque e rochas pré-cambrianas que ocupam grande parte do parque, como consta na figura 10.

Apenas dois pontos de afloramento são dessas rochas pré-cambrianas e estes se encontram muito alteradas, o que dificulta sua descrição detalhada. Fernandes et al, 2002, identificaram rochas do tipo biotita gnaiss, de textura fina, homogênea e a cor de alteração vermelho-escuro o que permite a pressuposição da presença de máficos. Outra identificação realizada foi a presença de muscovita-biotita gnaiss fino, com veios finos de quartzo. O mais provável é que essas rochas, por causa do seu metamorfismo, pertençam ao Complexo Embu.

O Complexo Embu é formado por xistos, filitos migmatitos, gnaisses migmatizados e corpos lenticulares de quartzitos, anfibolitos e rochas calcossilicatadas, sendo que a idade desta unidade é frequentemente creditada ao Proterozóico (Rodriguez, 1998).

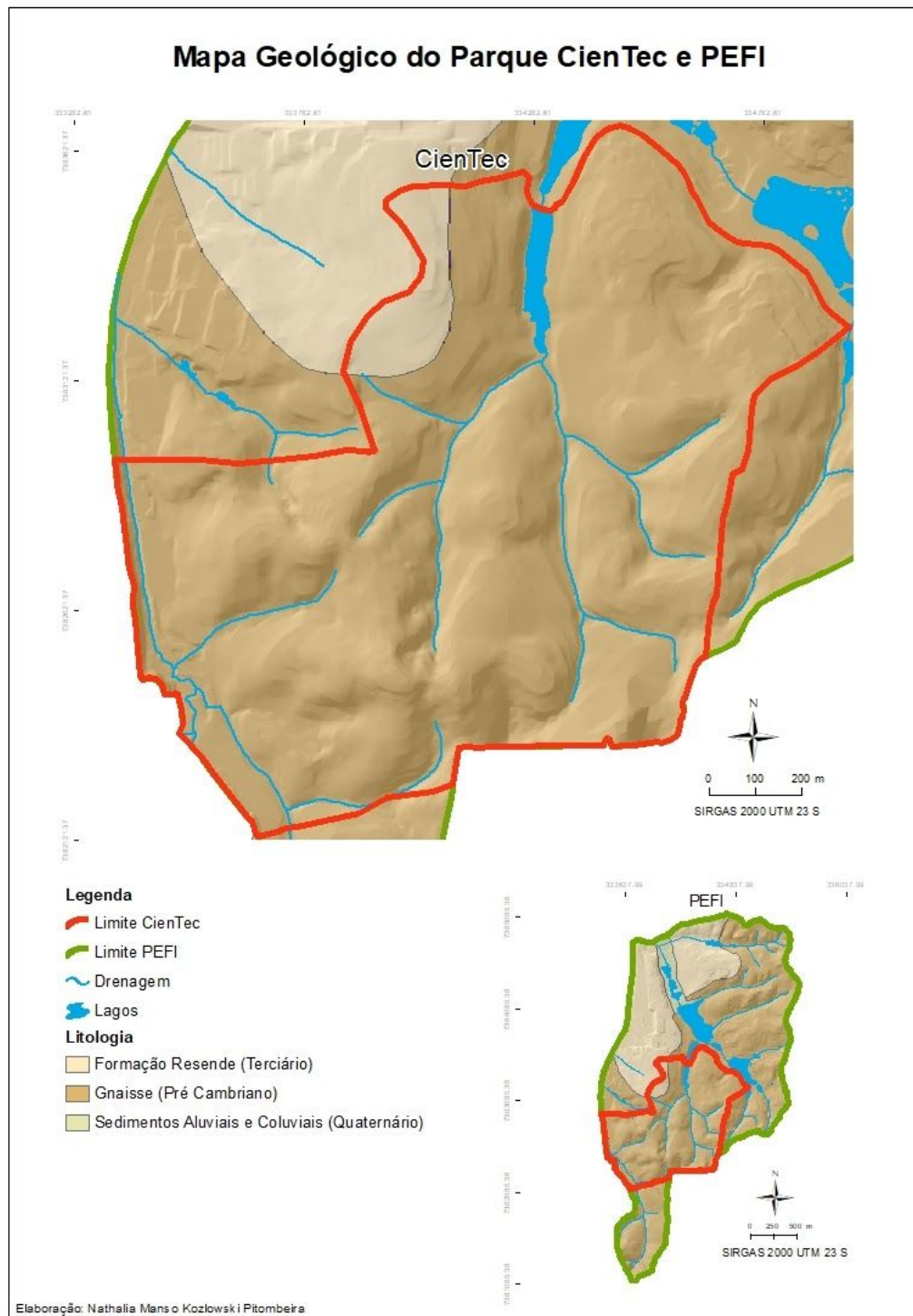


Figura 10: Mapa Geológico

4.4 Geomorfologia

A área de estudo se localiza no Planalto Atlântico, Zona do Planalto Paulistano (Ponçano et al, 1981). O Planalto paulistano é constituída principalmente por

rochas cristalinas pré-cambrianas e cambrio-ordovicianas cortadas por intrusivas básicas e alcalinas mesozóica-terciárias e pelas aberturas das bacias sedimentares de São Paulo e Taubaté. O modelado dominante é caracterizado pelo relevo suave, com formas de topos convexos e altitudes moderadas, (750 a 880 m).

Localmente, o modelado dominante é caracterizado por formas de topos convexos (figura 11), evidenciados as cotas altimétricas mais elevadas distribuídos, predominantemente nos lados leste, sudeste, centro-sul e sudoeste. Possui áreas com formas antropizadas pretéritas e atuais como cortes em vertentes realizadas para a construção de vias de acesso no interior e nos limites do parque, além de estradas de chão para acesso à mata (Fernandes et al, 2002).

Associado a esse modelado se encontra a rede de drenagem do PEFI. A drenagem e as formas do relevo estão relacionadas pela importância que as bacias de drenagem possuem na modelagem da paisagem. As bacias hidrográficas vizinhas de qualquer hierarquia, estão interligadas pelos divisores topográficos formando uma rede (Cunha & Guerra, 2016). Essa rede exerce papel fundamental na evolução do relevo, pois os cursos de água que a compõe drenam água, materiais sólidos e dissolvidos, e assim acabam por se configurarem como importantes agentes modeladores.

Fernandes et al (2002), para melhor explicar a rede hidrográfica do PEFI, a dividiu em 10 sub-bacias hidrográficas, conforme pode ser verificado na figura 12.

As nascentes que estão localizadas nessas 10 sub-bacias, constituem as cabeceiras do histórico riacho do Ipiranga, e abastecem os lagos artificiais localizados no PEFI, sendo um desses o lago do IAG, que se encontra dentro dos limites do Parque CienTec.

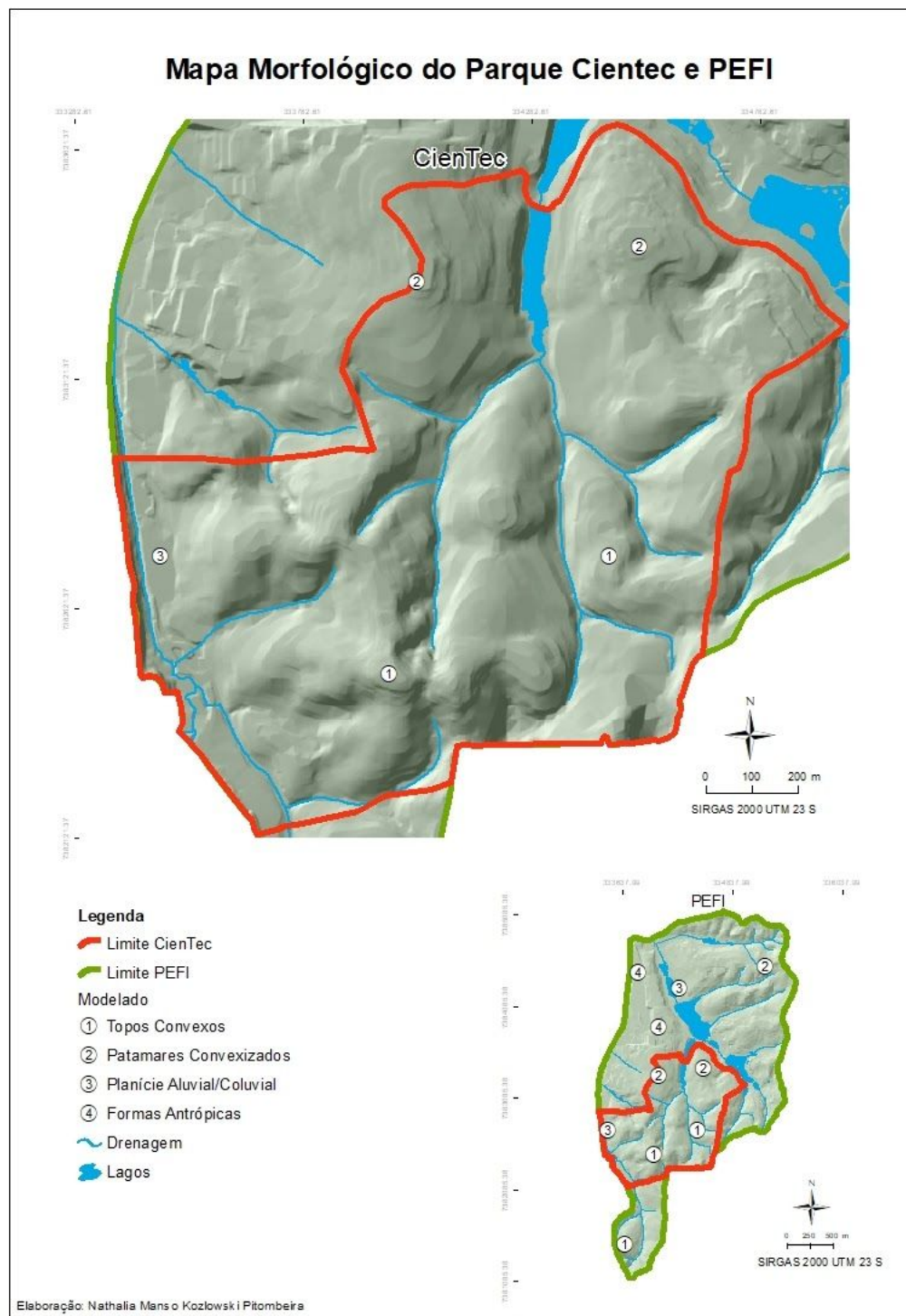


Figura 11: Mapa do modelado

As sub-bacias foram agrupadas por Fernandes et al (2002), e receberam denominações específicas, com o intuito de facilitar o entendimento da rede de drenagem, a identificação em mapas temáticos, bem como a estabelecer a hierarquia em

função da maior ou menor importância em relação a produção e qualidade/quantidade das águas formadoras dos lagos do PEFI.

As sub-bacias foram, agrupadas em 3 grupos: Sub-bacia das Garças, Sub-bacia das Ninféias e Sub-bacia Imigrantes.

A Sub-bacia das Garças, que é onde se localiza a maior parte da nossa área de estudo, ocupa uma área de 140,0 ha, é formada pelas sub-bacias 3, 4, 5, 6, 7, 8 e 9. A vazão das nascentes encontradas na área desta sub-bacia é da ordem de $3,656 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ (Fernandes et al, 2002), possuindo assim grande importância, produzindo as águas represadas nos lagos do Zoológico, no Instituto de Botânica e no Parque CienTec. Esses lagos abrigam importantes espécies animais, como peixes e aves. A sub-bacia das Garças está sob administração do Instituto de Botânica, Fundação Parque Zoológico, Zoo Safari e Parque CienTec.

A outra sub-bacia onde se localiza parte da área de estudos é a sub-bacia Imigrantes. Identificada como número 10. Suas águas alimentam o Lago da Siderúrgica Aliperti. A jusante, suas águas são transformadas em esgoto e são canalizadas sob a rodovia dos Imigrantes, só voltando a emergir na altura de se juntar às águas do Rio Tamanduateí (Fernandes et al, 2002).

A Sub-bacia das Ninféias, não contempla a área do Parque CienTec, sendo localizada mais a norte, totalmente inserida no interior dos limites do Jardim Botânico, sendo identificada pela sub-bacia de número 2 possuindo 56,57 ha. O volume de água fornecida ao lago que alimenta é $0,31 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ (Fernandes et al, 2002).

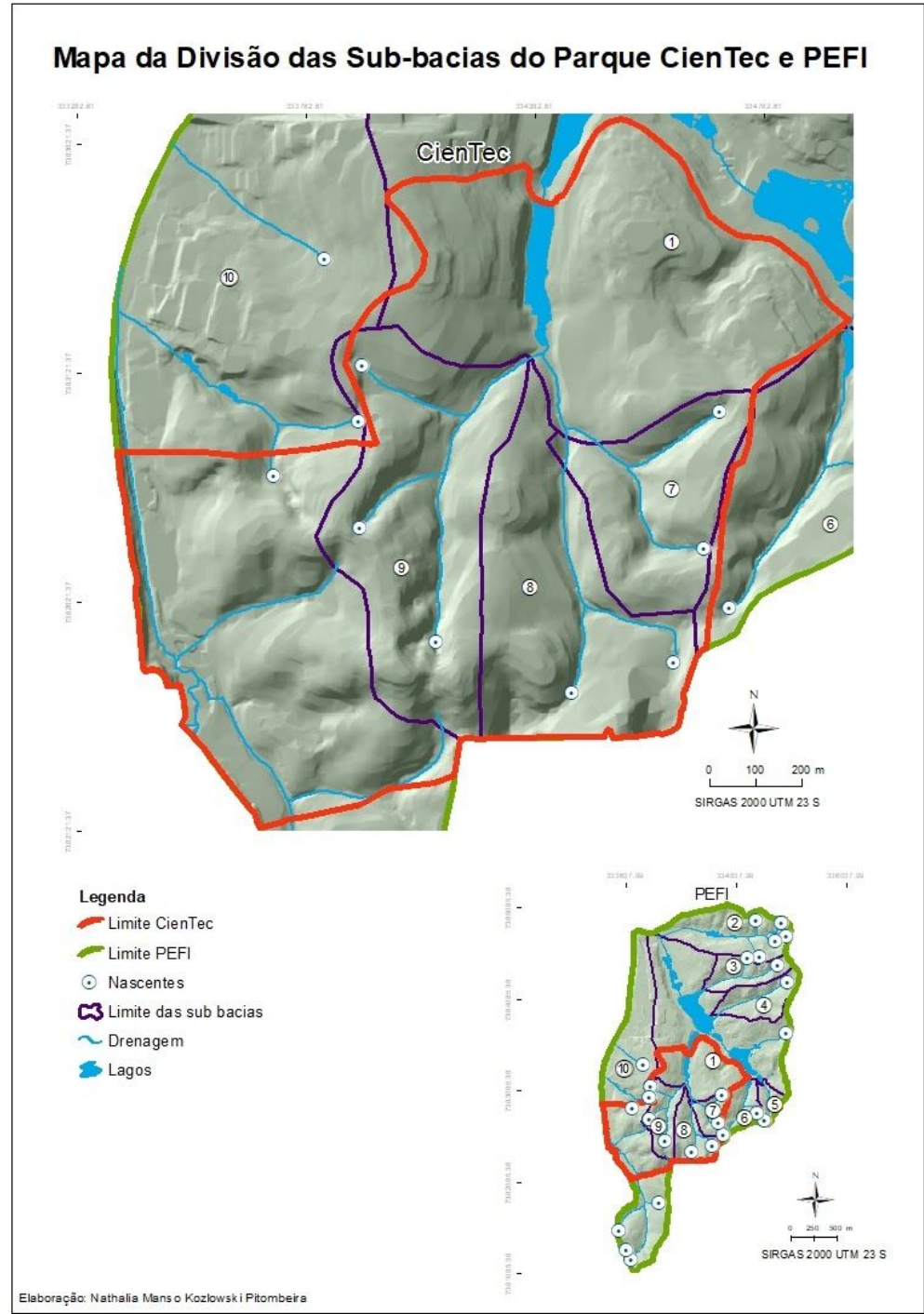


Figura 12: Divisão das sub-bacias.

5 Resultados

A partir do que se é conhecido entre as relações existentes entre material de origem, solos e atributos do relevo, que aqui foram estudados com a ajuda do MDE, foi possível identificar as diferentes condições que determinam a distribuição dos solos encontrados nos estudos de Struffaldi-de-Vuono(1985), Forti (2000), Moraes (2002), Patucci (2015).

Moraes (2002) em seu estudo sobre a produção de serapilheira em uma parte da floresta administrada pelo Instituto de Botânica, destaca que a produção anual desse material no PEFI é um dos valores mais altos já relatados para florestas brasileiras, possuindo uma média de 7,68 t.ha⁻¹ de serapilheira acumulada. Apesar dessa a produção ser alta, as condições climáticas favorecem para que haja um quociente de decomposição (k) também elevado, sendo o valor obtido 1,3. Esse valor sugere que a serapilheira depositada sobre o solo é renovada em menos de um ano (Moraes, 2002).

As análises químicas e mineralógicas realizadas por Patucci (2015), mostraram que os solos possuem granulometria arenosa, apresentam uma porcentagem de saturação por bases abaixo dos 50%, são altamente ácidos e dispõem de grande quantidade de matéria orgânica. As tabelas 2 e 3 do contém os dados levantados por Patucci (2015) e a localização desses pontos podem ser conferidas na figura 13.

Amostra	Ponto	Profundidade (cm)	C.O. (g.kg.1)	H2O p.H.	Kcl	P mg.kg-1	K	Ca	Mg	Al	H + Al	SB	CTC	V (%)	m (%)
TSBF 1	1	0	32	3.7	3.5	1	3	4	1	58	103	8	111	7	88
TSBF 1	2	30	34	3.9	3.3	2	3	3	1	58	136	7	143	5	89
TSBF 2	3	0	27	4.1	3.7	1	2	<2	<1	52	150	4	154	3	93
TSBF 2	4	30	22	4.1	3.8	1	3	2	1	45	131	6	137	4	88
TSBF 3	5	0	34	4	3.5	1	2	<2	<1	69	180	5	185	3	93
TSBF 3	6	30	27	4	3.6	1	4	<3	1	21	124	8	132	6	86
TSBF 4	7	0	29	4	3.5	2	4	<2	1	61	157	7	164	4	90
TSBF 4	8	30	28	3.7	3.3	1	3	<2	<2	61	173	7	180	4	90
TSBF 5	9	0	21	4	3.6	1	2	<2	1	47	141	3	144	2	94
TSBF 5	10	30	24	3.9	3.4	1	3	<2	<1	58	146	5	144	3	93
TSBF 6	11	0	17	3.9	3.6	1	2	<2	1	49	113	2	121	2	96
TSBF 6	12	30	21	3.8	3.4	1	3	2	1	57	148	6	115	4	90
TSBF 7	13	0	21	4	3.8	1	2	2	1	52	135	3	154	1	96
TSBF 7	14	30	25	4	3.5	1	3	<2	1	56	149	4	137	3	93
TSBF 8	15	0	21	3.9	3.6	1	2	<2	1	53	133	3	136	2	95
TSBF 8	16	30	21	4.1	3.6	1	4	3	1	49	140	8	148	5	86
TSBF 9	17	0	19	4	3.7	1	4	<2	1	46	124	6	130	5	88
TSBF 9	18	30	19	4	3.6	1	3	2	1	46	119	5	124	4	90

Tabela 2: Análises químicas das amostras de pontos secos realizadas por Patucci (2015).

Amostra	Ponto	Profundidade (cm)	C.O. (g.kg.1)	H2O p.H.	Kcl	P mg.kg-1	K	Ca	Mg	Al	H + Al	SB	CTC	V (%)	m (%)
TSBF 1	1	0	13	4.1	3.5	1	4	3	1	33	85	8	93	9	80
TSBF 1	2	30	30	4.1	3.4	4	4	2	1	38	125	7	132	5	84
TSBF 2	3	0	19	3.9	3.6	2	2	<2	<1	43	111	2	113	2	96
TSBF 2	4	30	18	4.1	3.5	2	4	2	1	48	107	7	114	6	87
TSBF 3	5	0	9	4.2	3.6	2	2	<2	<1	28	61	3	64	5	90
TSBF 3	6	30	17	4.1	3.6	2	3	<2	1	32	94	4	98	4	89
TSBF 4	7	0	19	3.9	3.5	3	3	<2	1	43	103	5	108	5	90
TSBF 4	8	30	16	4.1	3.7	2	3	<2	<1	44	100	2	102	2	96
TSBF 5	9	0	18	4	3.4	2	2	<2	1	41	105	6	111	5	87
TSBF 5	10	30	14	4.5	4.3	8	4	<2	<1	17	69	1	70	1	96
TSBF 6	11	0	17	4	3.7	2	1	<2	1	38	88	5	93	5	88
TSBF 6	12	30	32	4.2	3.5	2	3	9	3	35	104	15	119	13	70
TSBF 7	13	0	16	4.1	3.5	2	3	2	1	33	83	6	89	7	85
TSBF 7	14	30	17	4.3	3.6	2	3	<2	1	33	78	6	84	7	85
TSBF 8	15	0	24	4.6	3.9	5	4	<2	1	22	95	8	103	8	73
TSBF 8	16	30	37	4.8	3.9	32	6	5	2	26	115	11	126	9	70
TSBF 9	17	0	21	3.8	3.5	2	4	<2	1	45	111	4	115	3	92
TSBF 9	18	30	27	4.1	3.6	5	5	2	1	35	99	8	107	7	81

Tabela 3: Análises químicas das amostras de pontos úmidos realizadas por Patucci (2015).

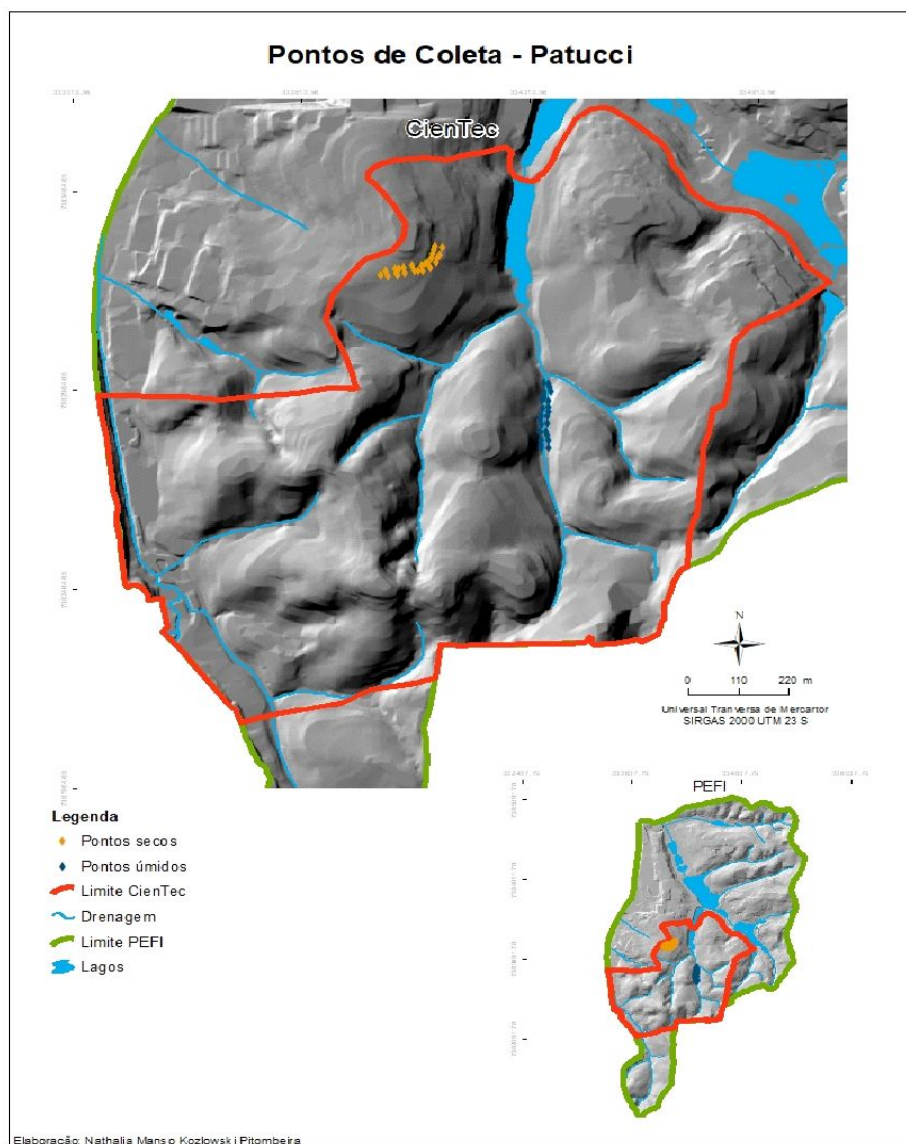


Figura 13: Pontos de Coleta de Patucci (2015). Adaptado de Patucci (2015)

Struffaldi-De-Vuono (1985) também submete as amostras à análise químicas e granulométrica que revela que solos das duas áreas pesquisadas são ácidos e apresentam uma ligeira diferença de granulometria entre si e partículas muito cascalhentas. Estas partículas encontradas provavelmente correspondem aos nódulos ferruginosos posteriormente encontrados por Forti (2000) na área do Parque CienTec, e podem ser um indício que esses nódulos ocorrem com frequência em toda a área do PEFI. Os pontos onde as amostras foram coletas podem ser conferidos na imagem 14 e

os valores obtidos em suas análises químicas estão na tabela 4 e 5 e os resultados das análises granulométricas nas tabelas 6 e 7

Amostra	Ponto	Profundidade (cm)	ph em água	Trocáveis (meg/100 g tfsa*)												Saturação em Al (%)
				C	**N	**MO	PO-34	K+	Totais (%):				S	CTC	V (%)	
									Ca2+	Mg2+	H+ +	Al3+				
1	5	0 – 20	3.5	2.74	0.236	4.73	0.05	0.12	0.64	0.32	12.24	6.4	1.08	13.32	8.1	85.56
2	5	40 – 60	3.9	0.83	0.071	1.43	0.02	0.05	0.56	0.24	6.08	3.36	0.5	6.93	12.26	79.8
3	5	80 – 100	3.9	0.83	0.071	1.43	0.02	0.03	0.64	0.08	4.64	2.72	0.75	5.39	13.91	78.38
4	10	0 – 20	3.5	2.87	0.247	4.95	0.06	0.16	0.72	0.32	13.2	6.56	1.2	14.4	8.33	84.93
5	10	40 – 60	3.9	1.17	0.101	2.03	0.02	0.05	0.64	0.32	7.12	3.68	1.01	8.13	12.42	78.46
6	10	80 – 100	3.9	0.84	0.072	1.45	0.02	0.03	0.72	0.32	5.2	3.36	1.07	6.27	17.06	75.84
7	21	0 – 20	3.5	2.64	0.227	4.55	0.05	0.12	0.72	0.48	12.24	6.56	1.32	13.56	9.73	83.24
8	21	40 – 60	3.9	0.84	0.072	1.45	0.02	0.03	0.56	0.08	7.04	4.16	0.67	7.71	8.69	86.12
9	21	80 – 100	3.8	0.9	0.073	1.55	0.01	0.06	0.48	0.16	4.72	3.12	0.7	5.42	12.91	81.67
10	27	0 – 20	3.6	1.91	0.016	3.29	0.04	0.11	0.64	0.48	10.88	5.68	1.23	12.11	10.15	82.19
11	27	40 – 60	3.9	0.89	0.076	1.53	0.02	0.03	0.64	0.08	7.84	3.68	0.75	8.59	8.73	83.06
12	27	80 – 100	4.3	1	0.086	1.72	0.01	0.05	0.8	0.24	6.4	1.68	1.09	7.49	14.55	60.54
13	42	0 – 20	3.5	2.25	0.194	3.88	0.05	0.08	0.72	0.16	15.68	4.96	0.96	16.64	5.76	83.78
14	42	40 – 60	4.1	0.96	0.083	1.66	0.01	0.02	0.64	0.16	5.68	2.32	0.82	6.5	12.61	73.88
15	42	80 – 100	4.1	0.56	0.049	0.98	0.01	0.01	0.56	0.08	3.12	1.28	0.65	3.77	17.24	66.32
16	57	0 – 20	3.5	2.11	0.182	3.65	0.04	0.08	0.72	0.48	14.88	4.72	1.28	16.16	7.92	78.66
17	57	40 – 60	3.8	0.54	0.046	0.92	0.01	0.05	0.64	0.16	6.32	2.64	0.85	7.17	11.85	75.64
18	57	80 – 100	3.9	0.08	0.007	0.14	0.03	0.03	0.64	0.16	5.12	2.08	0.83	5.95	13.94	71.47
19	73	0 – 20	3.6	2.1	0.181	3.63	0.04	0.14	1.12	0.48	14	4.8	1.74	15.74	11.05	73.19
20	73	40 – 60	3.9	0.76	0.065	1.31	0.01	0.02	0.56	0.24	6.32	2.56	0.82	7.14	11.48	75.73
21	73	80 – 100	3.9	0.46	0.04	0.8	0.01	0.02	0.72	0.08	4.32	1.6	0.82	5.14	15.99	66.11
22	95	0 – 20	3.6	2.1	0.181	3.63	0.05	0.1	0.8	0.64	15.76	5.52	1.54	17.3	8.9	78.18
23	95	40 – 60	3.9	0.63	0.054	1.09	0.01	0.03	0.64	0.24	6.96	3.12	0.91	7.87	11.56	77.41
24	95	80 – 100	4	0.27	0.023	0.46	0.01	0.02	0.64	0.08	4.4	1.44	0.74	5.14	14.39	66.05
25	99	0 – 20	3.6	1.92	0.165	3.31	0.05	0.11	0.96	0.4	15.04	5.6	1.47	16.51	8.9	79.2
26	99	40 – 60	3.9	0.61	0.052	1.05	0.01	0.05	0.56	0.32	5.68	2.24	0.93	6.61	14.06	70.66
27	99	80 – 100	4.1	0.29	0.025	0.5	0.01	0.02	0.56	0.24	3.52	1.28	0.82	4.34	18.89	60.95
28	120	0 – 20	3.7	2.37	0.204	4.09	0.06	0.1	0.96	0.56	13.84	4.8	1.62	15.46	10.47	74.76
29	120	40 – 60	4	0.54	0.046	0.93	0.01	0.03	0.4	0.24	5.52	2.16	0.67	6.19	10.82	76.32
30	120	80 – 100	3.9	41	0.035	0.71	0.02	0.02	0.72	0.08	4.24	1.6	0.82	5.06	16.2	66.11

Tabela 4: Análises químicas das amostras de 1 a 30 realizadas por Struffaldi-De-Vuono (1985).

Trocáveis (meg/100 g tfsa*)																
Totais (%):																
Amostra	Ponto	Profundidade (cm)	ph em água	C	**N	**MO	PO-3 4	K+	Ca2+	Mg2+	H+ + Al3+	Al3+	S	CTC	V (%)	Saturação em Al (%)
31	2	0 – 20	4.5	0.56	0.048	0.97	0.06	0.12	0.72	0.32	11.04	2.04	1.16	12.2	9.5	63.75
32	2	40 – 60	4	0.54	0.046	0.93	0.06	0.07	0.4	0.32	6.32	1.68	0.79	7.11	11.11	69.01
33	2	80 – 100	4.1	0.31	0.027	0.55	0.06	0.06	0.4	0.32	4.88	1.68	0.78	5.66	13.78	68.29
34	23	0 – 20	3.9	1.91	0.164	3.29	0.08	0.19	0.72	0.32	14.64	3.92	1.23	15.87	7.75	76.11
35	23	40 – 60	4.1	0.74	0.064	1.28	0.06	0.08	0.4	0.4	9.76	2.56	0.88	10.64	8.27	74.41
36	23	80 – 100	4	0.3	6.026	0.52	0.1	0.1	0.56	0.48	6.64	2.44	1.14	7.78	14.65	68.19
37	30	0 – 20	3.9	2.75	0.237	4.74	0.1	0.05	0.56	0.24	9.76	3.44	0.85	10.61	8.01	0.18
38	30	40 – 60	3.9	0.67	0.058	1.16	0.11	0.03	0.64	0.08	5.12	1.84	0.75	5.87	12.77	71.04
39	30	80 – 100	4.1	0.3	0.026	0.52	0.05	0.03	0.4	0.24	2.56	1.52	0.67	3.23	20.74	69.4
40	34	0 – 20	3.7	2.8	0.241	4.83	0.08	0.17	0.72	0.48	16.72	3.24	1.37	18.09	7.57	70.28
41	34	40 – 60	3.6	0.41	0.035	0.71	0.04	0.07	0.4	0.24	10.08	2.16	0.71	10.79	6.58	75.26
42	34	80 – 100	3.8	0.67	4.058	1.16	0.04	0.07	0.72	0.48	4.48	2.6	1.27	5.75	22.08	67.18
43	42	0 – 20	3.5	2.3	0.198	3.96	0.08	0.08	0.56	0.24	13.52	3.68	0.88	14.4	6.11	80.7
44	42	40 – 60	3.9	0.25	0.022	0.44	0.05	0.06	0.32	0.24	8.64	2.16	0.62	9.26	6.69	77.69
45	42	80 – 100	3.9	0.69	6.06	1.2	0.05	0.1	0.4	0.32	7.12	1.68	0.82	7.94	10.32	67.2
46	45	0 – 20	3.6	1.77	0.153	3.06	0.08	0.1	0.64	0.32	7.76	3.2	1.06	8.82	12.01	75.11
47	45	40 – 60	3.9	0.61	0.52	1.05	0.04	0.06	0.48	0.24	6.88	2.4	0.78	7.66	10.18	75.47
48	45	80 – 100	4.1	0.45	0.039	0.78	0.05	0.06	0.56	0.16	3.28	1.52	0.79	4.06	19.21	66.08
49	61	0 – 20	3.4	1.35	0.117	2.34	0.1	0.1	0.48	0.4	11.28	3.84	0.98	12.26	7.99	79.66
50	61	40 – 60	3.9	0.31	0.027	0.55	0.04	0.07	0.48	0.16	6.4	2.64	0.71	7.11	9.98	78.8
51	61	80 – 100	3.9	0.28	0.024	0.48	0.05	0.06	0.4	0.16	5.2	2.16	0.62	5.82	10.65	77.69
52	69	0 – 20	3.4	1.97	0.169	3.39	0.1	0.08	0.64	0.24	15.44	4.16	0.96	16.4	5.85	81.25
53	69	40 – 60	3.8	0.39	0.033	0.67	0.02	0.07	0.56	0.08	6.16	2.8	0.71	6.87	10.3	79.77
54	69	80 – 100	3.8	0.29	0.025	0.5	0.02	0.1	0.4	0.24	5.04	2.16	0.74	5.78	12.5	74.48
55	103	0 – 20	3.4	1.55	0.134	2.68	0.04	0.08	0.48	0.32	11.04	4.4	0.88	11.92	7.38	83.33
56	103	40 – 60	3.8	0.57	0.049	0.99	0.02	0.06	0.56	0.08	5.36	2.56	0.7	6.06	11.55	78.52
57	103	80 – 100	3.9	0.28	0.024	0.48	0.01	0.05	0.48	0.08	4.4	1.84	0.61	5.01	12.17	75.1
58	119	0 – 20	3.4	1.56	0.135	2.7	0.06	0.11	0.64	0.08	10.56	4.24	0.83	11.19	7.28	83.62
59	119	40 – 60	3.7	0.55	0.047	0.95	0.02	0.06	0.56	0.08	5.44	1.92	0.7	6.14	11.4	73.28
60	119	80 – 100	3.9	0.23	0.02	0.4	0.01	0.05	0.4	0.32	3.68	1.76	0.77	4.45	17.3	69.56

Tabela 5: Análises químicas das amostras de 31 a 60 realizadas por Struffaldi-De-Vuono (1985).

Análise			Composição granulométrica					Densidade		Classificação textural	
Granulométrica (%)			Areia Grossa	Areia Fina	Argila	Limo	cascalho	aparente	real	Classe	Sub-classe
amostra	ponto	Profundidade (cm)									
1	5	0 – 20	32.7	22.8	42.1	2.5	13.7	1.05	2.44	argilosos	argiloso
2	5	40 – 60	27.1	27.4	41.1	4.5	12	1.13	2.5	argilosos	argiloso
3	5	80 – 100	26.8	25	45.8	2.4	13.8	1.16	2.67	argilosos	argiloso
4	10	0 – 20	26.8	29	41.4	2.8	9.2	1.01	2.3	argilosos	argiloso
5	10	40 – 60	30.3	24.3	42.4	3.1	8.8	1.12	2.35	argilosos	argiloso
6	10	80 – 100	30.2	20.5	46.2	3.1	12.9	1.14	2.47	argilosos	argiloso
7	21	0 – 20	25.9	31.2	38.8	4.2	10.9	1.02	2.33	barrentos	barrento
8	21	40 – 60	24.8	25.8	45.4	4	9.9	1.1	2.41	argilosos	argiloso
9	21	80 – 100	30.6	23.6	37.9	7.9	13.3	1.17	2.53	barrentos	barrento
10	27	0 – 20	32	26.2	37.4	4.4	13.5	1.05	2.41	barrentos	barrento
11	27	40 – 60	32.1	19.5	43.7	4.7	14.2	1.19	2.56	argilosos	argiloso
12	27	80 – 100	26.8	25.6	44.6	3	25.2	1.17	2.56	argilosos	argiloso
13	42	0 – 20	22.5	26.8	44.5	6.2	15.3	1.08	2.41	argilosos	argiloso
14	42	40 – 60	33	20.2	40	6.8	13.6	1.12	2.63	argilosos	argiloso
15	42	80 – 100	25.7	32.1	36.7	5.4	30.1	1.25	2.63	barrentos	barrento
16	57	0 – 20	29.9	28.1	39.4	2.5	9.2	1.11	2.33	barrentos	barrento
17	57	40 – 60	37.5	21.8	34.2	6.5	4.9	1.18	2.6	barrentos	barrento
18	57	80 – 100	34.3	23.3	40.4	2	24.8	1.26	2.53	argilosos	argiloso
19	73	0 – 20	28.4	23.4	40.1	8	13.1	1.04	2.38	argilosos	argiloso
20	73	40 – 60	22.7	30.6	36.7	10	26.8	1.09	2.5	barrentos	barrento
21	73	80 – 100	22.4	46.8	27.6	3.2	15.3	1.08	2.63	barrentos	fino areno argiloso
22	95	0 – 20	34.2	24.4	34.5	6.9	14.8	1.06	2.53	barrentos	barrento
23	95	40 – 60	31.1	38.7	28.8	1.4	27.4	1.12	2.53	barrentos	barrento
24	95	80 – 100	28.8	44	24.8	2.4	25.9	1.08	2.7	limo areno barrentos	areno barrento
25	99	0 – 20	29.5	45.5	23.7	1.3	16.4	1.04	2.53	limo areno barrentos	areno barrento
26	99	40 – 60	31.2	41.1	24	3.7	55.5	1.19	3.07	limo areno barrentos	areno barrento
27	99	80 – 100	27.5	56.4	14.2	1.9	11.1	1.13	2.74	limo areno barrentos	fino areno barrento
28	120	0 – 20	30.5	43	24.7	1.8	11.9	1.03	2.53	limo areno barrentos	areno barrento
29	120	40 – 60	25.6	51.3	20.4	2.7	15.4	1.09	2.7	limo areno barrentos	fino areno barrento
30	120	80 – 100	21.8	53.8	22.4	2	15.4	1.09	2.63	limo areno barrentos	fino areno barrento

Tabela 6: Análises granulométricas das amostras de 1 a 30 realizadas por Struffaldi-De-Vuono (1985).

Análise Granulométrica (%)			Composição granulométrica					Densidade		Classificação textural	
amostra	ponto	Profundidade (cm)	Areia Grossa	Areia Fina	Argila	Limo	cascalho	aparente	real	Classe	Sub-classe
31	2	0 – 20	22.5	47.3	28.3	1.9	7.6	1.16	2.38	barrentos	barrento
32	2	40 – 60	25.5	47.1	26.2	1.7	13.8	1.18	2.7	barrentos	barrento
33	2	80 – 100	19.8	47.5	31.7	1	27.7	1.2	2.67	barrentos	barrento
34	23	0 – 20	24.8	33.2	37.5	4.4	30.5	1.01	2.62	barrentos	barrento
35	23	40 – 60	23.7	45.1	29.4	1.9	9.9	1.2	2.6	barrentos	barrento
36	23	80 – 100	25.7	49.8	22.2	2.3	8	0.99	2.5	limo areno barrentos	fino areno barrento
37	30	0 – 20	17.9	50.9	29.3	2	10.4	1.15	2.56	barrentos	fino areno barrento
38	30	40 – 60	24.4	53.2	19.9	2.4	10.5	1.14	2.7	limo areno barrentos	fino areno barrento
39	30	80 – 100	23.9	59.3	16	0.8	10	1.16	2.74	limo areno barrentos	fino areno barrento
40	34	0 – 20	33.9	34.1	29.9	2.1	10	1.05	2.47	barrentos	barrento
41	34	40 – 60	28.3	38.5	32.2	0.9	10.4	0.96	2.67	barrentos	barrento
42	34	80 – 100	28	35.7	32.1	5.1	15.9	0.99	2.44	barrentos	barrento
43	42	0 – 20	32	26	34.1	7.8	17.5	1.01	2.5	barrentos	barrento
44	42	40 – 60	29.2	39.7	31.1	0.1	9.5	1.16	2.67	barrentos	barrento
45	42	80 – 100	31.7	52	15.9	0.4	15.2	1.07	2.7	limo areno barrentos	fino areno barrento
46	45	0 – 20	30.9	47.4	21	0.7	14.7	1.08	2.53	limo areno barrentos	areno barrento
47	45	40 – 60	25.9	35.8	32.3	6	9.1	1.18	2.7	barrentos	barrento
48	45	80 – 100	25.2	41.1	32.6	1.1	11.2	1.22	2.63	barrentos	barrento
49	61	0 – 20	37.6	29	30	3.3	22.8	1.16	2.7	barrentos	barrento
50	61	40 – 60	31.2	21.5	43.6	3.6	21.1	1.13	2.7	argilosos	argiloso
51	61	80 – 100	27.4	21.2	47.9	3.6	11.5	1.27	2.53	argilosos	argiloso
52	69	0 – 20	32.6	29.7	35.8	1.9	24	1.05	2.5	barrentos	barrento
53	69	40 – 60	27.4	34	37.9	0.7	21.6	1.28	2.63	barrentos	barrento
54	69	80 – 100	30.7	25.8	38.2	5	21.1	1.17	2.67	barrentos	barrento
55	103	0 – 20	29.8	32.8	31.1	6.4	22	0.92	2.52	barrentos	barrento
56	103	40 – 60	22.6	25.2	37.3	14.9	19.6	1.05	2.49	barrentos	barrento
57	103	80 – 100	18.6	39.7	37.6	4.1	43	1.12	2.49	barrentos	barrento
58	119	0 – 20	27.7	27	36.3	9	17.2	1	2.44	barrentos	barrento
59	119	40 – 60	27.1	31.3	40.5	1.1	17.2	1.66	2.6	argilosos	argiloso
60	119	80 – 100	24.9	41.1	32.3	1.7	0	1.13	2.63	barrentos	barrento

Tabela 7: Análises granulométricas das amostras de 31 a 60 realizadas por Struffaldi-De-Vuono (1985).

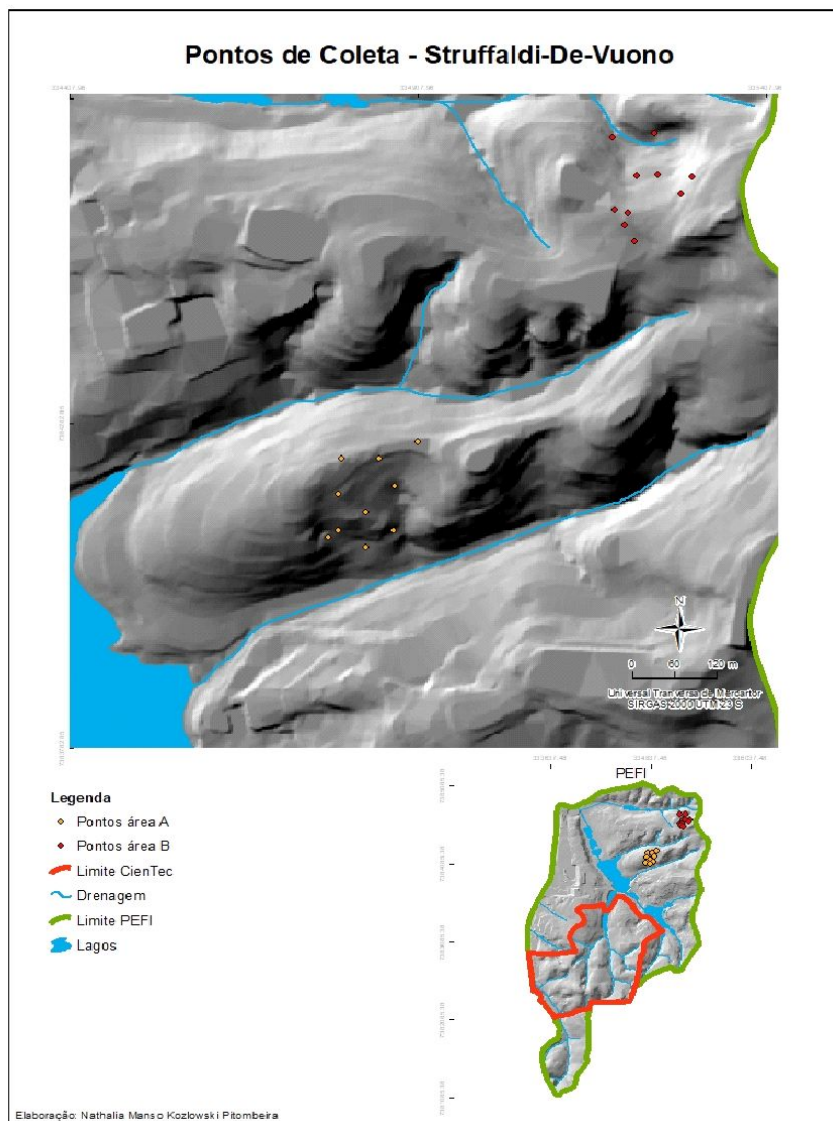


Figura 14: Pontos de Coleta de Struffaldi-De-Vuono (1985). Adaptado de Struffaldi-De-Vuono (1985)

Dentre as pesquisas que realizaram coletas e análises sobre os solos encontrados na área do PEFI o trabalho de Forti (2000) é o que contém mais informações sobre como o relevo é atuante e diferencial. Em sua pesquisa a autora apresenta o estudo de uma topossequência realizada na área do Parque CienTec (Figura 15).

Essa topossequência possui 321 m de comprimento, parte de um topo plano, que é limitado por uma leve ruptura de declive. A partir dessa ruptura a vertente apresenta um segmento convexo, que é logo seguido por um segmento côncavo, local onde se inicia a planície fluvial. Ela ilustra como os diferentes segmentos de uma vertente dentro do parque confere características ao solo e para a sua realização a autora, através das

análises dos mapas topográficos, selecionou a vertente que apresentou a maior distância entre o interflúvio e o canal. Todo o local se encontra coberto por vegetação remanescente da Mata Atlântica.

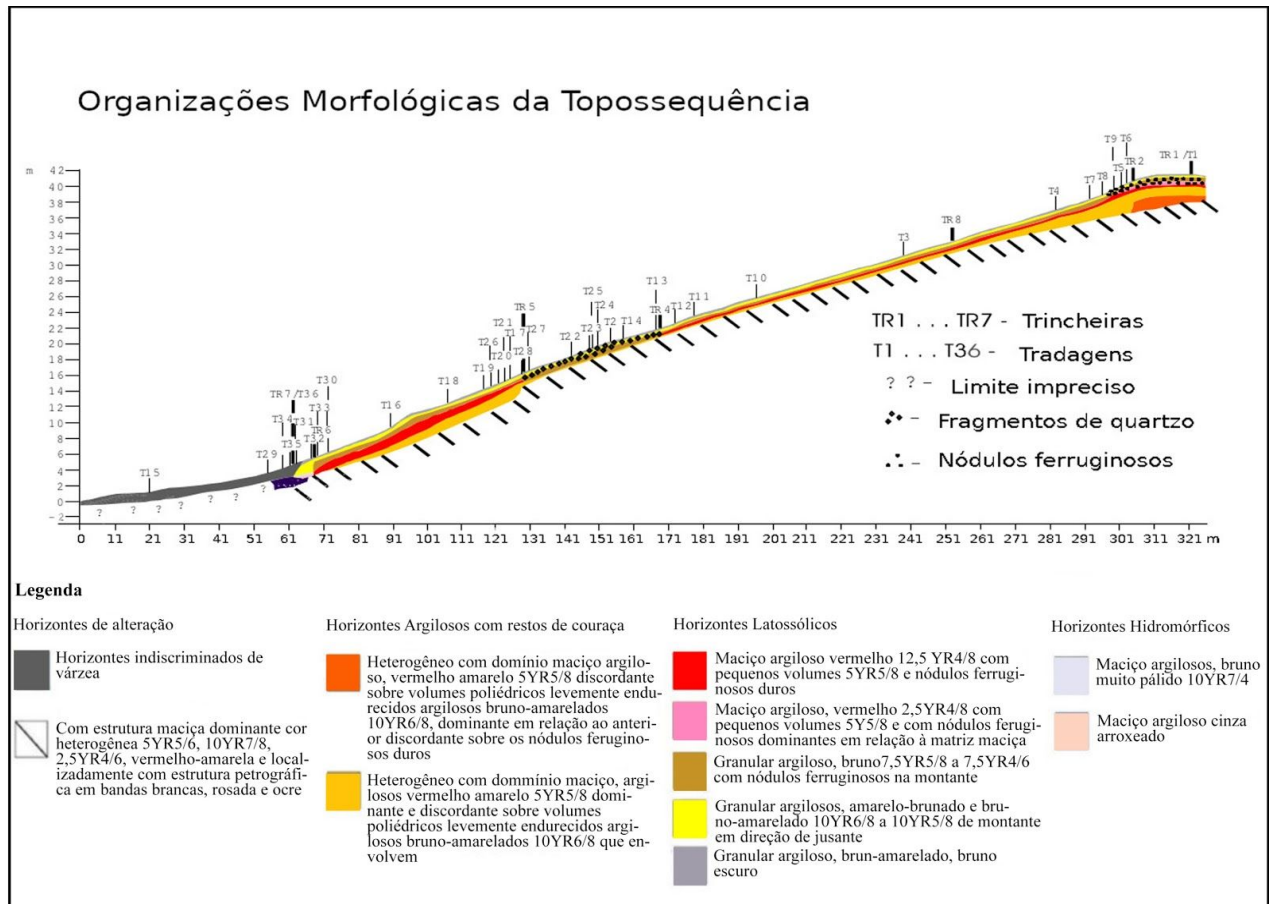


Figura 15: Topossequência estudada por Forti(2000). Fonte: Forti(2000)

Forti (2000) divide essa topossequência em 3 setores: montante, jusante e planície fluvial. Por sua vez, os setores montante e jusante foram subdivididos em subsetores ficando a divisão montante abrigando os subsetores topo/alta vertente e alta/média vertente e jusante comportando os setores terço superior da baixa vertente, terço médio/ inferior da baixa vertente e terço inferior da baixa vertente.

O setor da montante é recoberto por um solo mais profundo, que conta com a presença de horizontes argilosos, maciços de coloração vermelho-amarelados sobre o horizonte de alteração. Esse horizonte mais argilosos são seguidos por um conjunto de horizontes latossólicos, sendo que os mais superficiais apresentam uma coloração mais

escurecida, por causa da presença da matéria orgânica.

O subsetor topo/alta vertente possui uma expressiva presença de nódulos, sendo que no conjunto de horizontes vermelho-amarelados esses nódulos estão dentro de uma matriz bruno-amarelada (10YR6/8) levemente endurecida e discordante sobre os nódulos. No horizonte superior os nódulos além de reliquiaes, são predominantes brunos com diferentes fases justapostas (Forti, 2000). Mais próximo do horizonte de alteração existe um conjunto de horizontes também vermelho-amarelados, argilosos, maciços onde os nódulos bruno-amarelados tendem a desaparecer. Essa matriz é cortada por uma fase avermelhada que constitui um conjunto de horizontes avermelhados, argilosos, maciços e compactos que onde são encontrados nódulos ferruginosos com diâmetros reduzido. Esse conjunto avermelhado, gradativamente se diferenciam em horizontes latossólicos de superfície que abrigam uma abundância de nódulos e fragmentos de couraça ferruginosa.

Para o subsetor alta vertente/média vertente Forti (2000), apresenta algumas diferenças com o subsetor anterior. Aqui a matriz bruno amarelada, levemente endurecida praticamente desapareceu e predomina a fase vermelho-amarelada (5YR5/6). Os nódulos se encontram liberados, sublinhando o contato com o horizonte superior. Para a autora essa diferenciação significa que esses processos acontecem tanto verticalmente no perfil quanto lateralmente na topossequência, o que indica que desenvolvimento da cobertura se dá partir de um material autóctone. A fase vermelho-amarelada (5YR5/6) transiciona gradualmente para um horizonte de coloração bruno-escura (7,5YR4/6), de textura argilosa, maciço e compacto, que difere do conjunto de horizontes avermelhados, argilosos, maciços compactos encontrados no subsetor topo/alta vertente. A transição desse horizonte bruno para os horizontes mais superficiais se dá pelo gradual amarelecimento da cor e a mudança da estrutura maciça para granular. Nesse subsetor, diferente do anterior, não mais se observa os nódulos ferruginosos e os fragmentos de couraça em abundância.

O setor da jusante apresenta subsetores bem diferentes entre si. O subsetor terço superior da baixa vertente não apresenta o conjunto de horizontes argilosos com resquícios de couraça, sendo que os horizontes latossólicos se encontram logo acima dos horizontes de alteração, que diferente dos subsetores da montante, aqui esse

material de alteração se apresenta muito quartzoso. Assentado sobre esse horizonte de alteração encontra-se um horizonte bruno escuro, com nódulos semelhantes aos presentes na alta vertente/média vertente. Acima desse horizonte bruno escuro existe um nível pedregoso, abundante em quartzo e com poucos nódulos, e sobrejacente a esse nível quartzoso se encontra os horizontes mais superficiais granulares, de textura argilo-siltosa e empretecidos. Sobre esse subsetor Forti (2000) sugere duas hipóteses, não excludentes entre si, sobre a presença do nível pedregoso abundante em quartzo e com poucos nódulos. A primeira seria que existe uma descontinuidade erosiva na vertente e a segunda seria uma presença de uma fase mais quartzosa do material de origem.

No subsetor médio/inferior da baixa vertente, Forti (2000) descreve não encontrar mais a presença do nível pedregoso quartzoso. Segundo a autora, esse subsetor se parece bastante com o subsetor da alta vertente/média vertente, sendo a diferença mais marcante o horizonte de alteração, que se parece com o subsetor do terço superior da baixa vertente, com a presença de quartzo e de minerais micáceos. Desse horizonte de alteração passa-se para a dois horizontes argilosos, maciços vermelho-amarelado 5YR5/8 e vermelho 2,5YR5/8 a 4/8 que lembram os encontrados a montante. O que os diferem dos encontrados na alta/média vertente são a ausência da fase poliédrica bruno amarelada (10YR6/8) no horizonte vermelho-amarelado e a presença de uma fração arenosa, quartzosa e grosseira no horizonte vermelho. Acima desses horizontes, assenta-se a sequência de horizontes latossólicos, granulares, de textura argilo-siltosa e mais escurecidos pela matéria orgânica.

Para o subsetor terço inferior da baixa vertente a autora descreve que passa-se de um horizonte de alteração para um horizonte bruno-muito-pálido (10YR7/3 a 7/2) sobre o qual se assentam horizontes da sequência latossólica. Forti (2000) destaca a presença de traços de hidromorfia nos horizontes de alteração e no horizonte bruno-muito-pálido. Outra característica descrita por Forti (2000) é a presença de fragmentos de couraça no horizonte bruno-muito-pálido que a autora julga que a sua presença se deva por se tratar de um material alóctone.

O setor da planície fluvial não foi dividido em subsetores e o perfil estudado por Forti (2000) foi de uma trincheira na transição entre o terço inferior da baixa vertente e os

depósitos aluviais de planície fluvial. A autora descreve o horizonte mais profundo como sendo homogêneo, bruno-avermelhado-empretecido (5YR3/2), argiloso, maciço e pouco poroso, a autora destaca que a coloração desse horizonte sugere que este sofreu a influência da presença da matéria orgânica, e que por esse horizonte mergulhar sob sedimentos aluviais, o mais provável é que sua origem esteja relacionada com eventos deposicionais de planície fluvial. Acima desse horizonte foi encontrado um horizonte também homogêneo de cor rosa (7,5YR3/4), argiloso, maciço que se desfaz em granular e possui túbulos de atividade biológica. Sobrejacente a esse horizonte rosa, encontra-se os horizontes latossólicos granulares semelhantes aos encontrados no terço inferior da baixa vertente. Segundo Forti (2000), a presença do horizonte rosa acima daquele bruno-avermelhado-empretecido indica que a planície fluvial já foi mais extensa do que é atualmente. Segundo a autora, essas evidências demonstram que a partir do terço inferior da baixa vertente as diferenciações dos horizontes se deu sobre materiais alóctones com provável origem em setores cimeiros da vertente e chegou até ali por erosão.

A topossequência e as análises realizadas por Forti (2000), revelam que os solos possuem características diferentes dependendo da posição na vertente em que se encontram. A existência dessa variação se deve a uma sequência de eventos que aconteceram na vertente e para sua explicação, Forti (2000) traz uma análise cronológica do que pode ter acontecido com a vertente.

Em um primeiro momento, uma couraça ferruginosa laterítica parece ter ocupado maior extensão da encosta e ter sido mais espessa que é seguida por uma fase erosiva mecânica que parece ter sido responsável por desmontar a couraça e por último, uma fase latossolizante é responsável tanto por pedogeinizar os materiais depositados ao longo da encosta quanto transformar os resquícios da antiga couraça.

Essas sequências de eventos se expressam de forma diferente em cada setor da vertente em parte por causa de características do próprio setor. O setor da montante preservou mais características que entregam mais pistas sobre a dimensão da couraça por ser um setor não tão declivoso e portanto um dos mais estáveis da vertente. O setor da jusante é um setor que apresenta maior instabilidade, sendo assim um setor mais suscetível a eventos erosivos. A partir do contato do terço inferior da baixa vertente com

a planície fluvial, temos um ambiente deposicional, que recebe materiais dos outros setores da encosta.

Forti (2000) também submeteu suas amostras coletadas no CienTec a análises químicas, e seus resultados podem ser encontrados na tabela X.

Análises Químicas Amostras	Profundidade (cm)	p.H.			M.O. g.kg	P mg.kg -1	Na	K	Ca	Mg	Al	H + Al	SB	T	V m (%)	
		H2O	KCL	CaCl 2												
TR1	9-18	3.9	3.8	3.7	43	2	0.5	0.7	1	1	34	100	3.2	103.2	3	91
TR1	34-62	4	3.9	3.9	20	1	0.4	0.3	1	1	25	69	2.7	71.7	4	90
TR1	62-83	4	4	3.9	13	1	0.3	0.3	1	1	19	54	2.6	56.6	5	88
TR4	17-32	3.8	3.5	3.5	33	4	0.9	1.1	1	1	38	108	4	112	4	90
TR4	53-91	4.1	3.9	3.9	10	1	0.4	1	1	1	20	43	3.4	46.4	7	85
TR4	91-150	4.1	3.9	3.9	8	1	0.3	0.4	1	1	17	30	2.7	32.7	8	86
TR5	22-48	4	3.7	3.6	49	3	0.8	1	1	1	40	124	3.8	127.8	3	91
TR5	63-75	3.9	3.9	3.8	18	2	0.6	0.6	1	1	21	60	3.2	63.2	5	87
TR5	75-82	4	3.9	3.9	10	2	0.5	0.4	1	1	22	49	2.9	51.9	6	88
TR6	0-16	4	3.7	3.6	43	8	0.6	1.3	3	2	29	98	6.9	104.9	7	81
TR6	34-80	4.2	3.9	3.9	18	1	0.2	0.4	2	1	20	54	3.6	57.6	6	85

Tabela 6 do anexo: Análises químicas de amostras das trincheiras da topossequência realizada por Forti (2000).

Essas valores revelam que os solos ali encontrados são fortemente ácidos, com níveis tóxicos de alumínio e características potenciais para fixação de fósforo. Esses resultados indicam que capacidade de troca catiônica (CTC) é dependente da matéria orgânica produzida pela biomassa da própria floresta, o que reforça a importância da produção da serrapilheira discutida por Moraes (2002).

Com base em suas análises e observações aqui citadas, as autoras afirmam que as classes de solos encontradas são Gleissolos, Cambissolos e Latossolos Vermelho-Amarelo. As características desses solos são:

Latossolo Vermelho-Amarelo: Os Latossolos são solos constituídos por material mineral, possuem um horizonte B latossólico precedido de qualquer tipo de horizonte A dentro de 200 cm a partir da superfície do solo ou dentro de 300 cm se o horizonte A apresenta mais que 150 cm de espessura (SIBICS, 2018). São solos minerais, não hidromórficos de sequência de horizontes A-Bw-C, sendo sua aparência bem

individualizada por causa da distinção de cor, principalmente entre os horizontes A e B (Oliveira, 1992). Sua principal característica diagnóstica. é a presença de um horizonte B latossólico constituído de principalmente de minerais altamente intemperizados e comumente apresentam neste horizonte a estrutura granular de aspecto maciça in situ associada à estrutura moderadamente desenvolvida em blocos subangulares. São solos normalmente porosos, mesmo aqueles que possuem teores elevados de argila. A textura varia bastante, já foram encontrados teores de argila desde os 15% até mais de 80% (Oliveira, 1992). O Latossolo Vermelho-Amarelo compreende solos de cores vermelho-amareladas, com matizes da ordem de 2,5YR a 7,5YR e que possuem sesquióxido de ferro (Fe_2O_3) entre 7 e 11% (Palmieri & Larach, 2016). Pode acontecer de em uma mesma vertente, por causa de condições diferenciadas de drenagem interna, ocorrer colorações variadas, tendendo a para matizes menos avermelhadas aqueles latossolos vermelho-amarelo que possuem drenagem interna mais restringida (Oliveira, 1992). A posição do solo na vertente pode interferir na concentração de goethita e hematita, sendo que quanto maior o teor de hematita, mais avermelhada é a coloração. Há registros da ocorrência de Latossolos Vermelho-Amarelo concrecionários, apresentando quantidades significativas de nódulos e/ou concreções, possuindo teores consideráveis de fração grosseira (0,2 cm – 2 cm)(Oliveira, 1992). Quanto a ocorrência destes solos, destaca-se que podem ser encontrados em vários domínios morfoestruturais e unidades de relevo (Palmieri & Larach, 2016). Porém, são mais associados a superfícies velhas e estáveis da paisagem, onde se desenvolvem sobre a cobertura de cimeira, ocorre também ocasionalmente, em relevos um pouco mais acidentados, como o sudeste de Minas Gerais, Sul do Espírito Santo, Norte do Rio de Janeiro, Leste de São Paulo e de Santa Catarina (Oliveira, 1992).

Cambissolo: São solos minerais não hidromórficos, que possuem drenagem que varia de acentuada a imperfeita. Esses solos podem ser rasos ou profundos, e possuem a sequência de horizonte A-Bi-C, sendo que o horizonte B incipiente pode se encontrar subjacente a qualquer tipo de horizonte superficial (exceto hístico com 40 cm ou mais de espessura) ou horizonte A chernozêmico quando o B incipiente apresentar argila de atividade alta e elevada saturação por bases. Plintita e/ou petroplintita, horizonte glei ou horizonte vértico, podem até estar presentes, mas não chegam a satisfazer os requisitos

para serem classificados como Plintossolos, Gleissolos ou Vertissolos (SIBCS, 2018). O Bi não apresenta argila de alta atividade nem cores escuras, pois estes são atributos que caracterizam outro tipo de solo. Este solo varia bastante suas características, seu horizonte B possui uma variedade bem diversa de cores, sendo mais frequentes as tonalidades amareladas e brunadas, nos matizes entre 5 e 10 YR, sua textura varia de franco-arenosa até muito argilosa, com tendência de apresentar teores de silte muito elevados e quando são derivados de rochas como gnaisses, granitos, migmatitos, xistos e filitos é recorrente a presença de minerais primários facilmente intemperizáveis. Quando são resultantes de algum tipo de rocha que se decompõe com mais facilidade, os minerais primários podem não estar presentes, porém o horizonte Bi deve guardar características que denunciem que se trata de um horizonte e mesmo de um solo pouco evoluído (Oliveira, 1992). Diversas paisagens apresentam esse solo sobre sua superfície e uma de suas características é a ocorrência descontínua, pois se deriva de diversos materiais de origem sob variadas condições climáticas (Oliveira, 1992). Quase todas as unidades de relevo apresentam cambissolos, porém são mais facilmente encontrados em superfícies topográficas fortemente onduladas ou montanhosas (Palmieri & Larach, 2016). Sendo os Cambissolos solos resultantes das mais diversas condições ambientais são encontrados cambissolos álicos, distróficos, eutróficos, carbonáticos, de textura média até textura muito argilosa, desde muito até imperfeitamente drenados, rasos, pouco profundos, profundos e podem apresentar atividade de argila desde muito baixa até muito alta, apresentam ainda coloração muito diversa e a diferenciação dos horizontes é em geral não muito acentuada (Oliveira, 1992).

Gleissolos: Esses solos são solos constituídos por material mineral com horizonte glei iniciando-se dentro dos primeiros 50 cm a partir da superfície do solo. Pode apresentar também profundidade maior que 50 cm e menor ou igual a 150 cm desde que imediatamente abaixo de horizonte A ou E ou de horizonte hístico com espessura insuficiente para poder ser classificado como Organossolo. Não apresentam horizonte vértico em posição diagnóstica para Vertissolos nem textura exclusivamente areia ou areia franca em todos os horizontes até a profundidade de 150 cm a partir da superfície do solo ou até um contato lítico ou lítico fragmentário. Se houver a presença de horizonte plânico, horizonte plíntico, horizonte concrecionário ou mesmo um horizonte litoplíntico,

devem estar à profundidade superior a 200 cm a partir da superfície do solo (SIBCS, 2018). Esses solos apresentam horizonte A superficial de cor enegrecida e elevado teor de matéria orgânica. A partir da base do horizonte A ou H, os horizontes apresentam cores acinzentadas, com mosqueados amarelados e avermelhados causados pelos processos de oxi-redução devido às oscilações do lençol freático. Quanto sua ocorrência, costumam a compreender domínios de planícies fluviais e fluviolacustres e distribuem-se sob diversas condições de clima (Palmieri & Larach, 2016).

A declividade é considerada um dos mais importantes atributos topográficos primários que condicionam os processos pedogenéticos (Sirtoli et al, 2008), e quanto a esse parâmetro, o terreno do Parque CienTec contém desde áreas que possuem fraca declividade, como nos topos dos morros, até áreas onde as declividades são médias ou fortes, como os entre os topos e as redes de drenagem como se pode constatar o mapa de declividade. As áreas do parque que abriga as maiores declividades, estão associadas ao pré-Cambriano. (figura 16, mapa de declividade).

As de altitudes no Parque CienTec variam de 795 a 835 m. As menores altitudes estão localizadas em volta do lago e as maiores, a sudoeste. A variação altimétrica é pequena, sendo quase 50% da área apresenta altitude entre 783 e 803 m. As altitudes inferiores a 783 m representam 15% da área, enquanto que as superiores a 803 m representam cerca de 36%. (figura 17, mapa hipsométrico).

Ao analisar o mapa de declividade, mapa hipsométrico e o morfológico do PEFI, nota-se que a existência de áreas do parque que se assemelham em forma e declividade. Uma dessas áreas são os topos convexos e convexizados, que segundo o mapa hipsométrico, esses topos podem atingir altitudes superiores a 820 m. Foi em um desses locais de topos, que as tradagens e trincheiras Forti(2000), encontraram solos compatíveis com a descrição de Latossolo Vermelho-Amarelo. Ao longo da vertente, em áreas onde a declividade pode ir de fraca e algumas vezes a média, as descrições e análises também demonstraram a presença de um Latossolo Vermelho-Amarelo, porém menos profundo e sem a presença tão marcante dos nódulos ferruginosos.

Os locais onde a altitude está entre os 771 m e 800 m de altitude e com declividade entre média e forte, são áreas mais expostas à erosão e portanto menos estáveis. Nesses locais, o processo de transporte lateral de material e de água é mais

atuante, tanto na superfície quanto em subsuperfície, o que justifica o relato da ocorrência de solos menos espessos com a presença próxima à superfície de fração silte e a existência de minerais primários, sendo essas descrições compatíveis com a caracterização de um Cambissolos.

Nas áreas com altitude de até 770 m, próximas aos corpos d'água e com declividades que vão de fraca a muito fraca, é onde foi relatado a ocorrência solos com algumas características de hidromorfia, o que nos leva a crer na presença de Gleissolos nesses locais. Sendo assim, o mapa preliminar dos solos do parque seria o retratado na figura 18.

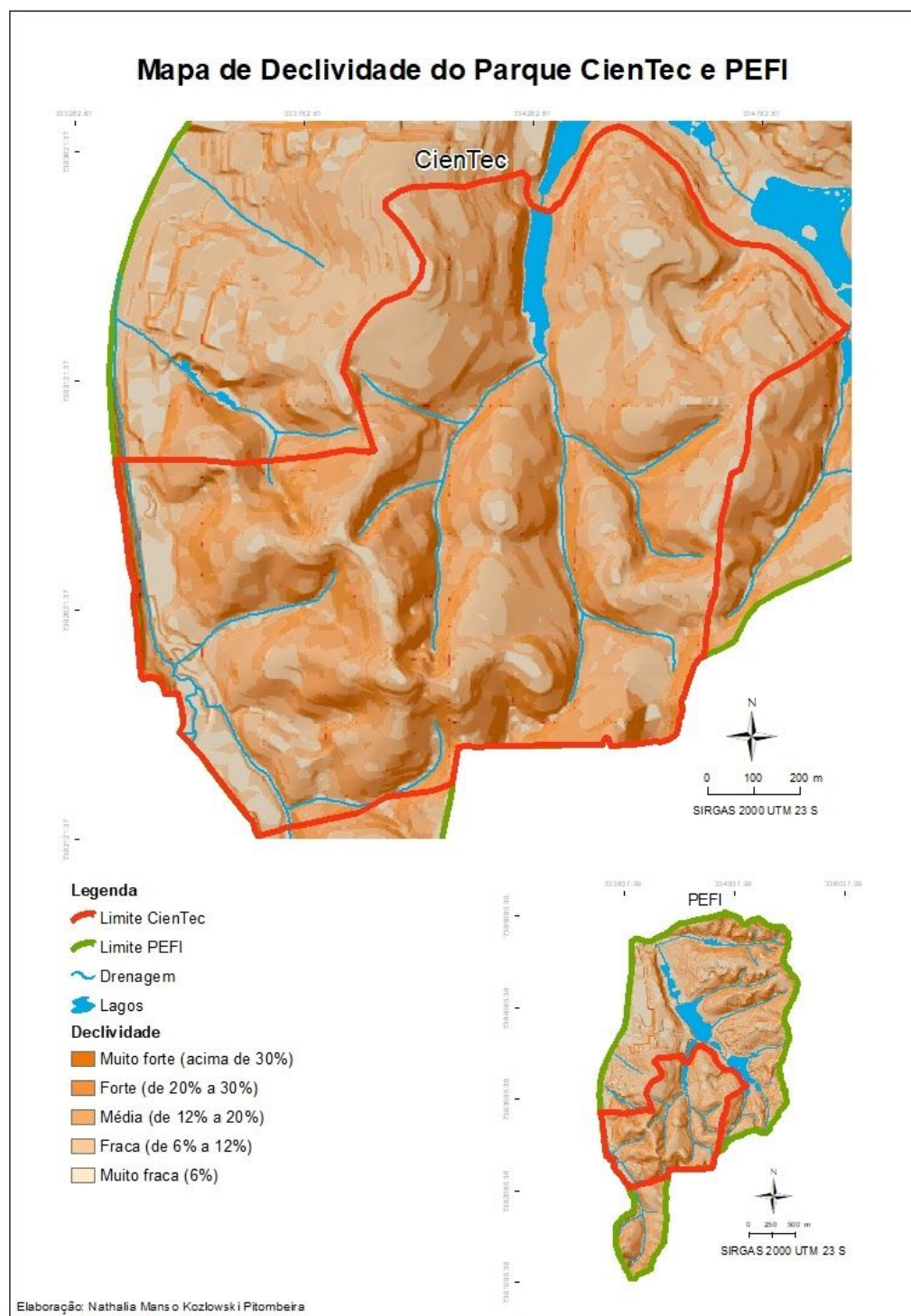


Figura 16: Mapa de declividade

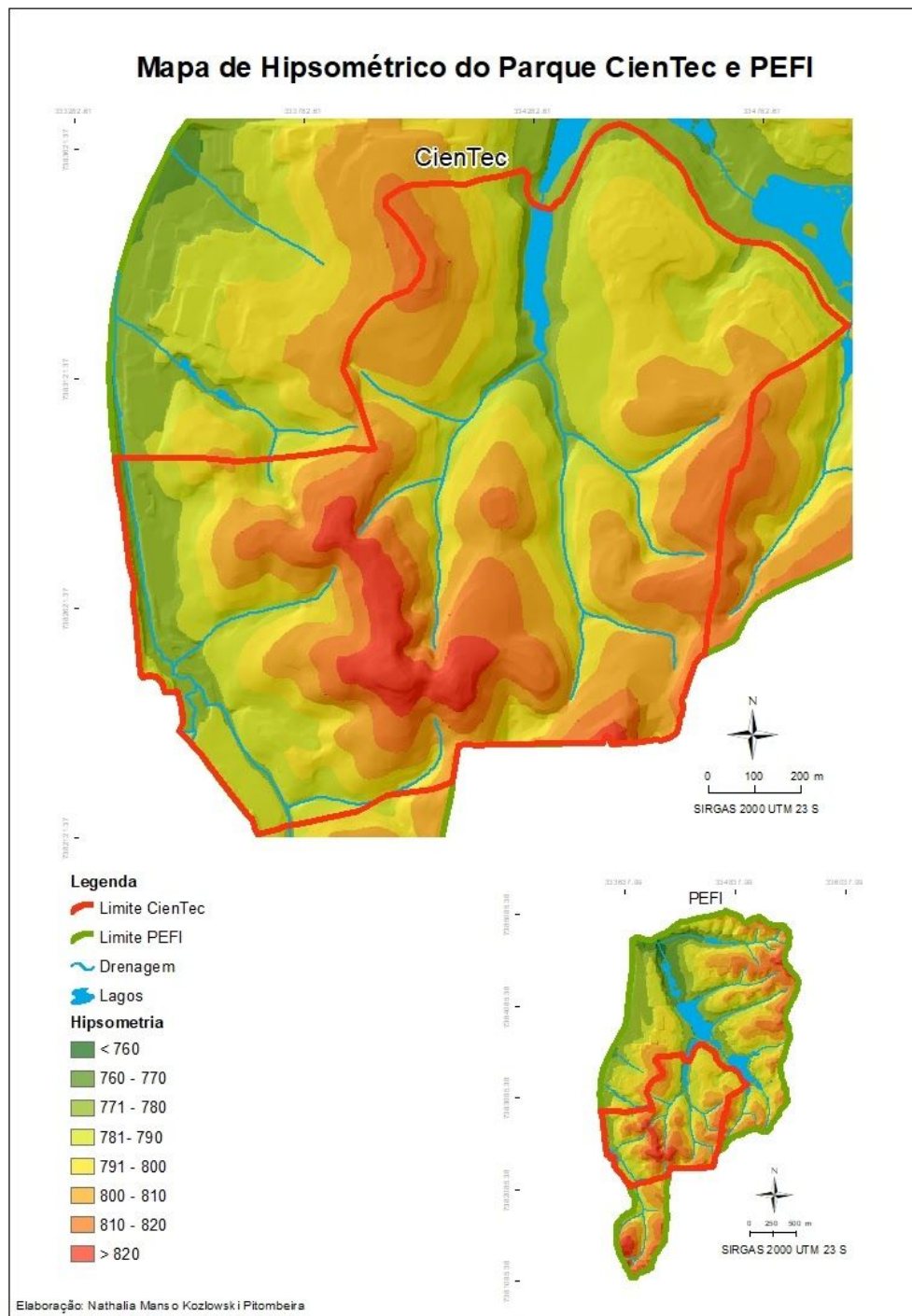


Figura 17: Mapa hipsométrico

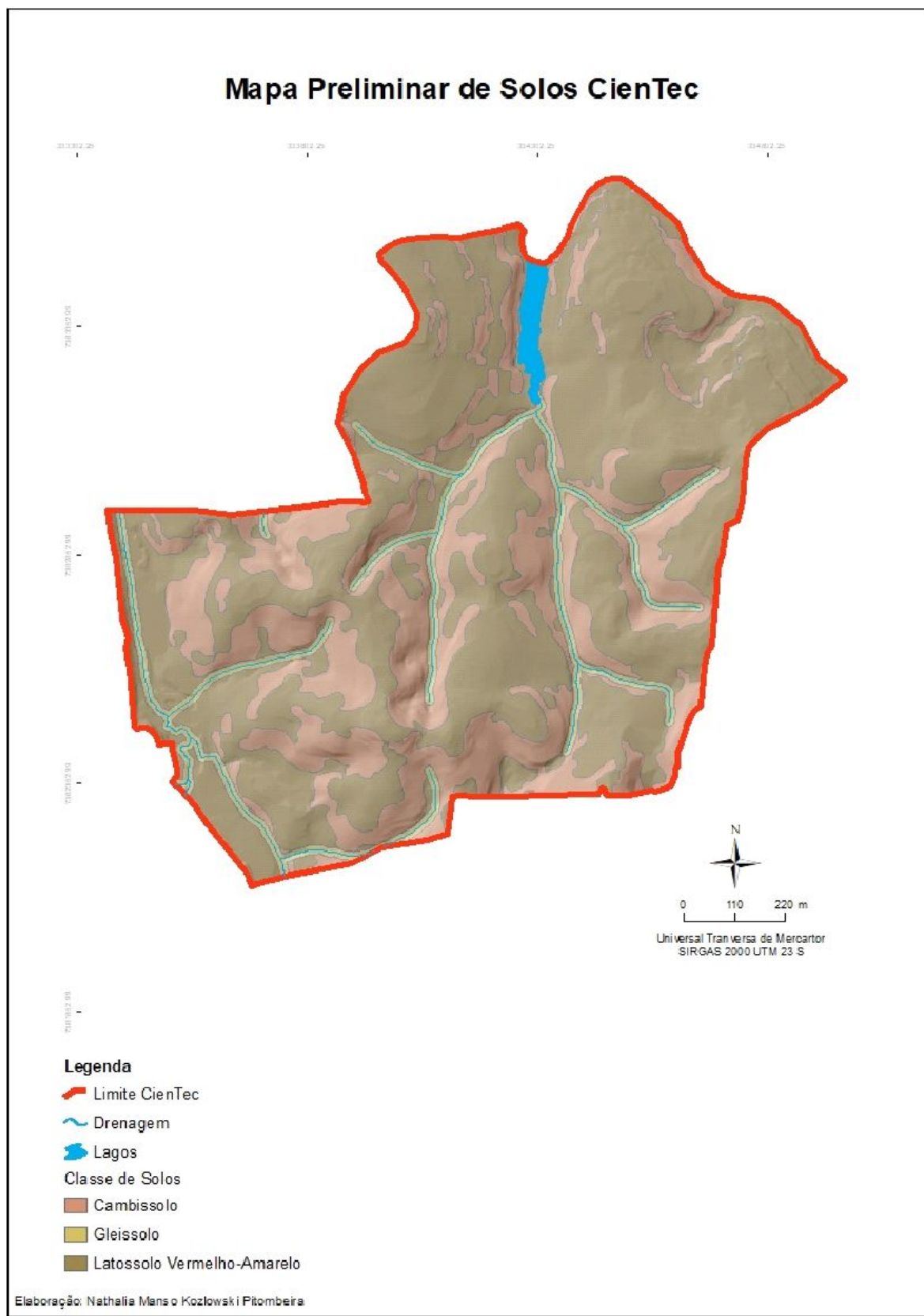


Figura 18: Mapa Preliminar de Solos do Parque CienTec

Estes solos se espacializam dessa forma devido principalmente a duas causas que estão mutuamente interligadas: O desenvolvimento da própria vertente e a pedogênese. Onde a vertente é mais estável e a pedogênese consegue ter um saldo positivo frente a erosão, principalmente relativa àquela promovida pelo escoamento superficial. Sendo assim, o material consegue se intemperizar, receber matéria orgânica e atividade biológica até adquirir características de Latossolo Vermelho-Amarelo. Na parte de encosta onde a vertente é mais instável, existe uma taxa de pedogênese que permite o desenvolvimento de um solo, porém existe uma taxa de erosão, que apesar de não ser tão expressiva a ponto de provocar a denudação da vertente, é suficiente para influenciar a acumulação de materiais que constituem os solos.

Um aspecto influenciado pela posição do solo no terreno que pode ser verificado na topossequência de Forti(2000) é a tendência dos solos que se encontram em superfícies mais suaves serem mais profundos que os solos localizados nos elementos mais íngremes da vertente, e isso se verifica até mesmo entre os solos que aparentam pertencer a mesma classe. Os solos que se desenvolvem nessas condições de maior declividade tendem a ser mais rasos devido a uma maior atuação da erosão via escoamento superficial e subsuperficial, que favorece a remoção do material pedogenizado. Forti(2000) encontra fortes indícios que na área do parque esses processos foram e são bem atuante, pois em alguns perfis temos horizontes mais profundos que ao serem comparados com horizontes de profundidade similar em perfis mais abaixo, nota-se uma transferência de materiais finos como argilas.

É importante ressaltar que não só a fase mineral do solo é influenciada pela posição que o solo se encontra no terreno. O teor de matéria orgânica também é influenciado por essa localização na vertente, sendo que ambientes com a altitude mais elevada (acima de 700 m), há o favorecimento da formação de um horizonte superficial mais espesso e com teores mais elevados de matéria orgânica devido a uma mineralização mais lenta desse material, enquanto um ambiente como o de uma planície de inundação, que por causa de um excesso de água e uma baixa oxigenação, favorece seu acúmulo, pois a sua decomposição acontece mais lentamente (Palmieri & Larach, 2016). Na área do parque, isso também parece ocorrer.

Os solos que se desenvolvem nas áreas de planície de inundação da rede de drenagem, são condicionados por duas características da sua posição na vertente e da declividade: a concentração de umidade e a concentração de sedimentos que foram removidos por erosão de compartimentos mais acima da vertente. Esses sedimentos ao chegar ao sopé colúvio-aluvial continuaram recebendo a atuação da pedogênese, porém agora em um ambiente que tende a redução. Esse ambiente redutor e favorável à concentração de materiais são responsáveis pela presença de horizontes de coloração enegrecida pelo acúmulo de matéria orgânica e de horizontes de coloração mais pálida.

A tabela abaixo sintetiza como ocorre a espacialização do solo de acordo com a sua posição na vertente e a declividade:

Setor da Vertente	Declividade	Solo Esperado	Altitude
Topo de Morro	muito fraca a média	Latassolo Vermelho-Amarelo	801m a 820 m
Encosta	média a muito alta	Cambissolo	771m a 800 m
Planície	muito fraca a fraca	Gleissolo	até 770 m

Tabela 7: Sintetização da espacialização dos solos no parque cientec

6 Conclusões

As características do local em que se encontra o PEFI como um todo são compatíveis com um meio estável, onde o terreno possui embasamento rochoso gnáissico ou sedimentar terciário muito antigos, que recebe há muito tempo a ação de um clima úmido, com verões quentes e chuvosos, o que permitiu o desenvolvimento de uma floresta tropical, que hoje se encontra em processo de regeneração e em diferentes estágios de conservação. Nesta realidade, se estabelece o ambiente propício para o desenvolvimento pedológico com a ocorrência de processos de perdas, como a lixiviação de ânions como Cl^- e de bases (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ e Na^+) ocorrendo a acumulação relativa de oxi-hidróxidos, como o de ferro e alumínio. A presença de um processo desencadeado pela ação do clima, que proporciona a lixiviação de bases e uma concentração de alumínio, explica a acidez encontrada nas análises e a baixa saturação por bases. A concentração de matéria orgânica se deve a uma própria dinâmica das florestas tropicais, que produzem grande quantidade de serrapilheira ao longo de todo o

ano que se acumula acima do solo e compondo assim um estoque de matéria orgânica. Essa matéria orgânica se decompõe e transforma-se em húmus que, através do processo de mineralização, libera nutrientes minerais (Lepsch, 2007).

Na área de estudo, todas as pesquisas que coletaram amostras de solos e as analisaram, trouxeram resultados que indicam que estes solos são similares. Mesmo quando a litologia é diferente, os solos apresentaram análises parecidas. O que indica que é que a ocorrência dos solos estão condicionadas pelos fatores, declividade, convexidade, posição relativa e litologia.

O papel de destaque da litologia no Parque se dá pois além de ser o material de origem e fornecer os minerais que compõem o solo, também está condicionando o relevo. A área do parque onde o embasamento é sedimentar terciário, possui menor concentração de áreas com declividades superiores a 20% e côncavas, o que provavelmente se reflete em uma menor ocorrência de Cambissolos e maior predominância de Latossolo Vermelho-Amarelo. Se esta inferência for verdadeira, a relação rocha-relevo-solo no Parque CienTec está fortemente presente.

Para a confirmação de tudo que foi apresentado aqui, seria necessário mais coletas de amostras e análises, mas esse estudo já contém uma boa indicação de como ocorre a espacialização dos solos no Parque CienTec.

7 Referências

BACCARO, C. A. D. Processos Erosivos no Domínio do Cerrado. In: GUERRA, Antonio Teixeira; DA SILVA, Antonio Soares; BOTELHO, Rosangela Garrido Machado. Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações. Bertrand Brasil, 1999.p.195-223.

CHRISTOFOLETTI, A. Geomorfologia. 2. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1980.

COLANGELO, Antonio Carlos. Os mecanismos de compensação e o equilíbrio de forças na dinâmica dos materiais de vertente. *Revista do Departamento de Geografia*, 1995, 9: 13-20.

COLTRINARI, L. Um exemplo de carta geomorfológica de detalhe: a carta do médio vale do Rio Parateí, SP (1: 25.000). *Revista do Departamento de Geografia*, 1982, 1: 55-63.

CUNHA, S.B. (orgs.). Geomorfologia e meio ambiente. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2016. p 59-122.

DANIELS, R. B.; GAMBLE, E. E.; CADY, J. G. The relation between geomorphology and soil morphology and genesis. In: *Advances in Agronomy*. Academic Press, 1971. p. 51-88.

ESPINDOLA, Carlos Roberto. A pedologia e a evolução das paisagens. *Revista do Instituto Geológico*, v. 31, n. 1-2, p. 67-92, 2010.

ESPINDOLA, Carlos Roberto. Prenúncios e evidências da evolução de um solo .Gênese e formação das formações superficiais nos trópicos, p. 135-154, 2013.

FERNANDES, Amélia João; REIS, Luiz Augusto Mota dos; CARVALHO, Adilson, M.C.; BICUDO, C.E.M. (orgs.). Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI): unidade de conservação que resiste à urbanização de São Paulo. São Paulo: Editora Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, 2002. p.51-62.

FORTI, Maria Cristina. Ciclos biogeoquímicos e transferência de espécies químicas nas interfaces de ecossistemas terrestres de Mata Atlântica: estudo de duas áreas contrastantes. Projeto FAPESP, v. 99, p. 05204-4, 2000.

GERRARD, A. J. Soil geomorphology. Springer Science & Business Media, 1992. p29-38

GERRARD, John. Fundamentals of soils. Routledge, 2000. capítulo 1 the nature of soil, 1 - 21

HALL, G. F.; OLSON, C. G. Predicting variability of soils from landscape models. Spatial variabilities of soils and landforms, 1991, spatial variable: 9-24.

HART, M. G. Modern pure geomorphology. In Geomorphology pure and applied. London, Allen & Unwin 1986 pp. 81-125.

HUGGETT, R. J. Soil landscape systems: a model of soil genesis. Geoderma, v. 13, n. 1, p. 1-22, 1975.

IBGE em Geociências, I. M. T. (2007). Manual técnico de pedologia. 2º edição. *Rio de Janeiro*.

IPPOLIT, G., et al. Uso de geoprocessamento para o levantamento preliminar de solos de uma microbacia da Zona da Mata (MG). Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2003, 11: 153-160.

KÄMPF, N.; CURI, N. Formação e evolução do solo (Pedogênese). Pedologia: fundamentos. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p. 207-302, 2012.

p.207-302.

LEPSCH, Igo F. 19 lições de pedologia. Oficina de textos, 2011.

LEPSCH, Igo F. Formação e conservação dos solos. Oficina de textos, 2007.

MANTOVANI, M. S. M.; MASSAMBANI, Oswaldo. Ciência e tecnologia no Parque. EdUSP, 2004.

OLIVEIRA, João Bertoldo. Pedologia aplicada. FEALQ [2005], 2005.

OLIVEIRA, J. B. (1992). Classes gerais de solos do Brasil: guia auxiliar para seu reconhecimento. FUNEP, 1992. 201 p.

PALMIERI, F., & LARACH, J. O. I. Pedologia e geomorfologia. In: GUERRA, A.J.T;

PERRELLA, Daniel Fernandes et al. A avifauna do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, um remanescente de mata atlântica imerso na área urbana de São Paulo, São Paulo. Ornithologia, v. 10, n. 1, p. 4-16, 2018.

PATUCCI, N. N. Estudo da pedofauna como bioindicadora de qualidade de solos em fragmentos florestais urbanos. 2015. 134p. Dissertação (Mestrado em Geografia Física) Departamento de Geografia – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

PIVELLO, V. R; PECCININI, A. A. A vegetação do PEFI. In: BICUDO, D.C.; FORTI, M.C.; BICUDO, C.E.M. (orgs.). Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI): unidade de conservação que resiste à urbanização de São Paulo. São Paulo: Editora Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, 2002. p.75-92.

QUEIROZ NETO, José Pereira de. Relações entre as vertentes e solos: revisão de conceitos. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, 2011, 12.

RODRIGUEZ, Sergio Kleinfelder. Geologia urbana da região metropolitana de São Paulo. 1998. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

ROSS, J. L. S. (1994). Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais antropizados. *Revista do departamento de geografia*, 8, 63-74.

ROSSI, M.; QUEIROZ, J. P. Relação solo/paisagem em regiões tropicais úmidas: o exemplo da Serra do Mar em São Paulo, Brasil. *Revista do departamento de geografia*, v. 14, p. 11-23, 2001.

SALGADO, C. M. "Pedogeomorfologia: uma nova disciplina para a análise ambiental." *Revista Tamoios* 1, no. 2 (2005).

SIMONSON, R. W. Outline of a Generalized Theory of Soil Genesis 1. *Soil Science Society of America Journal*, v. 23, n. 2, p. 152-156, 1959.

SIRTOLI, A. E., et al. Atributos do relevo derivados de modelo digital de elevação e suas relações com solos. *Scientia agraria*, 2008, 9.3: 317-329.

Sistema Brasileiro de Classificação de Solos / Humberto Gonçalves dos Santos ... [et al.]. – 5. ed., rev. e ampl. – Brasília, DF : Embrapa, 2018.

STRUFFALDI-DE-VUONO, Y.; Fitossociologia do Estrato Arbóreo da Floresta da Reserva Biológica do Instituto de Botânica. 1985. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

TRICART J. ecodinâmica. In *Série recursos naturais e meio ambiente 1977* (Vol. 1). SUPREN/IBGE.

VILELLA, F. N. J., ROSS, J. L. S., & MANFREDINI, S. (2013). Relief-Rock-Soil relationship in the transition of Atlantic Plateau to Peripheral Depression, Sao Paulo, Brazil. *Journal of Maps*, 9(3), 343-352.

WILD, A. *Soils and the Environment*. Cambridge University Press, 1993.

WHITE, R. E. *Principles and practice of soil science: the soil as a natural resource*. John Wiley & Sons, 2006.

http://www.pick-upau.org.br/ong/quem_somos/quem_somos.htm consultado

