



Número: 72/2008

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS**  
**INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS**  
**PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA**  
**ÁREA ANÁLISE AMBIENTAL E DINÂMICA TERRITORIAL**

**ORGANIZAÇÕES ESPACIAIS FÍSICO/NATURAIS E FRAGILIDADES DE  
TERRAS SOB CERRADO: ABORDAGEM SISTÊMICA APLICADA À ESCALA  
LOCAL**

**CRISTIANO CAPELLANI QUARESMA**

Dissertação apresentada ao Instituto de Geociências como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Geografia.

**Orientador:** Prof. Dr. Archimedes Perez Filho

Campinas-SP  
Janeiro – 2008

## Catlogação na Publicação elaborada pela Biblioteca do Instituto de Geociências/UNICAMP

Quaresma, Cristiano Capellani.  
Q260. Organizações espaciais físico/naturais e fragilidades de terras sob  
Cerrado: abordagem sistêmica aplicada à escala local / Cristiano  
Capellani Quaresma.-- Campinas,SP.: [s.n.], 2008.

Orientador: Archimedes Perez Filho.  
Dissertação (mestrado) Universidade Estadual de Campinas, Instituto  
de Geociências.

1 Espaço geográfico. 2. Cerrados. 3. Solo – Uso –  
Aspectos ambientais. 4. Estação ecológica de Jataí (SP). I. Perez  
Filho, Archimedes. II. Universidade Estadual de Campinas, Instituto  
de Geociências. III. Título.

Título em inglês: Physico/Natural spatial organizations and land fragilities under Cerrado:  
systemic approach applied local scale.

Keywords: - Geographical space.  
- Cerrado.  
- Land use – Environmental aspects.  
- Ecological Station, of Jataí – Luis Antonio (SP).

Área de concentração: Análise Ambiental e Dinâmica Territorial

Titulação: Mestre em Geografia

Banca examinadora: - Archimedes Perez Filho.  
- Carlos Roberto Espindola.  
- Solange Terezinha de Lima Guimarães.

Data da defesa: 31/01/2008

Programa: Geografia.



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS  
PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA  
ÁREA ANÁLISE AMBIENTAL E DINÂMICA TERRITORIAL

**AUTOR: CRISTIANO CAPELLANI QUARESMA**

**ORGANIZAÇÕES ESPACIAIS FÍSICO/NATURAIS E FRAGILIDADES DE  
TERRAS SOB CERRADO: ABORDAGEM SISTÊMICA APLICADA À ESCALA  
LOCAL**

**ORIENTADOR: Prof. Dr. Archimedes Perez Filho**

Aprovada em: 31 / 01 / 08

**EXAMINADORES:**

Prof. Dr. Archimedes Perez Filho

  
\_\_\_\_\_ - Presidente

Profa. Dra. Solange Terezinha de Lima Guimarães

  
\_\_\_\_\_

Prof. Dr. Carlos Roberto Espíndola

  
\_\_\_\_\_

Campinas, 31 de janeiro de 2008

**Dedico este trabalho a Deus, a meus queridos pais e a minha amada esposa.**

## **AGRADECIMENTOS**

Ao Deus pelo milagre da vida, por sua proteção e auxílio ao longo destes anos. Por ter me dado condições físicas, emocionais e espirituais para caminhar e superar obstáculos.

Aos meus amados pais, Isaias e Rita, que, com seus ensinamentos de sabedoria, apoio, carinho e tudo mais, ajudaram-me a criar os fundamentos daquilo que sou hoje.

À minha amada esposa, Vanessa, por seu companheirismo e amor sinceros, por ser uma mulher repleta de virtudes e por ter sido minha auxiliadora fiel ao longo de todos estes anos.

Ao meu amigo, padrinho, professor e orientador, Prof. Dr. Archimedes Perez Filho por sua dedicação, paciência e sincero companheirismo. Por ter aberto para mim as portas da vida acadêmica e por todos os seus ensinamentos.

À minha família, que, com seu amor, apoiou-me ao longo destes anos.

À Yolanda, que, como mãe carinhosa, se preocupou comigo ao longo destes anos.

Aos amigos Adriano e Américo, por seu apoio e por torcerem por mim.

Ao professor Dr. Carlos Roberto Espindola, pela leitura impressionantemente atenciosa, pelos conselhos, indicações e sugestões fundamentais em meu exame de qualificação.

Ao professor Dr. Salvador Carpi Junior, que, por meio de suas sugestões, auxiliou-me na elaboração da presente dissertação.

À CAPES, pelo apoio financeiro indispensável para a execução desta pesquisa.

À banca examinadora deste trabalho: Prof. Dr. Carlos Roberto Espindola e Prof<sup>a</sup> Dra. Solange Terezinha de Lima Guimarães.

Ao Instituto Florestal do Estado de São Paulo e ao administrador da Estação Ecológica de Jataí, Dr. Carlos Scatena Zanato, pelo acolhimento, informações e suporte.

Ao Leandro, pela preciosa ajuda em trabalhos de campo.

Ao amigo MSc Raul Reis Amorim, pela sua paciência, disposição e auxílio.

E finalmente, ao Programa de Pós-Graduação em Geografia do Instituto de Geociências da UNICAMP e a todos os seus funcionários e funcionárias.

**MUITO OBRIGADO!**

## SUMÁRIO

ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
ÍNDICE DE TABELAS.....	xii
RESUMO.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
1 - INTRODUÇÃO.....	01
2 - REVISÃO DE LITERATURA.....	05
2.1 - Do pensamento linear ao sistêmico.....	05
2.2 - Sistemas.....	09
2.2.1 - Definição de Sistemas.....	09
2.2.2 - Obstáculos aos estudos da realidade por meio da abordagem sistêmica.....	11
2.2.3 - Matéria, Energia e Estrutura como componentes dos sistemas.....	13
2.2.4 - Classificação dos sistemas.....	14
2.3 - O Cerrado: definições, classificações e conceitos.....	17
2.4 - Alguns fatores apontados como responsáveis pela distribuição do cerrado.....	27
2.5 - Os conceitos de Ambiente e de Terra.....	39
2.6 - Processos de degradação das terras de áreas de cerrado no estado de São Paulo.....	41
3 - HIPÓTESES E OBJETIVOS.....	49
4 - MATERIAL E MÉTODO.....	50
4.1 - Estação Ecológica de Jataí: Localização e Histórico.....	50
4.2 - Estação Ecológica de Jataí: Aspectos Geomorfológicos, Geológicos e Pedológicos.....	53
4.3 - Estação Ecológica de Jataí: Uso Atual da Terra.....	55
4.3.1 - Cerradão.....	57
4.3.2 - Cerrado <i>stricto sensu</i> .....	58
4.3.3 - Cerrado em regeneração.....	61

4.4	-	Classificação de fisionomias de cerrado por foto- interpretação.....	62
4.5	-	Coletas e análises laboratoriais de amostras de solos.....	68
4.6	-	Medições de temperatura ambiente e dos solos sob diferentes fitofisionomias de cerrado.....	69
4.7	-	Testes de infiltração nos solos.....	71
5	-	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	73
5.1	-	Clima e Cerrado.....	79
5.2	-	Relevo e Cerrado.....	88
5.3	-	Solos e Cerrado.....	93
5.5	-	Temperatura dos Solos.....	114
5.6	-	Dados de Infiltração.....	122
6	-	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	124
7	-	REFERÊNCIAS.....	129

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 2.1:</b> Estrutura conceitual da organização espacial e envolvimento com disciplinas subsidiárias (CHRISTOFOLETTI, 1999).....	08
<b>Figura 2.2:</b> Domínios Naturais do Estado de São Paulo há 13.000 – 18.000 anos (VIADANA, 2002).....	28
<b>Figura 2.3:</b> Cobertura Vegetal Primitiva do Estado de São Paulo (TROPMAIR, 1989).....	30
<b>Figura 2.4:</b> Condições climáticas atuais e paleoclimáticas – América do Sul (DAMUTH & FAIRBRIDGE, 1970).....	32
<b>Figura 4.1:</b> Localização da Estação Ecológica de Jataí (EEJ), município de Luis Antônio/SP. (TOPPA, 2004).....	50
<b>Figura 4.2:</b> Divisa da Estação Ecológica de Jataí com base no Decreto Lei 18.997, SP de 15 de junho de 1982. (TOPPA, 2004).....	52
<b>Figura 4.3:</b> Divisa da Estação Ecológica de Jataí com base no Decreto Lei 47.096/SP de 18 de setembro de 2002. (TOPPA, 2004).....	52
<b>Figura 4.4:</b> Mapa de Solos – Estação Ecológica de Jataí – Luis Antonio/SP.....	54
<b>Figura 4.5:</b> Mapa das fitofisionomias do novo perímetro da Estação Ecológica de Jataí, Luis Antônio, Estado de São Paulo (Decreto Lei – 47.096/SP de 18/09/2002). (TOPPA, 2004).....	55
<b>Figura 4.6:</b> Diagrama de perfil da fitofisionomia cerradão, Estação Ecológica de Jataí, Luis Antônio, São Paulo. (TOPPA, 2004).....	57
<b>Figura 4.7:</b> Diagrama de perfil da fitofisionomia cerrado stricto sensu, Estação Ecológica de Jataí, Luis Antônio, São Paulo. (TOPPA, 2004).....	58
<b>Figura 4.8:</b> <i>Anadenanthera falcata</i> (angico).....	59
<b>Figura 4.9</b> – <i>Qualea grandiflora</i> – Pau-terra-grande (SILVA JÚNIOR, 2005).....	59
<b>Figura 4.10:</b> <i>Caryocar brasiliense</i> - Pequi. (SILVA JÚNIOR, 2005).....	60
<b>Figura 4.11:</b> Diagrama de perfil da fitofisionomia cerrado em regeneração, Estação Ecológica de Jataí, Luis Antônio, São Paulo. (TOPPA, 2004).....	62

<b>Figura 4.12:</b> Localização de vertentes A e B – Estação Ecológica de Jataí, Luis Antônio – SP.....	66
<b>Figura 4.13:</b> Perfil topográfico – Vertente A.....	67
<b>Figura 4.14:</b> Perfil topográfico – Vertente B.....	67
<b>Figura 4.15:</b> Localização de pontos escolhidos ao longo das Vertentes A e B para fins de medições de temperaturas.....	70
<b>Figura 4.16:</b> Etapas de realização do teste de infiltração por método dos cilindros concêntricos.....	71
<b>Figura 5.1:</b> Recorte em fotografia aérea de 1962 sobre vertente A.....	80
<b>Figura 5.2:</b> Recorte em fotografia aérea de 1962 sobre vertente B.....	81
<b>Figura 5.3:</b> Caracterização fitofisionômica ao longo de perfil topográfico – vertente A.....	82
<b>Figura 5.4:</b> Caracterização fitofisionômica ao longo de perfil topográfico – vertente B.....	82
<b>Figura 5.5:</b> Médias mensais de chuvas (1960-2000): Luis Antônio/SP.....	83
<b>Figura 5.6:</b> Mapa de Distribuição de Estações Pluviométricas.....	85
<b>Figura 5.7:</b> Médias Anuais de Precipitação Pluviométrica (1960 a 2000) – Estação Ecológica da Jataí – Luis Antonio – SP.....	86
<b>Figura 5.8:</b> Mapa Hipsométrico – EEJ/Luis Antônio/SP.....	88
<b>Figura 5.9:</b> Mapa Clinográfico – EEJ/Luis Antonio – SP.....	89
<b>Figura 5.10:</b> Variações de tonalidade em fotografia aérea de 1962 sobre Vertente B.....	91
<b>Figura 5.11:</b> Segmentos de vertente o longo da Vertente B.....	92
<b>Figura 5.12:</b> Médias de totais de argila em amostras compostas de solos (camadas 0-20cm, 80-100cm e 180-200cm) – Vertente A e B.....	95
<b>Figura 5.13:</b> Médias de totais de silte em amostras compostas de solos (camadas 0-20cm, 80-100cm e 180-200cm) – Vertente A e B.....	96
<b>Figura 5.14:</b> Médias de totais de areia em amostras compostas de solos (camadas 0-20cm, 80-100cm e 180-200cm) – Vertente A e B.....	96
<b>Figura 5.15:</b> Mapa de Solos – EEJ/Luis Antônio/SP – (modificado).....	99

<b>Figura 5.16:</b> Média de Soma de Bases em amostras compostas de solos (camadas 0-20cm, 80-100cm e 180-200cm) – Vertentes A e B.....	100
<b>Figura 5.17:</b> Média de Saturação por Bases em amostras compostas de solos (camadas 0-20cm, 80-100cm e 180-200cm) – Vertentes A e B.....	100
<b>Figura 5.18:</b> Média de CTC em amostras compostas de solos (camadas 0-20cm, 80-100cm e 180-200cm) – Vertentes A e B.....	101
<b>Figura 5.19:</b> Média de Saturação por Al (m%) em amostras compostas de solos (camadas 0-20cm, 80-100cm e 180-200cm) – Vertentes A e B.....	103
<b>Figura 5.20:</b> Média de pH em amostras compostas de solos (camadas 0-20cm, 80-100cm e 180-200cm) – Vertentes A e B.....	104
<b>Figura 5.21:</b> Média de M.O em amostras compostas de solos (camadas 0-20cm, 80-100cm e 180-200cm) – Vertentes A e B.....	105
<b>Figura 5.22:</b> Segmentos de vertente ao longo da Vertente A.....	106
<b>Figura 5.23:</b> Cerradão em segmento A – Vertente A.....	106
<b>Figuras 5.24 e 5.25:</b> Porte e densidade de vegetação de cerradão em ponto P5 – Vertente A.....	107
<b>Figura 5.26 e 5.27:</b> Porte e densidade de vegetação de cerradão em ponto P9 – Vertente A.....	108
<b>Figura 5.28:</b> Segmentos de vertente ao longo da Vertente B.....	109
<b>Figuras 5.29 e 5.30:</b> Cerrado em regeneração e células de areais em ponto P12 – Vertente B.....	110
<b>Figura 5.31:</b> Cerrado <i>stricto sensu</i> em ponto P18 – Vertente B.....	111
<b>Figuras 5.32 e 5.33:</b> Cerrado em regeneração em segmento D da Vertente B.....	111
<b>Figuras 5.34 e 5.35:</b> Cobertura vegetal em P37 – Vertente B.....	112
<b>Figura 5.36:</b> Cobertura Vegetal em ponto P40 – Vertente B.....	113
<b>Figura 5.37:</b> Cobertura Vegetal em ponto P45 – Vertente B.....	113
<b>Figura 5.38:</b> Variação Máxima, Mínima e Média das temperaturas ambientes, para o ano de 2007.....	115
<b>Figura 5.39:</b> Variação Máxima, Mínima e Média das temperaturas dos solos em profundidade 0-10cm, para o ano de 2007.....	117

<b>Figura 5.40:</b> Variação Máxima, Mínima e Média das temperaturas dos solos em profundidade 10-20cm, para o ano de 2007.....	118
<b>Figura 5.41:</b> Diferença de temperaturas das profundidades 0-10cm e 10-20cm dos solos, às 06:00 do dia 10/02/2007.....	119
<b>Figura 5.42:</b> Diferença de temperaturas das profundidades 0-10cm e 10-20cm dos solos, às 12:00 do dia 10/02/2007.....	119
<b>Figura 5.43:</b> Diferença de temperaturas das profundidades 0-10cm e 10-20cm dos solos, às 18:00 do dia 10/02/2007.....	120
<b>Figura 5.44:</b> Diferença de temperaturas das profundidades 0-10cm e 10-20cm dos solos, às 24:00 do dia 10/02/2007.....	120
<b>Figura 5.45:</b> Infiltração de água em nos solos, em pontos selecionados.....	122

## ÍNDICE DE TABELAS

<b>Tabela 2.1:</b> Doze conceituações do termo savana. (Adaptado de Walter, 2006).....	22
<b>Tabela 4.1:</b> Área e percentual das fitofisionomias referentes ao antigo e novo limite da Estação Ecológica de Jataí (EEJ), Luis Antônio, São Paulo. (TOPPA, 2004).....	56
<b>Tabela 4.2:</b> Comparação de diferentes definições de fisionomias de cerrado, apresentadas por cinco autores expressivos. Fonte: Unlmann (2003) – Adaptado por QUARESMA & PEREZ FILHO (2005).....	63
<b>Tabela 4.3:</b> Critérios para definição de diferentes fitofisionomias de cerrado em fotografias aéreas. Fonte: Levantamento da cobertura vegetal natural e do reflorestamento no estado de São Paulo – Instituto Florestal (1975) – Adaptado por Quaresma & Perez Filho (2006).....	64



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS**

**INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS**

**PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA**

**ÁREA ANÁLISE AMBIENTAL E DINÂMICA TERRITORIAL**

**UNICAMP**

**ORGANIZAÇÕES ESPACIAIS FÍSICO/NATURAIS E FRAGILIDADES DE  
TERRAS SOB CERRADO: ABORDAGEM SISTÊMICA APLICADA À ESCALA  
LOCAL**

**RESUMO**

**Dissertação de Mestrado**

**CRISTIANO CAPELLANI QUARESMA**

Vários estudos têm se empenhado na procura de métodos e teorias que pudessem explicar o porquê das atuais organizações espaciais paisagística do estado de São Paulo, principalmente as relativas a fragmentos isolados de diferentes fisionomias de cerrado *lato sensu*, que se distribuem de forma esparsa em meio a uma vegetação predominante de floresta tropical. O cerrado recebeu, por um longo período de tempo, o nome de campo seco, uma vez que fora considerado por alguns autores como uma vegetação adaptada às condições de clima seco. No entanto, outros estudos contradisseram a noção de que o cerrado fosse uma vegetação de domínio em áreas de escassez de água, mas sim adaptada a condições oligotróficas dos solos. Segundo dados recentes, a ação desenfreada do sistema antrópico sobre os geossistemas de áreas ocupadas por vegetação de cerrado no Estado de São Paulo, permitiu a redução de tal tipo de vegetação para menos de 1%, em relação ao século passado. O desenvolvimento técnico atingido pelo sistema antrópico permite-lhe alterar e controlar parte dos elementos e fenômenos pertencentes à natureza. No entanto, há que se perceber que esta se constitui em sistema complexo, estando, assim, longe de ser plenamente conhecida, quanto mais controlada. O entendimento do funcionamento dos elementos físico-naturais, com base em método holístico, torna-se imperativo no presente momento da história do homem e do planeta. A aplicação da Teoria dos Sistemas aos estudos das dinâmicas dos processos da natureza pode servir como instrumento eficaz aos tomadores de decisão para a elaboração de políticas públicas e de planejamentos com vias a um maior equilíbrio nas relações entre os geossistemas e os sistemas antrópicos. Assim, a presente dissertação, objetivando entender as organizações espaciais físico/naturais, em áreas de cerrado *lato sensu*, bem como suas possíveis transformações decorrentes da ação antrópica, tomando como área-teste a Estação Ecológica de Jataí, no município de Luiz Antônio (SP), permitiu concluir que: A distribuição das fitofisionomias de cerrado na escala local, de fato, não é influenciada diretamente pelos atributos do clima, mas, sim, pelas características físicas e químicas dos solos, associadas às formas e unidades de vertente; O sistema antrópico, a partir do uso e ocupação das terras ocupadas por vegetação de cerrado, ao desconsiderar as fragilidades ambientais das mesmas, tem provocado aceleração de processos de degradação ambiental e contribuído para possíveis perdas da biodiversidade deste tipo de vegetação.

Palavras-Chave: Organizações Físico/Naturais; Cerrado; Fragilidade de Terras; Abordagem Sistêmica; Estação Ecológica de Jataí – Luiz Antônio/SP.



**UNICAMP**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS**  
**INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS**  
**PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA**  
**ÁREA ANÁLISE AMBIENTAL E DINÂMICA TERRITORIAL**

**PHYSICO/NATURAL SPATIAL ORGANIZATIONS and LAND FRAGILITIES  
UNDER *CERRADO*: SYSTEMIC APPROACH APPLIED LOCAL SCALE**

**ABSTRACT**

**CRISTIANO CAPELLANI QUARESMA**

Several studies were carried out to find methods and theories that could explain the reason of the current landscape space organizations of the state of São Paulo, mainly those related to isolated fragments of different faces of cerrado *lato sensu*, scarcely distributed amid a predominant vegetation of tropical forest. The cerrado was for a long period of time called dry field, since it had been considered by some authors as vegetation adapted to the conditions of dry climate. However, other studies had contradicted the notion that the cerrado was a vegetation of predominance in areas of water scarcity, but rather adapted the oligotrophic conditions of the ground. According to recent data, the wild action of the anthropic system on geosystems of areas occupied by cerrado vegetation in the State of São Paulo, allowed a reduction of such type of vegetation to less than 1%, in relation to the last century. The technical development reached by the anthropic system allows it to modify and to control a part of the elements and phenomena of nature. However, it has to be considered that it constitutes itself in a complex system, thus being far from being totally known and controlled. The understanding of the functioning of the physical-natural elements, on the basis of holistic method, becomes imperative at the present moment of the history of man and the planet. Application the Theory of the Systems to the studies of the dynamics of the processes of nature can serve as an efficient instrument for decision-makers in the elaboration of public politics and planning so as to have a better balance in the relations between the anthropic system and the geosystems. Thus, the present work, whose aim is to understand physico/natural spatial organizations in cerrado areas *lato sensu*, as well as its possible transformations due to the anthropic action, taking as area-test the Ecological Station of Jataí, in the city of Luiz Antônio (SP), allowed to conclude that: the distribution of the phytface of cerrado, in fact, is not influenced directly by the attributes of the climate, but rather by the physical and chemical characteristics of the soil, associated to the relief's forms and units; The anthropic system, through the use and occupation of lands by the cerrado vegetation, when disrespecting the environment fragilities, has led to the acceleration of these processes so contributing to the environmental degradation an possible losses of the biodiversity of this type of vegetation.

Key words: Physico/natural spatial organizations; Cerrado; Lands' fragility; Systemic approach; Ecological Station of Jataí – Luiz Antônio/SP.

## 1. INTRODUÇÃO

Recente inventário florestal do estado de São Paulo, realizado pelo Instituto Florestal, revela devastação preocupante de suas áreas de cerrado, principalmente nos municípios de Araçatuba e São José do Rio Preto, que em dez anos perderam respectivamente 16,2% e 12,6% de suas coberturas vegetais naturais. As áreas de cerrado em tais municípios foram substituídas progressivamente por pastagens e culturas de cana-de-açúcar. Este quadro se repete em outras áreas do estado de São Paulo.

A ação desenfreada do sistema antrópico sobre o geossistema permitiu a redução do cerrado paulista para menos de 1%, em relação ao século passado.

A redução da vegetação é apenas uma das conseqüências negativas de processos de uso e ocupação das terras, que desconsideram a capacidade de uso das mesmas, bem como suas fragilidades ambientais.

Quando ocorre evento de alta magnitude, capaz de romper com o equilíbrio no qual a natureza se encontra, suas partes absorvem o impacto para buscar reajustar o seu estado de equilíbrio afetado. Mas, uma vez que o impacto afete os fluxos de matéria e energia a ponto de ultrapassar os limiares de resiliência, o sistema não se recompõe, tendo que buscar um novo estado de equilíbrio diferente do anterior.

Segundo Christofolletti (1999), a valorização do ambiente depende da visão de mundo do cientista. É a partir desta visão, juntamente com a natureza do objeto de estudo, que poderão ser sustentados os procedimentos metodológicos a serem adotados em uma análise, a fim de conduzir justificativas sobre as características, funcionamento, utilização e percepção dos riscos provenientes dos eventos ambientais.

O autor acima cita três tipos distintos de visões de mundo: o primeiro deles, a que chamou de visão teológica, predominou até o século XIX, considerando a natureza como disponível à utilização humana; a visão mecanicista, que se origina das idéias de René Descartes e se expressa a partir do século XVIII, parte do princípio de que a realidade se resume a um conjunto de peças que se integram como em um relógio, ou em uma máquina. Ao cientista caberia a função de distinguir e analisar separadamente cada peça componente, procurando reconstruir as relações do todo pela somatória das

partes; finalmente, a visão organicista, que emprega o conceito de sistema orgânico, em analogia à dinâmica biológica.

O conceito de sistemas pode ser considerado incluído nesta última visão, que prima pela busca do conhecimento do todo, enquanto conjunto de elementos, atributos e inter-relações, que está estruturado e organizado para uma dada finalidade. Nada impede o estudo individual das partes, porém o todo não pode ser representado pela soma das mesmas, haja vista ser algo individualizado e distinto, com características e propriedades que somente este possui. Isto se deve ao fato de que o todo faz surgir em suas partes características, que não lhes pertenciam isoladamente e/ou é capaz de restringir qualidades das mesmas, que só lhes são inerentes quando isoladas. Diante destas duas possibilidades, Christofletti (1999), baseado em Miller (1965), define o todo como algo maior que a soma de suas partes e Morin (1970) afirma que o todo deve ser menor que a soma das partes que o compõem.

A abordagem sistêmica abre caminhos para mudança do olhar humano em relação à natureza, a qual passa a ser entendida como parte de uma totalidade, na qual o homem se insere, e sem a qual sua existência seria impossível.

Assim, a natureza, não se limitando à qualidade de recurso econômico, torna-se, dentro de uma visão organicista, um todo complexo do qual o homem não está à parte, mas, sim, inserido como elemento transformador e dependente dos outros elementos que compõem o sistema.

O desenvolvimento técnico atingido pelo sistema antrópico permite-lhe alterar e controlar parte dos elementos e fenômenos pertencentes à natureza. No entanto, há que se perceber que a natureza constitui um sistema complexo, estando, assim, longe de ser plenamente conhecida, quanto mais controlada.

O entendimento do funcionamento dos elementos físico/naturais, com base em método holístico, torna-se imperativo no presente momento da história do homem e do Planeta.

A aplicação da Teoria dos Sistemas aos estudos da dinâmica dos processos da natureza pode servir como instrumento eficaz aos tomadores de decisão para a elaboração de políticas públicas e de planejamentos com vistas a um maior equilíbrio nas relações entre os geossistemas e os sistemas antrópicos.

Uma vez que terras ocupadas, ou que já o foram, por vegetação de cerrado no estado de São Paulo apresentam fragilidades ambientais, torna-se fundamental o estudo de suas respectivas organizações espaciais.

A grande quantidade de estudos referentes à vegetação de cerrado, realizados por pesquisadores de diversas partes do mundo, contribuiu para uma grande diversidade de conceitos, que, por vezes, dificultam a identificação correta dos tipos de vegetação referidos e criam obstáculos às comparações que poderiam ser estabelecidas entre as diversas pesquisas e suas possíveis aplicações.

Grande número desses trabalhos procurou entender e explicar a questão da possível gênese, funcionamento e distribuição de diferentes fitofisionomias de cerrado. Nota-se, por outro lado, especial destaque a cada um dos componentes do sistema como responsável por tais processos: a ação do clima ou do solo.

Poucos trabalhos têm procurado estabelecer relações mais complexas entre os possíveis agentes causais, buscando compreender a distribuição espacial das fitofisionomias de cerrado por meio da coexistência e inter-relação do conjunto de elementos presentes no sistema.

Com base na concepção sistêmica, levanta-se a hipótese de que a distribuição das diferentes fisionomias de cerrado (cerradão/cerrado *stricto sensu*/campo-cerrado), por tratar-se de sistema complexo, não resulta apenas da dinâmica dos elementos climáticos, mas, principalmente, das características físicas e químicas dos solos, integradas às unidades e formas de relevo associadas.

Outra hipótese formulada é a de que a retirada da cobertura vegetal de cerrado, com conseqüente exposição dos solos arenosos, deve modificar variáveis condicionantes à germinação de sementes, em especial as condições pedoclimáticas, o que pode ocasionar redução na biodiversidade do cerrado, aliada ao esperado incremento nos processos de degradação das terras.

A discussão teórica que se pretende oferecer ao longo do texto será norteadada pelos conceitos expressos no título sugerido: **“ORGANIZAÇÕES ESPACIAIS FÍSICO/NATURAIS E FRAGILIDADES DE TERRAS SOB CERRADO: ABORDAGEM SISTÊMICA APLICADA À ESCALA LOCAL”**.

No subitem 2.1: “Do pensamento linear ao sistêmico”, empreender-se-á uma breve reflexão sobre as transformações no pensamento humano que permitiram repensar as idéias e práticas fragmentárias do mecanicismo, para se chegar a uma concepção de realidade complexa e sistêmica.

No subitem 2.2: “Sistemas”, a preocupação foi a de apresentar conceitos, classificações e composições de sistemas. As organizações espaciais são apresentadas como objeto de estudo da Geografia, contendo três principais obstáculos usualmente encontrados por geógrafos que se aventuram ao estudo da realidade por meio da abordagem sistêmica.

Para se chegar ao termo cerrado, sentiu-se a necessidade de bem conceituá-lo, haja vista a existência de inúmeros trabalhos que dão nomes diversos, por vezes conflituosos, a este tipo de vegetação. Tal discussão tornou-se preocupação norteadora na elaboração do subitem 2.3: “O Cerrado: definições, classificações e conceitos”.

No subitem 2.4: “Alguns fatores apontados como responsáveis pela distribuição do cerrado”, serão apresentadas algumas variáveis externas, apontadas como influenciadoras na distribuição de fisionomias de cerrado.

O objetivo do subitem 2.5: “Os conceitos de Ambiente e de Terra”, será o de apresentar os conceitos de ambiente e de terra, com base na abordagem sistêmica.

No subitem 2.6: “Processos de degradação das terras em áreas de cerrado no estado de São Paulo”, serão apresentados dois dos principais processos de degradação das terras em áreas de Neossolos Quartzarênicos sob vegetação de cerrado no estado de São Paulo.

No capítulo 3, serão apresentados as hipóteses e o objetivo geral.

No capítulo 4, intitulado de “Material e Método”, a área de estudo será localizada e caracterizada, relatando-se os métodos para os trabalhos de campo, análises laboratoriais e atividades de gabinete, de modo a possibilitar a exposição dos resultados e sua discussão, no capítulo 5, para se chegar às considerações finais, presentes no capítulo 6.

Finaliza-se o presente trabalho com a apresentação, no capítulo 7, das referências utilizadas.

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 - Do pensamento linear ao sistêmico**

No decorrer da história humana, o homem buscou entender a realidade que o cerca. Para tanto, usa da sua capacidade de reflexão, expressa nas mais variadas correntes de pensamento, que se manifestam na arte, filosofia e ciência, dentre outras.

Estas correntes dependem da perspectiva humana sobre o seu entorno e, na medida em que esta muda, a ciência, entendida como uma reflexão filosófica do homem sobre o meio, também se transforma.

Tal transformação fez-se necessária para a própria evolução da capacidade de reflexão humana. Assim, na medida em que um determinado conjunto de idéias não mais consegue responder a uma realidade que está sempre em processos de transformação, torna-se necessário o rompimento de antigos paradigmas e o surgimento de novos, pressuposto esse do processo evolutivo do próprio conhecimento científico.

Antes de discorrer sobre o item em pauta, é oportuno mencionar que está se assumindo que o ambiente é o resultado de uma relação imbricada de fatores físicos, químicos, biológicos e sociais, interferindo uns sobre os outros e variando no espaço e tempo. Um sistema ambiental pode ser caracterizado como entidade organizada na superfície terrestre formada pelos subsistemas físico-naturais e sócio-econômicos, bem como por suas interações. O subsistema físico natural é composto por elementos e processos relacionados ao clima, solo, relevo, águas e seres vivos, enquanto os componentes e processos do subsistema sócio-econômico são aqueles ligados à população, urbanização, industrialização, agricultura e mineração, dentre outras atividades e manifestações humanas (LIMA e QUEIROZ NETO, 1997).

O termo meio ambiente físico é utilizado por Christofolletti (1999) como de significado similar a Geossistema, entendido como a organização espacial resultante da interação dos elementos físicos e biológicos da natureza, tais como o clima, topografia, geologia, águas, vegetação, animais, solos etc., entendido como sendo o campo de estudo da Geografia Física.

Na Idade Média, a ciência, baseada no pensamento aristotélico modificado pela Igreja, objetivava principalmente compreender as manifestações divinas na natureza, a fim de que o homem pudesse obter, a partir desta compreensão, uma maior comunhão com o natural e, por conseqüência, com o seu próprio Criador, visto que a presença divina poderia ser observada nas obras da criação, demonstrando a forte espiritualidade e respeito humano na relação com o sistema físico/natural.

A partir de então, o homem começa a se desvincular desta identidade espiritual com a natureza e olhar a mesma não mais como reflexo de forças divinas, mas, sim, como fenômenos que poderiam ser explicados pela razão. Isto ocorre a partir do momento em que novas “verdades” são obtidas por pensadores como Galileu Galilei, Francis Bacon, Descartes e Newton. Tal mudança conduz ao abandono, cada vez maior, do teocentrismo e à valorização da visão antropocêntrica de mundo, culminando nas idéias do iluminismo, na preocupação de sistematização do conhecimento científico, na fragmentação do objeto pela abordagem analítica e mecanicista e, posteriormente, na tentativa de aplicação de tal abordagem às ciências humanas, com Kant, Comte e Simon, dentre outros.

O homem passa a valorizar o empirismo, a criação de leis naturais invariáveis e inquestionáveis, a ver na fragmentação da totalidade um método de obter conhecimento verdadeiro do real e a fomentar um processo de artificialização de suas relações com a natureza, colocando-a na qualidade de um mero objeto externo a ser entendido, para ser mais adequadamente subjugado aos interesses político-econômicos imperantes.

Na medida em que esta visão limitada e fragmentada do total não mais responde às novas perspectivas dos homens, que começam a se focar em maior valorização da qualidade de vida e na necessidade de compreender os efeitos positivos e negativos da sua relação com o meio ambiente físico, bem como na própria complexidade deste, ocorrem rompimentos de antigos paradigmas, objetivando a um conhecimento científico a expressar maior equilíbrio na relação homem/natureza. Tal retomada da valorização da natureza é encontrada em obras de vários pensadores, dentre os quais Karl Marx, que reconhece o homem como parte da natureza e com a qual este deve viver em contínuo intercuro, para não extinguir a si mesmo (VICENTE e PEREZ FILHO, 2003).

Esta nova forma de buscar o conhecimento da realidade foi alimentada por descobertas da Física no séc. XX, tais como a existência das partículas elementares instáveis, a correlação direta entre partículas micro e estrutura macro, dentre outras, que comprovaram a existência de um Universo complexo e em constante dinâmica. Assim, inicia-se a valorização de um pensar sobre o real não desagregador, não linear, e que, diferentemente do método cartesiano, seja capaz de buscar a compreensão da complexidade inerente à realidade, proporcionando ao homem condições de explicar a totalidade dos processos dinâmicos que o circunda.

Pensadores como Marx, Hegel, Jean-Josiph Fourier, Sadi Carnot e James Pescott Jaule formularam as bases do pensamento sistêmico, que posteriormente deram suporte à primeira tentativa de sistematização do conceito de sistemas, realizada por Ludwing Von Bertalanffy, na sua obra “Teoria Geral dos Sistemas”. Tal autor apresentou uma episteme, com a finalidade de se pensar e entender o real pelo acúmulo de todos os campos do conhecimento em uma única linguagem científica, o que poderia ser estabelecido pela definição e análise dos componentes e das estruturas funcionais de cada campo. Daí a idéia de sistemas, um conjunto de elementos em interação.

Na tentativa de aplicar a Teoria Geral dos Sistemas às Ciências Naturais, na década de 1960, Sotchava (1977, p.51) apresentou o conceito de Geossistema para explicitar formações naturais resultantes da ação da dinâmica dos fluxos de matéria e energia nos sistemas abertos e da ação antrópica sobre estes. Essa relação homem/dinâmica do meio resulta na formação da paisagem. Acrescenta-se que sistemas abertos, segundo Gregory (1992, p. 222), são “[...] definidos como os que precisam de um suprimento de energia para a sua manutenção e preservação, e são mantidos em condição de equilíbrio pelo constante suprimento e remoção de matéria e energia”.

Apesar de Monteiro (2000), baseado em Bertrand, descrever a concepção de geossistema como sendo um *“sistema singular, complexo, onde interagem os elementos humanos, físicos, químicos e biológicos e onde os elementos sócio-econômicos não constituem um sistema antagônico e oponente, mas sim estão incluídos no funcionamento do sistema”*, há que se levar em conta a alta complexidade

dos processos intrínsecos ao Sistema Sócio Econômico, ou antrópico, dada a grande velocidade com que este se altera no tempo e no espaço.

Tal fato pode ser ilustrado a partir de uma rede de transporte material, como, por exemplo, uma estrada construída em meio a uma mata. O limite imposto pelo homem não é respeitado pela dinâmica dos processos naturais, visto que, no desenrolar do tempo, a vegetação avança em direção ao objeto técnico instalado, exigindo obras de manutenção da via traçada. Tal exemplo simples comprova a existência de tempos, dinâmicas e objetivos pertencentes a dois sistemas distintos. Um é o natural o outro é o social.

Neste contexto, cabe ressaltar o papel crucial da Geografia, ressaltado por Christofolletti (1999), como a ciência que tem como objeto de estudo a organização espacial, o que possibilita a relação entre fenômenos de diferentes áreas do conhecimento humano que se materializam no espaço. Tal ciência abrange a estruturação, funcionamento e dinâmica dos elementos físicos, biogeográficos e sociais (Figura 2.1).



Figura 2.1 – Estrutura conceitual da organização espacial e envolvimento com disciplinas subsidiárias  
 Fonte: (CHRISTOFOLETTI, 1999).

Segundo Christofolletti (1999), o clima, apesar de não preencher o atributo que caracteriza inicialmente o objeto de estudo da Geografia (a materialização), trata-se de elemento fundamental na composição do geossistema, uma vez que influencia e condiciona processos da organização espacial.

A organização espacial é um sistema complexo, e como tal, devem ser levadas em conta as partes existentes, as inter-relações estabelecidas e a totalidade que as engloba. A simples interação dos elementos apenas poderá formar sistema se for

capaz de criar algo que funcione como um todo, o qual só poderá ser entendido pelo estudo de suas partes, compreendidas estas como constituintes de uma mesma totalidade. Diante disso, o sistema pode possuir muitos elementos, mas o conjunto não pode ser representado pela somatória das suas partes, visto ser algo individualizado e distinto, com propriedades e características que só o todo possui (QUARESMA e PEREZ FILHO, 2005).

No entanto, é importante ressaltar que, apesar do desenvolvimento técnico atual, que possibilita estudos mais amplos da realidade, permitindo identificar e relacionar grandes quantidades de elementos existentes, ainda assim é praticamente impossível ao homem apreender e compreender a totalidade absoluta, de forma que, na sua busca por esta, pode acabar por atingir outras totalidades, sempre relativas.

## **2.2 - Sistemas**

### **2.2.1 – Definição de Sistemas**

Segundo Hall e Fagen (1956:18), sistema pode ser definido como “*o conjunto dos elementos e das relações entre eles e entre os seus atributos*”. Tal definição, embora muito citada em trabalhos que se referem à temática, é apontada por Christofolletti (1979: 1) como sendo de “*enunciado muito amplo*”, uma vez que, segundo a mesma, qualquer conjunto de objetos que se relacionem no tempo e no espaço pode ser considerado um sistema.

Thornes e Brunsdén (1977:1), de maneira mais completa, definem sistema como sendo “*conjunto de objetos ou atributos e das suas relações, que se encontram organizados para executar uma função particular*”. Assim, para que algo se constitua como sistema, não lhe basta possuir funcionamento e relacionamento, mas é necessária a existência de um objetivo. Desta forma, pode se definir um sistema como um conjunto de elementos inter-relacionados e organizados para execução de processos com vias a uma dada finalidade, que, no sentido amplo, pode ser considerada como a transformação do *input* em *output* (CHRISTOFOLETTI, 1979).

Assim, em um sistema planta, há o recebimento de fluxo de matéria, representado pela água e pelo gás carbônico, além da energia luminosa solar. Os elementos constituintes desse organismo estão organizados e inter-relacionados de tal forma que permitem a transformação da energia luminosa em energia química, capaz de processar o dióxido de carbono, a água e os minerais em compostos orgânicos, com a finalidade de produzir oxigênio e glicose. Outro exemplo é o de uma rede de drenagem, formada pelos seus canais naturais, organizados de tal forma a permitirem o escoamento da água e dos sedimentos fornecidos pelas vertentes, no sentido montante-jusante.

A definição de sistema proposta por Miller (1965:200) revela outra característica fundamental dos elementos que o constituem - a sua interdependência. Tal autor define sistema como sendo *“conjunto de unidades com relações entre si. A palavra conjunto implica que as unidades possuem propriedades comuns. O estado de cada unidade é controlado, condicionado ou dependente do estado das outras unidades”*.

A relação entre os subsistemas vegetação e solo, nos processos de reprodução por sementes da vegetação de cerrado, pode ser citada como exemplo de tal dependência. Segundo Ferri (1963), os solos ocupados seguidamente por cerrado apresentam-se duros, secos e com baixo teor de colóides, o que dificulta a reprodução por sementes das espécies permanentes, haja vista que quando estas são lançadas no final da estação seca, devido à falta de água, a grande maioria delas permanece sobre o solo, sendo ingerida por insetos e/ou animais, ou morta pelo excessivo calor. Em certos pontos mais abrigados, contudo, algumas sementes podem ser preservadas, possibilitando o desenvolvimento de plantas. No entanto, estas podem morrer, caso suas raízes não consigam ultrapassar a faixa superficial seca do solo. Porém, segundo o mesmo autor, se uma dessas sementes cair sobre solo anteriormente ocupado por floresta e recentemente desnudado pelo homem, sua reprodução poderá ocorrer em função de uma série de características, tais como substrato mais macio, mais elevado teor de colóides e adequada capacidade de retenção de água. Com o passar do tempo, mesmo este solo poderá tornar-se se desfavorável a tal tipo de reprodução.

## 2.2.2 – Obstáculos aos estudos da realidade por meio da abordagem sistêmica.

Podem ser apontados pelo menos três obstáculos encontrados por geógrafos que se aventuram ao estudo da realidade por meio da abordagem sistêmica. O primeiro encontra-se no processo de identificação dos seus elementos, atributos e relações, o que recai sobre o delineamento da extensão do mesmo. Tal obstáculo deve-se ao fato de que a maioria dos sistemas de interesse do geógrafo não se apresenta de forma isolada, mas, sim, como constituintes de um sistema maior - o seu universo.

Dentro do seu universo, o sistema passa a ser um elemento e, portanto, a conviver e a depender de outros sistemas-elementos, ou subsistemas que constituem seu conjunto maior. Neste ponto, pode se fazer a distinção entre dois grupos de sistemas os controladores ou antecedentes e os controlados ou subseqüentes.

A relação entre sistemas controlados e controladores não deve ser considerada de maneira linear, haja vista a existência de mecanismos de retroalimentação, também conhecidos como *feedback*, pelos quais os sistemas subseqüentes podem *“voltar a exercer influências sobre os antecedentes, numa perfeita interação entre todo o universo”* (CHRISTOFOLETTI, 1979:3).

Conforme Christofolletti (1979:5), *“a definição precisa de um sistema estabelece que se deva considerá-lo como entidade discreta e isolada, para que possa ser analisado”*.

No entanto, os geossistemas estudados pela Geografia Física apresentam variadas ordens de magnitude e complexidade, desde o sistema terrestre, de modo global, até o nível molecular.

A distinção dos níveis processa-se de maneira arbitrária e envolve a noção de limiares referentes a níveis de tratamento, os quais significam a separação entre dois sistemas, permitindo a distinção entre os mesmos, em conformidade com a menor ou a maior abrangência. No entanto, a partir da decisão sobre qual será o sistema a ser investigado, definindo seus elementos e as suas relações, torna-se mais fácil delimitá-lo no espaço, identificar os seus componentes interligados pelas relações internas e estabelecer os sistemas ambientais externos controladores.

A cada elemento e relação discernidos no sistema, podem ser relacionadas numerosas variáveis passíveis de mensuração, as quais expressam qualidades ou atributos. Christofolletti (1979) aponta como exemplos de atributos, o número, tamanho, forma, arranjo espacial, fluxos, intensidades, taxas de transformação, dentre outros, de tal forma que *“não se analisa ou se mede o sistema como um todo, ou os seus elementos, mas sim as qualidades atribuídas aos mesmos”*.

Segundo Christofolletti (1979), as variáveis pertencentes aos sistemas físico/naturais dependem de fatores externos, também chamados de parâmetros, os quais regulam o funcionamento do sistema por meio do fornecimento de matéria e energia. A ajustagem das variáveis componentes de um sistema é resposta não linear à intensidade de tais parâmetros. Como exemplo, pode ser citado o índice de vegetação, que varia em função da diversidade dos parâmetros pedomorfoclimáticos.

Um segundo obstáculo encontra-se no próprio pesquisador, uma vez que delimitar um dado sistema da superfície terrestre, constituinte de uma realidade complexa e que apresenta uma multiplicidade de fenômenos, exige uma capacidade de abstração profunda, dependente da formação intelectual do cientista, bem como de sua própria visão de mundo e de sua percepção ambiental (CHRISTOFOLETTI, 1979).

Apoiando-se em Campbell (1958), como um autor que, na tentativa de minimizar a subjetividade envolvida na decisão do pesquisador, Christofolletti (1979) menciona quatro normas para a delimitação de um sistema: a) a contigüidade, ou a proximidade física de seus elementos; b) a mesma natureza ou similaridade entre seus elementos; c) a finalidade comum de seus elementos; d) a padronagem distinta ou reconhecível de seus elementos. Deve-se, contudo, lembrar que *“individualmente, qualquer uma dessas regras pode ser desobedecida sem acarretar prejuízos para o discernimento do sistema”* (CHRISTOFOLETTI, 1979:4). Este autor exemplifica sua afirmação por meio do sistema industrial, cujos elementos constituintes (matéria-prima, fábricas e postos de venda) não se apresentam de forma contígua no espaço. Embora não haja tal contigüidade, tais elementos estão organizados, inter-relacionados e, de forma interdependente, atuam para uma dada finalidade, constituindo um sistema.

Apesar de nos geossistemas a contigüidade poder ser observada com maior freqüência, tal norma nem sempre pode ser-lhe aplicada. Tal fato pode ser observado

nas mudanças de temperatura atmosférica em uma dada área de estudo, em função de ativação vulcânica ocorrida a centenas ou milhares de quilômetros de distância<sup>1</sup>.

Outro obstáculo ao estudo dos sistemas está no que Christofolletti (1999) chama de “disponibilidade de instrumentação tecnológica” aplicada às pesquisas. Graças às possibilidades garantidas pelo desenvolvimento tecnológico, a produção de novos equipamentos favorece a obtenção de dados, a compreensão, o diagnóstico e o manejo dos sistemas de organização complexa.

Um dos exemplos de instrumental tecnológico de enorme aplicabilidade aos estudos espaciais, por meio de uma abordagem sistêmica, surgiu graças ao desenvolvimento da área computacional após a década de 80, culminando no desenvolvimento do SIG, que se trata de um sistema de computador para manusear dados espaciais (BONHAM-CARTER, 1994).

Dentre as contribuições do SIG aos estudos que, por meio de uma visão holística, buscam entender a realidade, pelo menos duas podem ser apontadas: a primeira trata da capacidade de tal sistema em permitir junções de diversos tipos de dados espaciais em uma única plataforma; a segunda refere-se às possibilidades de representação espacial dos fenômenos existentes, por meio da correlação e sobreposição de uma série de grupos de dados, também chamados *layers*.

### **2.2.3 – Matéria, Energia e Estrutura como componentes dos sistemas**

Na composição do sistema, há que se considerar a matéria, a energia e a estrutura (CHRISTOFOLETTI, 1979: 8).

Em termos gerais, matéria representa o material, qualquer substância sólida, líquida ou gasosa, que ocupa lugar no espaço, e que será mobilizada pelo sistema, ou armazenada pelo mesmo.

Energia, segundo a Física, trata-se da capacidade de realização de trabalho e, dependendo da sua quantidade, tipo<sup>2</sup> e distribuição, garantem os processos de funcionamento do sistema.

---

<sup>1</sup> Pode ser citado o exemplo da erupção vulcânica ocorrida no Monte Pinatubo nas Filipinas no ano de 1991, que, ao eliminar suas cinzas na atmosfera, afetou o equilíbrio radiante da atmosfera e causou mudanças de temperatura do globo terrestre por meses.

Com relação à energia, há que se levar em consideração o conceito de entropia, que está relacionado à distribuição energética no interior do sistema. As variáveis componentes de um sistema tendem a alcançar o grau de entropia máxima, ou seja, a distribuição igualitária e ordenada da energia presente no interior deste. Quanto mais desordenada e desigualmente distribuída estiver a energia no interior de um sistema, maior será a quantidade de energia disponível para a realização de trabalho e, portanto, com entropia mínima. O conceito de entropia torna-se fundamental ao entendimento dos mecanismos de estabilidade de um sistema, bem como de sua necessidade em alcançar o seu equilíbrio dinâmico<sup>3</sup>.

Nem toda matéria e energia contidas em um dado sistema, em um determinado período de tempo, serão transportadas através do mesmo, visto que o ajustamento das variáveis internas poderá permitir que haja circulação e/ou armazenamento de tais componentes no interior do sistema considerado (CHRISTOFOLETTI, 2000).

Outro componente dos sistemas é a sua estrutura, constituída por elementos e relações. Ao se estudar um dado elemento, torna-se necessário ao pesquisador reconhecer a importância do papel da escala. Dependendo do nível de tratamento considerado, uma dada entidade pode constituir-se como elemento de um sistema maior ou um sistema em si (CHRISTOFOLETTI, 1999).

#### **2.2.4 - Classificação dos sistemas**

Segundo Christofolletti (1979), baseado em Foster *et alli* (1957), na análise geográfica, os sistemas podem ser classificados segundo o critério funcional em:

- a) Sistemas isolados: são aqueles que não permutam matéria e energia com o seu ambiente circundante e, assim, conhecendo-se a sua condição inicial de entropia e as características de sua matéria, pode se prever exatamente a condição final e o tempo que levará para se chegar a esta.

---

<sup>2</sup> Dois tipos de energia podem ser definidos aqui, a energia potencial, aquela que representa a força inicial responsável pela movimentação inicial do material, que depende da força gravitacional e que é diretamente proporcional à amplitude altimétrica e outra, a energia cinética, também conhecida como energia do movimento.

<sup>3</sup> Uma vez que nos sistemas naturais não há nada estático e os mesmos não estão isolados, apesar de suas variáveis se ajustarem de forma a permitirem distribuição igualitária de energia no seu interior, gera-se estado de equilíbrio não estático, ou simplesmente dinâmico, visto que mesmo sob tal estado há contínua troca de matéria e energia entre os elementos componentes do sistema, bem como deste com o universo que o engloba.

- b) Sistemas não-isolados: são aqueles que mantêm relações com seu universo, as quais podem ser de caráter parcial, havendo troca de energia, mas não de matéria ou total, ocorrendo permuta de matéria e energia. Assim, podem ser classificados como sistema não-isolado fechado ou sistema não-isolado aberto, respectivamente.

Com respeito à complexidade estrutural, Chorley e Kennedy (1971)<sup>4</sup>, classificam os sistemas em onze categorias, das quais, sendo quatro de interesse da Geografia Física<sup>5</sup>, assim relacionados, de forma crescente, em relação ao nível de complexidade:

- Sistemas morfológicos: compostos apenas pela associação das propriedades físicas dos sistemas e de seus elementos componentes. São representados pelas formas, que refletem respostas e ajustamentos aos fluxos de matéria e energia entre os sistemas que se relacionam com os mesmos. Permitem medições de diversas variáveis, de ordem geométrica e de composição, tais como declividade, altura, granulometria etc.
- Sistemas em cascata ou em cachoeira: compostos por mais de um sistema, dispostos sequencialmente. Esta disposição permite que a saída - *output* de matéria e energia de um sistema seja a entrada - *input* do outro sistema com o qual se relaciona.

A análise aplicada aos sistemas em cascata deve preocupar-se com a identificação das relações entre a entrada e a saída de matéria e energia e, segundo Chorley e Kennedy, (1971), existem três modos de analisá-los:

- Caixa preta (*black box*) – menor nível de detalhamento, no qual o sistema passa a ser tratado como uma unidade, não havendo preocupação do pesquisador para com sua estrutura interna. Leva-se, portanto, em consideração somente as características dos *outputs* resultantes do *input* identificado.

---

<sup>4</sup> “The second major way of classifying systems is on the basis of their internal complexity: this, then, is a structural classification” (Chorley e Kennedy, 1971).

<sup>5</sup> Segundo Chorley e Kennedy, (1971), a Geografia está preocupada com sistemas de média escala, aqueles que se encontram entre as escalas do átomo e do universo. “Geography is concerned with medium-scale systems; those lying somewhere between the scales of the atom and the universe.”

- Caixa cinza (*grey box*) – nível intermediário de detalhamento – envolvendo uma visão parcial da estrutura interna do sistema estudado. Em tal nível de análise, leva-se em consideração apenas um número limitado de subsistemas, os quais são tratados como unidades, não havendo preocupações para com as estruturas e operações internas dos mesmos.
  - Caixa branca (*white box*) – o nível de detalhe mais complexo – trata-se da tentativa de se obter o conhecimento mais detalhado possível. Os subsistemas, além de serem identificados, são detalhados de tal forma que seja possível entender a influência de suas estruturas internas no fluxo de matéria e energia.
- Sistemas Processos-Respostas: Representa a intersecção entre, pelo menos, um sistema morfológico e um em cascata, demonstrando as correlações entre formas e processos. As formas de relevo podem ser consideradas como sistemas morfológicos resultantes das trocas de matéria e energia entre os sistemas em cachoeira envolvidos nos processos erosivos. De mesmo modo, a morfologia do solo pode ser considerada como resultante do fluxo de matéria e energia nos sistemas em cascata responsáveis pelos processos intempéricos.
  - Sistemas Controle: São sistemas processos-respostas, que possuem uma componente chave controlada por alguma inteligência. O controle faz com que o sistema opere de certo modo determinado por tal inteligência.<sup>6</sup>

Além destes, Chorley e Kennedy (1971) apresentam mais sete tipos de sistemas, a saber: os sistemas que se alto mantém, representados pelas menores formas de vida, tais como as células; as plantas e animais, como estruturas vivas; os Ecossistemas, formados por plantas, animais e o seu meio ambiente inanimado; o homem; Sistemas sociais; Ecossistemas humanos, que representa a união do sistema social com o

---

<sup>6</sup> “These are process-response systems in which the key components are controlled by some intelligence. This control causes the system to operate in some manner determined by the intelligence.” (Chorley e Kennedy, 1971).

ecossistema. Estes últimos seriam os sistemas de maiores níveis de complexidade, com relevância para a Geografia Física apenas em três casos:

- a) Se representarem feições morfológicas na escala geográfica.
- b) Se constituírem partes em sistemas cascatas.
- c) Se proverem inteligência que intervenha e controle os sistemas processos-respostas naturais.

### **2.3 - O Cerrado: definições, classificações e conceitos**

Para se chegar ao significado de *cerrado*, preocupação central da presente dissertação, julgou-se necessário conceituá-lo, haja vista a existência de inúmeros trabalhos que dão nomes diversos, e por vezes conflituosos, a este padrão de cobertura vegetal.

Uma das primeiras questões que surgem ao se realizar levantamento bibliográfico sobre a temática em questão é: A vegetação de cerrado deve ser considerada uma savana? Essa constituiu uma tarefa árdua, porém necessária, uma vez que a literatura pertinente é vasta e altamente controvertida, com a enorme quantidade de definições baseadas em conceitos distintos e aplicadas a diferentes regiões do globo terrestre, sob critérios os mais variados. Além disso, grande parte dos pesquisadores não esclarece com precisão a amplitude dos conceitos utilizados, o que gera confusões no entendimento, dificultando possíveis comparações e analogias, ou, segundo Walter (2006), criou obstáculos para a definição de políticas de conservação. A adoção de um determinado conceito influencia diretamente a escolha de variáveis e atributos que caracterizam a vegetação estudada, bem como a definição de sua distribuição espacial e a relevância dos elementos e parâmetros responsáveis por sua existência, pela sua estrutura, organização e funcionamento.

Muitos autores propõem a substituição do termo cerrado por savana; outros o consideram como uma fitofisionomia componente do bioma savânico e existem aqueles que não concordam com a ligação entre tais termos<sup>7</sup>. Toda esta discussão deve ser

---

<sup>7</sup> O cerrado não é savana, pois esta é “basicamente uma campina; uma campina com árvores esparsas”. (Waibel, 1948. Apud Walter, 2006)

realizada à luz dos conceitos utilizados por cada autor. Segundo Ribeiro e Walter (1998), há três acepções técnicas sobre o termo cerrado: a primeira trata o cerrado como um bioma; a segunda refere-se ao mesmo num sentido mais amplo ou *lato sensu*, e a terceira em um sentido restrito, ou *stricto sensu*.

A grande quantidade de definições para o termo savana, apoiadas em conceitos diferenciados e critérios variados, mostra grandes controvérsias e equívocos sobre este importante domínio fitogeográfico do globo, como se verificará a seguir.

Apesar de defenderem o uso do termo savana para agrupar diferentes tipos de vegetação com características estruturais e funcionais comuns, Bourlière e Hadley (1983) assumem que o mesmo não pode ser utilizado satisfatoriamente em um senso preciso de classificação, em face da variedade de interpretações que lhe têm sido atribuídas.

Eiten (1986) também chama atenção para o problema das confusões semânticas sobre o uso do termo savana, e indica dois grupos nos quais as acepções do termo se encaixam: o primeiro como uma fisionomia de vegetação aplicável a qualquer parte do mundo e o segundo como um tipo de vegetação em grande escala nos trópicos e subtropicais.

Walter (2006) aponta Bourlière (1983) como autor de um dos trabalhos mais importantes sobre a vegetação savânica. Trata-se de um trabalho que, a partir da contribuição de 28 autoridades no assunto, compila as informações obtidas anteriormente à década de 80 sobre as savanas tropicais e subtropicais, apresentando e discutindo aspectos do seu ambiente, fauna, vegetação, bem como dinâmica de impactos e mudanças ocasionadas pela ação antrópica. Outra referência apontada é o livro de Huntley e Walker (1982) que, conta com a contribuição de 42 especialistas, em savanas tropicais. Aponta ainda a já mencionada contribuição de Eiten (1982), ao ter agrupado as savanas segundo características climático-geográficas, representando importante discussão sobre as savanas brasileiras.

Na língua espanhola, o termo sabana ou sabána foi atribuído originalmente aos campos do Caribe e região norte da América do Sul. O nome "*provém do taino*,

---

Cerrado “[n]ão se trata propriamente de uma savana embora o seu aspecto geral possa dar essa impressão”. (Santos et al. 1977. Apud Walter, 2006)

*pertencente ao grupo lingüístico aruaque, cujas manifestações se estendem desde a Flórida até o Paraguai e do litoral Peruano a embocadura do rio Amazonas”* (MARCHIORI, 2004. p.33 e 34)

Segundo Walter (2006), vários autores admitem como fonte de primeira citação do termo sabana os trabalhos do cronista espanhol Gonzalo Fernández de Oviedo y Valdés (1478-1557), que publicou seus relatos de viagens ao Novo Mundo no “*Sumario de la Natural História de las Índias*” em 1526 e, posteriormente, em “*História General e Natural de las Índias*” em 1535. Para tal autor, o termo sabana designa terra que está sem árvore, mas com muita erva alta e baixa “*(... se dice a la tierra que está sin arboledas, pero com mucha y alta “hierba”)*” ou ainda “*Llaman sabana los índios, como el outro lugar lo tengo dicho, lãs vegas e cerros e costas de riberas, si no tienen árboles, e a todo terreno que está sin ellos, com hierba o sin ella*” (MARCHIORI, 2004. p.35).

O termo continuou sendo utilizado até meados do século XIX para vegetações caribenhas e sul-americanas, em associação natural ao Llanos do norte da América do Sul e, embora “*atualmente (no Brasil) o público leigo associe savana a um domínio vegetacional do continente africano (e não sul americano), somente muito tempo depois de sua origem histórica é que o termo foi aplicado naquele continente e em outras partes do globo*” (WALTER, 2006. p.6).

Até o século XIX, naturalistas tais como Alexander von Humboldt (1769-1859), utilizaram o termo savana como um designativo comum a estepe, campo, ou tipos de vegetação desprovidas de árvores. No entanto, “*aludindo aos Llanos venezuelanos, o próprio Humboldt referiu-se às grandes planícies sem árvores (“treeless plains”) mencionando a presença de palmeiras arbóreas (Mauritia)*” (BOURLIÉRE e HADLEY, 1983. Apud: WALTER, 2006).

Schimper (1898), ao percorrer as regiões descritas por Humboldt, revela não ter encontrado os vastos campos que tal autor descreveu, mas observou uma vegetação de arvoredos (parque) que, embora aberta, continha elementos arbóreos. Assim, “*a partir daí o termo savana amplia-se para abarcar conceitualmente arbustos e árvores*” (WALTER, 2006. p. 6).

Grisebach (1872) é apontado como, possivelmente, o primeiro botânico a usar o termo savana com o significado mais difundido até o presente (WALTER, 2006). Segundo Bourlière e Hadley (1983), para tal autor, a diferença entre estepes temperadas e savanas está no fato de que nestas últimas ocorre vegetação arborecente.

Segundo Walter (2006), autores clássicos, tais como Drude (1890) e Schimper (1898), seguiram na mesma linha de pensamento que Grisebach (1872), porém cada um interpretou o conceito à sua maneira.

Para Schimper (1898) existem três tipos, associados a formações climáticas: a primeira seria o *arvredo* (“woodland”), designando locais constituídos, na sua essência, por plantas arbóreas; a segunda, o *campo* (“grassland”), dominada essencialmente por gramíneas perenes; a terceira, o *deserto*, local de condições hostis a todo tipo de vegetação. Juntamente com o prado ou pradaria e a estepe, a savana estaria inserida na formação climática campo, designando campos xerófilos contendo árvores isoladas.

Ainda segundo Walter (2006), após as conceituações apresentadas, várias outras definições foram elaboradas por diversos autores e, uma vez que o termo passou a ser aplicado em diferentes partes do globo, significações distintas, e muitas vezes conflitantes, vistas as particularidades regionais e locais, foram acrescentadas à literatura.

Tal fato conduz a uma grande variedade nas definições do termo savana, na dependência dos critérios adotados por cada autor. Desde o fim do século XIX, houve predomínio do critério fisionômico, com o aparecimento de certas expressões, tais como “savana arbórea”, “savana parque” e “savana herbácea”, seguido do critério ecológico, fazendo menção às condições ambientais determinantes, gerando termos tais como “savana estacional”, “savana hiper-estacional” (SARMIENTO, 1983), dentre outros.

Walter (2006) cita o primeiro volume do “*Glosario Fitoecológico de las Américas*”, editado por Huber e Riina (1997), como exemplo da grande variedade de definições do termo savana, que, apesar de considerar apenas a literatura técnica dos países de língua hispânica da América do Sul, o trabalho aponta para uma listagem de 231

verbetes referentes ao termo, variando desde a forma pura “*sabana*”, “*savanna*”, “*savanah*” até a forma composta “*savana alberata a latifoglie decidue, di clima tropicali*”, “*savanna grassland*” etc.

As definições de savana podem ser agrupadas em duas escolas de pensamento, a saber, a européia, que considera savana como uma “*formação tropical com domínio de gramíneas, contendo uma proporção maior ou menor de vegetação lenhosa aberta e árvores associadas*” (COLLINSON, 1988. Apud: WALTER, 2006), e a escola americana, que, embora possua a mesma definição fisionômica que a anterior, expande o conceito para além das formações tropicais. Assim, segundo esta última escola e apoiando-se na afirmação de que as “*savanas são o tipo de vegetação mais comum nos trópicos e subtrópicos*” (SOLBRIG, 1991. Apud: MISTRY, 2000), algumas vegetações subtropicais da América do Norte, da Patagônia, ou do Chaco sul-americano, também poderiam ser consideradas savanas.

A seguir, são expostas doze definições de savanas, apontadas por Walter (2006) como pertencentes aos autores mais expressivos com relação à temática. Segundo este autor, as sete primeiras definições pertencem à escola européia e as restantes podem ser enquadradas na escola americana (Tabela 2.1).

Tabela 2.1. Doze conceituações do termo savana. (Adaptado de Walter, 2006).

Nº	Definição	Autor
1	Vegetação que compreende um estrato gramíneo contínuo, usualmente com Árvores e/ou arbustos exibindo características estruturais e funcionais similares. Inclui comunidades de composição florística variável, variando fisionomicamente de um campo puro... até arvoredos decíduos... Invariavelmente, a transição entre a savana e a floresta tropical é bem definida e abrupta...	Cole, 1986.
2	Tipo de vegetação tropical com predomínio de gramíneas de alto porte e um período de repouso durante a estação seca.	Cabrera e Willink, 1980.
3	Formação aberta com predomínio de gramíneas, normalmente intercaladas por árvores e/ou arbustos, que ocorre em áreas de clima tropical.	Glossário, 1997.
4	Tipo de vegetação freqüente em países tropicais, cujo clima comporta uma estação seca. Sua característica fisionômica dominante é dada por um "estrato de graminóides" ("elatigraminetum"), ao qual pode acompanhar, mais ou menos abundantemente, ervas perenes, subarbustos e até árvores.	Font-Quer, 1985.
5	Campos gramíneos tropicais ("tropical grasslands"), com ou sem árvores e arbustos esparsos. São mais extensas na África... Equivalentes, mas menos extensas e com comunidades menos ricas, também ocorrem na Austrália, América do Sul e sudeste da Ásia. ...Savanas são sujeitas a fogo...	Whittaker, 1975, 1977.
6	Planície ("llanura") coberta por vegetação baixa de gramíneas, arbustos e as vezes árvores esparsas, em regiões quentes com estação seca mais ou menos longa. Nos Llanos orientais da Colômbia e Venezuela é de extensão considerável.	Cuatrecasas 1958, apud Huber e Riina, 1997.
7	Sistemas ecológicos formados por pradarias tropicais, nas quais algumas espécies isoladas de lenhosas vivem em competição com gramíneas e outras herbáceas.	Walter, 1986
8	Bosque (floresta) aberto com gramíneas. As árvores podem estar espaçadas ou em grupos, separados por gramíneas. Tipo de transição entre floresta (bosque) e (pradaria).	Cain, 1951.
9	Campo gramíneo com árvores ou arbustos ou arvoredos espalhados.	Eiten 1968, 1972.
10	Microfanerófitas ou plantas lenhosas altas, espalhadas individualmente sobre um estrato baixo mais ou menos denso de ervas ou líquens.	Daubenmire, 1968.
11	Áreas com árvores e arbustos espalhados sobre um estrato gramíneo, sem a formação de dossel contínuo.	Ribeiro e Walter, 1998.
12	Ecosistemas dinâmicos determinados pela umidade e nutrientes disponíveis para as plantas, pelo fogo e herbivoria, a diferentes escalas espaciais e temporais.	Mistry, 2000.

Da mesma forma que há grande quantidade de definições conceituais do termo savana, existem muitas classificações de seus tipos, baseadas nos mais variados critérios, sendo os mais comuns são os de caráter fisionômico, florístico ou ambientais.

As características edáficas e dos elementos climáticos estão entre os fatores ambientais mais utilizados na determinação dos tipos de savanas. Desta forma, é comum encontrar, nas classificações baseadas em critérios ambientais, grande preocupação com características dos solos, tais como baixa fertilidade, pequena espessura, condições de drenagem e de encharcamento, além de preocupação com características do clima, tais como abundância, escassez e distribuição de chuvas.

Walter (2006) indica alguns tipos de savana e apresenta sumariamente suas definições baseando-se em cinco referências, das quais quatro estão abaixo citadas:

Tipologia de savanas segundo Huetz-de-Lemps (1970), apud: Walter (2006):

- Savana herbácea (“grass savanna”) – praticamente sem árvores e arbustos;
- Savana arbórea (“tree savanna”) – salpicada de árvores mais ou menos regularmente repartidas;
- Savana em bosque (“sabana de bosqueillos”) – sem árvores isoladas, mas sim em pequenos bosques (que ocorrem em murundus);
- Savana parque (“sabana parque”) – próxima da anterior, em que trechos predominantemente herbáceos alteram-se com os arborescentes;
- Savana florestal (“sabana arbolada” ou “woodland savanna”) – é importante a densidade de árvores, sem formar dossel;

Tipologia de savanas segundo Cole (1986), apud: Walter (2006):

- Savana arborizada (“savanna woodland”) – arvoredos decíduos e semidecíduos de árvores altas (mais de 8m de altura) e gramíneas mesofíticas altas (mais de 80cm de altura), cujos espaços entre árvores é maior que o diâmetro de suas copas;

- Savana parque (“savanna parkland”) – campos (“grassland”) mesofíticos altos (gramíneas de 40 a 80cm de altura), com árvores decíduas (menos de 8m de altura) espalhadas;
- Savana campo (“savanna grassland”) – campos (“grassland”) tropicais altos sem árvores ou arbustos;
- Savana com árvores baixas e arbustos (“low tree and shrub savanna”) – comunidades com gramíneas perenes de baixo crescimento (menos de 80cm de altura) largamente espaçadas, com abundância de plantas anuais e salpicada de árvores e arbustos de baixo crescimento, freqüentemente com menos de 2m de altura, largamente espaçados;

As duas tipologias apresentadas revelam uma maior influência dos aspectos fisionômicos, caracterizados pela maior ou menor presença de árvores e/ou arbustos, bem como de suas respectivas densidades.

As duas próximas tipologias apresentadas baseiam-se em parâmetros ambientais, tais como falta de chuva, encharcamento do solo e modificação antrópica, sendo que na primeira delas percebe-se a preocupação com aspectos fisionômicos apontados pelo porte da vegetação.

Tipologia de savanas segundo Glossário (1997), apud: Walter (2006):

- Savana climática – ocorrência originada pela falta de chuva suficiente para sustentar uma floresta, mesmo em solos favoráveis;
- Savana de inundação ou hiperestacional – representada por gramíneas de grande porte, em solo encharcado na maior parte do ano;
- Savana de térmitas – úmida ou seca, marcada pela presença de cupinzeiros e de murundus;
- Savana derivada – originada de ação de perturbação (corte, fogo, pastoreio), sobre uma vegetação natural mais alta e/ou fechada;

- Savana edáfica – originada em função das condições desfavoráveis de solo tais como baixa fertilidade, pequena espessura, acúmulo de sais ou metais ou má drenagem;
- Savana espinhenta – representada por vegetação de porte arbóreo, em áreas com período seco de 8 a 10 meses;
- Savana seca ou estacional – representada por vegetação de porte médio, em áreas com período seco de 5 a 7 meses;
- Savana úmida ou não estacional – representada por vegetação de porte arbóreo grande, em áreas com período seco de 3 a 4 meses;

Tipologia de savanas segundo Sarmiento e Monasterio (1975), apud: Walter (2006).

- Savana climática (“climatic”) – quando não há chuva suficiente para sustentar floresta, em sítios bem drenados em terras altas, mesmo onde a profundidade dos solos seja favorável;
- Savana não-estacional (“nonseasonal”) – quando razões edáficas de qualquer tipo (exceto saturação permanente que possa produzir brejo impedem a ocorrência de floresta em um clima sem estação seca;
- Savana estacional (“seasonal”) – quando há uma estação seca definida e o solo é bem drenado, mas outras razões edáficas como solos pouco profundos, infertilidade ou alto conteúdo de alumínio disponível impedem a ocorrência de floresta; solo não fica saturado por longos períodos na estação chuvosa;
- Savana hiperestacional (“hyperseasonal”) – quando os solos ficam saturados continuamente por semanas ou meses durante a estação chuvosa e permanecem abaixo do ponto de murcha por semanas ou meses na estação seca. É chamado hiperestacional, pois a situação por longos períodos na estação chuvosa exagera o efeito das chuvas e causa falta de aeração dos solos.

Dentre as definições apontadas, e na busca por certo senso comum, é oportuna a definição conceitual de savana apresentada por Walter (2006) como sendo, “a

*paisagem com um estrato graminoso contínuo (ou descontínuo), contendo árvores ou arbustos espalhados. Savana é uma paisagem estruturalmente intermediária entre floresta (ou arvoredo, no sentido de Schimper, 1898) e campo”.*

Tal definição não difere substancialmente, em termos fisionômicos, da definição de Eiten (1994) para cerrado. Segundo este autor, o cerrado teria duas floras, “*uma de árvores e dos arbustos persistentes com caules mais grossos (a camada lenhosa)*” e a outra, “*... com espécies diferentes, é a da camada rasteira. Esta inclui não somente ervas (graminóides e forbes), mas também arbustos e semi-arbustos baixos com caules finos...*”

Na tentativa de responder a questão de se o cerrado seria ou não savana, Walter (2006) aponta para a importância conceitual, recorrendo ao trabalho de Ribeiro e Walter (1998), para quem, atualmente, há três acepções técnicas para o termo cerrado: a primeira o considera como bioma, de predomínio no Brasil Central; a segunda, como cerrado no sentido restrito, ou *stricto sensu*, representando um tipo fitofisionômico presente na formação savânica, que, segundo os autores, é definido pela composição florística e pela fisionomia, devendo-se levar em consideração tanto a estrutura como as formas de crescimento dominantes; a terceira acepção seria a do cerrado no sentido amplo, ou *lato sensu*, reunindo as formações savânicas e campestres do bioma, incluindo desde o cerradão, que segundo o autor, tratar-se-ia de uma formação florestal, ao campo limpo, sendo definido pela composição florística e pela fisionomia, sem considerações sobre a estrutura.

Desta forma, cerrado no sentido restrito pode ser considerado como uma típica savana. Já bioma cerrado, definido por Eiten (1994) como vegetação clímax<sup>8</sup>, não poderia ser considerado savana, uma vez que se refere a uma grande área geográfica,

---

<sup>8</sup> Nas palavras do próprio autor: “Vegetação clímax é aquela que, passando por estágios de sucessão de diferentes comunidades florísticas, começando de área de rocha nua, areia ou argila depositada pela água e pelo vento, ou de lagoa rasa, chegou a uma composição de espécies e a uma fisionomia que permanecem constantes enquanto o clima e a topografia não mudam apreciavelmente” (EITEN, 1994).

A idéia de clímax está intimamente relacionada aos sistemas, haja vista que se trata de uma fisionomia, ou uma dada organização espacial, na qual a vegetação predominante está em equilíbrio com os parâmetros existentes. Havendo perturbações no sistema quer sejam de ordem natural, tais como furacões, deslizamentos de solos ou fogos naturais, quer sejam de ordem antrópica, dependendo do rompimento, ou não, dos limiares de resiliência, representados pela permanência ou extinção das sementes das espécies que compõem o clímax, o sistema buscará retornar às condições de equilíbrio dinâmico semelhantes à anterior, ou estabelecer um novo equilíbrio, ou clímax, diferente da organização espacial pré-existente.

ou, como Walter (2006) expõe, a um biosistema regional ou subcontinental, caracterizado por um tipo principal de vegetação. Assim, o bioma cerrado seria caracterizado por uma típica savana, ou o cerrado no sentido restrito, mas incluiria também outros tipos de vegetação terrestre ou brejosa.

#### **2.4 – Alguns fatores apontados como responsáveis pela distribuição do cerrado.**

A vegetação de cerrado pode ser dividida em, pelo menos, dois grupos, conforme Ferri (1980): o das espécies permanentes, englobando todas as árvores e muitos dos arbustos existentes, e o das efêmeras, compreendendo inúmeras ervas e gramíneas.

O cerrado recebeu, por um longo período de tempo, o nome de campo seco, uma vez que fora considerado por alguns autores como uma vegetação adaptada às condições de clima seco, dada a sua ocorrência, muitas vezes, em regiões que apresentam longos períodos de estiagem, e às características da própria vegetação, a qual se manifesta espacialmente de forma esparsa, apresentando troncos tortuosos, caules revestidos por cascas espessas e folhas coriáceas brilhantes ou revestidas por inúmeros pêlos (FERRI, 1963).

Vários estudos realizados empenharam-se à procura de métodos e teorias que pudessem explicar o porquê das atuais organizações espaciais paisagística do estado de São Paulo, principalmente as relativas a fragmentos isolados de diferentes fisionomias de cerrado (cerradão, cerrado *stricto sensu*, campo-cerrado), que se distribuem de forma esparsa em meio a uma vegetação predominante de floresta tropical (QUARESMA e PEREZ FILHO, 2005).

Pela “Teoria dos Refúgios Florestais”, condições paleoclimáticas que datam do Pleistoceno (13.000-18.000 anos antes do presente) mostrariam um período de severa seca em territórios do hemisfério Sul, graças ao avanço das correntes marítimas frias desse hemisfério em direção ao equador, que, conforme Ab’Sáber, (1979), permitiu um processo de ariditização, em correspondência à glaciação de Wiirm-Wisconsin do hemisfério Norte.

Na tentativa de aplicar tal Teoria ao estado de São Paulo, Viadana (2002) realizou estudo e elaborou mapa sobre os Domínios Naturais, refletindo o mosaico paisagístico supostamente existente no Pleistoceno terminal, com base nas flutuações climáticas quaternárias. Linhas de pedras (indicativas da semi-aridez climática), dentre outros vestígios observados em campo, conduziram o referido autor a concluir que as condições climáticas existentes no período que se estende de 13.000 a 18.000 anos atrás, permitiram que as vegetações menos densas, ou mais abertas, do tipo cerrado (*stricto sensu?*), caatinga e campos se expandissem e ocupassem amplas áreas deste estado brasileiro. Ao mesmo tempo, tais condições ocasionaram a fragmentação e limitação das densas florestas tropicais às poucas áreas úmidas existentes, “redutos” (AB’SABER, 1979), tais como nos brejos e ao longo dos rios que mantiveram a condição perene (Figura 2.2).

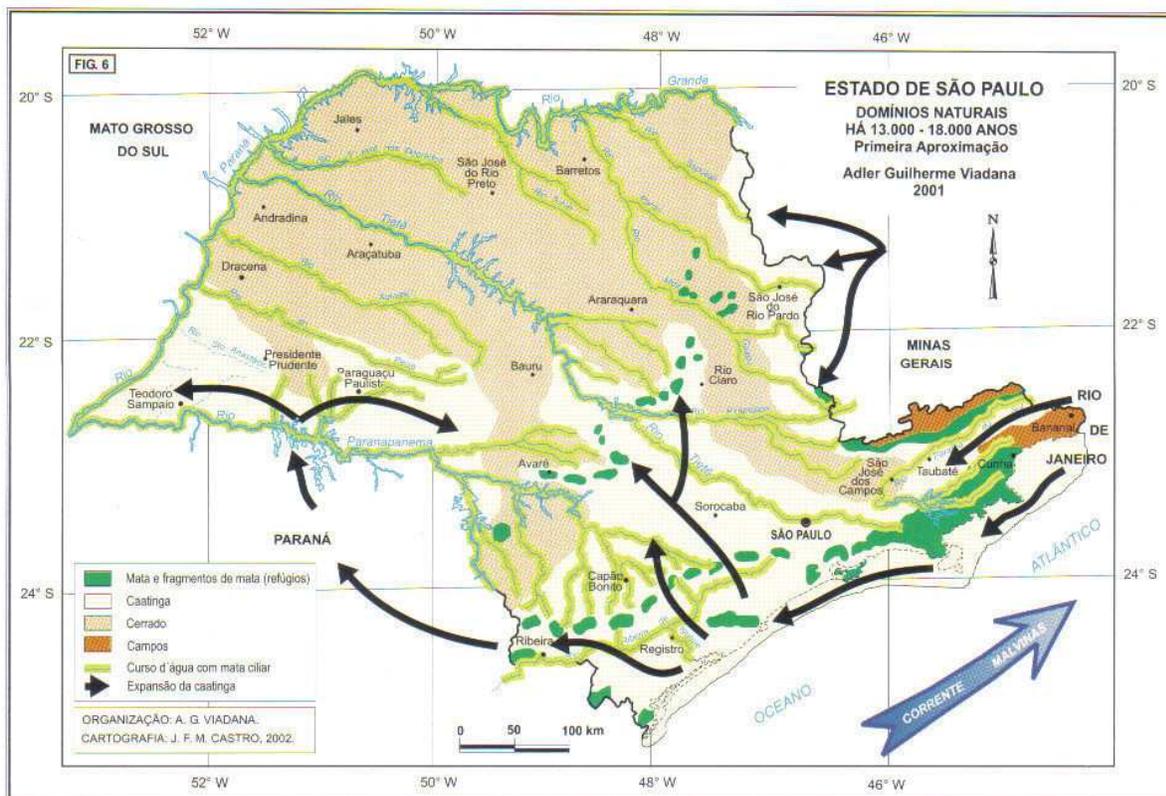


Figura 2.2 – Domínios Naturais do Estado de São Paulo há 13.000 – 18.000 anos.

Fonte: Viadana (2002).

No entanto, nos últimos 13.000 anos teria ocorrido um processo inverso, que permitiu a retomada de condições climáticas anteriores, com aumento das temperaturas e elevação lenta e gradual da umidade, devido ao recuo das correntes frias oceânicas em direção ao pólo sul e avanço das correntes quentes em direção ao Trópico de Capricórnio. Sob estas condições, as vegetações mais densas, tais como as florestas tropicais, puderam se expandir e dominar a maior parte do estado paulista, enquanto que as vegetações mais abertas sofreram processo de fragmentação e retração aos limites atuais de seus respectivos domínios morfobioclimáticos (VIADANA, 2002). Tal conformação paisagística pode ser observada no trabalho de Troppmaier (1969) - (Figura 2.3), o qual se refere à cobertura vegetal primitiva do estado de São Paulo na época do descobrimento do Brasil pelos portugueses. Foram identificados, pelo autor, 190.000 km<sup>2</sup> de florestas densas nas serras do Mar, Mantiqueira, Paranapiacaba, além da porção central da Depressão Periférica. Tal autor também identificou a existência de campos limpos (14.000 km<sup>2</sup>), cerrados (8.400 km<sup>2</sup>), campos sujos (7.000 km<sup>2</sup>) e araucárias (1.600 km<sup>2</sup>).

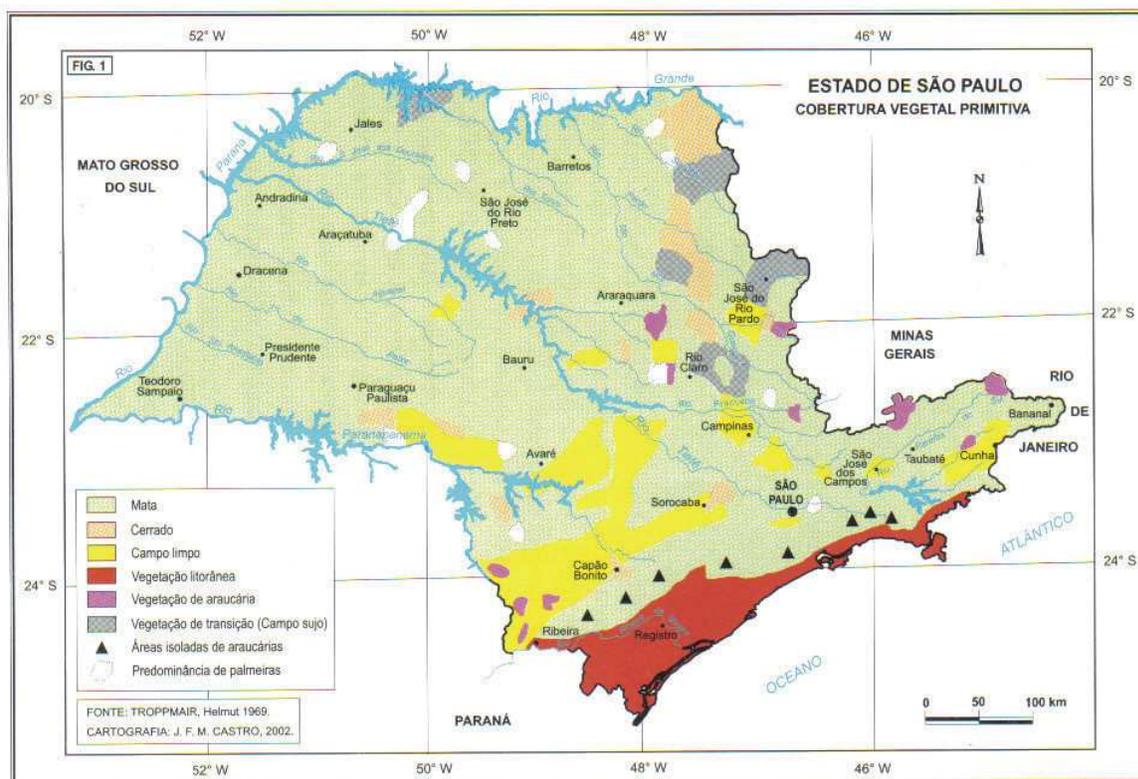


Figura 2.3 – Cobertura Vegetal Primitiva do Estado de São Paulo. Fonte: (TROPMAIR, 1989).

Damuth e Fairbridge (1970) realizaram a primeira tentativa de explicação do ressecamento climático no Quaternário baseados na dinâmica das correntes marítimas frias e quentes (Figura 2.4).

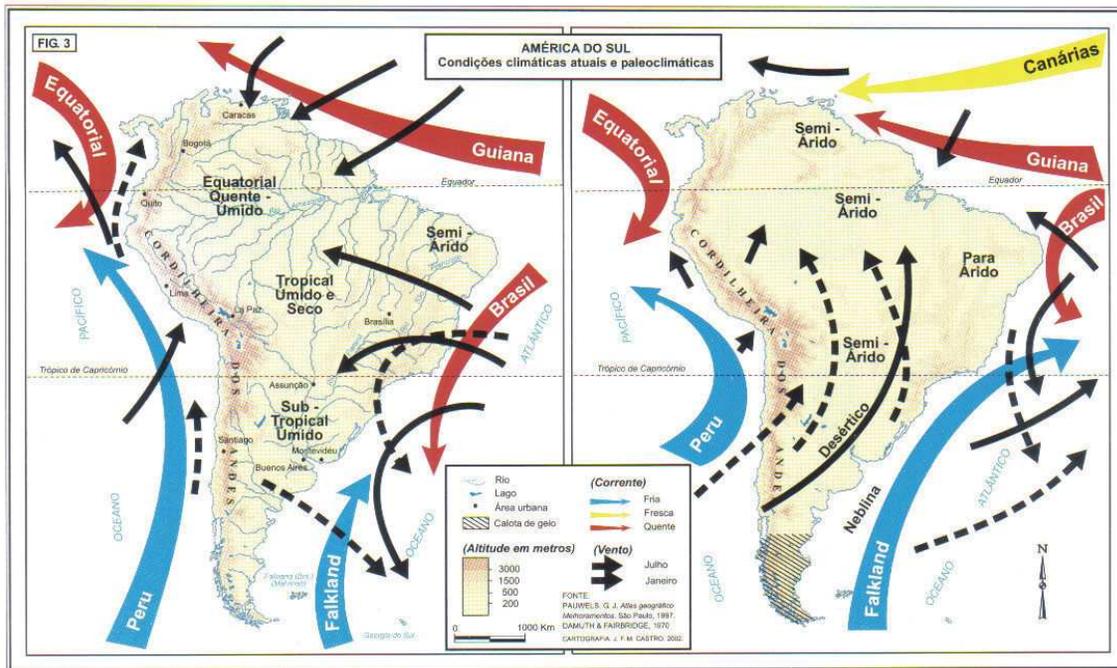


Figura 2.4 – Condições climáticas atuais e paleoclimáticas – América do Sul

Fonte: Damuth e Fairbridge (1970) In: Viadana (2002).

O mapa da direita reflete nitidamente a maior atuação das correntes frias no Pleistoceno, o que cria condições climáticas de semi-aridez e de deserto no estado de São Paulo. O mapa da esquerda mostra as condições atuais de atuação das correntes marítimas, no qual pode ser observada a ação muito mais marcante das correntes quentes no continente sul-americano, criando condições de tropicalidade, o que proporciona aumento de umidade e de temperaturas.

Desta forma, trabalhos como os apresentados acima, baseados na “Teoria dos Refúgios Florestais”, relacionam o cerrado como sendo vegetação adaptada à ambientes de escassez de água.

No entanto, observações e trabalhos pioneiros de Rawitscher *et alli* (1943), realizados em várias partes do estado de São Paulo e principalmente em Emas/SP, próximo ao município de Pirassununga, contradisseram a noção de que o cerrado fosse

uma vegetação de predomínio em áreas de escassez de água, concluindo que esta não se trata de fator limitante à vegetação de cerrado. As conclusões destes autores se basearam nas características de fitoespécies de cerrado, tais como ausência de sinais de murchamento, mesmo no auge da seca, presença de folhas de grandes dimensões e ocorrência abundante de floração e brotação anteriormente aos períodos anuais de chuvas. Além destas, foi observada, na maioria das espécies, a presença de estômatos<sup>9</sup> abertos durante todo o dia, favorecendo a livre transpiração das mesmas, inclusive nos períodos de seca.

Além das características da vegetação, os autores observaram que os solos sob cerrado possuíam grande profundidade e abundância de água disponível para as plantas em suas várias camadas durante todo o decorrer do ano<sup>10</sup>, exceção da camada superficial, não ultrapassando cerca de dois metros de profundidade, que poderia apresentar-se com pouca água durante a estação seca. Com relação à percolação da água ao longo do perfil do solo, verificaram que esta se processava de maneira lenta e gradual, de tal forma que o conteúdo de água armazenada no solo, acima do lençol freático, pôde ser calculado como equivalente à soma das precipitações de três anos médios. Tais observações referentes ao solo reforçaram a afirmação de que a água não fosse fator limitante da vegetação de cerrado, uma vez que raízes de grande parte das espécies atingem grandes profundidades, alcançando às vezes o lençol freático e quando não, ainda assim são capazes de alcançar profundidades em torno de dez metros, onde a abundância de água tende a ser elevada.

Ferri (1944) ao publicar trabalho sobre a anatomia das folhas de uma considerável quantidade de espécies vegetais permanentes do cerrado, conclui que, apesar do seu grande xeromorfismo, a vegetação de cerrado não se comporta como adaptada a condições secas, apresentando comportamento similar à vegetação de brejo<sup>11</sup>.

---

<sup>9</sup> Organelas que tem por função a realização de trocas gasosas entre as plantas e o meio ambiente, servindo assim, como canal para trocas gasosas e para transpiração do vegetal.

<sup>10</sup> Os autores expõem que nunca encontraram teor de água inferior a 7,5% do peso seco do solo nas camadas inferiores a 1m sob a superfície e verificaram o aumento progressivo no teor de água nas camadas inferiores até alcançar o máximo de 40% entorno de 18m de profundidade, pouco antes do lençol subterrâneo.

<sup>11</sup> O autor faz comparação das condições de cerrado às de um brejo que “fosse separado da superfície por uma camada de solo que pode secar anualmente, durante algum tempo. Mas essa seca não afeta a

Rachid (1947) publicou trabalho detalhado sobre os sistemas radiculares e sobre transpiração de plantas efêmeras do cerrado de Emas, as quais possuíam período de vegetação limitado às épocas de chuvas. Tal trabalho conduziu a autora à conclusão de que as espécies com sistemas radiculares superficiais tendem a apresentar reações estomáticas mais rápidas e à medida que haja aumento da profundidade das raízes, tais reações tornam-se mais lentas.

Assim, a autora faz o seguinte questionamento: *“podem os campos cerrados de Emas serem considerados como ambiente seco”?* E responde: *“Se considerarmos as camadas superficiais dos solos no inverno, a resposta será afirmativa e, no verão, será negativa; se, porém tratarmos das camadas mais profundas e sempre úmidas, a resposta será sempre negativa, mesmo no inverno”* (RACHID, 1947).

A autora conclui também que a vegetação de raízes profundas não encontra problemas de escassez de água, bem como as espécies de raízes superficiais, por vegetarem em períodos de chuvas, quando *“sua rizosfera<sup>12</sup> recebe água com certa regularidade”* (RACHID, 1947).

Waibel (1948) realizou estudo sobre a vegetação e o uso da terra no Planalto Central brasileiro e pôde constatar grande variedade de tipos de vegetação em áreas de dimensões pouco extensas e sob a influência de mesmas condições climáticas. Desta forma, o autor pôde concluir que tais tipos de vegetação dependiam de condições edáficas. As mesmas conclusões podem ser encontradas nos trabalhos de Auvim e Araújo (1952), para os quais, as espécies de cerrado se adaptam às condições de teor de cálcio e pH baixos, o mesmo não ocorre com espécies de florestas.

Ferri e Labouriau (1952), partindo do princípio de que alguns problemas encontrados no cerrado só poderiam ser entendidos à luz de informações relativas a outros tipos de vegetação, realizaram estudos de balanço de água da vegetação de caatinga de Paulo Afonso/BA. Os resultados de tais estudos demonstraram restrição significativa ao consumo de água por parte desta vegetação, inclusive em épocas de

---

vegetação permanente do cerrado, cujas raízes ultrapassam tal camada e se aprofundam pelas regiões do solo onde a água é sempre abundante” (FERRI, 1963).

<sup>12</sup> A rizosfera é a região de contato entre o solo e as raízes das plantas. O número de microrganismos na raiz e à sua volta é muito maior do que no solo sem raízes.

chuva. Foi observado também que as espécies da caatinga apresentaram reações estomáticas rápidas às variações de suprimento hídrico ou de iluminação.

Ferri (1953) apontou que em períodos de seca, a vegetação de caatinga demonstrava baixas taxas de transpiração e de consumo de água, mantendo assim seus estômatos abertos por um período mais curto de tempo.

Ao comparar a vegetação de caatinga à de cerrado, Ferri (1955) apontou para o fato de haver nesta, presença freqüente de estruturas xeromorfas, tais como *“estômatos em depressões, epidermes revestidas por cutícula espessa e camadas cuticulares ou recobertas por numerosos pêlos ou escamas, presença de hipoderme e parênquimas incolores, células pétreas e esclerênquimas bem desenvolvidos, etc.”*

Apesar de tais características serem, habitualmente *“adaptadas às condições xéricas”* (FERRI, 1963), o referido autor, ao estudar o comportamento das vegetações em questão, conclui que diferentemente da caatinga, o cerrado não apresenta adaptação fisiológica a tais condições.

Essa conclusão se apóia nos mecanismos de transpiração, que se processam nas espécies permanentes do cerrado de forma livre e com altos valores, mesmo nos períodos de seca mais pronunciada, apesar de suas condições xeromórficas mais acentuadas. Assim, as espécies de cerrado permanecem com os estômatos abertos ao longo do dia, inclusive durante a seca e a sua transpiração cuticular é muito elevada, apesar das cutículas e das camadas cuticulares serem espessas.

Já as espécies de caatinga, embora presentes em ambiente de maior aridez, não apresentam xeromorfismo tão acentuado, *“exceto as Broméliaceae, as Cactaceae e as Euphorbiaceae suculentas”* (FERRI, 1963), porém em termos fisiológicos, estão *“muito mais adaptadas a essas condições”* e *“durante a época das chuvas várias plantas já revelam necessidade de restrição do consumo hídrico, ficando com estômatos abertos somente nas primeiras horas do dia”*. (FERRI, 1963)

A vegetação de caatinga, segundo Ferri (1963), ao enfrentar períodos mais acentuados de seca, aumenta a sua restrição ao consumo hídrico e quase todas as plantas passam a manter seus estômatos fechados ao longo de todo o dia. Buscando sua própria sobrevivência em tais períodos, a vegetação de caatinga tende a eliminar a sua transpiração cuticular, a qual já se processa de forma baixa ao longo das demais

épocas do ano, reduzindo grandemente a sua superfície transpirante, por meio da queda das folhas.

Com base nas informações acima, Ferri (1963) conclui que o cerrado *“não apresenta adaptação fisiológica a ambiente seco”*. Além disto, procurando explicar o porquê das características xeromórficas acentuadas no cerrado, apesar de mecanismos fisiológicos em nada adaptados a condições xéricas, o referido autor expõe que o *“xeromorfismo do cerrado nada tem a ver com proteção contra seca, tendo-se originado por qualquer outra razão”* e que *“a vegetação de cerrado pode, eventualmente, estar sujeita a secas pouco severas, contra as quais basta a proteção de pêlos, cutículas espessas, estômatos aprofundados, etc”*.

Desta forma, a *“vegetação do cerrado não teria estado sujeita a um estímulo bastante forte, durante seu processo evolutivo, para desenvolver e selecionar mecanismos fisiológicos de proteção contra seca. Tal seleção teria ocorrido, entretanto, no ambiente mais seco da caatinga”* (FERRI, 1963). A inexistência de um maior número de espécies da caatinga que apresentassem ambos os mecanismos de proteção, fisiológicos e morfológicos, se explicaria pelo fato de que havendo fornecimento baixo de água, a fotossíntese, restrita a um curto período de tempo, poderia ser prejudicada pela presença de características xeromorfas, que poderiam dificultar a entrada de luz e de gás carbônico no sistema planta.

Tal afirmação é de grande peso acadêmico, haja vista que, se verdadeira, implica a necessidade de revisão de trabalhos importantes, que, com base somente nos elementos climáticos, procuraram explicar a evolução da distribuição dos tipos de vegetação brasileira e reconstituir historicamente antigos mosaicos paisagísticos do território.

Por outro lado, Arens; Ferri e Coutinho (1958) realizaram experimentos em Emas, os quais consistiam em administrar artificialmente, em concentrações variáveis, nutrientes, tais como uréia, di-hidrogeno fosfato de potássio, nitrato de potássio, nitrato de cálcio e nitrato de amônio, a duas espécies de cerrado. Os resultados demonstraram que os experimentos induziram maior mobilidade estomática e reduziram o nível de transpiração das espécies, uma vez que estimularam reações metabólicas por fornecerem ao protoplasma condições nutricionais mais convenientes.

Arens (1958) concluiu que o acentuado xeromorfismo do cerrado trata-se de uma resposta às condições oligotróficas dos solos os quais são geralmente ácidos e empobrecidos em bases trocáveis. O autor concluiu também, que a relativa escassez de nitrogênio assimilável trata-se de um fator fundamental para originar o peculiar escleromorfismo oligotrófico<sup>13</sup> do cerrado. Assim, tal vegetação teria se adaptado a tais deficiências minerais dos solos. A ausência de certos nutrientes impossibilitaria a utilização dos carboidratos produzidos durante a fotossíntese, os quais se acumulariam em certos órgãos, formando as estruturas pseudo-xeromorfas.

Além das propriedades edáficas, o autor acima aponta para a influência do fogo como um agente que acentua o oligotrofismo. Tais informações lhe permitiram concluir que *“o cerrado representa em grandes partes do Brasil um clímax edáfico e em outras, principalmente nos limites sulinos de sua área de distribuição, um sub-clímax, evidentemente pela ação do fogo”*. (ARENS, 1958)

Segundo Ferri (1963), autores tais como Rawitscher, F., Ferri, M. G., Rachid, M., Cole, M. M., dentre outros, chegaram à conclusão de que *“em certas áreas, não fora a interferência humana, não existiria o cerrado, que nelas não representa o clímax e que aí só ocorre porque o homem destruiu a mata e através das queimadas contínuas, do “overgrazing”, etc. torna cada vez mais problemático, se não impossível, o seu retorno”*. (FERRI, 1963: 40)

Na década de cinqüenta foram realizados estudos por Ferri e Coutinho (1958) com recursos de convênio firmado entre a Comissão Interestadual da Bacia Paraná-Uruguaí e o Departamento de Botânica da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da Universidade de São Paulo, com a finalidade de comparar a economia de água de cerrados sujeitos a condições ambientais diversas. Para tanto, os autores estudaram os cerrados de Emas/SP, Campo Grande/MT e Goiânia/GO. Analisando o andamento diário da transpiração de diferentes espécies na época seca, os autores concluíram que não houve diferença fundamental entre as vegetações de cerrado das três regiões estudadas. Com relação ao comportamento estomático, os mesmos autores concluíram

---

<sup>13</sup> Segundo Ferri (1963), a influência de diversos fatores mesológicos, como a deficiência de nutrientes, determinam a aparência xeromorfa, conhecido como escleromorfismo oligotrófico ou pseudo-xeromorfismo.

que a presença de estômatos abertos durante todo o dia, em quase todas as plantas dos três locais, confirma a não necessidade de restrição apreciável ao consumo hídrico.

Assim, os autores puderam concluir que *“a água não é o fator limitante do desenvolvimento da vegetação do cerrado nas três localidades consideradas”* (FERRI, 1963).

Queiroz Neto (1982) referiu-se ao estudo realizado por Warming (1973), publicado originalmente no ano de 1892, como sendo o marco inicial das investigações sobre os cerrados. Para Warming (1973), o solo seria um elemento fundamental na definição e distribuição da vegetação de cerrado, uma vez que, a profundidade, a maior ou menor presença de areias e a própria natureza do solo relacionada à do substrato, contribuiriam para variações da cobertura vegetal (QUEIROZ NETO, 1982). Warming (1973) observou que em Araraquara-SP, sobre Terra Roxa - Nitossolo Vermelho, Embrapa (1999), as árvores seriam mais altas e mais delgadas; em Lagoa Santa, sobre xistos, ocorreria cerrado e, sobre calcário, vegetação silvestre, ombrófila (QUEIROZ NETO, 1982).

Os solos sob cerrado podem ser definidos globalmente como *“Latosolos arenosos, areno-barrentos ou argilosos, muitas vezes cascalhentos, profundos, permeáveis, extremamente pobres em bases e ácidos”* (QUEIROZ NETO, 1968).

Ranzani (1963) acrescentou que além dos Latossolos, os Regossolos – Neossolos Quartzarênicos (EMBRAPA, 1999) – também possuíam grande relação com a vegetação de cerrado.

Freitas e Silveira (1977) confirmaram que, nas áreas de ocorrência de vegetação de cerrado, seriam dominantes os Latossolos distróficos, textura média ou argilosa, seguidos das Areias Quatzosas distróficas, associados ou não a outros solos, e em parcelas menos expressivas, a Laterita Hidromórfica, os solos litólicos e o Latossolo Roxo (QUEIROZ NETO, 1982).

Jacomine (1963) caracterizou os solos sob cerrado como sendo fortemente ácidos, com capacidade de troca catiônica, saturação de bases, teores de fósforo e de nitrogênio muito baixos, com fertilidade natural sempre inferior à dos solos sob floresta.

A ausência de detritos vegetais, húmus ou cogumelos fez com que Warming (1973) apontasse para a menor fertilidade dos solos sob cerrado, do que solos sob florestas.

Warming (1973) observando a distribuição dos tipos de vegetação na paisagem, afirmou que quanto mais plana a topografia, mais profundas as “argilas vermelhas” e mais numerosas as árvores e arbustos de cerrado.

Queiroz Neto (1982) encontra correspondência de tais “argilas vermelhas” aos latossolos profundos, de textura variada e coloração mais freqüente entre vermelha e vermelho-amarela, estando associados a solos concrecionários, relacionados muitas vezes as couraças ferruginosas, a solos pouco desenvolvidos, a Areias Quartzosas e a solos hidromórficos. “São mais pobres em matéria orgânica que os solos de floresta, são distróficos e com caráter álico acentuado, sobretudo nos horizontes superficiais” (QUEIROZ NETO, 1982).

A diversidade na vegetação de cerrado foi atribuída por Goodland (1971) a diferentes graus de oligotrofia. Tal autor, segundo Queiroz Neto (1982), aponta para dois tipos, não excludentes, de deficiências minerais nos solos sob cerrado. A primeira delas estaria relacionada à falta ou carência de nutrientes, devida a lixiviação intensa durante longo período de tempo. Já a segunda deficiência mineral estaria relacionada à falta de disponibilidade de nutrientes, devida a presença, no solo, de outro fator limitante, tal como, uma maior toxicidade de alguma substância que poderia interferir na absorção dos mesmos, como é o caso do alumínio trocável, relacionado ao caráter álico dos solos.

De forma geral, os estudos, apontados por Queiroz Neto (1982), tais como os realizados pela Comissão de Solos (In: Brasil, 1960), para o estado de São Paulo, bem como o de Camargo (1975), para o sul de Mato Grosso do Sul, demonstram o caráter álico acentuado dos solos sob cerrado, muito maior que em solos sob floresta.

Essas informações são fundamentais, haja vista que os estudos, realizados por Goodland (1971) indicaram que a presença de alumínio trocável diminui as disponibilidades de nutrientes às plantas, pela inibição de absorção de elementos, tais como o cálcio, além de inibir a síntese das proteínas e a geminação ou crescimento das raízes jovens.

Queiroz Neto (1982) cita Malavolta et alii (1977), por apresentarem conclusões na mesma direção de Goodland (1971), uma vez que os referidos autores expõem que concentrações mais elevadas de alumínio no solo provocam diminuição da absorção de cálcio e magnésio. Além disso, Malavolta et alii (1977) identificaram lesões e desarranjos nos tecidos, relacionados ao excesso de alumínio.

Segundo Queiroz Neto (1982), esses estudos confirmam as idéias de Arens (1963), apresentadas acima, ou seja, a impossibilidade de utilização de carboidratos, produzidos na fotossíntese, devido à escassez de fósforo, cálcio, enxofre e nitrogênio, provocaria a acumulação em certos órgãos, contribuindo ao esclero-morfismo oligotrófico. Além disso, esses estudos corroboram as conclusões de Ferri (1963), de que o acentuado xeromorfismo do cerrado nada tem haver com as condições xéricas, mas sim com características edáficas.

Queiroz Neto (1982) apontou o estudo realizado pela Comissão de Solos (in: BRASIL, 1960), o qual afirmou que “a baixa fertilidade do solo é principal causa da existência do cerrado em determinadas áreas do estado de São Paulo. Com base em análises físico-químicas de perfis de solo do estado de São Paulo e do Brasil Central, esse estudo demonstrou que o aparecimento da vegetação de cerrado se deve, estritamente, a características pedológicas. Os solos sob cerrado teriam iniciado seu processo evolutivo sobre material mineralogicamente mais pobre, sendo, em geral, velhos, com minerais de argila quase todos destruídos e possuindo baixo poder de adsorção de cátions. Tais características qualificariam tais solos como incapazes de sustentar florestas.

## 2.5 – Os conceitos de Ambiente e de Terra

O conceito de ambiente, fundamental à Geografia, tem sido utilizado de maneira ampla, tanto em trabalhos acadêmicos, dos mais variados campos do conhecimento científico, como também nas variadas formas de veículos de informação (CHRISTOFOLETTI, 1999).

Este substantivo acaba incorporando visões de mundo e valores diversos que lhe imputam significados distintos, o que afeta a sua valorização, bem como as estratégias de ação e de planejamento.

De acordo com Lima e Queiroz Neto (1997), o ambiente é o resultado de uma relação imbricada de fatores físicos, químicos, biológicos e sociais, interferindo uns sobre os outros e variando no espaço e tempo.

Um sistema ambiental pode ser caracterizado como entidade organizada na superfície terrestre formada pelos subsistemas físico/natural e antrópico, bem como por suas interações. O subsistema físico-natural é composto por elementos e processos relacionados ao clima, solo, relevo, águas e seres vivos, enquanto os componentes e processos do subsistema antrópico são aqueles ligados à população, urbanização, industrialização, agricultura e mineração, entre outras atividades e manifestações humanas.

Assim, no contexto da Geografia, sistema ambiental trata-se da organização espacial, fruto das relações entre os geossistemas, ou sistemas físico/naturais e os sistemas antrópicos (PEREZ FILHO, 2007).

Diante disso, com base na abordagem sistêmica, pode-se falar na existência de uma Geografia Física, que tem por objeto de estudo os sistemas físico/naturais, cujos elementos e processos manifestam-se temporalmente e espacialmente em organizações espaciais próprias. As organizações físico/naturais ou ambientes físico/naturais resultam, portanto, das inter-relações dos elementos da natureza (CHRISTOFOLETTI, 1999).

Os sistemas antrópicos, por meio do uso e ocupação das terras, usufruem dos potenciais dos geossistemas e modificam os fluxos de matéria e energia existentes nos mesmos. Tais ações permitem que haja rompimento do equilíbrio existente no sistema

físico-natural, alterando assim a sua expressão espacial e temporal, com conseqüente criação de novas organizações espaciais.

Estas organizações, puras expressões temporais e espaciais da existência e interação dos elementos geossistêmicos e antrópicos, constituem o objeto de estudo da Geografia.

Para o termo terra, há pelo menos duas conceituações. A primeira delas, segundo Verdade (1972), foi elaborada em 1880 por Dokuchaiev, e atribui ao termo terra o significado similar ao de solo, ou seja, o de corpo natural organizado, mais do que simples rochas intemperizadas<sup>14</sup> e que apresentam estágios evolutivos de gênese, maturidade e senilidade. Solo também pode ser conceituado, conforme Lepsch (1937), como sendo conjunto de corpos tridimensionais que ocupam a porção superior da crosta terrestre, capazes de suportar plantas, apresentando atributos internos próprios e características externas (declividade, pedregosidade, rochosidade) tais que é possível descrevê-los e classificá-los.

A segunda conceituação possível para o termo terra, e que mais se aproxima do embasamento metodológico e dos objetivos do presente trabalho, foi apresentada pelo Grupo de Trabalho Interdepartamental em Planejamento do Uso da Terra da FAO - (FAO, 1976). Para este, terra trata-se de um segmento delineável espacialmente da superfície do globo terrestre e reconhecido em função de características e propriedades compreendidas pelos atributos da biosfera, que sejam razoavelmente estáveis ou ciclicamente previsíveis, incluindo aquelas de atmosfera, solo, substrato geológico, hidrologia e resultado das atividades humanas futuras e atuais, até o ponto que estes

---

<sup>14</sup> Verdade (1972) apresenta uma breve discussão sobre a evolução histórica do conceito de solo. Segundo o autor, o desenvolvimento dos estudos a respeito do solo se fundamentou em três conceitos básicos. O primeiro conceito utilizado foi o de meio de desenvolvimento das plantas, que motivou os primeiros estudos e classificações, agrupando os diferentes tipos de solos conforme suas características de produtividade. A partir das primeiras evidências de nutrição mineral das plantas, tais estudos buscavam resolver problemas práticos da agricultura e esclarecer as relações solo-planta. O segundo conceito surge no fim do séc. XVIII e início do séc. XIX acompanhando o desenvolvimento da Geologia. Para tal, o solo nada mais seria do que produto do intemperismo das rochas e os estudos realizados no âmbito desta lógica se concentravam em esclarecer os processos de intemperismo responsáveis pela transformação das rochas. O terceiro conceito, apresentado por Dokuchaiev em 1880 na Rússia, define solo como sendo corpos naturais organizados, reconhecendo na gênese do mesmo uma complexa interação entre rocha, clima, organismos, topografia e o tempo transcorrido sob a ação destes fatores. A tal definição, deve-se o desenvolvimento da Pedologia enquanto ciência possuidora de método e objeto próprios, uma vez que os solos passaram a ser considerados cada vez mais como entidades naturais diferenciadas e merecedoras de estudos.

atributos exerçam influência significativa no uso presente ou futuro da terra pelo homem.

Assim, pode se perceber que o conceito de terra aqui utilizado torna-se mais amplo e contém, como elemento, o solo.

## **2.6 – Processos de degradação das terras de áreas de cerrado no estado de São Paulo**

Os Neossolos Quartzarênicos que ocorrem no estado de São Paulo, caracterizam-se por serem, segundo Guerra e Botelho (2003), solos areno-quartzosos, profundos, altamente drenados, bastante arenosos, apresentando estrutura em grãos simples, caráter distrófico e acidez elevada.

A subordem dos Neossolos Quartzarênicos (EMBRAPA, 1999) é caracterizada por apresentar horizontes A-C, sem haver presença de material coeso ou contato lítico nos 50 centímetros de profundidade superficial e pode ser subdividida em dois grandes grupos:

- Grupo dos Neossolos Quartzarênicos hidromórficos, os quais possuem más condições de drenagem, haja vista a influência do nível elevado do lençol freático em grande parte do ano e que, segundo Prado (2005), devem atender ao menos uma das seguintes exigências: horizonte H hístico; saturação por água permanente nos 50 centímetros superficiais do solo; presença de lençol freático nos 150 centímetros da superfície do solo no decorrer do período seco ou nos 50 centímetros de profundidade durante algum tempo na maioria dos anos. Além disto, apresentam pelo menos uma das seguintes características: croma<sup>15</sup> zero; matiz 10YR, 5YR, 2,5YR ou 10R com croma  $\leq 2$  e mosqueados (ou acúmulo de ferro e/ou manganês) resultado da oxiredução do ferro e/ou manganês; matiz 2,5Y ou 5YR com croma  $\leq 3$  e mosqueados (ou acúmulo de ferro e/ou

---

<sup>15</sup> Conforme pode ser observada em MUNSELL SOIL COLOR CHARTS (1954), croma, ou intensidade, trata-se da contribuição apresentada pelo matiz. Matiz trata-se da combinação dos pigmentos vermelho e amarelo - “**Yellow and Red**”. Os matizes variam de 5R, ou 100% vermelho e 0% amarelo, a 5Y, quando os percentuais de vermelho e amarelo forem inversos. O croma possui valores que variam de 0 a 20, sendo que o primeiro representa que não há contribuição do vermelho e do amarelo, o que resulta em cor neutra.

manganês) resultante da oxiredução de tais elementos químicos; matiz 2,5Y ou 10Y e croma  $\leq 1$ ; matizes 5GY, 5G, 5BG ou 5B; e/ou presença de ferro reduzido em quantidade suficiente para colorir de vermelho intenso pelo indicador (alfa, alfadipiridil).

- Grupo dos Neossolos Quartzarênicos órticos: caracterizado, segundo Prado (2005), por não apresentar as características do grupo anterior.

Os Neossolos Quartzarênicos são solos que possuem menos de 15% de minerais da fração argila em sua composição textural. Além disto, são pobres em nutrientes, tendo a fração areia, predominantemente, composta por quartzo, que apresenta alta resistência ao intemperismo.

Estes solos estão relacionados no estado de São Paulo aos arenitos das Formações Pirambóia e Botucatu, da seção Mesozóica da Bacia do Paraná, de origem eólica em ambiente desértico, ocorrendo também sobre arenitos do Grupo Bauru, que datam do Cretáceo.

Segundo Guerra e Botelho (2003), tais solos apresentam maiores problemas de erosão quando desprovidos de cobertura vegetal, uma vez que ocorrem maior exposição dos mesmos a erosão eólica e agravamento da escassez de materiais agregadores, como a argila e a matéria orgânica.

O Oeste Paulista corresponde a cerca de 40% do estado de São Paulo, sendo caracterizado por solos derivados de rochas do Grupo Bauru, ocorrendo, no entanto, nas proximidades da faixa limítrofe com a Depressão Periférica Paulista, tal como no município de Luis Antônio, solos derivados do Grupo São Bento.

Segundo Salomão (1994), as principais classes de solos encontradas no Oeste Paulista são o Latossolo Vermelho-Amarelo, o Podzólico Vermelho-Amarelo (Argissolo Vermelho-Amarelo) e Podzólico Vermelho-Escuro (Argissolo Vermelho), sendo que todos apresentam textura média ou arenosa/média.

A degradação desta região é demonstrada pela presença de feições erosivas de grande porte e também por perda de fertilidade dos solos. Tais fatos se devem à alta suscetibilidade de tais solos à erosão, visto serem bastante arenosos, e às formas de uso e ocupação empregadas (Catarino, 1995).

Guerra (1999) explica o processo de formação de ravinas a partir da exposição dos solos, por meio da retirada da cobertura vegetal e dos primeiros efeitos das gotas de chuva, como fatores de desagregação do solo.

Segundo o autor, o efeito *splash*, também conhecido como erosão por salpicamento, trata-se do primeiro estágio do processo erosivo, uma vez que atua na desagregação das partículas que compõem o solo, facilitando seu posterior transporte por meio do escoamento superficial. A ruptura causada nos agregados do solo, graças à energia cinética contida nas gotas de chuva, permite que haja preenchimento dos poros das camadas superficiais dos solos, gerando outro processo denominado “selamento”, com conseqüente diminuição da porosidade<sup>16</sup>, o que permite aumento no escoamento superficial das águas.

A maior ou menor resistência dos solos à ação desagregadora das chuvas resulta de sua composição, principalmente no que diz respeito ao teor de matéria orgânica<sup>17</sup>, aliada a outros atributos como a granulometria, a densidade aparente, a porosidade etc. Dependendo da combinação desses atributos, o solo poderá facilitar ou dificultar o trabalho da chuva como agente desagregador, revelando sua erodibilidade (BERTONI e LOMBARDI NETO, 1993).

A saturação do solo, provocada pelas chuvas, é outro fator importante para o entendimento da formação de ravinas, uma vez que, associada à formação das crostas, pela ação do *splash*, segundo Morgan (1986), permitirá o decréscimo das forças de capilaridade do solo, diminuindo as taxas de infiltração e possibilitando a formação de poças, que com o passar do tempo, podem evoluir para o escoamento superficial.

O escoamento superficial, segundo Horton (1945), é fundamental para o entendimento dos processos de formação de ravinas.

Na medida em que o *input* de matéria, representado pela água da chuva, supera os limiares de resiliência das poças formadas na superfície dos solos, estas permitem a

---

<sup>16</sup> O efeito splash permite a ocorrência de crostas, que podem provocar a selagem do solo. Isto reduz a infiltração de água no solo, haja vista a redução na porosidade e aumento na densidade aparente do mesmo, facilitando a formação de poças e o posterior escoamento superficial.

<sup>17</sup> De Ploey & Poesen (1985). Apud: Guerra (1999) apresentam solos com menos de 2% de matéria orgânica em sua composição como sendo instáveis. Já para Greenland et al. (1975) Apud: Guerra (1999) o teor de matéria orgânica presente no solo capaz de o caracterizar como sendo frágil, deveria estar abaixo de 3,5%.

saída ou *output* da água superficialmente armazenada, por meio do escoamento, que, de início, possui fluxo de caráter difuso ou laminar.

Este tipo de fluxo, segundo Morgan, (1986), trata-se do ponto de partida de todo processo erosivo, uma vez que, segundo Guerra (1999), é a partir deste estágio que ocorrem pequenas incisões no solo, principalmente onde são permitidas maiores concentrações de água, podendo dar início à formação das ravinas.

Desta forma, após o escoamento laminar, o fluxo de água superficial poderá concentrar-se em pequenos canais ao longo da vertente, gerando um fluxo linear. Esta concentração obriga o sistema a se ajustar, por meio do maior entalhamento de tais canais, o que aumenta as suas profundidades e diminui as velocidades de escoamento nos mesmos, devido ao maior atrito da água com as paredes dos canais. A carga detrítica removida pelo fluxo faz com que haja maior remoção de materiais no fundo dos canais, aprofundando-os ainda mais, devido à ação também do atrito (GUERRA, 1999).

No final de tal processo, formam-se incisões no solo de poucos centímetros, conhecidas como ravinas<sup>18</sup>.

Estágios avançados dos processos acima podem ser encontrados nos municípios de São Pedro (QUARESMA e PEREZ FILHO, 2006) e Itirapina (SEABRA, 2006).

Como outro exemplo dos processos erosivos acima, em terras antes ocupadas por vegetação de cerrado no estado de São Paulo, pode ser citado o trabalho de Rodrigues (2005), realizado no Noroeste Paulista, mais precisamente nos municípios de Ilha Solteira e Suzanápolis. Essas áreas com predomínio de Latossolos de textura média e de relevo relativamente plano, apesar de não apresentarem problemas sérios de conservação, segundo classificação de terras com base no Sistema de Capacidade de Uso<sup>19</sup>, têm experimentado, nas últimas décadas, problemas sérios de reativação de rede de drenagem e aumento significativo de erosões por voçoroca.

Segundo os estudos realizados pela autora, trata-se de mais uma influência do sistema antrópico na desestabilização do geossistema, acelerando processos erosivos,

---

<sup>18</sup> Para Guerra (1999) são incisões de até 50 centímetros de largura e espessura.

<sup>19</sup> Sistema estruturado pelo Serviço de Conservação do Solo dos EUA com a finalidade de agrupar solos em classes de capacidade de uso para programas com vistas ao planejamento agrícola, possuindo um enfoque conservacionista.

conseqüentes da busca dos elementos físico/naturais pelo seu estado de equilíbrio dinâmico.

O estudo apontou para a construção da represa da Usina Hidrelétrica de Ilha Solteira como a grande responsável por tais erosões, uma vez que modificou o nível de base local dos canais fluviais, em especial do baixo curso da bacia do Rio São José dos Dourados, afluente do Rio Paraná. Tal modificação rompeu o equilíbrio pré-existente da rede fluvial, forçando-a a estabelecer novo perfil de equilíbrio, o que resultou em maior erosão a montante e aumento da carga sedimentar à jusante. A maior quantidade de sedimentos transportados pelos rios tem provocado outro problema de ordem ambiental o assoreamento em suas embocaduras.

Outro processo de degradação das terras, existente em áreas de solos arenosos, ocupadas ou que já o foram por vegetação de cerrado, no estado de São Paulo, trata-se da formação de areais.

De modo geral, areais são paisagens que se formam sobre unidades litológicas frágeis (depósitos arenosos) em áreas com baixas altitudes e declividades, tais como naquelas que apresentam como substrato a Formação Botucatu, de origem eólica em ambiente desértico (Juro-Triássico do Mesozóico). Sobre tal substrato houve deposição de sedimentos não consolidados de constituição física arenosa, originados de deposições hídricas e eólicas. Em tais depósitos, principalmente neste último, é que usualmente ocorre a formação de areais (SUERTEGARAY, 1987).

Estudos pioneiros sobre esses depósitos atribuíam-nos à introdução da agricultura mecanizada; Suertegaray (1987), estudando a região Sul do Brasil, a partir de levantamento de fatos históricos, demonstrou que tal processo existe, pelo menos desde a colonização luso-espanhola, e que sua origem corresponde a páleo-dunas herdadas de processos de intemperismo e remoção de material proveniente das Formações Botucatu e Serra Geral.

Uma das críticas a se fazer aos estudos sobre a formação de areais no Brasil é de ordem conceitual. O termo desertificação, que tem sido utilizado amplamente em livros, artigos e em diversas formas de veículos de informação, deve ser empregado com certo cuidado, em razão de muitos equívocos no seu emprego, para procurar

caracterizar processos que, conceitualmente, não deveriam ser classificados como tal (SUERTEGARAY, 1995).

Suertegaray (1995), ao discutir tal problema, conduz seus leitores a refletirem sobre três conceitos elaborados sobre o termo desertificação. O primeiro deles, apresentado na Conferência de Nairobi - Quênia, (1977), define desertificação como sendo a “diminuição ou a destruição do potencial biológico da terra, o qual desemboca, em definitivo, em condições do padrão desértico. A desertificação constitui um mecanismo de deterioração generalizada dos ecossistemas submetidos a pressões combinadas de um clima adverso e flutuante e de uma exploração excessiva” (SOBRINHO, 1978. Apud: SUERTEGARAY, 1995).

Um segundo conceito, apresentado pela mesma autora, é extraído do Seminário sobre Desertificação no Nordeste Brasileiro, para o qual, desertificação “é devida à fragilidade dos ecossistemas das terras secas em geral, que, em decorrência da pressão excessiva pelas populações humanas ou, às vezes, pela fauna autóctone, perdem sua produtividade e capacidade de recuperar-se”.<sup>20</sup>

A terceira conceituação apresentada por Comti (1994), apud: Suertegaray (1995) define desertificação como “empobrecimento da biomassa do solo, erosão superficial e invasão de areias em decorrência do crescimento demográfico e pressão sobre recursos”.

Conforme pode ser observado, essas definições incluem como parâmetro importante, na origem do processo de desertificação, a ação do sistema antrópico.

No entanto, como pode ser percebido a partir da leitura das duas primeiras conceituações, há outro parâmetro considerado como de fundamental importância para o desenvolvimento do processo, a saber, o clima adverso ou mais propriamente seco e com incidência de ventos e em superfícies com baixa densidade da cobertura vegetal.

Sendo assim, o desenvolvimento de células de areal na região Sul do Brasil, mais precisamente no Sudoeste do Rio Grande do Sul, e em antigas áreas ocupadas por cerrado no estado de São Paulo, não poderiam ser classificados como processos cujo parâmetro regulador atual seja o clima árido ou semi-árido, uma vez que o Sul

---

<sup>20</sup> MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO URBANO E MEIO AMBIENTE/SEMA. Seminário sobre Desertificação no Nordeste. Documento final. Brasília, 1986. (Apud: Suertegaray, 1994).

possui clima subtropical com precipitações anuais de 1400 mm, e São Paulo possui clima tropical e tropical de altitude com precipitações em torno de 1500 mm anuais.

Desta forma, na tentativa de explicar tal processo<sup>21</sup>, Suertegaray (1987, 1992, 1995) deriva do termo areal o de arenização – entendido como sendo “*o processo de retrabalhamento de depósitos arenosos pouco ou não consolidados, que promove, nestas áreas, uma dificuldade de fixação da cobertura vegetal, devido à intensa mobilidade dos sedimentos pela ação das águas e dos ventos*”. “*Consequentemente arenização indica uma área de degradação relacionada a clima úmido, onde a diminuição do potencial biológico não conduz, em definitivo, a condições desérticas*”. A autora ainda conclui que a dinâmica dos processos envolvidos neste tipo de degradação dos solos é, fundamentalmente, derivada da abundância de água.

Os areais resultam inicialmente de processos de esculturação do relevo controlados por lineamentos estruturais, tais como fraturas, diáclases e depressões que instabilizam determinados locais; segundo Uagoda (2004), essas feições associadas ao escoamento superficial e sub-superficial, resultam na formação de degraus de abatimento. Em seguida, os processos hídricos permitem o estabelecimento de escoamento concentrado em ravinas e voçorocas, as quais se desenvolvem por erosão lateral e regressiva. À jusante formam depósitos arenosos em formas de leques aluviais, devido a episódios de chuvas torrenciais em determinadas épocas do ano. Os leques se agrupam e, com o tempo, formam o areal. O vento atua sobre as areias, permitindo a sua ampliação, por redistribuição e espalhamento. A mobilização e perda de nutrientes dificultam a pedogênese, bem como a fixação e o desenvolvimento da vegetação.

Assim, a formação de areais em terras ocupadas, ou que já o foram, por vegetação de cerrado no estado de São Paulo, embora possa ser acelerada pelo sistema antrópico, possui gênese físico/natural. Isto se deve ao fato de serem terras derivadas de paleoambiente semi-árido ou semi-úmido, que mais recentemente sofreram processo de retomada das condições de clima úmido, porém insuficientes

---

<sup>21</sup> A autora citada buscou entender o processo de degradação das terras do Sudoeste do Rio Grande do Sul, não estendendo seus estudos para as terras do interior Paulista.

para mascarar os vestígios da paisagem pretérita, conferindo, assim, à paisagem atual a qualidade de frágil.

Quaresma e Perez Filho (2006) realizaram medições de temperatura de solos arenosos recobertos ou que já o foram por diferentes fisionomias de cerrado, tendo observado que houve o dobro de variação de temperatura diuturna nas camadas superficiais dos solos arenosos expostos, em relação aos solos de composições texturais semelhantes, mas cuja cobertura vegetal fora preservada.

Esses autores apontaram para a importância da obtenção de maior número de dados referentes às variações da temperatura em solos arenosos expostos e/ou recobertos por diferentes fito-fisionomias de cerrado. É possível que o aumento das variações de temperatura em solos desnudos possa constituir outro fator agravante ao processo de arenização. Tal fato se explica pelas alterações nas condições do ambiente germinativo de sementes do cerrado, podendo dificultar a fixação da vegetação, facilitando a mobilização do material friável pela ação eólica e pelo escoamento superficial das águas, ocasionando a ampliação espacial dos areais.

### 3 – Hipóteses e Objetivos

Na escala local, tal como em uma vertente, tendo como base a abordagem sistêmica, a distribuição de diferentes fisionomias de cerrado não é controlada por elementos climáticos, mas, sim, resultado de características pedológicas e geomorfológicas, uma vez que os solos, associados às formas e unidades da vertente, desempenham papel fundamental na diferenciação de tais fisionomias.

Interferências oriundas da ação antrópica conduzem a alterações que dificultam o processo de regeneração da vegetação de cerrado *stricto sensu* e aceleram os processos de degradação das terras, modificando a dinâmica das organizações espaciais físico/naturais.

Estabelecidas estas premissas, a serem comprovadas ou refutadas, constitui OBJETIVO GERAL o entendimento das organizações espaciais físico/naturais, em área de cerrado *lato sensu*, e das suas possíveis transformações decorrentes da ação antrópica, tomando como área-teste a Estação Ecológica de Jataí, no município de Luiz Antônio (SP).

Identificação, em campo, de diferentes fisionomias de cerrado, associadas aos solos e formas de vertentes em que ocorrem, além de testes de infiltração de água e medições de temperatura possibilitarão estabelecer um diagnóstico sobre a fragilidade das terras, com vistas à criação de um banco de dados ambientais da área de estudo, voltado ao desenvolvimento de pesquisas multidisciplinares.

## 4 – Material e Método

### 4.1 - Estação Ecológica de Jataí: Localização e Histórico

Com a finalidade de realizar os objetivos apresentados anteriormente e de testar as hipóteses formuladas para a presente dissertação, foram realizados trabalhos de campo na Estação Ecológica de Jataí, localizada no município de Luiz Antônio, situada na região nordeste do estado de São Paulo (Figura 4.1).

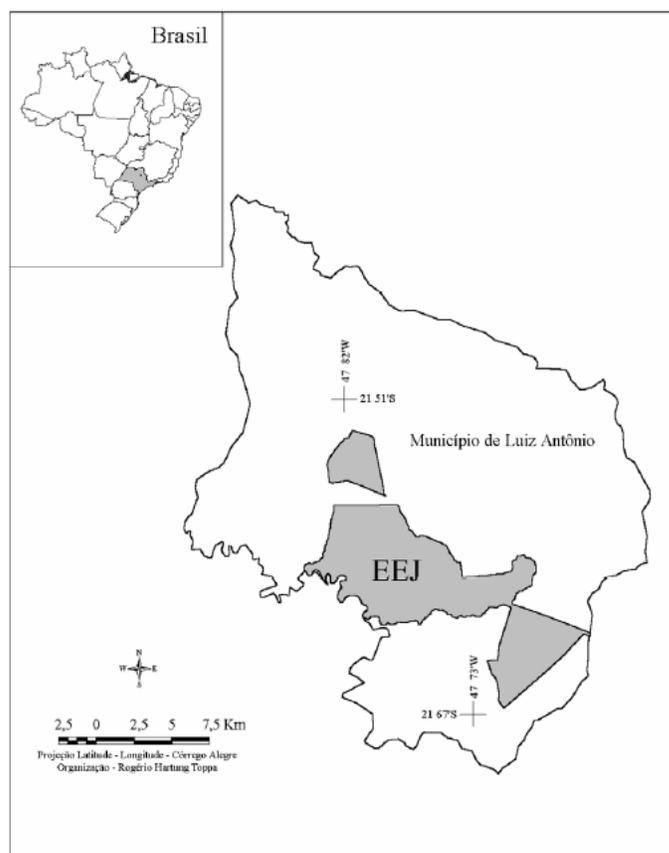


Figura 4.1 – Localização da Estação Ecológica de Jataí (EEJ), município de Luis Antônio/SP. Fonte: (TOPPA, 2004).

A Estação limita-se a sul-sudoeste pelo rio Mogi-Guaçu, abrangendo assim uma planície de inundação, onde existem 15 lagoas; além disso, limita-se a sul-sudeste pelo córrego do Cafundó e por pequenas, médias e grandes propriedades, a oeste e norte-

noroeste pelo córrego Boa Sorte, a norte-nordeste pela fazenda América e finalmente a leste pela Estação Experimental de Luis Antônio.

Em termos de biodiversidade, segundo Santos et alii, (1995), a EEJ<sup>22</sup> possui grande diversidade de habitat, que se distribui nos ambientes verdadeiramente aquáticos como rios, córregos e lagoas, passando por banhados e formações periodicamente alagáveis, até as formas de vegetação totalmente livres de inundações.

Grande parte da cobertura vegetal atual da EEJ pode ser considerada secundária, devido ao processo de uso e ocupação de suas terras ocorrido no pós década de 50 e mais acentuadamente no pós década de 60 do século passado.

Conhecida, até o final da década de 50, pelo nome de Fazenda Jataí, a área ocupada atualmente pela EEJ pertencia à Companhia Mogiana de Estrada de Ferro, a qual explorou, de maneira seletiva, parte da cobertura vegetal existente, para produção de combustível lenhoso, mourões de cercas e dormentes para construção e manutenção de estradas de ferro.

O Instituto Florestal do Estado de São Paulo adquiriu a área no ano de 1959 e passou a chamá-la de Estação Experimental de Luiz Antônio. No início da década de 80, mais precisamente no dia 15 de junho de 1982, foi criada, por Decreto Lei nº18.997, a Estação Ecológica de Jataí. Tratava-se de uma área de 4.532,18ha<sup>23</sup> (Figura 4.2), cuja finalidade era a de assegurar, por meio da proteção de sua flora e fauna, a integridade dos ecossistemas<sup>24</sup> e do conjunto lagunar nela existentes, além de permitir a sua utilização para fins educacionais e científicos.

Por meio do Decreto Lei nº20.809 de 11 de março de 1983, o nome da Estação foi alterado para Estação Ecológica de Jataí “Conde Joaquim Augusto Ribeiro do Vale”, em homenagem ao antigo dono da então Fazenda Jataí.

O Decreto Lei nº 47.096/SP, de 18 de setembro de 2002, permitiu a ampliação da área da EEJ, que passou de 4.532,18 ha para 9.010,7 ha (Figura 4.3).

---

<sup>22</sup> Entende-se por Estação Ecológica de Jataí.

<sup>23</sup> Segundo estudo realizado por Toppa (2004), por meio de cálculos realizados por SIG em fotomozaicos, a área real supera a estipulada pelo Decreto Lei, atingindo o valor de 4.676,72 ha.

<sup>24</sup> Em geral, a Estação Ecológica de Jataí pode ser caracterizada como constituída por três tipos de ecossistemas, a saber: a) os ecossistemas aquáticos, haja vista a presença do Rio Mogi-Guaçu, dos córregos, brejos e lagoas marginais; b) os ecossistemas inundáveis, tais como as áreas de várzea; c) os ecossistemas terrestres, constituídos pela vegetação nativa, abarcando diferentes fisionomias de cerrado, matas e vegetação exótica de culturas de Pinus e Eucaliptos.

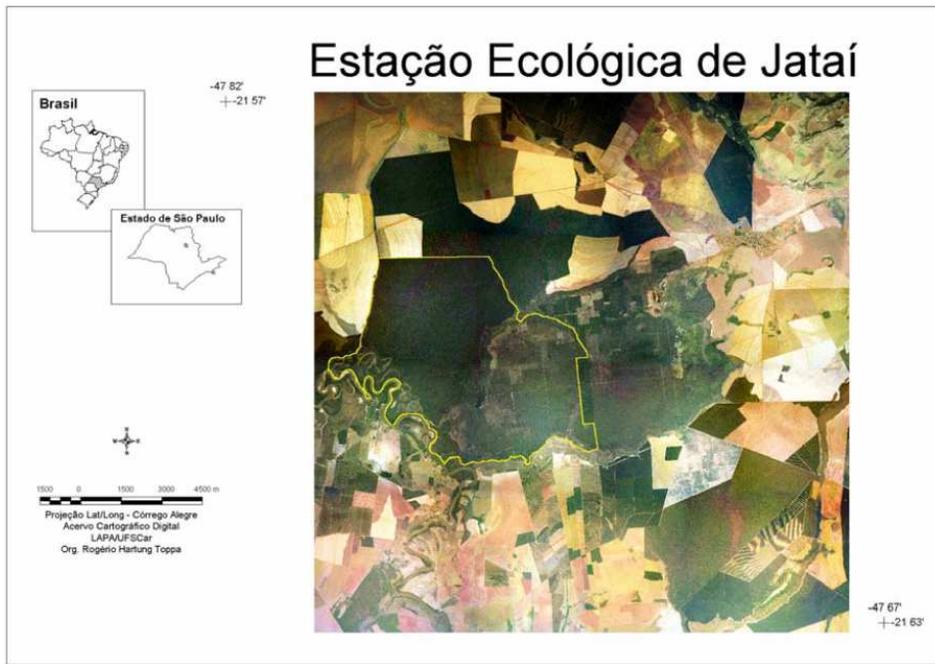


Figura 4.2 – Divisa da Estação Ecológica de Jataí com base no Decreto Lei 18.997, SP de 15 de junho de 1982. Fonte: (TOPPA, 2004).

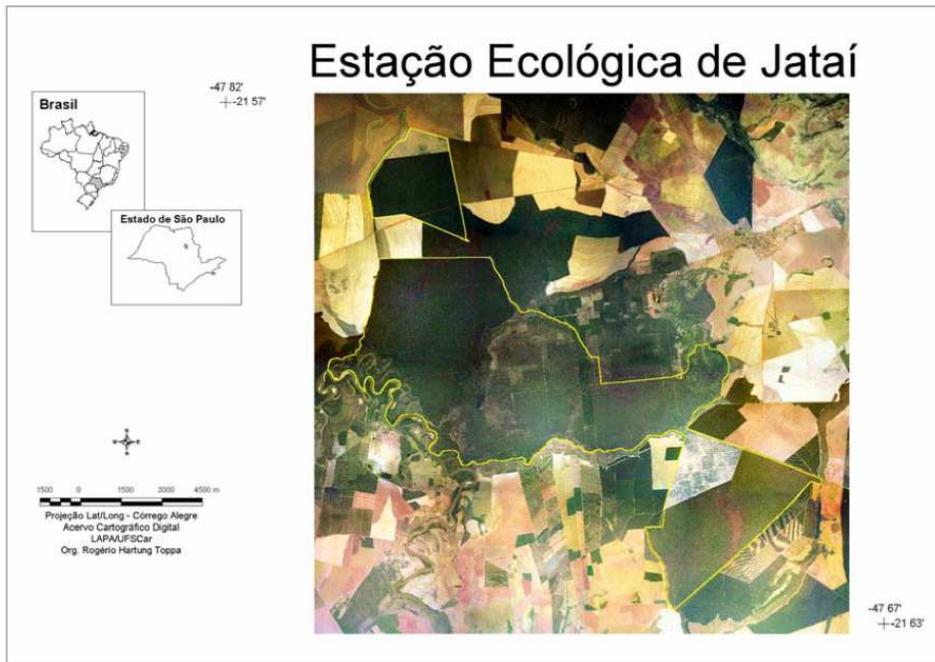


Figura 4.3 - Divisa da Estação Ecológica de Jataí com base no Decreto Lei 47.096/SP de 18 de setembro de 2002. Fonte: (TOPPA, 2004).

## **4.2 - Estação Ecológica de Jataí: Aspectos Geomorfológicos, Geológicos e Pedológicos.**

Segundo Ross (1997), o estado de São Paulo se divide morfologicamente em três unidades morfoestruturais, sendo que uma destas é de interesse a este trabalho, a Bacia Sedimentar do Paraná, a qual engloba duas unidades morfoesculturais, a Depressão Periférica Paulista e o Planalto Ocidental Paulista. A área de estudo, Estação Ecológica de Jataí, localiza-se nesta última unidade, que ocupa cerca de 50% da área total do estado de São Paulo, possui relevo ondulado com predomínio de colinas amplas e baixas de topos aplanados. Segundo Ross (1997), no Planalto Ocidental Paulista, pode-se identificar variações fisionômicas regionais, as quais possibilitam delimitar unidades geomorfológicas distintas. A área de estudo localiza-se em uma destas unidades geomorfológicas, a unidade Patamares Estruturais de Ribeirão Preto. Localizada na porção noroeste da morfoescultura da Bacia do Paraná, tal unidade limita-se a Oeste e Sudoeste com o Planalto Residual de São Carlos, ao Norte com o Planalto Centro Ocidental e a Leste e Sudeste com a Depressão Periférica Paulista. Além disso, suas formas de relevo são denudacionais, sendo o modelado predominantemente formado por colinas amplas e baixas de topos tabulares. Os vales dessa unidade possuem entalhamento médio com menos de 20m e as dimensões interfluviais variam de 750m a valores superiores a 3.750m (ROSS, 1997). As altimetrias encontradas em tal unidade variam entre 500m e 700m e as declividades médias apresentam-se entre 2% e 10%.

Apesar de localizar-se no interior do Planalto Ocidental Paulista, o qual "... Situa-se essencialmente sobre rochas do Grupo Bauru..." (IPT, 1981), a área de estudo, segundo Mapa Geológico de Estado de São Paulo (IPT, 1981), possui, predominantemente, rochas relacionadas ao Grupo São Bento de origem Mesozóica. Isto se explica pelo fato da área estar situada no limite da transição do referido Planalto com a Depressão Periférica Paulista, possuindo, assim, aspectos semelhantes a esta última unidade morfoescultural.

Desta forma, a área de estudo caracteriza-se por possuir depósitos fluviais e de planícies de inundação, pertencentes à Formação Pirambóia; Arenitos eólicos

avermelhados de granulação fina a média com estratificações cruzadas, pertencentes à Formação Botucatu; Intrusões básicas tabulares, além de sedimentos aluvionares, do Cenozóico, encontrados nas proximidades do Rio Mogi Guaçu.

Com relação aos solos, baseando-se em Oliveira, et alli (1982), pode-se verificar a existência de seis classes de solos ao longo da EEJ, conforme figura 4.4.

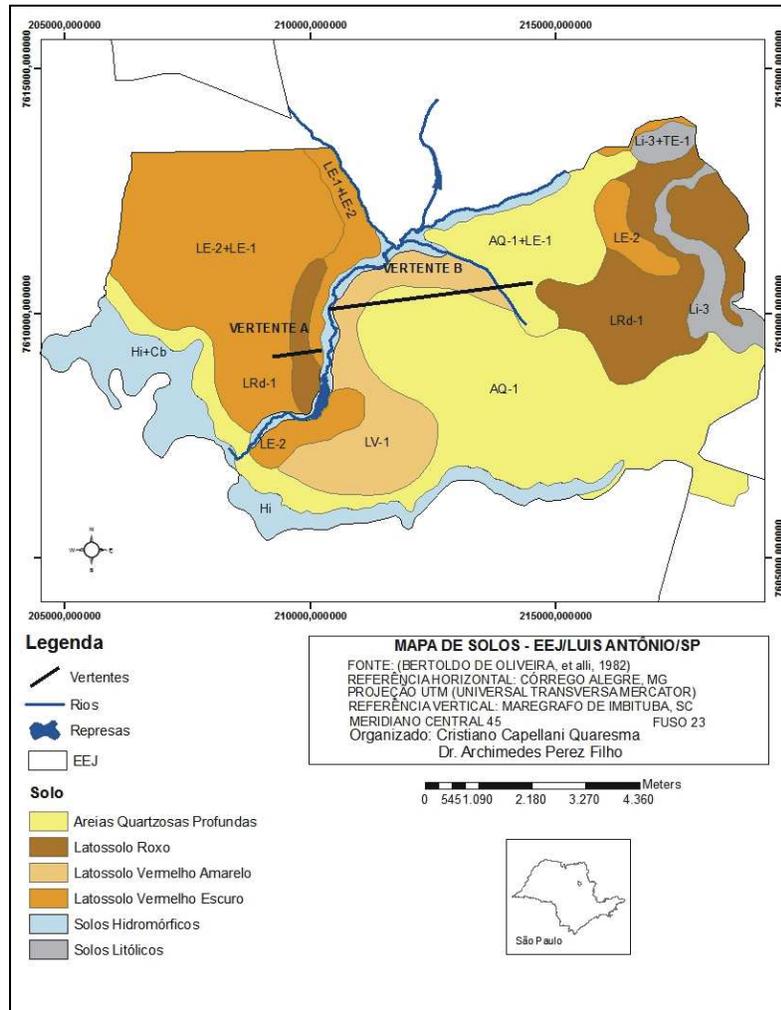


Figura 4.4 - Mapa de Solos – Estação Ecológica de Jataí – Luis Antonio/ SP. Fonte: (OLIVEIRA et alli, 1982). Organizado por Quaresma, C.C. e Perez Filho, A.

Os solos de maior expressão espacial no interior da EEJ, baseando-se em Oliveira et alli (1982), são: Areias Quartzosas Profundas (AQ-1) - Álicas, A moderado e excessivamente drenada: “Neossolos Quartzarênicos” (EMBRAPA, 1999); Latossolo Vermelho Escuro (LE-1 – Unidade Dois Córregos e LE-2 – Unidade Hortolândia) –

Álicas, A moderado e textura média: “Latosolos Vermelhos” (EMBRAPA, 1999); Latossolo Roxo (LRd-1) - Distrófico, A moderado, textura argilosa ou muito argilosa, conhecida como Unidade Barão Geraldo: “Latosolos Vermelhos” (EMBRAPA, 1999); Além da presença pouco expressiva de solos Hidromórficos: “Neossolos Flúvicos” (EMBRAPA, 1999) e solos Litólicos: “Neossolos Litólicos” (EMBRAPA, 1999).

#### 4.3 - Estação Ecológica de Jataí: Uso Atual da Terra.

Toppa (2004) em sua tese de doutorado apresentou diagramas de perfil para cada tipo fitofisionômico identificado na EEJ. Por meio de atividades de levantamento de campo e de fotointerpretação realizada em fotos aéreas ortogonais na escala aproximada de 1:30.000, datadas de 29/07/2000, o referido autor determinou a existência de oito classes fitofisionômicas presentes na EEJ (Figura 4.5).

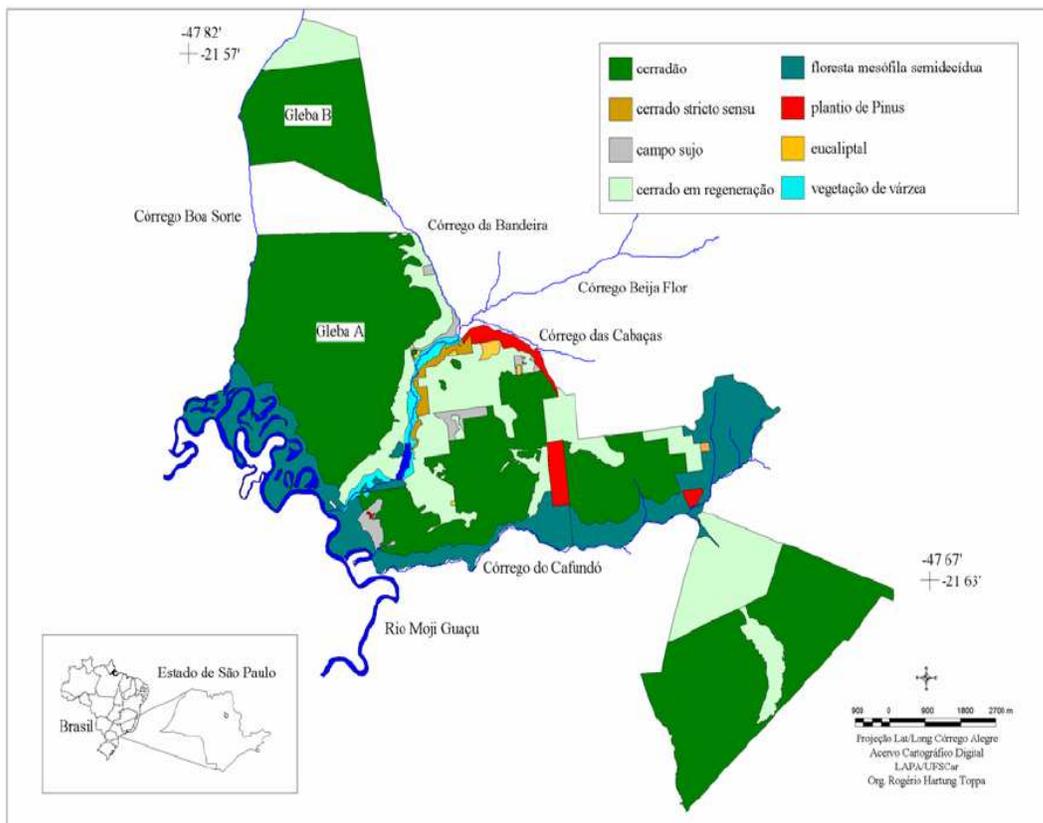


Figura 4.5 – Mapa das fitofisionomias do novo perímetro da Estação Ecológica de Jataí, Luis Antônio, Estado de São Paulo (Decreto Lei – 47.096/SP de 18/09/2002). Fonte: Toppa (2004).

Os valores das áreas calculadas por Toppa (2004) para cada fitofisionomia existente na EEJ podem ser observadas na tabela abaixo (Tabela 4.1).

Tabela 4.1 – Área e percentual das fitofisionomias referentes ao antigo e novo limite da Estação Ecológica de Jataí (EEJ), Luis Antônio, São Paulo. Fonte: (TOPPA, 2004).

Fitofisionomias	Área em hectares (antiga EEJ)	Área (%)*	Área em hectares (nova EEJ)	Área (%)*	Total em hectares	Área total (%)
cerradão	2803	31,10	2668,8	29,61	5471,8	60,72
cerrado em regeneração	812,4	9,01	946,88	10,50	1759,28	19,52
fl. mes. semidecídua	695,2	7,71	530,6	5,88	1225,8	13,60
campo sujo	108,4	1,20	-	-	108,4	1,20
vegetação de várzea	98,87	1,09	-	-	98,87	1,09
plantio de Pinus	63,45	0,70	75,79	0,84	139,24	1,54
cerrado stricto sensu	56,21	0,62	-	-	56,21	0,62
eucaliptal	24,01	0,26	4,5	0,04	28,51	0,31

\*valores calculados com base na área atual da EEJ (Decreto Lei 47.096/SP de 18/09/2002)

Pelos dados da tabela acima, torna-se fácil perceber que, para o ano 2000, mais de 60% da área da EEJ apresentava-se sob cerradão, seguida por cerrado em regeneração (19,52%) e floresta mesófila semidecídua (13,60%).

Das oito classes fitofisionômicas identificadas por Toppa (2004), três são importantes para a presente dissertação, a saber, o cerradão, o cerrado *stricto sensu* e o cerrado em regeneração.

A importância dos dois primeiros reside no fato de serem fitofisionomias componentes do cerrado *lato sensu*, conforme apresentado anteriormente. A terceira classe, “cerrado em regeneração”, é aqui de fundamental importância, haja vista ser uma organização espacial resultante da interação do geossistema com o sistema antrópico, representando, pois, alta relevância para a identificação das modificações causadas pelo Homem no funcionamento dos elementos da natureza, bem como dos processos, formas e organizações resultantes de tais interferências. Assim, a área identificada como “cerrado em regeneração” serve de instrumento para os objetivos estipulados, de modo a compreender as possíveis alterações causadas pelo sistema antrópico no geossistema, que podem contribuir para a aceleração de processos de degradação das terras, em especial o aumento de areais, e possível perda na biodiversidade do cerrado.

### 4.3.1 - Cerradão

“A maior parte da Estação Ecológica de Jataí (60,72% ou 5471,8 ha) apresenta fisionomia que engloba as formações florestais do Cerrado, classificada segundo Coutinho (1978) como cerradão” (TOPPA, 2004). Na pesquisa, realizada pelo autor da citação do parágrafo anterior, foram identificados três estratos para a fitofisionomia cerradão (Figura 4.6), presentes na EEJ: a) um superior, com árvores de 10m a 12m de altura, algumas entre 18m a 20m de altura. Este estrato apresenta dossel predominantemente contínuo, mas ainda assim permite condições de luminosidade, que favorecem a formação de estratos arbustivos e herbáceos; b) um estrato mediano, com presença de arbustos e arvoretas, que atingem altura não superior a 7m; c) Cerradão, caracterizado pela presença de número reduzido de estrato herbáceo e por pouca variedade de espécies. Tal estrato possui, em termos de composição florística, espécies de ocorrência no cerrado *stricto sensu* e espécies presentes em floresta mesófila semidecídua, conforme Ribeiro e Walter (1998).

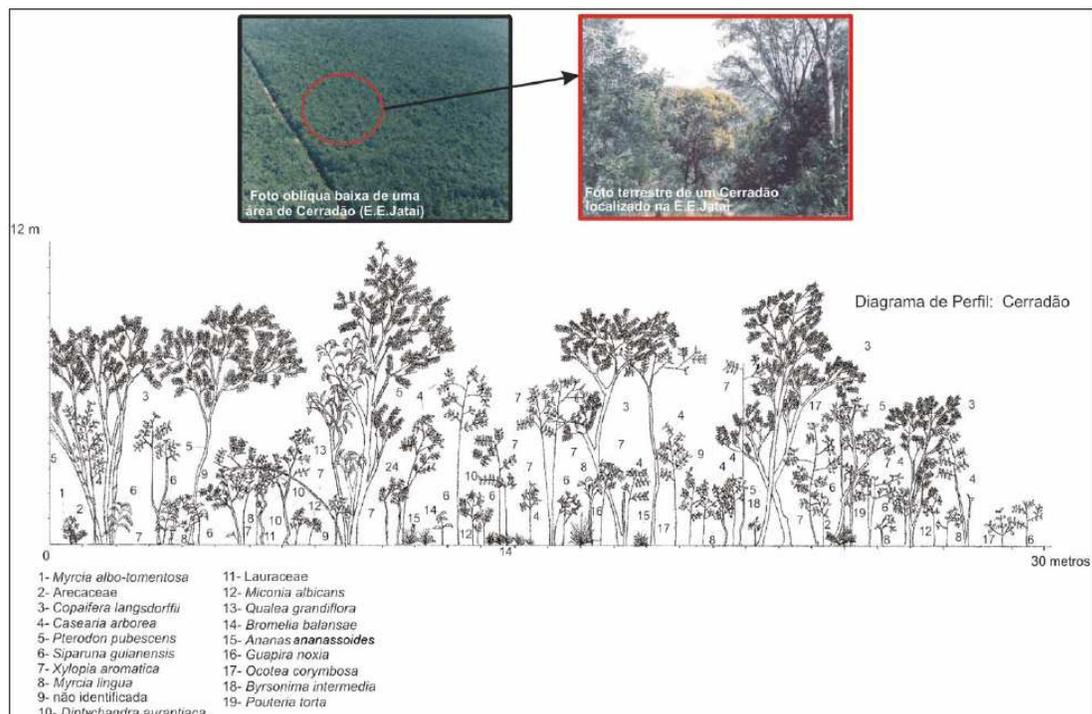


Figura 4.6 – Diagrama de perfil da fitofisionomia cerradão, Estação Ecológica de Jataí, Luis Antônio, São Paulo. Fonte: Toppa (2004).

### 4.3.2 - Cerrado *stricto sensu*

A área, denominada “*cerrado stricto sensu*”, possui 56,21 ha, o que representa 0,62% do total da Estação Ecológica de Jataí (TOPPA, 2004). Para este autor, puderam ser identificados três estratos para a fitofisionomia em questão (Figura 4.7), a saber: a) estrato arbóreo descontínuo, com presença de árvores de altura média de 6m, tendo como elementos representativos principalmente angicos (*Anadenanthera falcata* – Figura 4.8); b) estrato médio, apresentando altura média de 2m, maior densidade, arbustos distribuídos em manchas e espécies que possuem hábito arbóreo no cerradão, mas que no cerrado *stricto sensu* se apresentam com baixa estatura, tais como a *Qualea grandiflora* (Figura 4.9), conhecida como Pau-terra e a *Caryocar brasiliense*, conhecida como Pequi (Figura 4.10); c) estrato herbáceo, formado basicamente por um tapete gramináceo, predominando a espécie *Chloris* sp de altura pouco inferior a 1m.

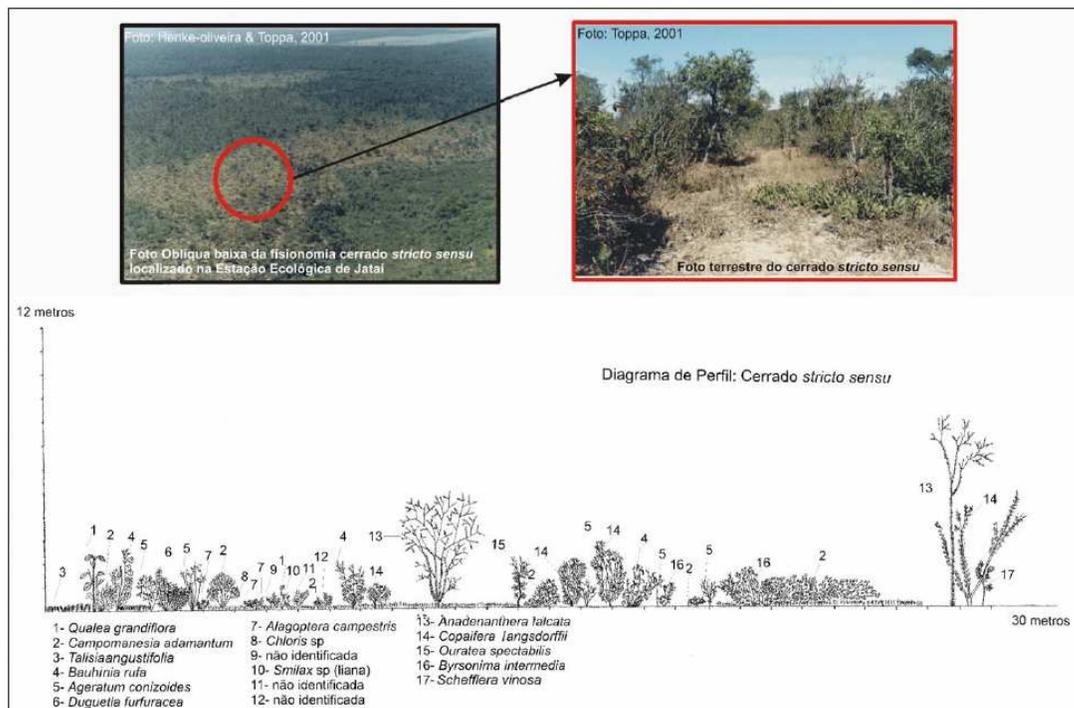


Figura 4.7 – Diagrama de perfil da fitofisionomia cerrado *stricto sensu*, Estação Ecológica de Jataí, Luiz Antônio, São Paulo. Fonte: Toppa (2004).



Figura 4.8 – *Anadenanthera falcata* (angico). Árvore típica do Cerrado com casca espessa. Fonte: <http://www.panoramio.com/photo/1282954>

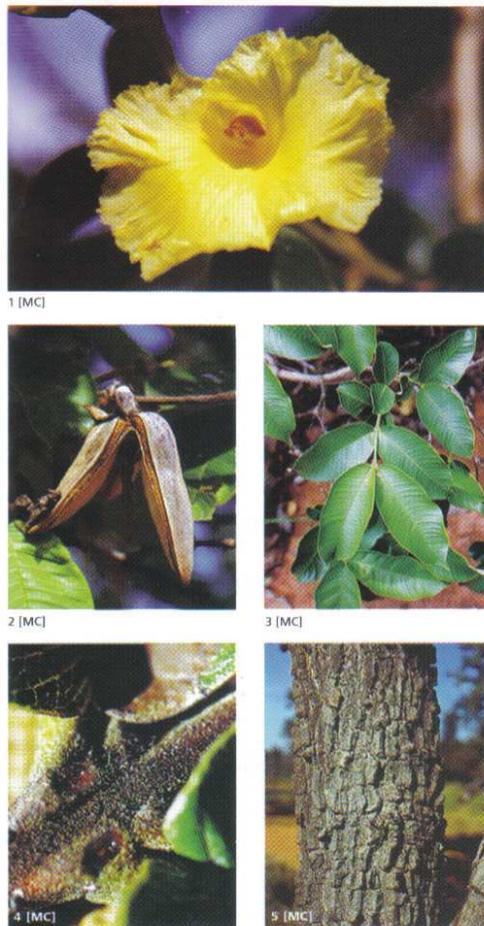


Figura 4.9 – *Qualea grandiflora* – Pau-terra-grande. Fonte: (SILVA JÚNIOR, 2005).

A etimologia está relacionada à latinização do nome popular qualé, sendo que Grandiflora provém do latim grandis flora, que significa grande flor. O nome popular pau-terra, trata-se de uma referência à madeira frágil.

Trata-se de árvore decídua, com folhagem de julho a setembro, floração de agosto a abril e frutificação de dezembro a setembro. Em termos de dispersão de sementes, trata-se de espécie anemocórica. A figura acima ilustra a flor (1), de até 8cm de diâmetro, o fruto (2), folhas (3), pecíolos de até 2cm de comprimento, com um par de glândulas (4) e tronco de até 32cm de diâmetro com fissuras e cristas descontínuas e sinuosas (5), segundo Silva Junior (2005).

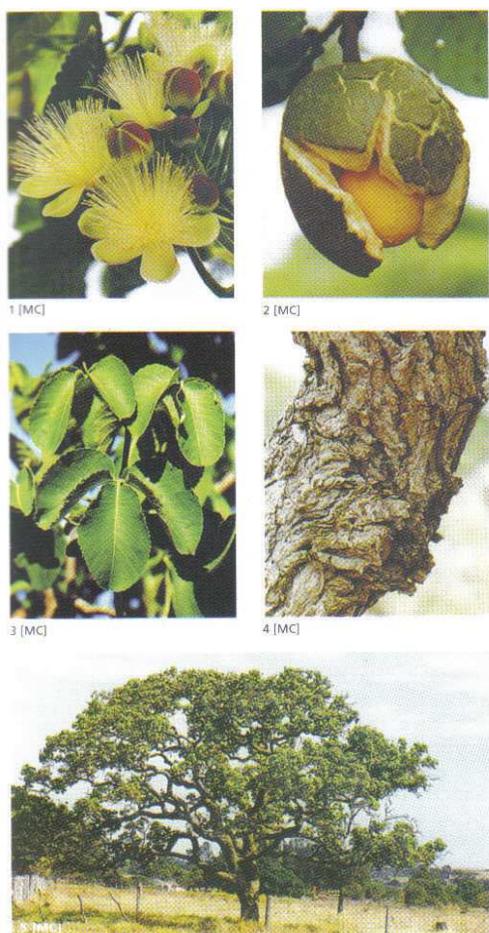


Figura 4.10 - Caryocar brasiliense - Pequi. Fonte: (SILVA JÚNIOR, 2005)

Do grego, caryon mais kara, significa cabeça, em referência ao fruto; Brasiliense significa original do Brasil e o termo Pequi, do tupi, significa espinho, em referência aos espinhos existentes no caroço. Trata-se de árvore decídua, que apresenta folhagem de julho a setembro, floração de junho a janeiro e frutificação de outubro a fevereiro. A dispersão das sementes ocorre por zoocoria. A figura acima ilustra as flores de até 8cm de diâmetro com cinco pétalas livres (1), frutos globosos com sementes de até 4cm de comprimento e de poupa araranjada (2), folhas de até 20cm de comprimento e 15 de largura, sendo compostas e trifolioladas (3), troncos de até 68cm de diâmetro, apresentando fissuras e cristas sinuosas e contínuas (4), conforme Silva Junior (2005).

Segundo Toppa (2004), comparando a fitofisionomia do cerrado *stricto sensu* às formações florestais, percebe-se diferença significativa na quantidade de serapilheira em processos de decomposição sobre o solo. Tal fato se explica pelo caimento das folhas ocorrido nas espécies de cerrado *stricto sensu*, que embora ocorrendo anualmente, se processa de maneira gradual, não permitindo a queda total das folhas, ou desfolhamento de todo o conjunto, na estação seca. Tal observação já havia sido realizada, de certo modo, por Warming (1973), conforme mencionado anteriormente.

#### **4.3.3 - Cerrado em regeneração**

Ocupando uma área de 1.759,28 ha, o que representa 19,52% da área total da EEJ, trata-se de uma área representativa da interferência do sistema antrópico no sistema físico/natural. Conforme pôde ser verificado em campo, encontram-se presentes nesta área, espécies exóticas, tais como *Pinus spp* e *Eucalyptus spp*, elementos que remetem ao processo de uso e ocupação de suas terras, realizado principalmente pelo Instituto Florestal do Estado de São Paulo, que cultivava tais espécies para fins experimentais antes do decreto nº18.997 de 15/06/1982, responsável pela criação da unidade de conservação. Segundo Toppa (2004), a vegetação nativa em processos de regeneração possui espécies do cerrado *stricto sensu*, porém com estratificação ainda não definida (Figura 4.11).

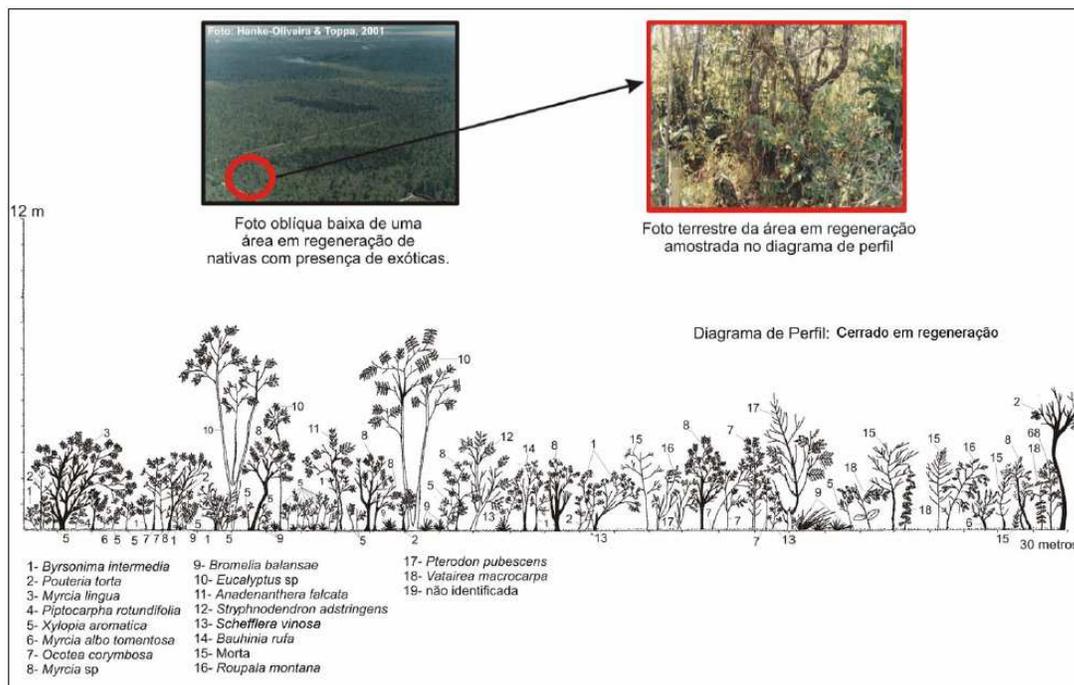


Figura 4.11 – Diagrama de perfil da fitofisionomia cerrado em regeneração, Estação Ecológica de Jataí, Luis Antônio, São Paulo. Fonte: Toppa (2004).

#### 4.4 – Classificação de fisionomias de cerrado por foto-interpretação.

Diante da diversidade de classificações apresentadas por distintos autores sobre as fitofisionomias do cerrado *lato sensu* (Tabela 4.2), optou-se, para o presente trabalho, pela classificação utilizada por Eiten (1983,1994), segundo Unlmann (2003).

Tabela 4.2 – Comparação de diferentes definições de fisionomias de cerrado, apresentadas por cinco autores expressivos. Fonte: Unlmann (2003)<sup>25</sup> – Adaptado por QUARESMA & PEREZ FILHO (2005).

Tipos Fisionômicos	Goodland e Pollard (1973)	Coutinho (1978)	Eiten (1983, 1994)	Veloso et al. (1991)	Instituto Florestal (1975)
<b>Cerradão</b>	Cobertura arbórea de aprox. 50%; altura média das árvores em torno de 9m, densidade de aprox. 3.000 árvores/ha, área basal de 30m <sup>2</sup> /ha.	Biócoro de floresta, formação florestal, dominância de elementos arbóreos.	Dossel fechado, onde as árvores com mais de 7m de altura somam uma cobertura de 30-60%. Altura média varia de 7-15m com indivíduos chegando a 20m.	Savana florestada. Sinúcias lenhosas de micro e nanofanerófitos tortuosos com ramificação irregular, providos de macrofanerófitos esclerófitos perenes ou semi-decíduos.	Formação vegetal constituída de três andares distintos: o primeiro apresenta espécies umbrófilas rasteiras ou de pequeno porte; o segundo, arbusto e pequenas formas arbóreas, constituindo subbosques, não ultrapassando 5 a 6m de altura, de troncos menos tortuosos, não ramificados desde a base com predominância de madeiras duras. O terceiro, constituído de espécies arbóreas acima de 7m de altura.
<b>Cerrado (stricto sensu)</b>	Altura média das árvores em torno de 6m; densidade de aproximadamente 2.000 árvores/ha; área basal de 16,8 m <sup>2</sup> /ha.	Biócoros de savana, formações savânicas ecotonais; gramíneas presentes no estrato herbáceo; elementos lenhosos presentes (inclusive pertencentes à espécies oriundas de florestas), cuja densidade varia de pequena, no campo sujo, até grande, no cerrado sensu strictu; o aumento da densidade dos elementos arbóreos cria condições microclimáticas antagonicas às espécies típicas do campo, e vice-versa.	Conjunto arbóreo/arbustivo aberto, que proporciona cobertura de 10-60%. Quase todas as árvores são mais baixas que 12m de altura e quando árvores de mais de 7m estão presentes, estas oferecem cobertura abaixo de 30%.	Não há definição explícita do autor, porém pode-se enquadrar essa categoria no grupo da savana arborizada.	Formação de fisionomia peculiar com indivíduos de porte atrofiado (atingindo até 6m de altura), enfezados, de troncos retorcidos (tortuosos), casca espessa e fendilhada, de esgalhamento baixo e copas assimétricas, folhas na maioria grandes e grossas, algumas coriáceas, de caules e ramos encortçados, com ausência de espinhos, bem como de epífitas e lianas. Três estratos: superior – árvores esparsas de pequeno porte (4 a 6m de altura); intermediário – arbustos de 1 a 3m de altura, e inferior, constituído por gramíneas e subarbustos, de até 50cm de altura, pouco denso, com espaços intercalares onde o solo pode se apresentar pouco ou desprovido de revestimento
<b>Campo cerrado</b>	Altura média das árvores em torno de 4m; densidade de aproximadamente 1.400 árvores/ha; área basal de aproximadamente 7,6m <sup>2</sup> /ha.		Cobertura arbórea/arbustiva de até 10%. Forma savânica mais fechada que o campo sujo.	Savana arborizada. Fisionomia nanofanerofítica rala e hehemicrofitica graminóide contínua, sujeita ao fogo anual.	Campos com pequenas árvores e arbustos esparsos, disseminados num substrato graminóide. Vegetação constituída por flora mais alta arbórea – arbustiva (até 3m) integrada por indivíduos bastante espaçados entre si, com porte geralmente atrofiado, distribuídos no estrato herbáceo baixo, graminóide, onde frequentemente se encontra o capim barba-de-bode e capim gordura.

<sup>25</sup> A classificação realizada pela Secretaria da Agricultura do Governo do Estado de São Paulo, sob a Coordenadoria da Pesquisa de Recursos Naturais do Instituto Florestal em 1975, não foi apresentada por Unlmann (2003).

Para classificar diferentes fitofisionomias de cerrado presentes na área de estudo, que houvessem sofrido menores interferências por parte do sistema antrópico, foram consultadas as fotografias aéreas pancromáticas em escala aproximada de 1:25.000, pertencentes ao acervo do Instituto Agrônomo de Campinas e provenientes dos levantamentos aerofotográficos realizados nas décadas de 60 e 70 do século passado.

Por meio de foto-interpretação, com auxílio de estereoscópio de bolso e de utilização de instrumental de SIG, puderam ser identificadas e classificadas diferentes unidades fisionômicas de cerrado (cerradão e cerrado *stricto sensu*), em especial nas fotografias aéreas de 1962. As fotos foram esnanerizadas e georreferenciadas em programa SIG - Arcmap – ArcView – Versão 9.1.

Para a realização de tal classificação, recorreu-se à metodologia adotada pelo Instituto Florestal (1975) no levantamento da cobertura vegetal natural e do reflorestamento no estado de São Paulo, observando a forma geométrica, densidade e porte da vegetação, pela variação da tonalidade, textura e telhado da imagem, conforme tabela 4.3.

Tabela 4.3 – Critérios para definição de diferentes fitofisionomias de cerrado em fotografias aéreas.  
 Fonte: Levantamento da cobertura vegetal natural e do reflorestamento no estado de São Paulo – Instituto Florestal (1975) – Adaptado por Quaresma e Perez Filho (2006).

<b>Fitofisionomia</b>	<b>Textura</b>	<b>Tonalidade</b>	<b>Porte</b>	<b>Telhado</b>
Cerradão	Fina e média	Média a escura	Médio a alto	Desuniforme
Cerrado	Fina	Clara a média	Baixo	Uniforme
Campo-Cerrado	Fina e contínua	Clara	Rasteiro e baixo	-

Além daquele material, foram obtidos os seguintes documentos cartográficos:

- Levantamento Pedológico Semidetalhado do Estado de São Paulo – quadrícula de Descalvado, Escala 1:100.000. EMBRAPA/IAC, 1982.

- Cartas topográficas na escala 1:10.000 denominadas: Córrego Boa Sorte, Córrego do Cofundó, Córrego do Jataí ou Beija Flor, Córrego do Jordão, Fazenda Pedrinhas, Lagoa do Vital, Luis Antônio e Rio Mogi Guaçu. As especificações técnicas

das mesmas são: Projeção UTM; Referência Horizontal: Córrego Alegre/MG; Referência Vertical: Marégrafo de Imbituba/SC; Meridiano Central: 45°, Fuso 23 e equidistância de 5 metros entre curvas de nível.

A partir desse material, foi realizada escanização do mesmo, com a finalidade de transformá-lo em arquivos digitais, para fins de georreferenciamento e digitalização de suas informações em SIG-Arcmap – ArcView – Versão 9.1. Tais atividades permitiram a elaboração de mapa hipsométrico, mapa clinográfico e modelo de formas de vertente (côncava, convexa, retilínea) para áreas de interesse no interior da EEJ.

Foram realizadas duas visitas preliminares à EEJ, para fins de reconhecimento e aferição em campo das informações adquiridas em atividades de gabinete.

No campo, procurou-se anotar a variação de porte e densidade das fisionomias da vegetação de cerrado *lato sensu* ao longo das diferentes unidades das vertentes.

Além disso, foram identificadas as diferenças texturais e de colorações dos solos encontrados na área, com vistas à associação de possível influência direta na alteração do porte da vegetação existente. Ressalta-se, no entanto, que afirmações categóricas, para serem realizadas com evidência científica, necessitariam de análises laboratoriais que comprovassem, por dados minuciosos, o que a sensibilidade pôde interpretar.

A soma das informações obtidas no campo, nas atividades de estereoscopia, realizadas em fotografia aéreas, e nos materiais cartográficos consultados, permitiu a tomada de decisão e escolha de duas vertentes, para realização das atividades previstas nos objetivos posteriores (Figura 4.12).

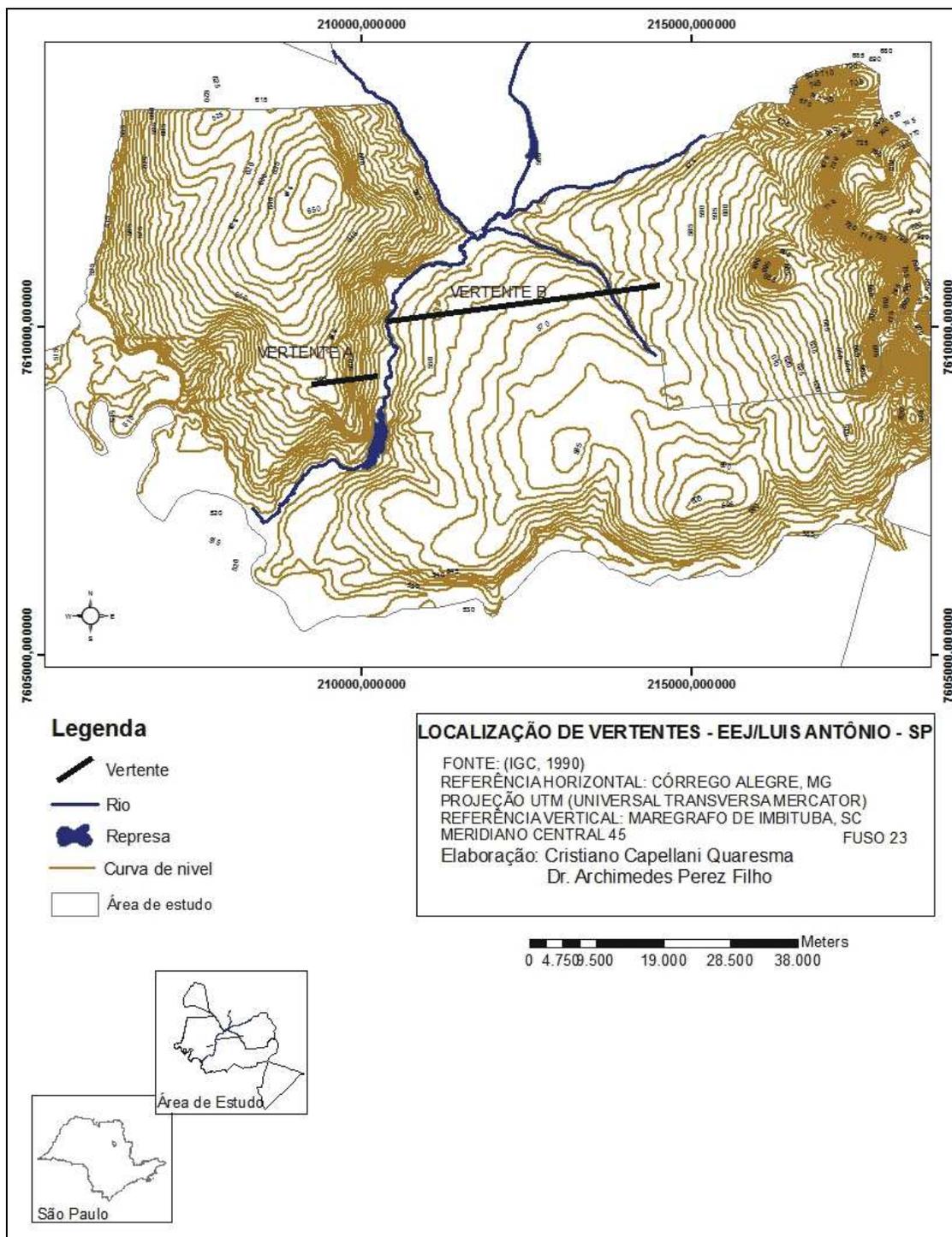


Figura 4.12 – Localização de vertentes A e B – Estação Ecológica de Jataí, Luis Antônio – SP. Fonte: (IGC, 1990). Elaboração: Cristiano Capellani Quaresma e Dr. Archimedes Perez Filho (orientador).

Ao longo das duas vertentes escolhidas, foram selecionados 49 pontos, sendo dez na vertente A (P1 a P10) e trinta e nove na B (P12 a 50), mantendo uma distância média de 100m entre o ponto, seu antecessor e seu sucessor. Os perfis topográficos das duas vertentes selecionadas podem ser observados por meio das figuras 4.13 e 4.14.

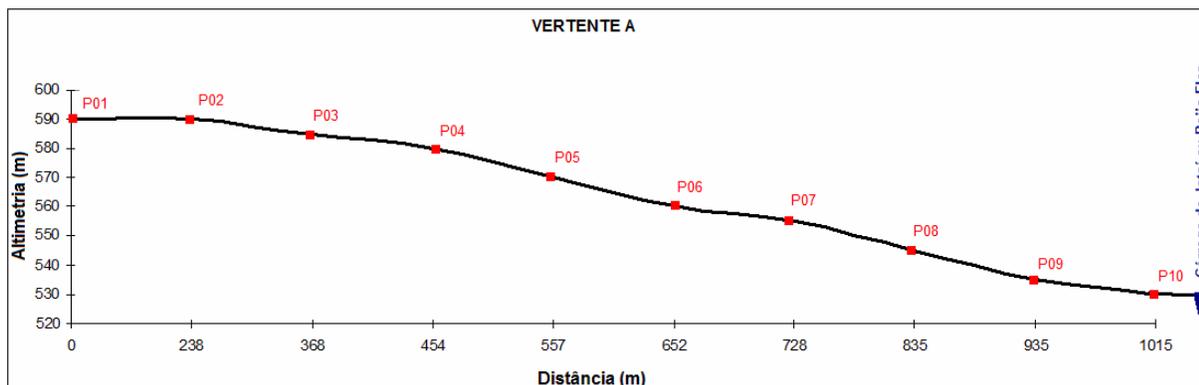


Figura 4.13 - Perfil topográfico – Vertente A. Autor: Cristiano Capellani Quaresma e Dr. Archimedes Perez Filho (orientador).

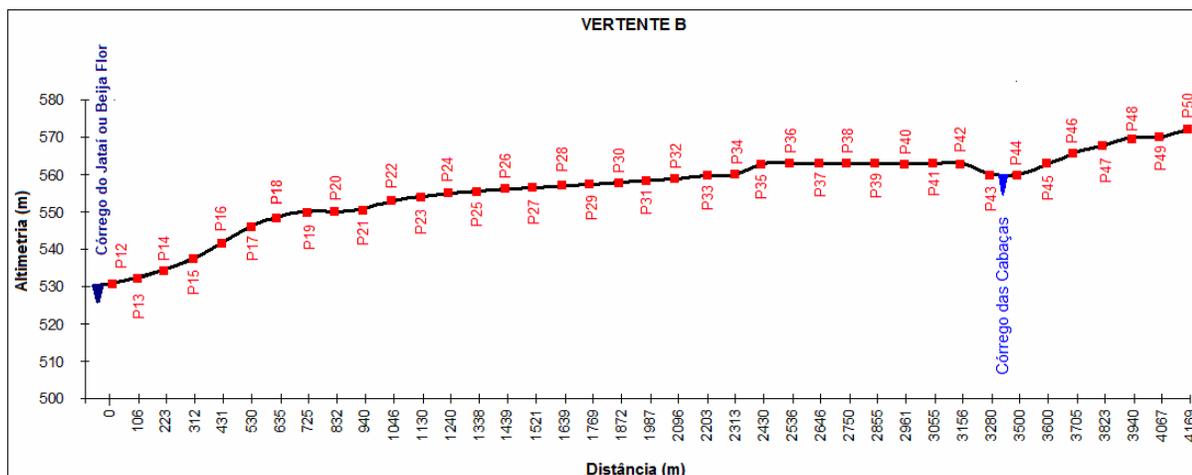


Figura 4.14 - Perfil topográfico – Vertente B. Autor: Cristiano Capellani Quaresma e Dr. Archimedes Perez Filho (orientador).

#### 4.5 – Coletas e análises laboratoriais de amostras de solos.

Para identificação das características físicas e químicas dos solos, foram realizadas coletas de amostras dos mesmos, utilizando-se trado tipo holandês, em três profundidades (0-20cm, 80-100cm e 180-200cm), totalizando 147 amostras de solos.

Em seguida, estas amostras foram encaminhadas ao Laboratório de Solos da Faculdade de Engenharia Agrícola da UNICAMP, para a execução de análises físicas pelo método da pipeta, que fornece as classes granulométricas e que possibilita a classificação textural, a partir da terra fina seca ao ar (< 2mm).

Tais resultados foram referenciados no método Camargo et alii (1986) e EMBRAPA (1997). As informações sobre terminologia, limites de variações dos tamanhos das frações do solo e formas de obtenção destas seguem abaixo:

- Areia grossa: fração da TFSA<sup>26</sup> entre 2,0 mm e 0,25mm (obtida por tamisagem).
- Areia Fina: fração da TFSA entre 0,25mm e 0,053mm (obtida por tamisagem).
- Silte: fração da TFSA entre 0,053mm e 0,002mm (obtida por diferença).
- Argila: fração da TFSA < 0,002mm (obtida por pipetagem).

Além disso, as amostras foram encaminhadas a outro laboratório especializado para realização de análises químicas, objetivando a determinação de pH e CTC (Capacidade de troca catiônica), e a identificação de elementos constituintes, tais como K, Ca, Mg, Al, H.

Os valores de capacidade de troca catiônica, soma de bases, saturação por bases e saturação por alumínio foram adquiridos por meio das seguintes fórmulas:

$$CTC = Ca + Mg + K + Na + H + Al$$

---

<sup>26</sup> Trata-se da parte do solo que passa pela peneira de 2,0mm, sendo constituída de partículas unitárias que são reunidas, segundo seu tamanho, em grupos denominados de frações do solo. (MEDINA, 1972).

Soma de Bases (S) = Ca + Mg + K + Na

Saturação por Bases (V%) =  $S \times 100 / CTC$

Saturação por Alumínio (m%) =  $Al \times 100 / (CTC - H)$

Todos os resultados foram processados no software Microsoft Excel – Versão 2003, para fins de geração de tabelas e gráficos.

#### **4.6 - Medições de temperatura ambiente e dos solos sob diferentes fitofisionomias de cerrado.**

Para a realização das medições de temperatura, foram selecionados oito pontos, sendo dois na vertente A (P1 e P5), sob a fisionomia cerradão e seis pontos na vertente B (P12, P14, P23, P27, P35, P47), sendo que alguns destes, sob a fisionomia cerrado *stricto sensu* (em processos de regeneração) e outros em solos, da classe dos Neossolos Quartzarênicos, expostos diretamente aos agentes climáticos (Figura 4.15).

Em cada um dos pontos selecionados foi estabelecido um dia de medição de temperatura por mês, a partir de janeiro de 2007, em quatro horários distintos (6:00 h, 12:00 h, 18:00 h e 0:00 h).

Utilizando termômetros digitais de leitura direta, obteve-se, em cada dia de medição, valores de temperaturas ambientes (a um metro de altura em relação ao solo) e de duas camadas superficiais dos solos (0-10cm e 10-20cm), para cada um dos oito pontos selecionados.

Após as medições, os dados obtidos foram introduzidos no programa Microsoft Excel 2003 para elaboração de gráficos.

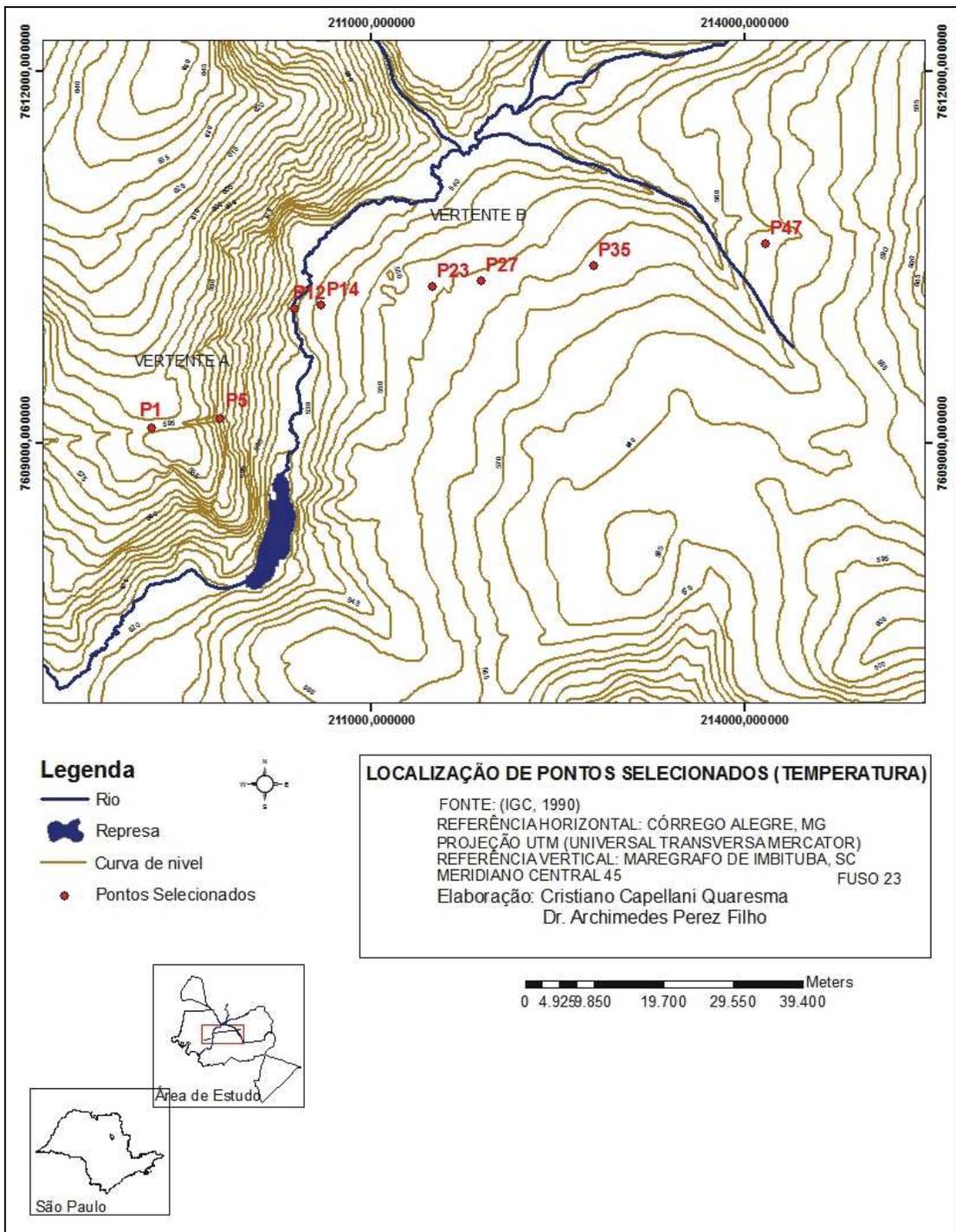


Figura 4.15 - Localização de pontos escolhidos ao longo das Vertentes A e B para fins de medições de temperaturas. Fonte: (IGC,1990). Elaboração: Cristiano Capellani Quaresma e Dr. Archimedes Perez Filho (orientador).

#### 4.7 - Testes de infiltração nos solos

Nos testes de infiltração foram utilizados os mesmos pontos selecionados, conforme figura 4.4, com exceção para os pontos P35 e P47.

Com a finalidade de caracterizar a capacidade de infiltração nos solos, para estabelecer possíveis relações com diferentes fitofisionomias de cerrado, formas e unidades de vertente, foram realizados testes de infiltração por meio do método dos cilindros concêntricos, conforme figura 4.16.



Figura 4.16 – Etapas de realização do teste de infiltração por método dos cilindros concêntricos. Fotos de: Cristiano Capellani Quaresma e Dr. Archimedes Perez Filho (orientador).

A figura acima procura demonstrar as etapas que devem ser seguidas durante a realização do teste de infiltração, as quais seguem:

- a) Limpeza da área e retirada de cobertura vegetal.
- b) Instalação dos equipamentos, que consistem basicamente em dois cilindros de diâmetros diferentes e que devem ser posicionados concêntricamente, uma bóia, um tubo com graduação em cm, com torneira e mangueira e de diâmetro igual ao cilindro interno.
- c) Com torneira fechada, enche-se o tubo com água até zerar o visor graduado contido neste.
- d) Preenche-se com água o cilindro externo e interno, protegendo o cilindro interno para que a água a ser despejada neste não infiltre. O preenchimento do cilindro

externo é feito repetidamente até a ocorrência de saturação do solo em volta do equipamento.

- e) Após a saturação, desprotege-se o cilindro interno e abre-se a torneira do tubo, permitindo que a água do interior deste penetre no cilindro interno, conforme vai ocorrendo a descida da bóia pelo processo de infiltração.
- f) Observa-se atentamente o marcador, anotando os valores observados nos seguintes intervalos de tempo: cinco leituras de um em um minuto; cinco de cinco em cinco minutos; três de dez em dez minutos; duas de quinze em quinze minutos e, finalmente, uma leitura após os próximos trinta minutos.

Os dados foram introduzidos no programa Microsoft Excel 2003 para elaboração de gráficos e no SIG-Arcmap – ArcView – Versão 9.1, para a geração de modelos, que representassem espacialmente os dados obtidos.

## 5 – RESULTADOS E DISCUSSÕES

Conforme apresentado no capítulo Revisão Bibliográfica, o conceito de Terra, utilizado no presente trabalho, trata-se daquele apresentado por FAO (1976), sendo, assim, mais amplo do que o conceito de solo. Igualmente, o conceito de fragilidade ambiental de terras, se torna mais amplo, uma vez que pode ser entendido não apenas como resultado de propriedades pertencentes ao solo, mas da conjugação de fatores e elementos naturais e antrópicos que compõem o referido segmento terrestre. Assim, tendo como base a Teoria dos Sistemas Gerais, para definir uma porção delineável da superfície terrestre como sendo frágil, não basta entender as qualidades de um dado elemento ou fator que a compõe, mas há que se recorrer ao conjunto e qualidades de fatores e parâmetros que inter-relacionados podem ou não caracterizar tal área como frágil.

O substantivo fragilidade, na língua portuguesa, segundo Ferreira (1989) remete-se à idéia daquilo que é pouco sólido, não resistente, fraco ou àquilo que possui pouca duração. Para a Geografia, tendo como objeto de estudo as organizações espaciais (CHRISTOFOLETTI, 1999), o termo fragilidade refere-se à capacidade de determinado sistema em se manter resistente frente às ações externas, conservando a sua identidade, ou sua organização espacial.

Por meio da abordagem sistêmica, determinada terra poderá apresentar elementos constituintes com características e propriedades que demonstram certo grau de fragilidade, mas, dependendo da resistência interna dada pela estrutura, organização e pelos fluxos de matéria e energia no interior do sistema do qual tais elementos fazem parte, estes poderão ou não ter sua fragilidade exposta. Há, portanto, pelo menos dois níveis de fragilidades ambientais existentes, um é o aparente, o outro é o efetivo. Este segundo nível ocorre na medida em que a interferência externa, ou até mesmo um distúrbio interno, sejam capazes de romper os limiares de resiliência, superando a capacidade estabilizadora do conjunto do sistema em manter o seu equilíbrio dinâmico pré-existente.

Novamente o papel das escalas torna-se de fundamental importância. O aninhamento dos subsistemas pode permitir a existência de partes que mantenham

estabilidade em um sistema instável, ou vice-versa, ou ainda a coexistência de partes estáveis e instáveis.

A instabilidade em um dado elemento, ou um conjunto de elementos, a depender do tamanho do delineamento do sistema, ou da organização espacial a ser estudada, poderá ou não ter forças para causar alterações significativas a ponto de serem observadas.

Assim, determinada área com solo arenoso, embora susceptível a processos erosivos, só poderá manifestar tais processos, caso o relevo, mais precisamente a forma e declividade da vertente, a cobertura vegetal existente, o clima, expresso pelos elementos de precipitação e temperatura e o uso e ocupação por parte do sistema antrópico lhe permitam<sup>27</sup>.

A retirada da cobertura vegetal, com conseqüente exposição do solo arenoso, em uma suposta vertente com alta declividade, associada a altos índices pluviométricos, poderá permitir rompimento de estabilidade e, portanto, a constituição de uma fragilidade efetiva, nitidamente perceptível aos estudos pertencentes à escala local. No entanto, ao se trabalhar com outros níveis escalares, tais como o regional ou o global, tal fragilidade poderá não ser perceptível, haja vista que inserida em outro grau de complexidade, não é capaz de impactar ou fragilizar efetivamente uma quantidade substancial de elementos pertencentes ao novo nível escalar estudado. Desta forma, a fragilidade efetiva de tal elemento passa a ser aparente no interior do conjunto maior que o engloba, uma vez que pode se tornar imperceptível aos olhos do observador.

Como uma forma simples de exemplificar o pensamento acima, pode ser citada a experiência de se pingar uma gota de tinta em um copo com água. Percebe-se que há um distúrbio inicial no ponto em que a gota atinge a superfície da água, causando rompimento ao equilíbrio inicial desta. Na medida em que há maior espalhamento da tinta e conseqüentemente diminuição da entropia, haverá redução da concentração e dependendo do tamanho da gota a coloração do líquido no interior do recipiente é inteiramente alterada. Neste nível escalar é perceptível claramente o impacto causado

---

<sup>27</sup> Deve-se lembrar, no entanto, que não é necessário que todos os elementos existentes contribuam para que a fragilidade se efetive. Basta o envolvimento de determinado grupo de elementos que conjuntamente sejam capazes de romper com o equilíbrio dinâmico pré-estabelecido.

pelo input da gota de tinta ao sistema inicial, alterando as condições iniciais do mesmo. Trata-se, portanto, da constituição de uma fragilidade efetiva.

No entanto, caso a mesma gota caia em uma piscina de 25 m de comprimento, haverá modificações das condições iniciais no entorno do ponto em que a gota atinge a superfície da água. Na medida em que a gota se espalha, depois de certo tempo, considerando este novo nível escalar, ela se tornará imperceptível ao observador. Houve, portanto alteração nas condições iniciais em determinada parte do sistema estudado, mas não suficiente para impactar as demais partes existentes. Assim, a fragilidade efetiva, ocorrida em determinado nível escalar do sistema, se torna aparente no nível escalar mais amplo adotado.

Portanto a escolha da escala a ser adotada na análise depende do fenômeno a ser estudado. Cada fenômeno possui representação em um determinado tipo de escala espacial e temporal. Elementos que se manifestam em determinada escala, podem apresentar pouca ou nenhuma representatividade em escalas maiores de tempo e de espaço.

Da mesma forma que há manifestações espaciais dos fenômenos da natureza e do sistema antrópico, há também manifestações temporais.

Com relação ao tempo, definem-se pelo menos quatro escalas de importância nos estudos das organizações espaciais, as quais seguem:

A primeira trata-se da escala do tempo futuro, que se refere aos eventos que ocorrerão no futuro real. Nas análises e estudos em Geografia, tratam-se das previsões científicas de eventos, fenômenos, processos, formas e organizações espaciais que poderão existir, por meio de geração de modelos, cenários, dentre outros.

A segunda trata-se da escala do tempo Geológico, ou da Natureza. Os elementos naturais estão inter-relacionados, sendo que seus processos e formas existentes na organização físico/natural se manifestam em uma escala de tempo que lhe é própria e diferente da escala de tempo dos fenômenos inerentes ao sistema antrópico<sup>28</sup>. Como exemplo simples, pode ser citada a formação dos solos a partir do

---

<sup>28</sup> Não é a toa que o trabalho do referenciado geólogo americano William Morris Davis, ao procurar sistematizar as fases de evolução do relevo em termos de juventude, maturidade e senilidade, projeta a sua Teoria do Ciclo Geográfico, também conhecida como Ciclo de Erosão ou ainda Ciclo Geomorfológico, para período de tempo entre 20 e 200 milhões de anos.

intemperismo de rochas, que, embora sofra a influência de condições morfoclimáticas atuais, manifesta-se ao longo de milhares ou milhões de anos. Uma vez que o processo de uso e ocupação degrade propriedades do mesmo, para que se constitua novo solo é imaginado um período de tempo de milhões ou milhares de anos, uma escala temporal não concebível e não compatível com a escala temporal dos eventos humanos.

A terceira trata-se da escala do tempo histórico. Inicia-se com a presença do homem, não do pré-histórico nômade e coletor, mas a partir do surgimento das grandes civilizações, quando, por meio do desenvolvimento técnico, ele torna-se capaz de alterar, como nunca antes visto, elementos e fenômenos pertencentes ao sistema físico-natural em uma tentativa de reduzir seus obstáculos e de controlá-lo.

A escala do tempo histórico surge em um momento avançado da escala de tempo da natureza e constitui um período de tempo mínimo em relação à extensão desta.

Tais escalas não devem ser concebidas de maneira estanque e linear, ou seja, não se deve pensar que no momento em que uma termina, a outra começa. Há uma coexistência de tais escalas no tempo, a partir do momento em que a escala do tempo histórico surge.

A quarta trata-se da escala do tempo presente, que se caracteriza pelo fato do sistema antrópico, nas últimas décadas (em especial no pós Segunda Guerra e mais precisamente no pós década de 70 do século XX) ter atingido grande desenvolvimento técnico.

Este período equivale ao que Richta (1968) e posteriormente Santos (2002) apontaram como aquele que se distingue de seus antecessores pela profunda inter-relação da ciência, da técnica e da informação, que permitiu ao mercado tornar-se global.

No entanto, não se deve achar que o ambiente deva ser considerado como uma produção artificial do homem. Por mais que o processo de uso e ocupação das terras se dê dentro de uma lógica cada vez mais ligada ao mercado, e haja adensamento de objetos técnicos tanto no campo quanto nas cidades, não se deve pensar que a natureza deixou de existir, ou que não seja também responsável por processos de

formação de organizações espaciais, ou ainda que não seja capaz de influenciar a estruturação, dinâmica e funcionamento dos sistemas antrópicos.

A afirmação de que “*a natureza deixou de ser uma parte significativa do nosso meio ambiente*” (Gellner, 1989) Apud: Santos (2002) demonstra o descaso com que o homem tem tratado a natureza, desconsiderando os processos e o funcionamento da mesma, o que reflete a lógica com que tem se processado o uso e ocupação das terras nas últimas décadas.

Existe a produção de um espaço pelo sistema antrópico, mas isso não quer dizer que a natureza não tenha responsabilidade pelas organizações ambientais existentes no presente. Um exemplo claro e atual trata-se do avanço da produção de cana-de-açúcar no estado de São Paulo, inclusive em áreas antes ocupadas por vegetação de cerrado. A substituição das culturas de milho, café, laranja e da pecuária por cana-de-açúcar é cada vez mais patente e responde a uma lógica do mercado. No entanto, é fácil perceber que há influência do relevo e dos tipos de solos na produtividade, além de processos erosivos, por vezes irreparáveis, que criam empecilhos ao próprio uso e ocupação empregados.

A escala do tempo presente trata-se, então, do período em que o sistema antrópico passa a possuir condições de interferir e de transformar os processos físico/naturais como nunca visto anteriormente. Mas é neste período que também emerge a necessidade cada vez maior de se conhecer os elementos, atributos, inter-relações e funcionamentos dos sistemas físico/naturais, para que o processo de uso e ocupação das terras não seja guiado exclusivamente por lógicas economicistas e de mercado, mas sim a partir do conhecimento dos geossistemas, a fim de que maior equilíbrio na relação homem/natureza seja atingido.

Apesar do desenvolvimento tecnológico alcançado pelo sistema antrópico, tornando-lhe capaz de alterar e controlar parte dos elementos e fenômenos pertencentes à natureza, esta, uma vez que constitui um sistema complexo, está longe de ser plenamente conhecida, quanto menos controlada. Assim, apesar da existência do tempo da ação humana (escalas de tempo histórico e presente), há o tempo natural (escala de tempo da natureza), que coexistem no processo de formação das organizações espaciais.

O sistema antrópico é capaz de influenciar parte dos sistemas físico-naturais impondo-lhes ritmos diferentes e acelerando processos com conseqüente alteração de suas escalas de tempo de ocorrência. (PEREZ FILHO, 2006)

Assim processos e formas que se manifestariam na escala do tempo geológico, passam a ocorrer nas escalas do tempo histórico e presente. E é por isso que *“As formas variadas, rápidas e agressivas como o homem tem interferido na dinâmica natural da Terra fornecem elementos para alguns pesquisadores defenderem a idéia de, no presente, estarmos na vigência de uma situação de ocorrência de processos geomorfológicos com gênese antrópica”* (PEREZ FILHO *et al.* 2001).

Os resultados seguintes foram apresentados e discutidos com base no método, nos conceitos e discussões anteriormente efetuados.

## 5.1- Clima e Cerrado

Os trabalhos de Thornes e Brunnsden (1977) e de Miller (1965) afirmam que sistemas são definidos pela existência de elementos, atributos, relações, objetivo e interdependência.

Conforme exposto, Christofolletti (1979) apresentou o processo de identificação dos elementos, atributos e relações, como obstáculo ao estudo da realidade pelo geógrafo. Isto se deve ao fato de que a maioria dos sistemas de interesse do geógrafo não se apresenta de forma isolada, mas, sim, como constituintes de um sistema maior, o seu universo.

Contudo, apesar da arbitrariedade envolvida na delimitação de um dado sistema, torna-se necessário, para fins analíticos, considerá-lo, conforme Christofolletti (1979), como entidade discreta e isolada.

As duas vertentes, selecionadas com base nos critérios metodológicos apresentados, foram consideradas como geossistemas distintos entre si. Geossistemas, conforme a definição apresentada por Sotchava (1977), haja vista serem formações naturais resultantes da ação da dinâmica dos fluxos de matéria e energia nos sistemas abertos e da ação antrópica sobre estes, dado o fato de tais áreas terem sofrido alterações pelo sistema antrópico, nas escalas do tempo histórico e do tempo presente.

Uma vez realizada a delimitação espacial dos sistemas estudados, torna-se mais fácil, segundo Christofolletti (1979), identificar seus elementos componentes interligados pelas relações internas. Assim, foram identificados os elementos vegetação, expresso pelo cerrado *lato sensu*, com suas distintas fitofisionomias, diferenciadas pelos atributos densidade e porte; Relevo, caracterizado pelos atributos altitude, declividade, unidades e formas da vertente; Solo, apresentando os atributos de textura e constituição química; Clima, expresso pelos atributos temperatura e precipitação pluviométrica.

Aplicando a metodologia de foto-interpretção em fotografias aéreas de 1962, conforme explicitado no item Materiais e Métodos, o cerrado foi identificado como única fitofisionomia existente ao longo de todas as unidades da Vertente A (Topo, Meia-Encosta, Sopé). Houve, no entanto, variação no porte e densidade de tal vegetação,

fato que pode ser observado pela diferenciação de textura, tonalidade, porte e telhado da fotografia aérea considerada.

Tal diferenciação demonstrada por meio da figura 5.1, em primeiro momento, poderia levar a crer que as variações nos atributos da fitofisionomia existente, fossem respostas exclusivas a fatores de ordem físico/natural. Entretanto, ao se observar características do entorno da vertente estudada, verificou-se que as diferenças na tonalidade também representam alterações exercidas pelo sistema antrópico. Baseando-se nas características do entorno de tais pontos, pôde-se concluir que, anteriormente ao processo de uso e ocupação de tais terras, a vegetação existente nos mesmos tratava-se de cerrado.

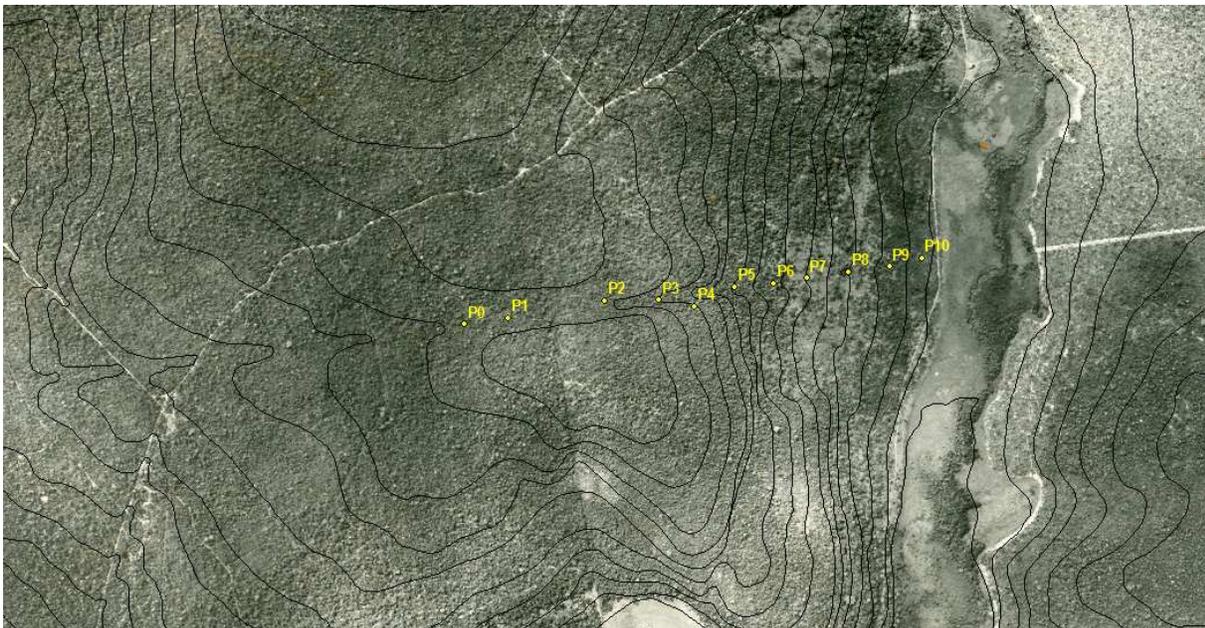


Figura 5.1 - Recorte em fotografia aérea de 1962 sobre vertente A. Fonte: Levantamento Aerofotogramétrico – 1962.

A alteração antrópica exercida em tal área pode ser observada mais claramente no ponto P7, onde ocorrem menor porte e densidade de vegetação, em comparação aos demais pontos da Vertente.

Em toda a extensão da Vertente B (Figura 5.2) foi identificada a fitofisionomia cerrado *stricto sensu*. Como no caso da Vertente anterior, verificou-se a presença de áreas alteradas pelo sistema antrópico, por meio do uso e ocupação das terras. Tal fato

foi evidenciado pelas tonalidades mais claras, principalmente entre os pontos P31 e P33. Além disso, foram verificadas, ao longo da Vertente B, variações no porte e densidade da vegetação de cerrado *stricto sensu*, as quais podem ser observadas pelas diferenças de tonalidade na fotografia que recobre o trecho estudado.

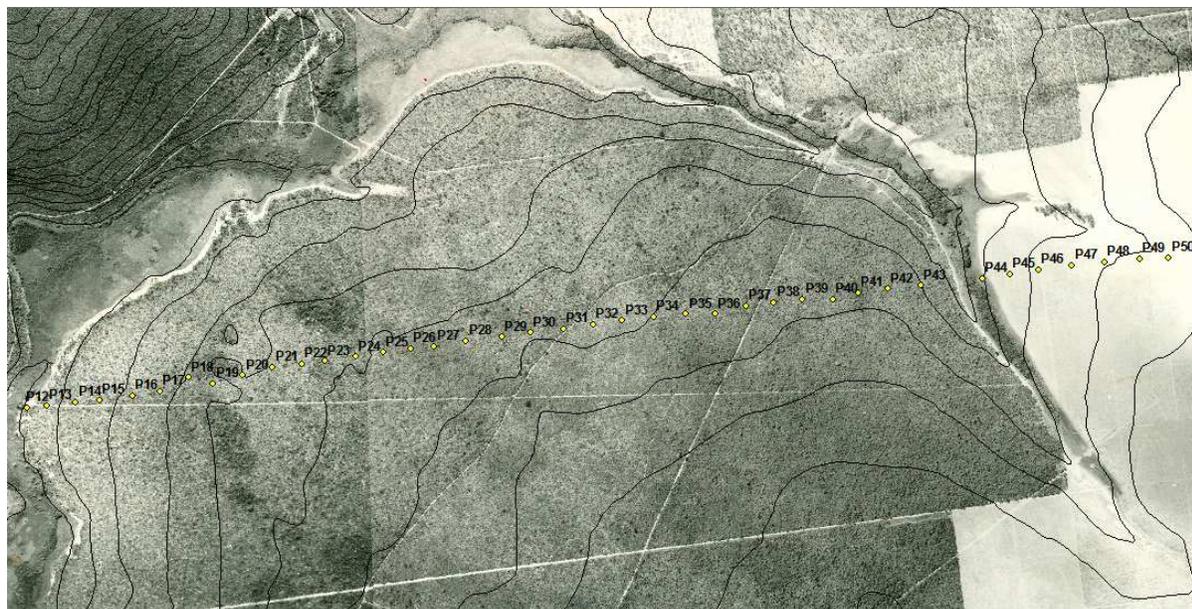


Figura 5.2 - Recorte em fotografia aérea de 1962 sobre vertente B. Fonte: Levantamento Aerofotogramétrico – 1962.

Duas informações tornam-se importantes: A primeira delas trata-se da não identificação da fisionomia campo-cerrado, ao longo das vertentes analisadas; A outra se refere ao fato de não haver definição de fisionomias para o trecho entre os pontos P44 e P50. Isto se explica, pois no ano de 1962, tal seguimento da Vertente B não apresentou nenhum tipo de cobertura vegetal, haja vista que na década de 1950, tal área havia sido utilizada para silvicultura e no ano considerado, houve corte e retirada de tal cobertura vegetal, o que fez com que este segmento da vertente se apresentasse como área preparada para silvicultura.

Para visualização da distribuição das fitofisionomias mencionadas ao longo dos perfis topográficos, elaboraram-se as figuras 5.3 e 5.4.

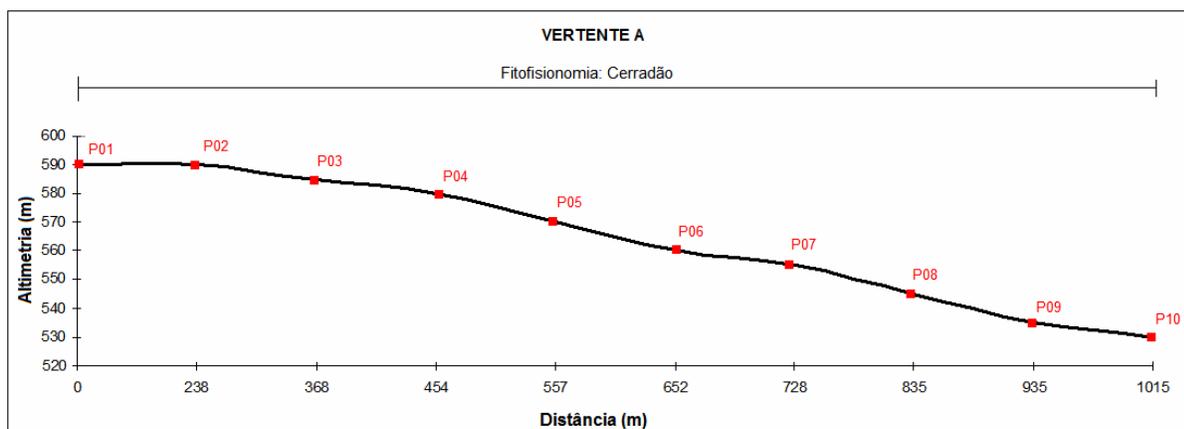


Figura 5.3 - Caracterização fitofisionômica ao longo de perfil topográfico – vertente A. Autor: Cristiano Capellani Quaresma e Dr. Archimedes Perez Filho (orientador).

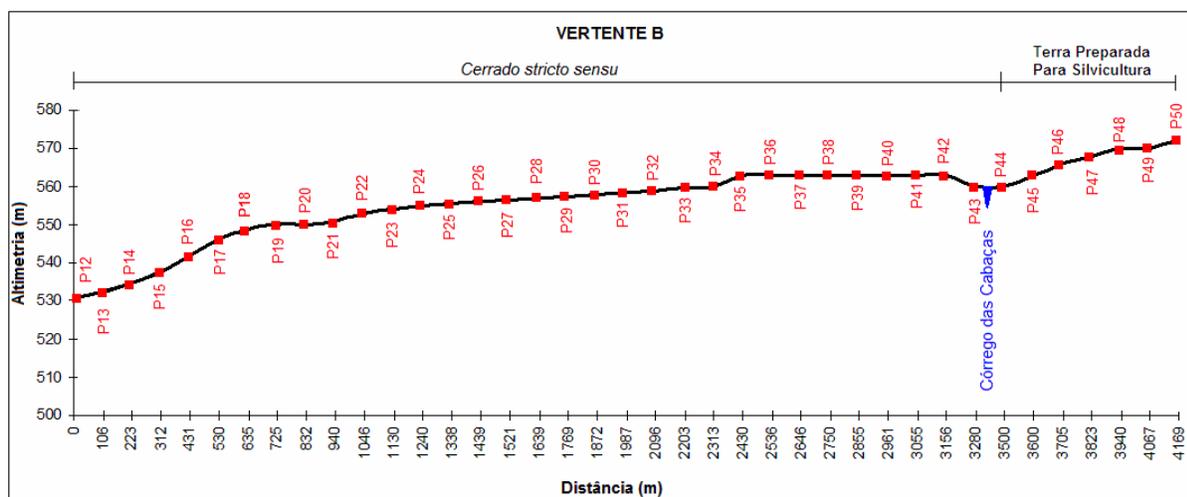


Figura 5.4 - Caracterização fitofisionômica ao longo de perfil topográfico – vertente B. Autor: Cristiano Capellani Quaresma e Dr. Archimedes Perez Filho (orientador).

A extensão da Vertente A é de 1.015m e da Vertente B é de 4.169m, sendo que ambas estão próximas uma da outra (margem direita e esquerda do Córrego do Beija Flor). Variações fisionômicas, de porte e de densidade de vegetação ao longo de pequenas extensões como estas, corroboram as observações realizadas no Planalto Central Brasileiro, por Waibel (1948). Segundo este autor, a variedade de tipos de vegetação em áreas de dimensões pouco extensas e sob a influência de mesmas condições climáticas, permite concluir que tais tipos de vegetação dependem de condições edáficas.

Segundo Oliveira (2001), o clima do município de Luis Antônio/SP é classificado como AW (SETZER, 1966), ou como Tropical de Brasil Central (NIMER, 1977), com verão chuvoso e inverno seco. As temperaturas médias na região são de 21,7°C, com máximas de 28,6°C e mínimas de 16,4°C.

Para Cavalheiro et alli (1990), a região da EEJ, possui dois períodos de condições climáticas distintas: um chuvoso com temperatura e precipitação elevadas, abrangendo os meses de novembro a abril, e um seco, entre os meses de maio e outubro, com temperatura e precipitação inferiores.

Conforme pode ser observado, as duas caracterizações climáticas, apresentadas acima, não apontam para diferenças climáticas na região em que se localiza a EEJ. Com base nisso, pode-se concluir preliminarmente que as diferenças fitofisionômicas existentes no interior da Reserva estudada, mais precisamente nas vertentes selecionadas, não são resultantes de parâmetros climáticos.

Objetivando conhecimento mais aprofundado, foram obtidos, junto ao DAEE (Departamento de Águas e Energia Elétrica), dados mensais de chuvas para o município de Luis Antonio/SP, os quais permitiram o cálculo das médias de precipitações pluviométricas mensais, para o período de 1960 a 2000. O resultado pode ser observado na figura 5.5.

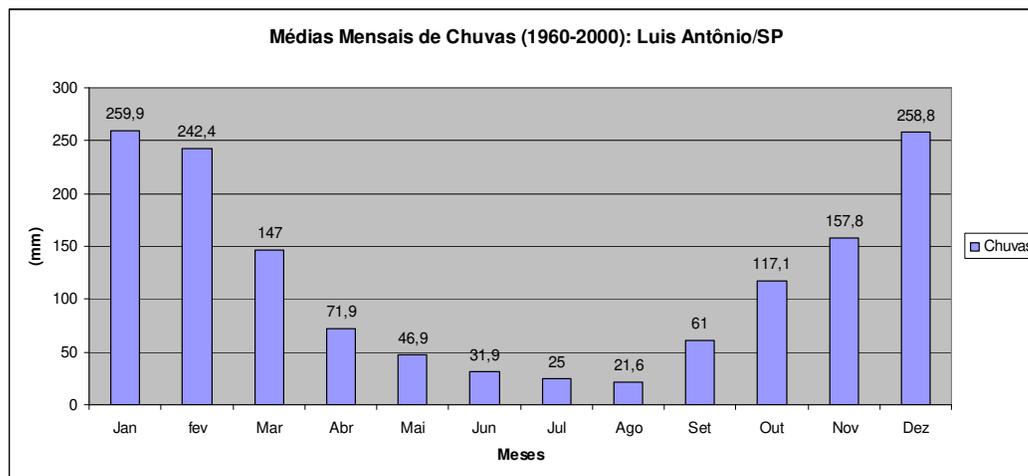


Figura 5.5 - Médias mensais de chuvas (1960-2000): Luis Antônio/SP. Fonte: DAEE (2007)

Elaboração: Cristiano Capellani Quaresma e Dr. Archimedes Perez Filho (orientador).

Conforme a figura acima, pode-se fazer uma correção à caracterização das precipitações pluviométricas da EEJ, realizada por Cavalheiro et alli (1990) e citada em parágrafos anteriores. Levando-se em consideração os 40 anos analisados, a EEJ possui dois períodos de condições climáticas distintas, um mais chuvoso, de outubro a março e outro mais seco, de abril a setembro.

Com a finalidade de verificar possíveis correlações entre as variações espaciais das médias de precipitações pluviométricas e a distribuição das fitofisionomias de cerrado *lato sensu*, presentes nas vertentes estudadas, foram adquiridos os dados de precipitação pluviométrica das estações localizadas nos municípios de Cravinhos, Descalvado, Moji Guaçu, Santa Lúcia, São Simão e São Carlos, além do já mencionado município de Luis Antonio (Figura 5.6).

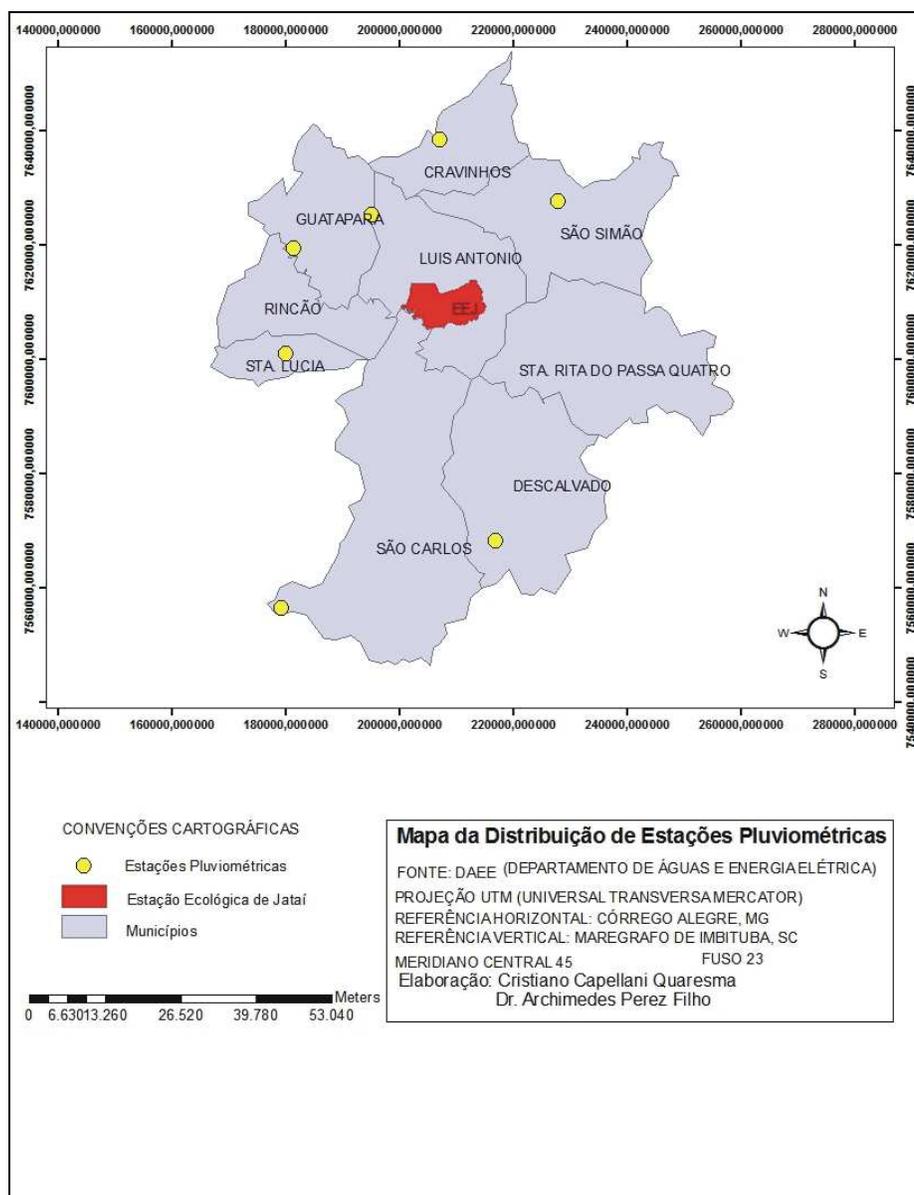


Figura 5.6 – Mapa de Distribuição de Estações Pluviométricas. Fonte DAEE (Departamento de Águas e Energia Elétrica). Elaboração: Cristiano Capellani Quaresma e Dr. Archimedes Perez Filho (orientador).

Os dados obtidos foram inseridas no SIG – Arcmap – ArcView – Versão 9.1, para fins de interpolação e espacialização dos mesmos, por meio de mapa cartográfico (figura 5.7).

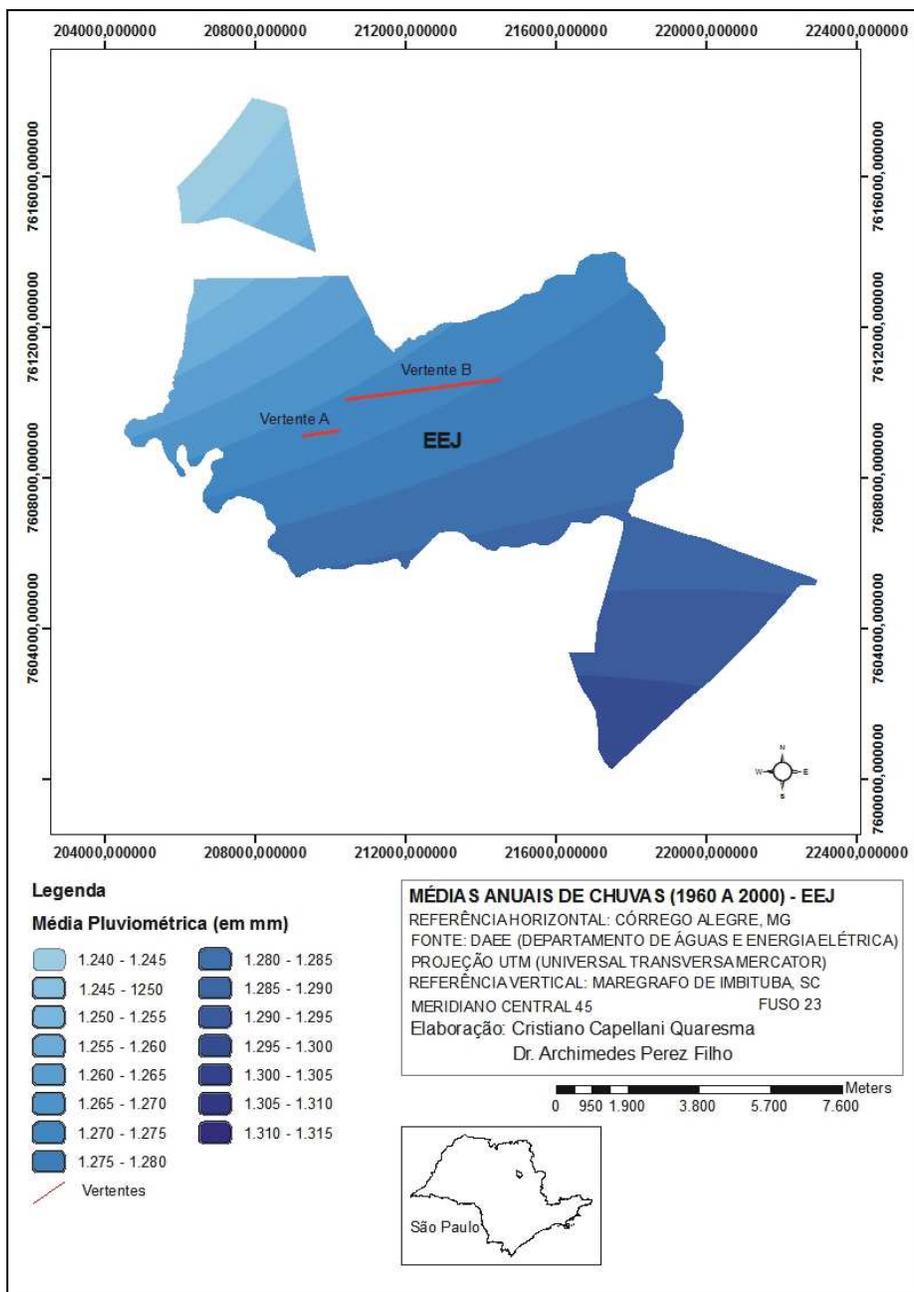


Figura 5.7 - Médias Anuais de Precipitação Pluviométrica (1960 a 2000) – Estação Ecológica da Jataí – Luis Antonio – SP. Fonte DAEE (Departamento de Águas e Energia Elétrica). Elaboração: Cristiano Capellani Quaresma e Dr. Archimedes Perez Filho (orientador).

Conforme figura acima, considerando diferenças de 5mm entre as isoietas, houve variações nas médias anuais de precipitação pluviométrica ao longo de toda a extensão da EEJ. Contudo, para o período de 1960 a 2000, pode-se afirmar que a

média anual de precipitação pluviométrica, na área que envolve as duas vertentes estudadas, manteve-se a mesma, permanecendo entre 1.270 e 1275mm. Isto evidencia que as variações fitofisionômicas existentes não ocorrem, de fato, em função do clima, em especial da variável chuva. Além disso, com base nas médias anuais de precipitação pluviométrica, as conclusões dos trabalhos pioneiros, realizados por Rawitscher *et alli* (1943), em várias partes do estado de São Paulo e principalmente em Emas/SP, próximo ao município de Pirassununga, foram corroboradas. Tais trabalhos contradisseram a noção de que o cerrado fosse uma vegetação de predomínio em áreas de escassez de água, apontando que esta não se tratava de fator limitante a aquele tipo de vegetação.

Tais dados corroboram a hipótese formulada para a presente dissertação, de que o elemento clima, representado, neste caso, pela variável precipitação pluviométrica, na escala local, possui pouca influência direta na distribuição das fisionomias de cerrado.

## 5.2– Relevo e Cerrado

Com o objetivo de verificar a possível influência do relevo na distribuição das diferentes fitofisionomias identificadas, foram elaborados mapa hipsométrico e mapa clinográfico da área de estudo, com base em cartas topográficas. O resultado foi obtido por meio do SIG – Arcmap – ArcView – Versão 9.1 (Figuras 5.8 e 5.9).

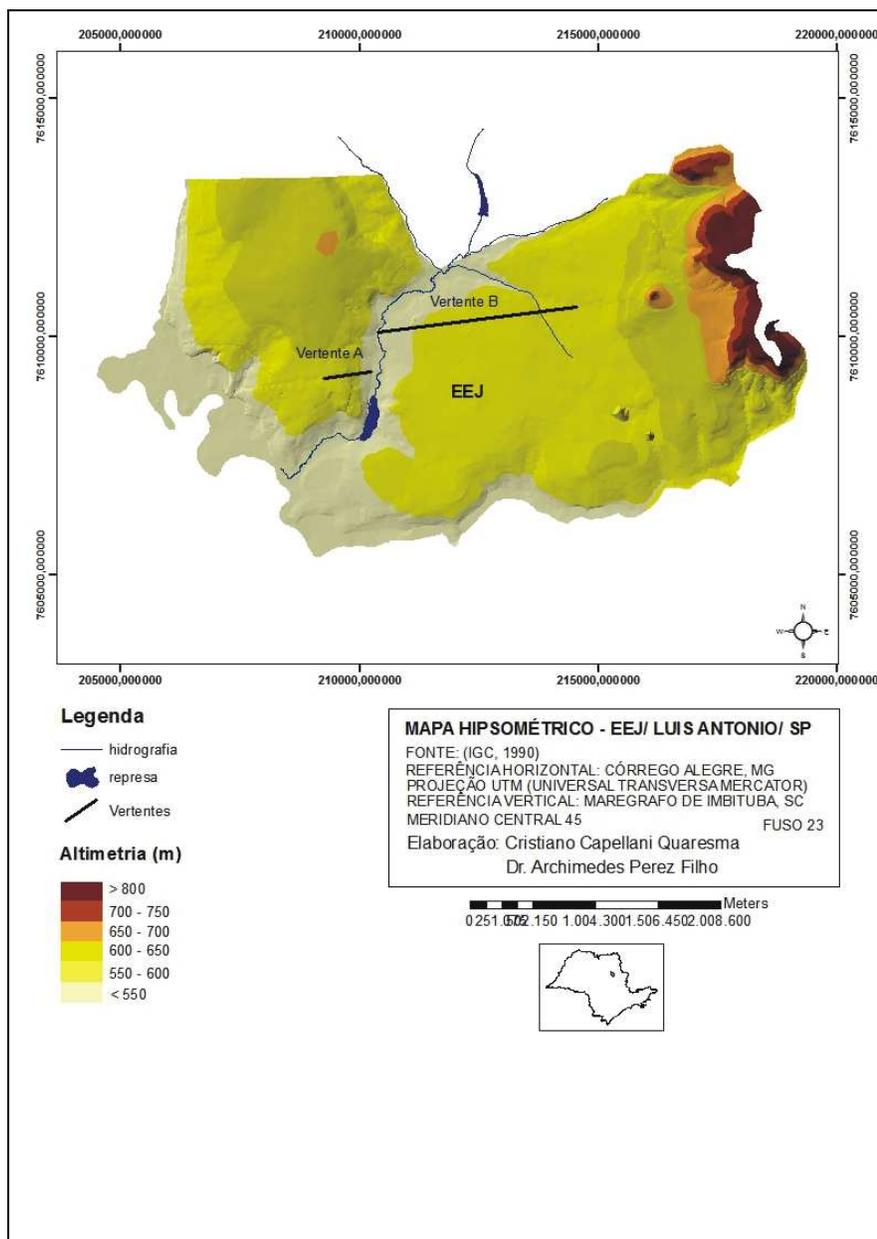


Figura 5.8 - Mapa Hipsométrico – EEJ/Luis Antônio/SP. Fonte: (IGC, 1990). Elaboração: Cristiano Capellani Quaresma e Dr. Archimedes Perez Filho (orientador).

A figura 5.8 demonstra que as vertentes estudadas possuem altitudes inferiores a 600m, além disso, permite concluir que a altimetria não se constituiu em variável influenciadora da distribuição das fitofisionomias cerrado e cerrado *stricto sensu*, localizadas nas Vertentes A e B, respectivamente, uma vez que não existem variações consideráveis nos valores altimétricos registrados.

As cotas altimétricas ao longo da Vertente A se encontram entre as altitudes de 590m e 530m, pontos P1 e P10, respectivamente. Para a Vertente B, foram registradas as altitudes de 530m e 570m, correspondendo aos pontos P12 e P50, respectivamente.

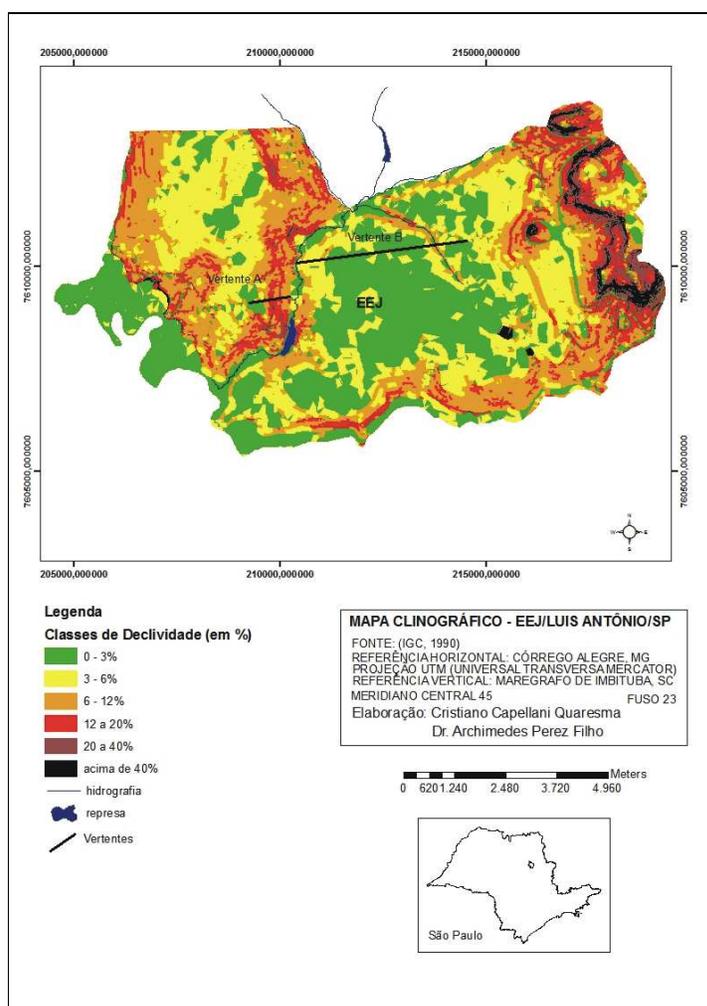


Figura 5.9 – Mapa Clinográfico – EEJ/Luis Antonio – SP. Fonte: (IGC, 1990). Elaboração: Cristiano Capellani Quaresma e Dr. Archimedes Perez Filho (orientador).

O mapa clinográfico da área de estudo, representado pela figura acima, demonstra que as declividades ao longo da Vertente B encontram-se abaixo de 6%, ao passo que a Vertente A, em termos de declividade, possui topo plano, meia encosta variando de 12 a 20% e sopé de 6 a 12%.

A maior declividade encontrada na meia encosta da vertente A resulta de intrusões basálticas da Formação Serra Geral, as quais puderam ser identificadas em campo por meio de afloramentos entre os pontos P4, P5 e P6.

Desta forma, foram verificadas diferenças na variável declividade do elemento relevo, entre as duas vertentes estudadas. A Vertente A, sob fitofisionomia cerradão, possui maiores declividades que a Vertente B, sob fisionomia cerrado *stricto sensu*.

Warming (1973) observou a ocorrência de formações florestais nos terrenos mais declivosos e vegetação de cerrado sob terrenos de topografia mais plana. Tal afirmação, em primeiro momento, permite concluir que, de mesmo modo, o cerradão, por tratar-se de fitofisionomia de maior densidade e porte, pode ter se desenvolvido ao longo da Vertente A, onde não seria possível a fixação e desenvolvimento de cerrado *stricto sensu*, haja vista a maior declividade existente.

Contudo, a identificação da fitofisionomia cerradão, ao longo das unidades topo, meia encosta e sopé da Vertente A, as quais apresentam declividades diversas que variam de 0-3%, 12-20% e 6-12%, respectivamente, demonstra que, assim como a precipitação pluviométrica, a declividade não responde diretamente pela distribuição das fitofisionomias identificadas.

Warming (1973) havia observado que quanto mais plana a topografia, mais profundas as “argilas vermelhas<sup>29</sup>” e mais numerosas as árvores e arbustos de cerrado.

Tal afirmação permite concluir que a declividade pode influenciar indiretamente a distribuição das fitofisionomias de cerrado, uma vez que influencia diretamente no processo de desenvolvimento do solo. Mas, baseando-se na mesma afirmação, pode-se inferir que o solo, representado pela sua constituição física e química, seja o elemento chave, componente do geossistema, que esteja relacionado diretamente à distribuição espacial das fitofisionomias identificadas.

---

<sup>29</sup> As argilas vermelhas profundas ou de textura arenosa, mencionadas por Warming (1973), correspondem, segundo Queiroz Neto (1982), levando-se em conta o conhecimento recente, aos Latossolos profundos, de textura variada e coloração mais freqüente entre vermelha e vermelho-amarela.

O afloramento basáltico na vertente A permite uma maior presença de minerais de argila no solo, explicando assim, a existência de vegetação de maior densidade e porte tal como o cerradão.

Ao analisar as fotografias aéreas de 1962, observaram-se diferenças significativas no critério tonalidade ao longo da vertente B. Tal variação, como mencionado anteriormente, não está relacionada a diferentes fitofisionomias, uma vez que, a cobertura vegetal existente sob tal vertente tratava-se de cerrado *stricto sensu*. Assim, as variações de tonalidade, identificadas na fotografia aérea de 1962, além de representar alterações no geossistema pela ação do sistema antrópico, referem-se a diferenças de densidade e porte da fitofisionomia de cerrado *stricto sensu* (Figura 5.10).

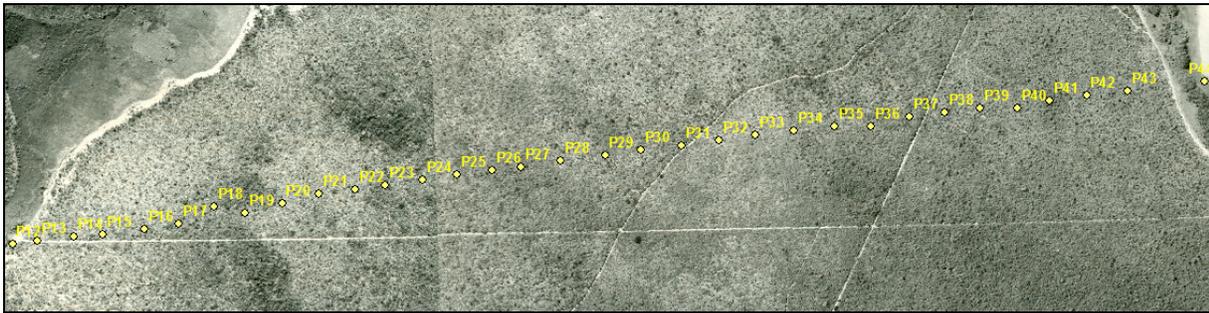


Figura 5.10 - Variações de tonalidade em fotografia aérea de 1962 sobre Vertente B. Fonte: Levantamento Aerofotogramétrico – 1962.

As formas (côncava, convexa, retilínea) e declividade da vertente, que influenciam no processo de escoamento superficial e sub-superficial, são variáveis, dentre outras, que respondem pelas variações no padrão da vegetação existente. Tal fato, provavelmente se explique pela remoção natural e acelerada dos minerais na fração argila do solo, conforme será verificado posteriormente.

Para identificar as possíveis relações existentes entre as variações de porte e densidade de vegetação, ocorridas no interior de uma mesma fitofisionomia, e as características da vertente, foi realizada segmentação da Vertente B, com base nas variáveis forma e declividade (Figura 5.11).

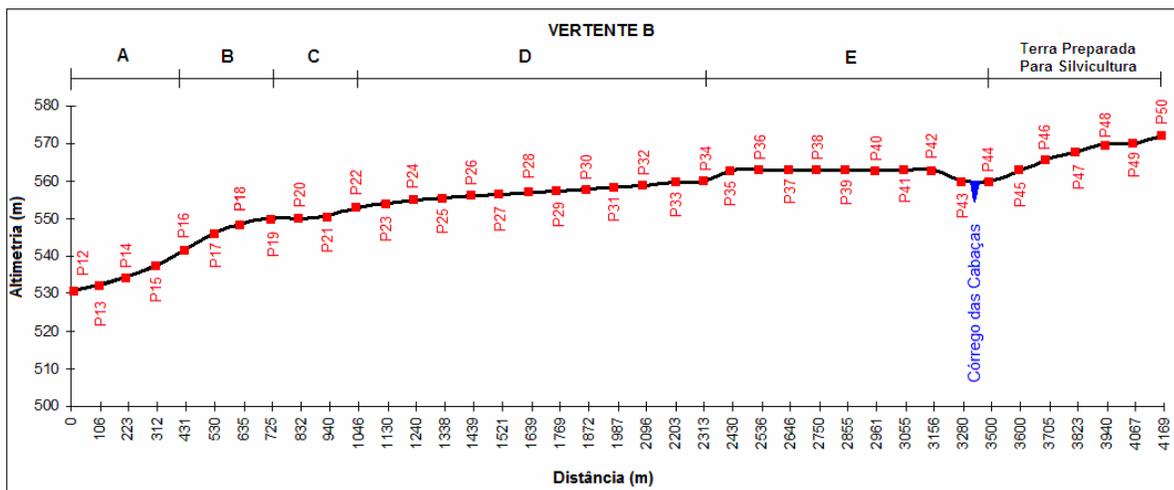


Figura 5.11 - Segmentos de vertente o longo da Vertente B. Autor: Cristiano Capellani Quaresma e Dr. Archimedes Perez Filho (orientador).

Assim, os cinco segmentos identificados ao longo da Vertente B permitiram verificar a relação direta existente entre as formas e declividades dos vários segmentos da vertente analisada e a variação de porte e densidade da vegetação de cerrado *stricto sensu* no ano de 1962.

Nos segmentos A (entre P12 e P16) e C (entre P19 e P22), verificou-se a presença de formas côncavas e tonalidades mais claras, indicando menor densidade e porte da vegetação. O segmento B (entre P16 e P19) apresentou forma convexa e vegetação de maior porte e densidade que os segmentos anteriormente citados. Em D (entre P22 e P34), verificou-se forma retilínea e vegetação mais densa e de maior porte que em A e C, exceção para o trecho entre os pontos P31 e P34, de tonalidade clara, devido à retirada da cobertura vegetal pelo sistema antrópico. O segmento E, entre os pontos P34 e P43, apresentou tonalidades mais escuras, evidenciando vegetação de maior porte e densidade que em A e C. Pelo telhado da fotografia aérea, verificou-se que em E a vegetação possuía maior porte que em D. Tal fato pode ser explicado pelas diferenças na variável declividade, que apesar de não serem grandes, influenciam no escoamento superficial e subsuperficial, permitindo diferenças nos constituintes dos solos. Assim, apesar de retilíneos, o segmento E é plano, e o segmento D possui declividade entre 0 a 3%.

### 5.3 - Solos e Cerrado

Conforme figura 4.4, há diferenças significativas dos solos existentes nas duas vertentes analisadas. Percebe-se a existência de Latossolos Vermelhos ao longo da Vertente A, sob fitofisionomia cerradão e de Neossolos Quartzarênicos e Latossolos Vermelho-Amarelos ao longo da Vertente B, sob fitofisionomia de cerrado *stricto sensu*.

As características químicas de tais solos, como fora apresentado no item Material e Método, corroboram os estudos realizados por Queiroz Neto (1969) em Serra de Santana – SP, que mostraram o caráter distrófico dos solos sob cerrado. O mesmo autor apontou para a menor atividade da fração mineral, estimada por meio do CTC e da Saturação por Bases nos solos sob cerrado, em comparação aos solos sob florestas.

Assim, os Latossolos Vermelhos, existentes na Vertente A, apesar de apresentarem textura argilosa ou muito argilosa, não permitem o desenvolvimento de formações florestais, devido ao seu caráter distrófico.

Os estudos realizados pela Comissão de Solos (in: BRASIL, 1960), que relacionam o aparecimento de cerrado a solos desenvolvidos sob materiais mineralogicamente mais pobres, velhos, e cujos minerais tenham sido quase todos destruídos, são corroborados pela existência de cerrado *stricto sensu*, ao longo da Vertente B, cujos solos correspondem aos Neossolos Quartzarênicos, de característica arenosa e com menos de 15% de argila.

Goodland (1971), ao relacionar a diversidade da vegetação de cerrado a graus diferentes de oligotrofia, apontou para dois tipos de deficiências minerais: a falta ou carência de nutrientes, devido à lixiviação intensa durante longo período de tempo; e a indisponibilidade de nutrientes, devida a outro fator limitante, tal como a presença de alumínio trocável, indicando maior toxicidade, que pode interferir na absorção dos nutrientes pelas plantas.

Os trabalhos de Camargo (1975) (In: QUEIROZ NETO, 1982) mostraram situação similar no Mato Grosso do Sul. Comparando as áreas de cerrado com a região de relevo mais acidentado da serra de Maracaju sob floresta, tal autor apontou para o caráter álico muito mais freqüente e acentuado nas primeiras do que na segunda.

Malavolta *et alii* (1977) verificou que a toxicidade do alumínio em concentrações elevadas provocam diminuição na absorção do fósforo, cálcio e magnésio.

Os Latossolos Vermelhos, presentes na Vertente A, segundo Oliveira *et alii* (1982), possuem caráter álico. Esta característica confirma os estudos de Goodland (1971), Camargo (1975) e Malavolta *et alii* (1977). Assim, apesar da presença de solo com maior quantidade de argila que nos Neossolos Quartzarênicos presentes na Vertente B, a toxicidade, provocada pela existência de alumínio trocável, poderia estar inibindo a absorção de nutrientes pelas plantas, não favorecendo a fixação de florestas ao longo da Vertente A.

A presença de maior teor de argila na Vertente A, em relação à B, permitiu a fixação de vegetação de cerrado *lato sensu* de maior porte e densidade, tal como o cerradão. A Vertente B, por possuir em sua maior extensão Neossolos Quartzarênicos com menos de 15% de argila e de caráter álico, não possibilitou o desenvolvimento de outro tipo de vegetação, a não ser o cerrado *stricto sensu*. Os segmentos da Vertente B em que ocorre a presença de Latossolos Vermelho-Amarelos, de textura média, também são recobertos por vegetação de cerrado *stricto sensu*, devido ao caráter álico deste, identificado por Oliveira *et. alii* (1982).

Para obter um maior conhecimento das características físicas e químicas dos solos ao longo das vertentes estudadas, bem como das relações destas com as fitofisionomias de cerrado identificadas, foram realizadas coletas de amostras de solos, conforme especificado no item Material e Método.

As análises dos solos demonstraram haver possíveis relações entre a distribuição das fitofisionomias de cerrado identificadas ao longo das Vertentes analisadas e as porcentagens da fração argila, silte e areia. Verificou-se que os solos existentes na Vertente A, sob fisionomia cerradão, apresentaram maiores porcentagens das frações argila e silte e menores porcentagens da fração areia, em comparação às amostras de solos coletadas no trecho compreendido entre os pontos P12 e P43 da Vertente B, sob fisionomia de cerrado *stricto sensu* (Figuras 5.12, 5.13 e 5.14).

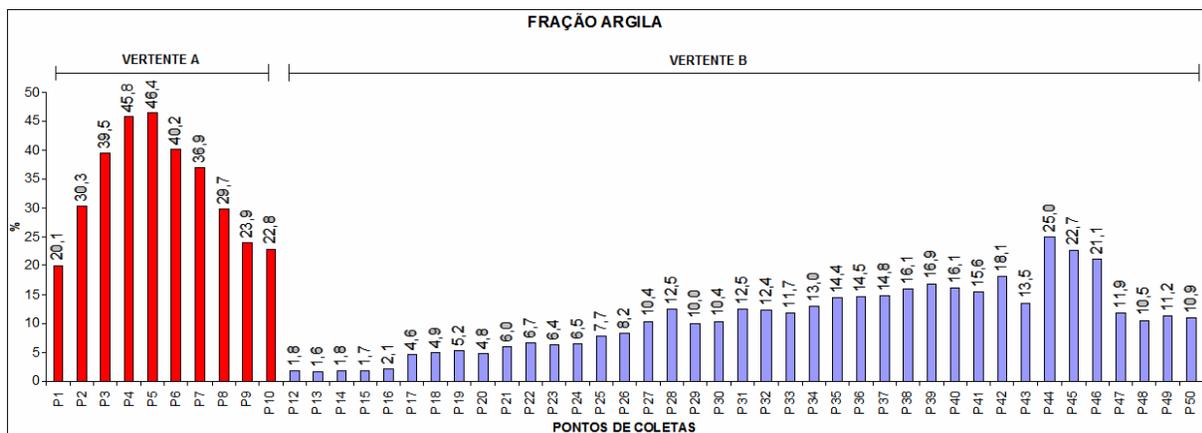


Figura 5.12 - Médias de totais de argila em amostras compostas de solos (camadas 0-20cm, 80-100cm e 180-200cm) – Vertente A e B. Autor: Cristiano Capellani Quaresma e Dr. Archimedes Perez Filho (orientador).

O gráfico acima permite observar que os solos pertencentes à Vertente A apresentaram variações de textura média à argilosa. As amostras de solos coletadas ao longo da Vertente B apresentaram texturas arenosa, entre os pontos P12 e P37, além do ponto P43; e outra argilosa, entre os pontos P38 e P42. Os pontos entre P44 e P50 não puderam ser incluídos na presente análise, haja vista que em tal trecho houve retirada da cobertura vegetal, evidenciada nas fotografias aéreas de 1962, conforme anteriormente discutido, o que impossibilitou verificação e estabelecimento de relações entre vegetação e características pedológicas nesse segmento da vertente.

O gráfico permite observar que os pontos P3, P4, P5, P6 e P7 apresentaram os maiores teores de argila, o que pode ser explicado pela presença de afloramentos de rochas básicas, que também são responsáveis pela maior declividade da vertente.

A variação da contribuição da fração argila do solo ao longo das unidades de vertente se apresentou de forma distinta entre as duas vertentes estudadas. Comparando as três unidades pertencentes à Vertente A, com base na quantidade de argila, pode-se afirmar: a meia encosta (P3 a P7) possui os teores mais altos, variando de 36,9 a 46,4%; o topo (P1 a P2) apresentou os menores teores de argila, variando de 20,0 a 30,3%; e finalmente, os resultados das análises texturais dos pontos pertencentes à unidade sopé (P8 a P10) demonstraram valores intermediários entre as demais unidades, variando de 22,8 a 29,7%.

Por outro lado, na Vertente B, os valores de argila no solo aumentam no sentido sopé – topo, porém demonstrando relações com os segmentos e formas da vertente.

As mesmas características acima podem ser observadas no comportamento da fração silte (Figura 5.13).

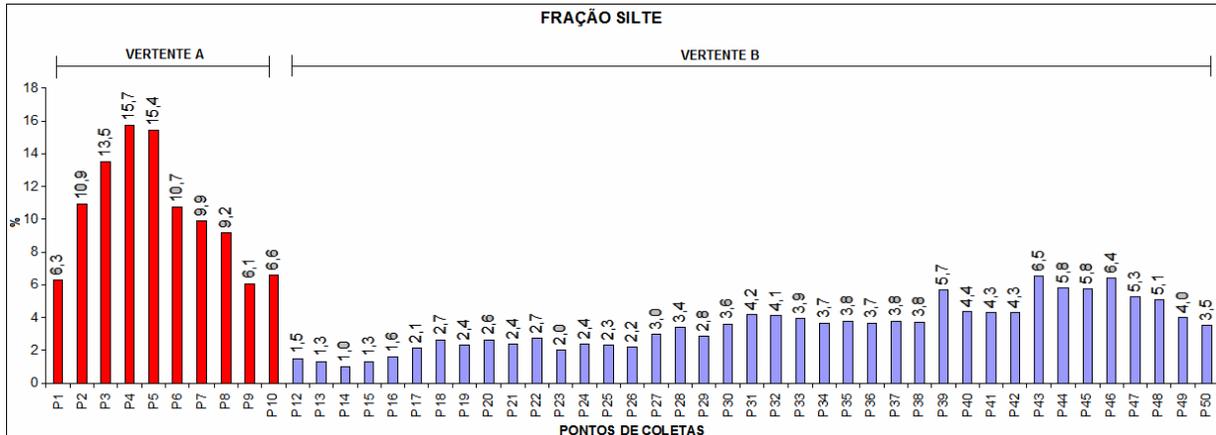


Figura 5.13: Médias de totais de silte em amostras compostas de solos (camadas 0-20cm, 80-100cm e 180-200cm) – Vertente A e B. Autor: Cristiano Capellani Quaresma e Dr. Archimedes Perez Filho (orientador).

A concentração de areia, ao longo das unidades de vertente, comportou-se de maneira contrária às demais frações do solo (Figura 5.14).

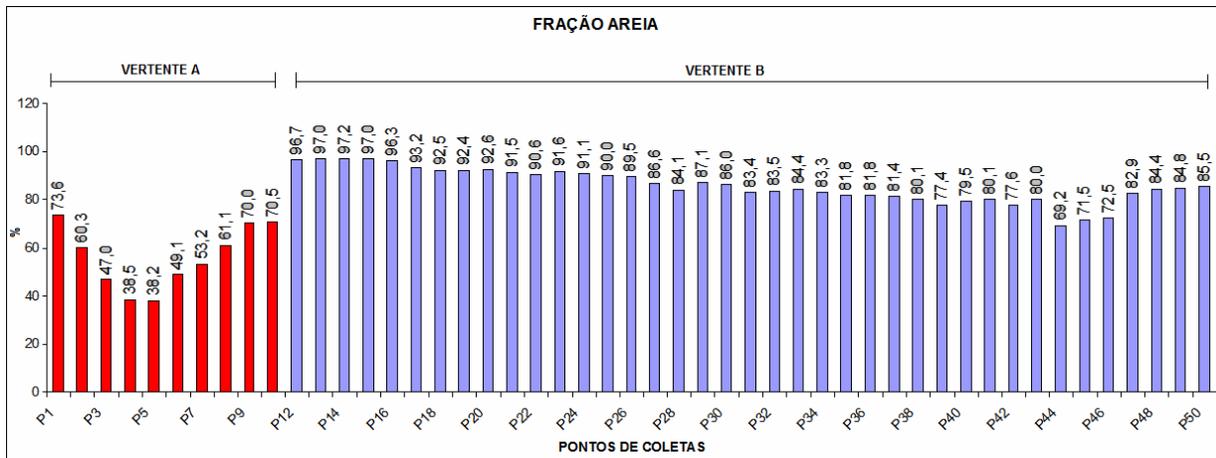


Figura 5.14: Médias de totais de areia em amostras compostas de solos (camadas 0-20cm, 80-100cm e 180-200cm) – Vertente A e B. Autor: Cristiano Capellani Quaresma e Dr. Archimedes Perez Filho (orientador).

As variações de densidade e porte da vegetação de cerrado *stricto sensu* ao longo da Vertente B, assim como puderam ser relacionadas com as formas e declividades dos segmentos da vertente, possuem relações com as características físicas dos solos.

O menor porte e densidade da vegetação de cerrado *stricto sensu*, verificados no segmento A da Vertente B, podem estar relacionados à forma côncava da vertente e aos menores teores de argila no solo em comparação aos demais segmentos delimitados.

Há acréscimo da argila do segmento A para o B, o qual apresenta forma convexa. Tal acréscimo pode ter influenciado o adensamento e aumento no porte da vegetação, conforme verificados por meio das diferenças de tonalidade em fotografia aérea.

O segmento C, de forma côncava, apresentou redução no porte e densidade da vegetação em relação ao segmento B, o que pode estar relacionada à pequena redução da quantidade de argila nos solos entre os pontos P19 e P20.

Os segmentos D e E apresentaram os maiores portes e densidades da fitofisionomia de cerrado *stricto sensu* e as maiores concentrações de minerais na fração argila, em comparação com os demais segmentos da Vertente B.

Verificou-se que o segmento E possuía maior densidade e porte de vegetação do que o D, além de maiores quantidades de argila e silte. Isto se explica, pois, apesar de ambos os segmentos apresentarem forma retilínea, o segmento D possui declividade em torno de 3% e o segmento E possui forma plana. Esta característica é fundamental, uma vez que influencia nos processos de escoamento superficial e subsuperficial, permitindo maior ou menor concentração de partículas unitárias de menor fração no solo.

Em resumo, nas partes côncavas da Vertente B, houve redução da quantidade de argila e diminuição no porte e densidade da vegetação de cerrado; os segmentos convexos da Vertente B apresentaram aumentos na quantidade de argila e acréscimos no porte e densidade da vegetação; os segmentos retilíneos apresentaram as maiores quantidades de minerais na fração argila e silte, além de maiores portes e densidades

de vegetação, em comparação aos segmentos de outras formas. Há, no entanto, diferenças entre os segmentos retilíneos em função da declividade. Quanto maior a declividade, menor a quantidade de argila presente no solo e menor o porte e densidade da vegetação.

Com base nas características físicas dos solos, reveladas pelas análises texturais realizadas, foram efetuadas alterações no mapa do Levantamento Pedológico Semidetalhado do Estado de São Paulo – quadrícula Descalvado, elaborado por Oliveira et alli (1982), conforme figura 5.15.

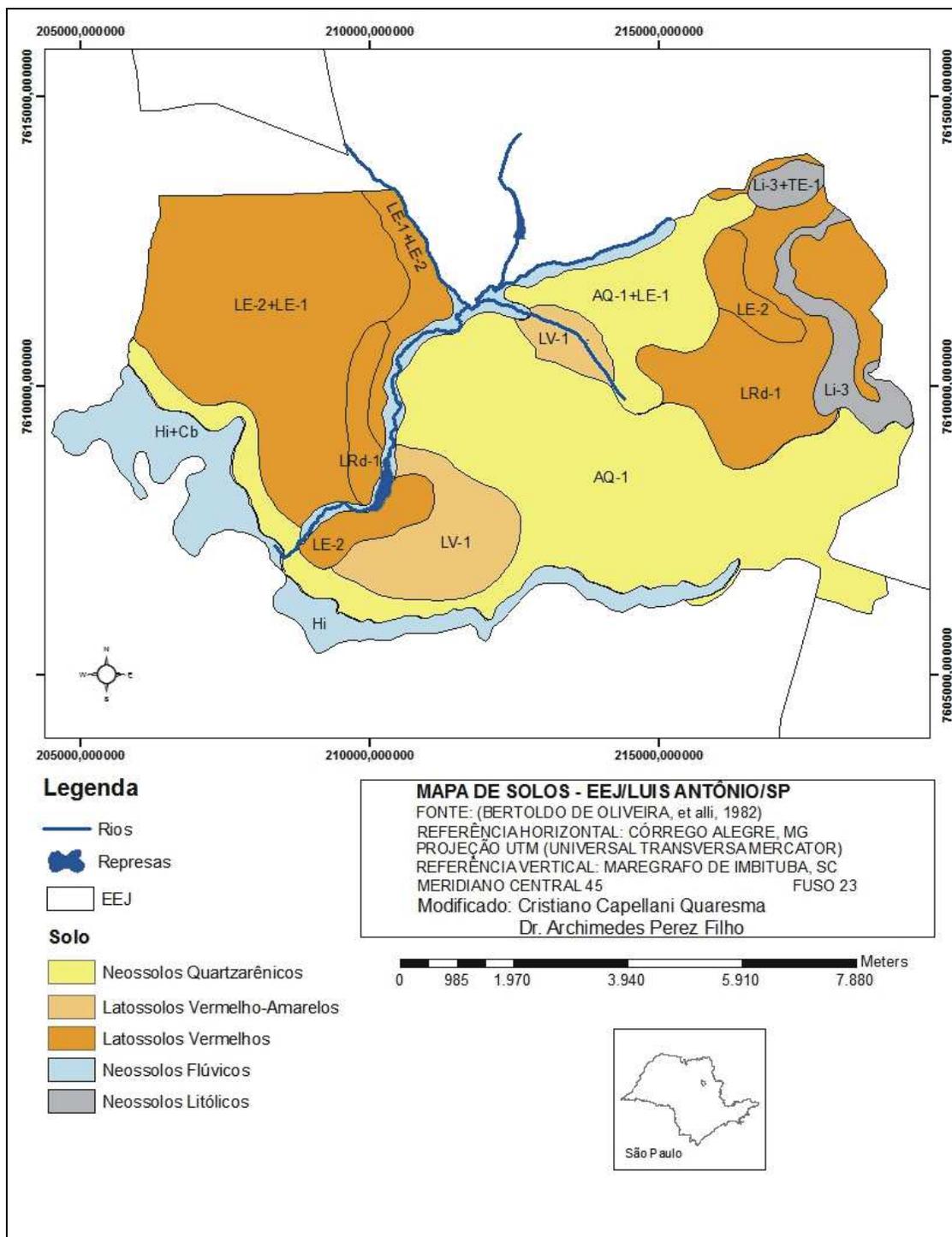


Figura 5.15: Mapa de Solos – EEJ/Luis Antônio/SP – (modificado). Fonte: (Oliveira et alli, 1982).

Modificado: Cristiano Capellani Quaresma e Dr. Archimedes Perez Filho (orientador).

Com relação às características químicas dos solos, as conclusões de Queiroz Neto (1969), de que os solos sob vegetação de cerrado possuem caráter distrófico, foram corroboradas.

As coletas e análises das amostras de solo evidenciaram baixos valores de saturação por bases, bem abaixo de 50%, para as duas vertentes analisadas (Figura 5.16 e 5.17).

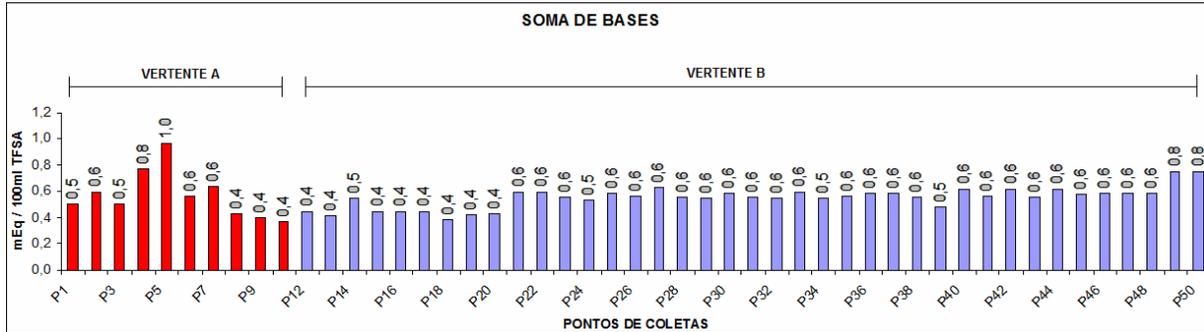


Figura 5.16 - Média de Soma de Bases em amostras compostas de solos (camadas 0-20cm, 80-100cm e 180-200cm) – Vertentes A e B. Autor: Cristiano Capellani Quaresma e Dr. Archimedes Perez Filho (orientador).

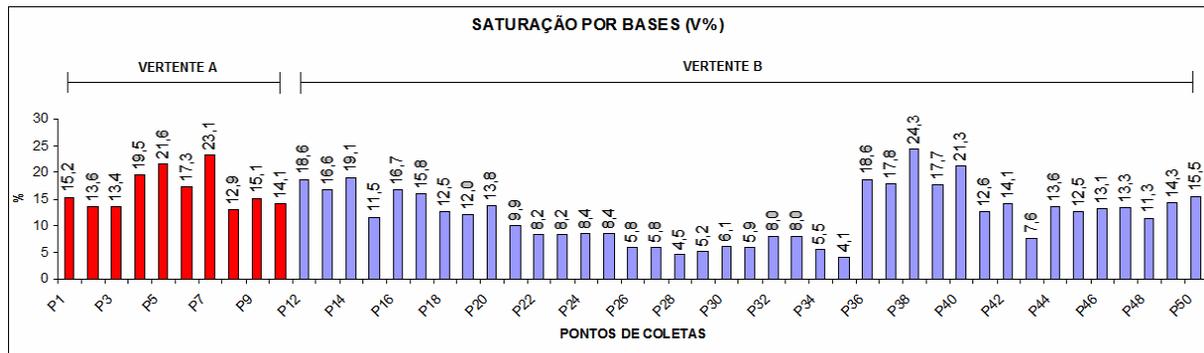


Figura 5.17 - Média de Saturação por Bases em amostras compostas de solos (camadas 0-20cm, 80-100cm e 180-200cm) – Vertentes A e B. Autor: Cristiano Capellani Quaresma e Dr. Archimedes Perez Filho (orientador).

Os dados acima permitem confirmar os resultados dos trabalhos de Freitas e Silveira (1977), que apontaram para a dominância de Latossolos distróficos de textura média ou argilosa e Areias Quartzosas distróficas (Neossolos Quartzarênicos) em áreas de ocorrência de vegetação de cerrado.

Os solos, das Vertentes A e B, por serem empobrecidos em bases trocáveis, permitem condições oligotróficas, o que segundo Arens (1958), impossibilita a utilização de carboidratos pelas plantas do cerrado, os quais se acumulam em certos órgãos das mesmas, gerando as estruturas pseudo-xeromorfas.

Os dados referentes à soma e saturação por bases, isoladamente, não se constituíram variáveis importantes para explicar a distribuição das fitofisionomias cerrado e cerrado *stricto sensu*, uma vez que foram verificados valores semelhantes para tais propriedades em solos das vertentes analisadas, sob as diferentes fitofisionomias mencionadas.

A figura 5.16 permite observar que os maiores valores de S, ao longo do trecho entre os pontos P12 e P43 da Vertente B, coincidem com os segmentos D e E, que possuem formas retilíneas e declividades menores que os demais segmentos delimitados.

Os dados de CTC, assim como S e V%, não permitiram o estabelecimento de relações diretas com a distribuição espacial das diferentes fitofisionomias identificadas, haja vista que foram observados para o cerrado e cerrado *stricto sensu* valores semelhantes de tal propriedade química (Figura 5.18).

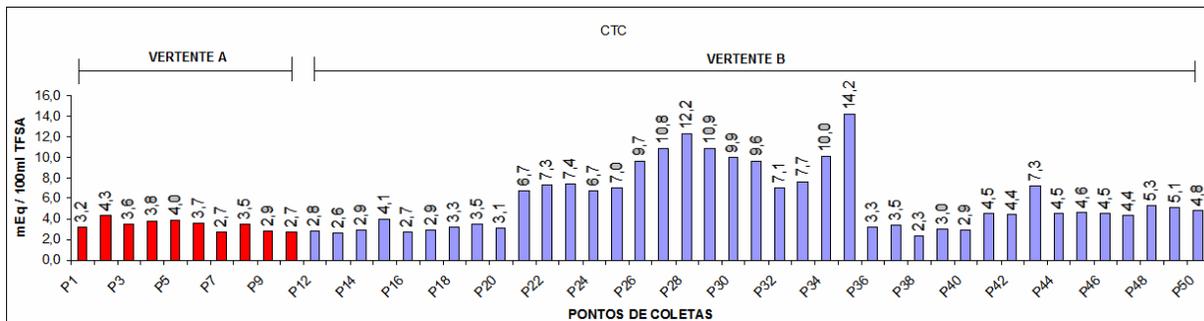


Figura 5.18 - Média de CTC em amostras compostas de solos (camadas 0-20cm, 80-100cm e 180-200cm) – Vertentes A e B. Autor: Cristiano Capellani Quaresma e Dr. Archimedes Perez Filho (orientador).

O gráfico acima demonstra que as médias de CTC, nas amostras de solos coletadas ao longo das duas vertentes estudadas, permaneceram semelhantes, exceção para o segmento D da Vertente B (P22-P35), que apresentou valores

superiores aos demais segmentos delimitados. Os valores mais elevados de CTC no segmento D, por representarem maior atividade da fração argila, deveriam permitir o desenvolvimento de vegetação de maior porte e densidade, que os demais pontos de coletas de solos, inclusive os pertencentes à Vertente A. Embora o segmento D tenha apresentado o segundo maior porte e densidade de cerrado *stricto sensu* dentre os demais pontos da Vertente B, conclui-se que não permitiu o desenvolvimento de cerradão devido ao fato de apresentar os mais baixos valores percentuais de Saturação por Bases. Tal verificação ressalta a importância da abordagem sistêmica, haja vista que a análise de um único elemento isolado não possibilitaria o estabelecimento dessas relações.

Os pontos entre P35 e o P40, apesar de possuírem valores médios de saturação por bases superiores aos demais pontos da Vertente B, não permitiram o desenvolvimento de fitofisionomia de maior porte e densidade, tal qual o cerradão, haja vista os seus baixos valores de CTC. Segundo Oliveira (1992), solos com valor V% alto e de CTC muito baixo têm baixa disponibilidade em nutrientes, se comparados aos que apresentam atividade de argila mais elevada.

Os valores de CTC permaneceram abaixo de 24 mEq / 100ml TFSA em todos os pontos de coletas das duas vertentes analisadas, o que, segundo Oliveira et alli (1992), está relacionado à argila de baixa atividade. Isso influencia na absorção de nutrientes pelas plantas, justificando a presença de cerrado e não de floresta, corroborando os trabalhos de Goodland (1971).

Assim, além do caráter distrófico, os solos sob vegetação de cerrado *lato sensu*, na área estudada, apresentaram argila de atividade baixa, justificando a redução da disponibilidade de nutrientes, o que permite a fixação de vegetação adaptada a condições oligotróficas dos solos, tais como o cerrado, e impede o desenvolvimento de espécies de florestas.

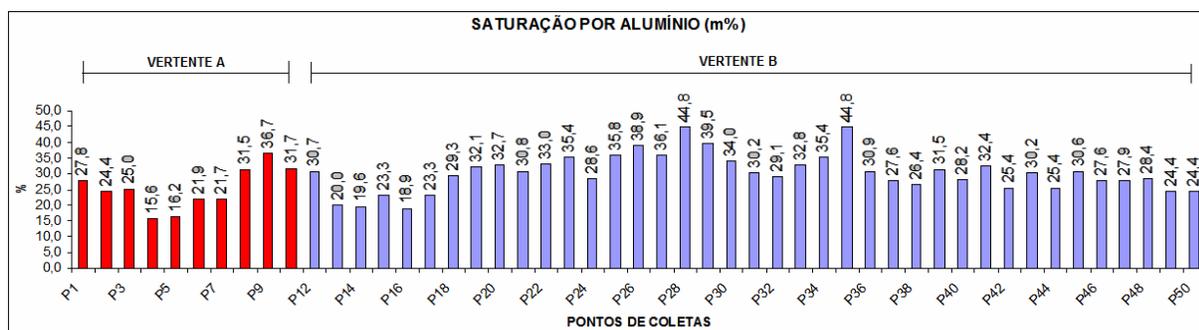


Figura 5.19 - Média de Saturação por Al (m%) em amostras compostas de solos (camadas 0-20cm, 80-100cm e 180-200cm) – Vertentes A e B. Autor: Cristiano Capellani Quaresma e Dr. Archimedes Perez Filho (orientador).

O gráfico acima, ao apresentar dados médios de saturação por alumínio, abaixo de 50% em todos os pontos de coletas, permite questionar o caráter álico atribuído, por Oliveira, et alli (1982), aos solos existentes nas áreas em que se situam as duas vertentes analisadas. Além disso, tais dados permitem divergir das conclusões realizadas por Queiroz Neto (1982) e Camargo (1975) de que os solos sob cerrado apresentam caráter álico acentuado.

A saturação por alumínio não se constituiu em variável importante para o entendimento da distribuição das fitofisionomias identificadas. Contudo, a menor densidade e porte do cerradão, identificados na unidade sopé da Vertente A, além de serem explicados pela ação do sistema antrópico, podem ser atribuídos aos valores mais altos de saturação por alumínio, que, apesar de serem insuficientes para caracterizar o solo como álico, mostraram os mais elevados valores dentre os demais pontos da vertente mencionada.

O segmento D da Vertente B, além de apresentar valores baixos de saturação por bases, apresentou valores mais elevados de saturação por alumínio. Isso gera maior toxicidade do solo, impede a absorção de nutrientes pelas plantas e justifica o não desenvolvimento de fitofisionomias de maior porte e densidade em tal segmento da vertente, apesar de possuir as médias de CTC mais altas dentre os pontos selecionados.

Com relação ao pH, foram verificados valores abaixo de 7 para todos os pontos de coletas das duas vertentes estudadas, conforme figura 5.20.

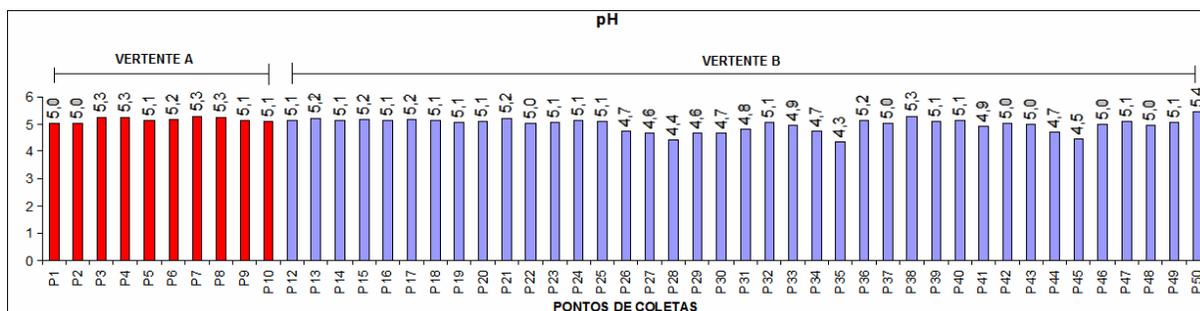


Figura 5.20 - Média de pH em amostras compostas de solos (camadas 0-20cm, 80-100cm e 180-200cm) – Vertentes A e B. Autor: Cristiano Capellani Quaresma e Dr. Archimedes Perez Filho (orientador).

Isso permite caracterizar os solos sob as fitofisionomias de cerrado, identificadas ao longo das vertentes analisadas, como ácidos em A e ácidos e fortemente ácidos em B. Essa informação pode explicar a existência de cerrado e não de mata em tais áreas, haja vista que, conforme conclusões apresentadas por Alvim e Araújo (1952), as espécies de cerrado se adaptam às condições de teor de cálcio e pH baixos, não ocorrendo o mesmo com as espécies de florestas.

Além disso, tais dados podem representar explicações sobre as características pseudo-xeromorfas do cerrado, uma vez que os solos analisados apresentaram caráter ácido, o que, segundo Arens (1958), também contribui para a existência de tais características.

O pH, no entanto, não se trata de variável responsável pela distribuição espacial das diferentes fitofisionomias, bem como pelas variações de porte e densidade encontradas no interior de uma mesma fitofisionomia.

Foi verificada maior concentração de matéria orgânica na Vertente A, sob fisionomia cerradão, do que em B, sob fisionomia de cerrado *stricto sensu* (figura 5.21).

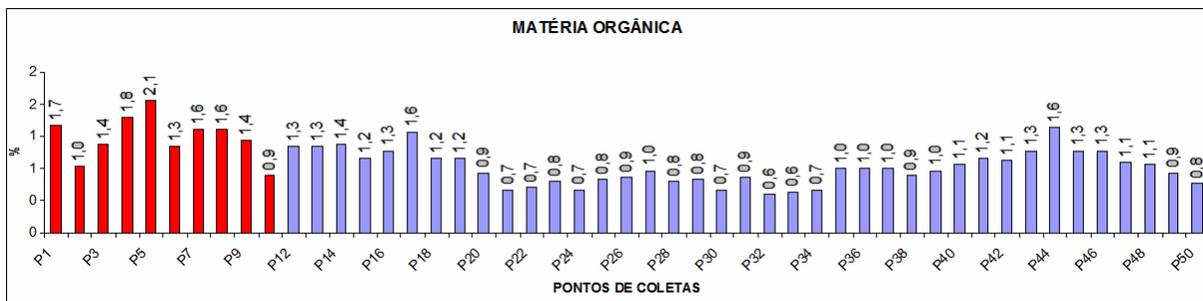


Figura 5.21 - Média de M.O em amostras compostas de solos (camadas 0-20cm, 80-100cm e 180-200cm) – Vertentes A e B. Autor: Cristiano Capellani Quaresma e Dr. Archimedes Perez Filho (orientador).

É importante perceber que, no segmento A da Vertente B, os valores de matéria orgânica foram os mais altos do que o restante do trecho entre os pontos P12 e P43 da referida vertente. Apesar disso, há desenvolvimento de cerrado *stricto sensu* de porte e densidade reduzidos, em tal segmento, o que pode estar relacionado à maior concentração de minerais na fração areia presentes no solo, além de sua menor soma de bases conjugada com seus valores mais baixos de CTC.

Com o objetivo de verificar a influência dos elementos do geossistema, apresentados acima, no processo de regeneração da vegetação de cerrado ao longo das Vertentes A e B, foi realizada visita ao campo, tendo como finalidade registrar por meio de fotografias variações de porte e densidade nas diferentes unidades das vertentes mencionadas.

Foram definidos três segmentos para a Vertente A, a saber: Segmento A, entre os pontos P1 e P3; Segmento B, entre os pontos P3 e P7 e segmento C, entre os pontos P7 e P10, conforme figura 5.22.

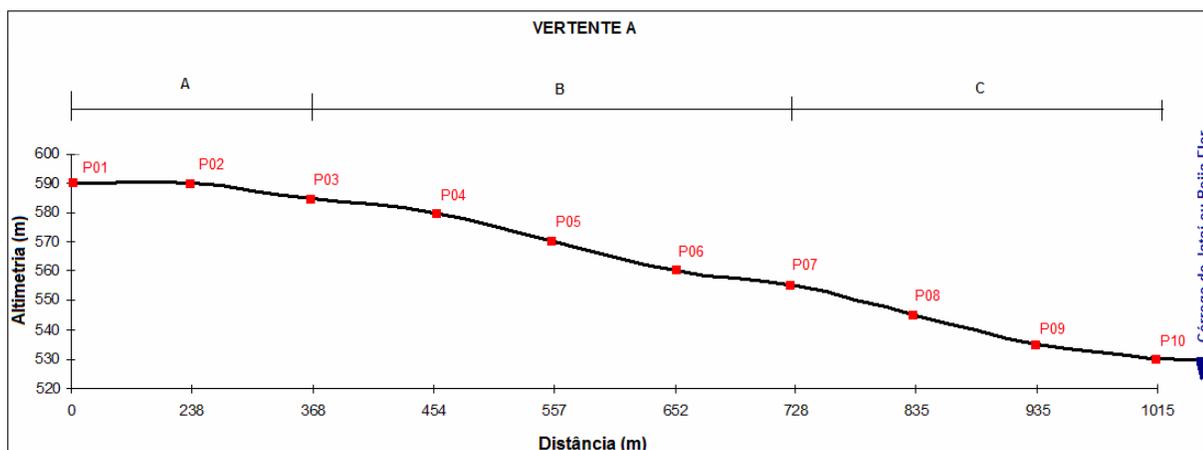


Figura 5.22 - Segmentos de vertente ao longo da Vertente A. Autor: Cristiano Capellani Quaresma e Dr. Archimedes Perez Filho (orientador).

O segmento A é recoberto por cerradão com predomínio de espécies de 10 a 12m de altura, sendo que algumas, conforme observações em campo, chegam a atingir cerca de 17m, conforme figura 5.23.



Figura 5.23 – Cerradão em segmento A – Vertente A. Fonte: Trabalho de Campo (dezembro/2007). [Cristiano Capellani Quaresma e Dr. Archimedes Perez Filho (orientador)].

O segmento B da Vertente A está recoberto por cerradão de maior densidade e menor porte que o segmento anterior, conforme figuras 5.24 e 5.25. A predominância de espécies pertencentes à fisionomia cerradão presente nos pontos P3, P4, P5, P6 e P7 possuem alturas médias em torno de 7m, sendo que algumas chegam a atingir 12m.



Figuras 5.24 e 5.25 - Porte e densidade de vegetação de cerradão em ponto P5 – Vertente A. Verifica-se maior densidade da vegetação, dada a menor penetração de raios solares no interior da mesma. Fonte: Trabalho de Campo (dezembro/2007). [Cristiano Capellani Quaresma e Dr. Archimedes Perez Filho (orientador)].

A vegetação de cerradão, que recobre o segmento C da Vertente A, apresenta-se menos densa que o segmento B, porém com espécies vegetais de maior porte que o segmento anterior, atingindo média de 14m de altura (figura 5.26 e 5.27).



Figura 5.26 e 5.27 - Porte e densidade de vegetação de cerradão em ponto P9 – Vertente A. Percebe-se redução na densidade e aumento do porte da vegetação em comparação ao ponto P5. Fonte: Trabalho de Campo (dezembro/2007). [Cristiano Capellani Quaresma e Dr. Archimedes Perez Filho (orientador)].

As variações identificadas ao longo dos diferentes segmentos da vertente, em processo atual de regeneração da vegetação natural, permitem concluir que, para o caso da Vertente A, as diferenças no porte e densidade da vegetação estão profundamente relacionadas às características físicas e químicas dos solos. Para o segmento B, onde ocorrem os maiores valores de argila, silte, saturação por bases, matéria orgânica, e menores valores de areia e saturação por alumínio, verificou-se a presença de fisionomia mais densa, porém com espécies de menor porte. Os outros dois segmentos, A e C, apesar de apresentarem espécies de maior porte, possuem menor densidade que o segmento B.

Assim, as observações realizadas por Warming (1973), de que haveria profunda relação entre as “argilas vermelhas” e a maior quantidade de árvores e arbustos de cerrado, foram corroboradas.

Para a Vertente B, foram verificadas as seguintes variações (Figura 5.28):

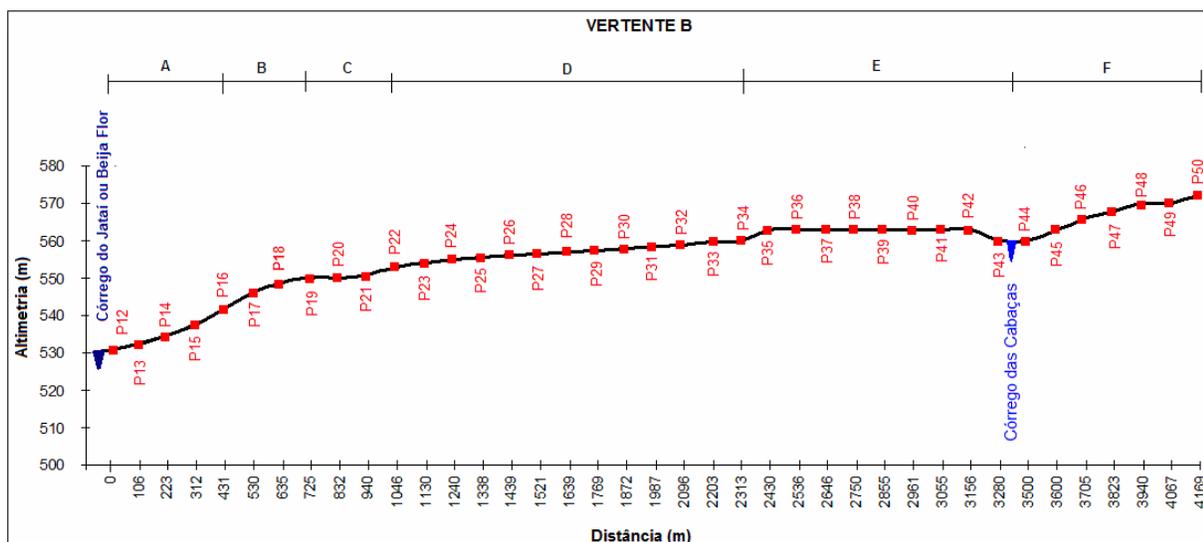


Figura 5.28 - Segmentos de vertente ao longo da Vertente B. Autor: Cristiano Capellani Quaresma e Dr. Archimdes Perez Filho (orientador).

As figuras 5.29 e 5.30 referem-se ao ponto P12 do segmento A da Vertente B. Tal ponto caracteriza-se por possuir vegetação de cerrado *stricto sensu* em processos de regeneração, com presença de gramíneas e arbustos de até 7m de altura. O ponto P12 apresentou o mais lento processo regenerativo, possuindo presença significativa de processo de arenização. O processo de degradação verificado no ponto P12 não foi identificado nos demais pontos existentes ao longo da Vertente B, inclusive nos pontos pertencentes ao segmento A, do qual o ponto P12 faz parte. Os dados obtidos por meio das análises dos solos permitiram concluir que os areais que se desenvolvem ao redor do ponto P12 apresentaram os maiores teores de areia, acima de 96%; Dentro os pontos que fazem parte do segmento A da Vertente B, o ponto P12 foi o único local a desenvolver processo de arenização, onde a saturação por alumínio chegou a obter valor médio para as três profundidades consideradas de 30,7% e acima de 50% para a profundidade 0-20cm.

Esta informação é importante, pois inclui mais um elemento no entendimento da evolução do processo de arenização, além daqueles apontados por Suertegaray (1987,1992,1994). Além da intensidade do escoamento superficial e do papel do retrabalhamento eólico, a saturação por alumínio, principalmente nos primeiros 20cm dos solos, além dos baixos teores de argila, constitui-se em variável pedológica

fundamental ao entendimento da evolução dos areais, uma vez que dificulta a disponibilidade de nutrientes para a germinação de sementes do cerrado. O processo de uso e ocupação de tais terras, ao remover a cobertura vegetal natural, permitiu o rompimento do equilíbrio dinâmico do geossistema, e a fragilidade aparente pôde se tornar efetiva. A condição da configuração espacial atual em tal local trata-se de uma organização espacial transitória, expressão da busca do geossistema por atingir um novo estado de equilíbrio dinâmico.



Figuras 5.29 e 5.30 - Cerrado em regeneração e células de areais em ponto P12 – Vertente B. Fonte: Trabalho de Campo (dezembro/2007). [Cristiano Capellani Quaresma e Dr. Archimedes Perez Filho (orientador)].

O ponto 18, pertencente ao segmento B da Vertente B, apresenta espécies de cerrado *stricto sensu* com altura média de 6m, sendo que algumas espécies isoladas alcançam alturas entre 8 e 10m (Figura 5.31). Comparada ao segmento A, a vegetação possui densidade semelhante e porte sensivelmente maior. A maior diferença entre os segmentos A e B da Vertente B, reside no fato de que neste último não houve desenvolvimento de células de areais.

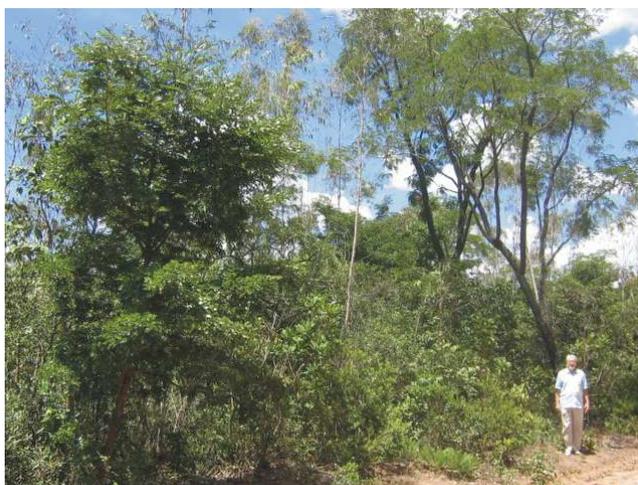


Figura 5.31 - Cerrado *stricto sensu* em ponto P18 – Vertente B. Percebe-se a não ocorrência de células de areais. Fonte: Trabalho de Campo (dezembro/2007). [Cristiano Capellani Quaresma e Dr. Archimedes Perez Filho (orientador)].

O segmento D apresentou predomínio de espécies com porte médio de cerca de 10m e algumas espécies atingindo cerca de 12m. Pelas figuras 5.32 e 5.33, pode-se perceber a maior luminosidade no interior da vegetação. Tais figuras demonstram maior porte da vegetação neste segmento, em comparação ao segmento B.



Figuras 5.32 e 5.33: Cerrado em regeneração em segmento D da Vertente B. Fonte: Trabalho de Campo (dezembro/2007). [Cristiano Capellani Quaresma e Dr. Archimedes Perez Filho (orientador)].

No segmento E, cujos pontos variam de P34 a P43, correspondendo a interflúvio plano, com teores de argila variando entre 14,4 a 18,1%, foram diagnosticadas duas situações: Aproximadamente a 300m do contato da superfície do segmento D, ou seja, entre os pontos P34 e P38, verificou-se uma área em regeneração conforme figura 5.34, com considerável presença de restos culturais de silvicultura (eucaliptos), figura 5.35;



Figuras 5.34 e 5.35 - Cobertura vegetal em P37 – Vertente B. Fonte: Trabalho de Campo (dezembro/2007). [Cristiano Capellani Quaresma e Dr. Archimedes Perez Filho (orientador)].

Outra situação ocorre a partir do ponto P39, no sentido sopé – topo da vertente, os restos culturais de silvicultura desaparecem, predominando assim espécies de cerrado com estrato de 7 a 8m de altura, sendo que algumas delas atingem cercar de 11m de altura (figura 5.36). Tais características permitem, com base nos atributos do relevo e do solo, prever que o trecho entre os pontos P35 e P39, permitirá o desenvolvimento de vegetação de cerrado *stricto sensu* de porte e densidade semelhantes ao trecho entre os pontos P39 e P43.



Figura 5.36: Cobertura Vegetal em ponto P40 – Vertente B. Fonte: Trabalho de Campo (dezembro/2007). [Cristiano Capellani Quaresma e Dr. Archimedes Perez Filho (orientador)].

O trecho entre os pontos P44 e P50 foi definido como segmento F da Vertente B. Trata-se de área recoberta por vegetação de cerrado em processos de regeneração (Figura 5.37). Tendo em vista as características físicas e químicas dos solos, especialmente nos pontos P44, P45 e P46, conclui-se que tais pontos da Vertente B tenderão, após o processo de regeneração, em cerca de 30 anos, de acordo com a evolução da vegetação verificada por meio de fotografias aéreas, a obter fitofisionomia cerradão, de densidade e porte semelhantes ao identificado no segmento A da Vertente A.

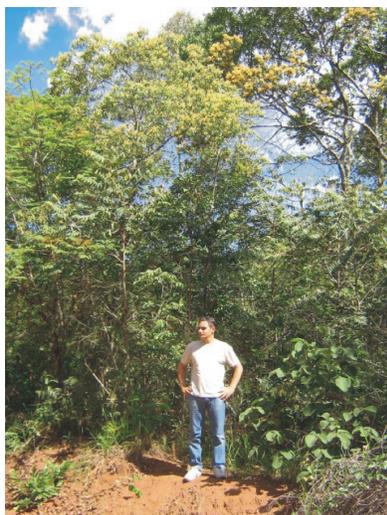


Figura 5.37 - Cobertura Vegetal em ponto P45 – Vertente B. Fonte: Trabalho de Campo (dezembro/2007). [Cristiano Capellani Quaresma e Dr. Archimedes Perez Filho (orientador)].

## 5.5 - Temperatura dos Solos

Como se sabe, para que haja germinação de sementes, além das condições próprias das mesmas (perfeitas e maduras), são necessários também outros fatores, tais como luz solar adequada, arejamento e faixa de temperatura adequada no solo. Assim, cada espécie possui uma temperatura ótima para a sua germinação e, conforme Reichardt (1985), a temperatura do solo é um importante fator no desenvolvimento e crescimento da vegetação, uma vez que afeta a germinação das sementes, o desenvolvimento das raízes e da planta, a atividade dos microorganismos, a difusão dos solutos e gases, as reações químicas e outros processos importantes.

Quaresma e Perez Filho (2005), ao realizarem medições em campo, apontaram para variações diuturnas de temperatura nos primeiros 20cm de solos arenosos desnudos, ou sob fisionomia de cerrado em regeneração, que atingiram valores duas vezes superiores às variações obtidas em solos de mesmas propriedades recobertos por fitofisionomias mais densas, tais como o cerradão.

Segundo Toppa (2004), foram identificadas, para espécies pertencentes às fitofisionomias de cerrado na EEJ, três formas de dispersão por sementes. O autor pôde concluir, com base em seus dados, que, de modo geral, para todas as fitofisionomias, há maior número de espécies zoocóricas, seguidas por anemocóricas e autocóricas, com exceção da fitofisionomia cerrado "*stricto sensu*", que apresentou maior percentual de espécies autocóricas do que anemocóricas.

Desta forma, entender as possíveis alterações das condições normais ou ideais de temperatura para germinação de sementes de espécies do cerrado, provocadas pelo uso e ocupação das terras, que causa maior exposição dos solos à radiação solar direta, torna-se importante para políticas públicas que visem uma maior conservação da biodiversidade e redução de processos de degradação das terras.

O monitoramento das variações de temperaturas ambientes e dos solos em pontos selecionados ao longo das vertentes escolhidas trata-se de atividade fundamental para a presente dissertação. Por meio de tais dados foi verificado que a ação do sistema antrópico fragiliza as terras ocupadas por cerrado *stricto sensu*,

influenciando o processo de regeneração desta fitofisionomia e ao mesmo tempo incentivando processos de degradação das terras.

Conforme mencionado no item Material e Método, foram selecionados os pontos P1, P5, P12, P14, P23, P27, P35 e P47 para realização de monitoramento das variações diurnas das temperaturas ambientes e dos solos.

Os testes de temperatura realizados permitiram perceber que, apesar do segmento A da Vertente A apresentar mesma fitofisionomia que o segmento B, suas variações de temperatura ambiente foram maiores (Figura 5.38).

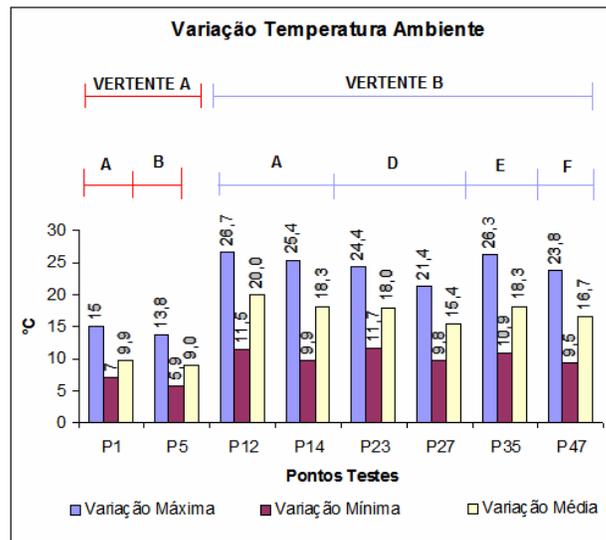


Figura 5.38: Variação Máxima, Mínima e Média das temperaturas ambientes, para o ano de 2007. Autor: Cristiano Capellani Quaresma e Dr. Archimedes Perez Filho (orientador).

Tal fato se deve às características da vegetação. O cerradão, presente no segmento B, apesar de possuir menor porte do que o mesmo tipo fitofisionômico do segmento A, caracteriza-se por apresentar maior densidade, bloqueando a entrada dos raios solares e permitindo que haja maior conservação da temperatura ambiente ao longo do dia.

Comparando os pontos pertencentes à Vertente B, também se percebe o papel da vegetação na maior estabilidade da temperatura ambiente. O ponto P27, que se localiza no segmento D, obteve as menores variações de temperatura ambiente. Isso

se deve às características de sua cobertura vegetal, que possui porte médio, em torno de 10m de altura, sendo que algumas espécies chegam a atingir cerca de 12m.

O ponto P12 trata-se do oposto, uma vez que por constituir-se em área com desenvolvimento de células de areais, devido a pouca vegetação, permite menor estabilidade da temperatura ambiente do que os demais pontos monitorados ao longo da Vertente B.

As variações elevadas de temperatura ambiente, registradas no ponto P35, pertencente ao segmento D da vertente B, são respostas às características da cobertura vegetal existente entre os pontos P35 e P39. Assim, a vegetação deste trecho pode ser caracterizada como cerrado em regeneração, com considerável presença de restos culturais de silvicultura (eucaliptos). Isto demonstra que a ação do sistema antrópico permitiu maiores oscilações nas temperaturas ambientes ao remover a cobertura vegetal em tal ponto.

Comparando as duas vertentes estudadas, verifica-se que as menores variações da temperatura ambiente foram registradas nos pontos P1 e P5, pertencentes à Vertente A, de solo mais argiloso e sob fisionomia de cerradão. Alguns pontos pertencentes à Vertente B chegaram a registrar o dobro da variação de temperatura ambiente dos pontos P1 e P5.

O gráfico abaixo (figura 5.39) demonstra que houve variações de temperatura, muito mais elevadas, nos primeiros 10cm dos solos pertencentes aos pontos da Vertente B, do que nos pontos P1 e P5.

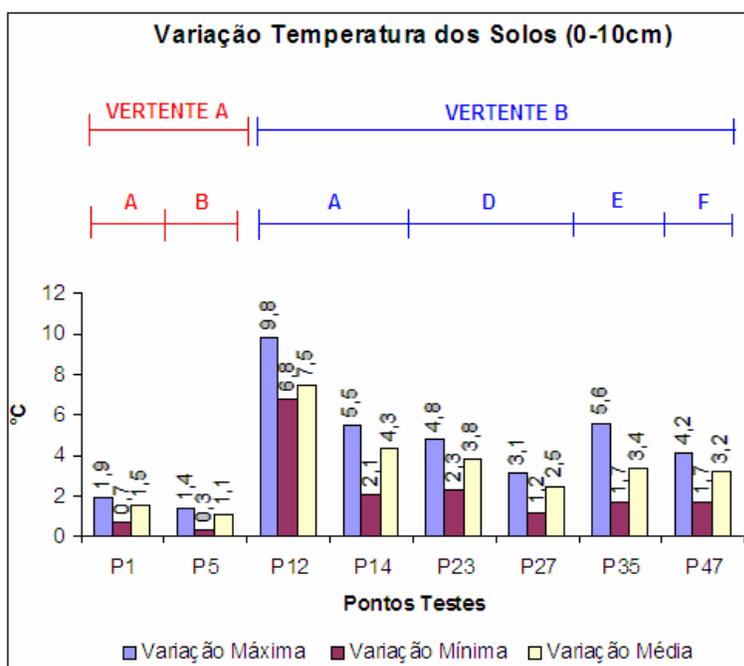


Figura 5.39 - Variação Máxima, Mínima e Média das temperaturas dos solos em profundidade 0-10cm, para o ano de 2007. Autor: Cristiano Capellani Quaresma e Dr. Archimedes Perez Filho (orientador).

Por meio do gráfico acima, pode-se perceber que houve menores variações de temperatura diuturna nos 10cm dos solos no ponto P5 do que no P1. Isso novamente se explica pelas características da vegetação, que em P5, apesar de possuir menor porte, possui maior densidade do que a mesma fitofisionomia existente em P1.

O padrão mais aberto da vegetação de cerrado *stricto sensu* permite maior incidência direta dos raios solares nos solos. O ponto P12 se destaca dos demais por possuir as maiores variações de temperatura diuturna nos primeiros 10cm dos solos, chegando a atingir valores quase sete vezes maiores que as variações de temperatura registradas nos pontos P1 e P5, ambos pertencentes à Vertente A.

Essa grande variação registrada no ponto P12 se deve às propriedades físicas do solo. Conforme apresentado anteriormente, os solos do ponto P12 são altamente arenosos, atingindo média de 96,7% de areia na sua composição textural. As camadas superficiais de tais solos, devido aos baixos teores de argila, o que reduz a força de adesão responsável pela adsorção da água, permite maiores variações de temperatura diuturna nos seus primeiros 10cm. Isto se deve às diferenças de calor específico existentes entre a areia e a água.

É inegável a fragilidade existente no ponto P12. Como mencionado anteriormente, há uma fragilidade natural devido às características pedológicas da área, que apresentam texturas muito arenosas e saturação por alumínio, nos primeiros 20cm do solo, maior do que nos demais pontos da Vertente B. A declividade do segmento da vertente, do qual o ponto P12 faz parte, é baixa, não ultrapassando 3%, o que não permite que a fragilidade aparente do sistema se efetive.

O *input* exercido pelo sistema antrópico no geossistema, pela retirada da cobertura vegetal de cerrado, permitiu a exposição de tais solos aos atributos do clima, o que fez aumentar as variações de temperatura diuturna nos primeiros 10cm do solo, dificultando a fixação e regeneração da vegetação e acelerando processos de degradação, tal como o fenômeno da arenização. O processo de arenização instalado em tal ponto não evoluirá para a formação de ravinas, graças à declividade pouco expressiva da vertente.

As mesmas conclusões podem ser realizadas para as variações de temperatura diurnas registradas para a profundidade de 10-20cm (figura 5.40).

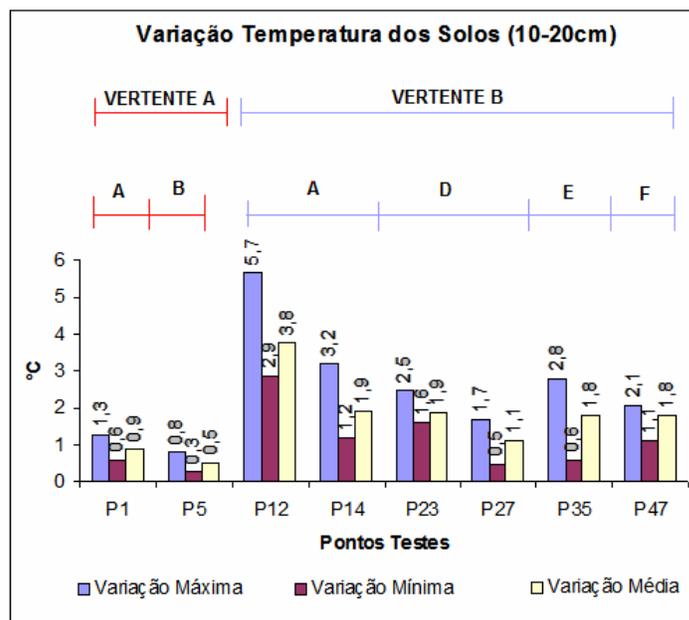


Figura 5.40 - Variação Máxima, Mínima e Média das temperaturas dos solos em profundidade 10-20cm, para o ano de 2007. Autor: Cristiano Capellani Quaresma e Dr. Archimedes Perez Filho (orientador).

Contudo verifica-se que as variações de temperatura registradas na profundidade 10-20cm dos solos foram menores que as observadas para os primeiros 10cm de profundidade.

Além disso, foram verificadas, no ato de medição, diferenças de temperatura entre as profundidades analisadas (0-10cm e 10-20cm) em cada ponto selecionado. Tais diferenças chegaram a alcançar valores superiores a 2,5 °C no ponto P12, segundo figuras 5.41, 5.42, 5.43 e 5.44.

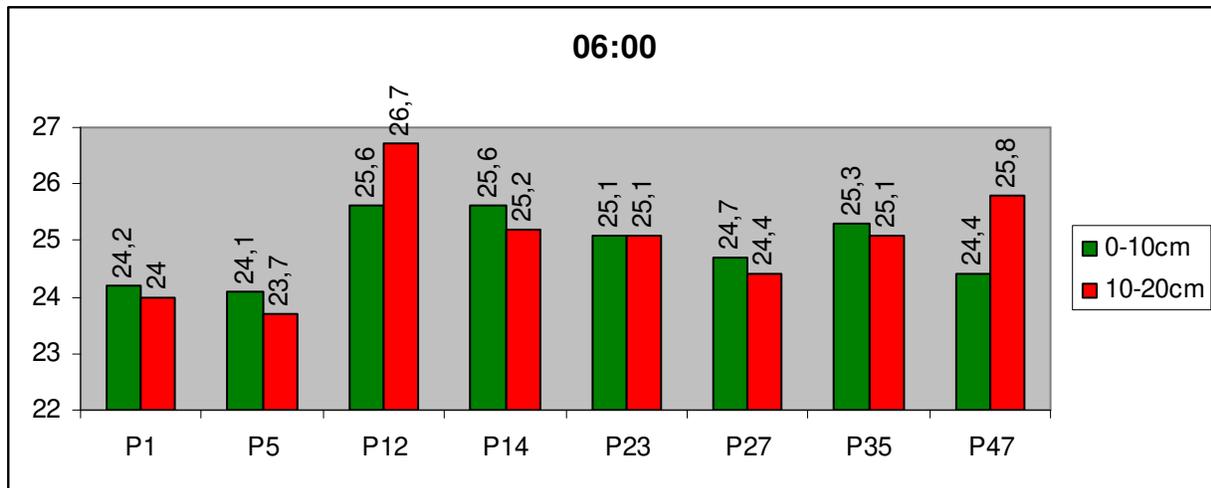


Figura 5.41: Diferença de temperaturas das profundidades 0-10cm e 10-20cm dos solos, às 06:00 do dia 10/02/2007. Autor: Cristiano Capellani Quaresma e Dr. Archimedes Perez Filho (orientador).

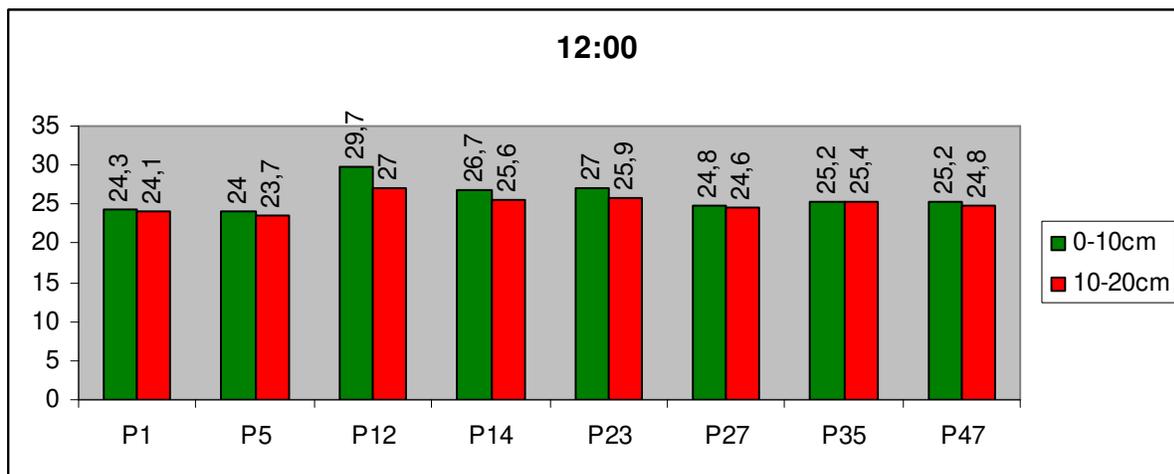


Figura 5.42 - Diferença de temperaturas das profundidades 0-10cm e 10-20cm dos solos, às 12:00 do dia 10/02/2007. Autor: Cristiano Capellani Quaresma e Dr. Archimedes Perez Filho (orientador).

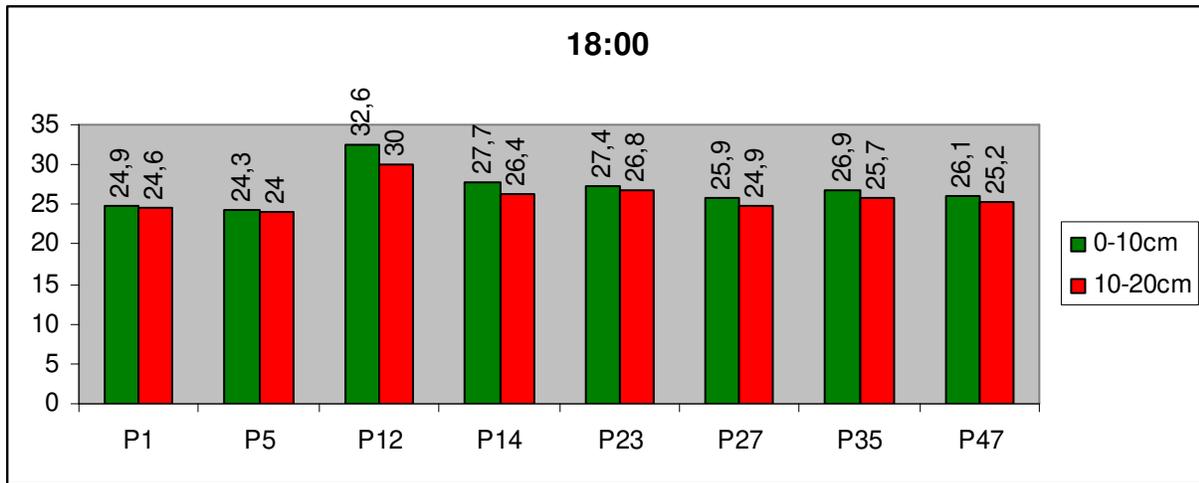


Figura 5.43 - Diferença de temperaturas das profundidades 0-10cm e 10-20cm dos solos, às 18:00 do dia 10/02/2007. Autor: Cristiano Capellani Quaresma e Dr. Archimedes Perez Filho (orientador).

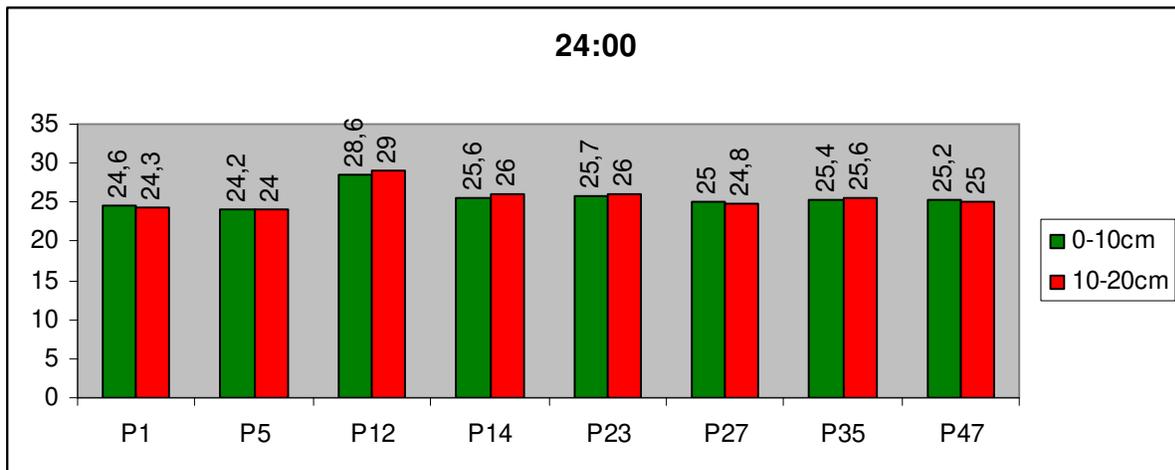


Figura 5.44 - Diferença de temperaturas das profundidades 0-10cm e 10-20cm dos solos, às 24:00 do dia 10/02/2007. Autor: Cristiano Capellani Quaresma e Dr. Archimedes Perez Filho (orientador).

Para a elaboração dos gráficos, representados pelas figuras acima, tomou-se como base os resultados de medições realizadas no mês de fevereiro de 2007.

Tais figuras permitem verificar que houve diferenças de temperatura entre as profundidades 0-10cm e 10-20cm em todos os quatro momentos de medição diária, com destaque para o ponto P12, que apresentou diferenças de até 2,7 °C.

Os dados acima permitem concluir que a exposição direta dos solos arenosos aos atributos climáticos, em especial à radiação solar, permite a ocorrência de

variações significativas nas temperaturas diurnas dos solos. Tais variações podem prejudicar a fixação e regeneração da vegetação, uma vez que provoca alterações nas condições normais ou ideais de temperatura para germinação de sementes (REICHARDT, 1985) de espécies do cerrado, principalmente do cerrado *stricto sensu*, associado a solos arenosos e distróficos. O não desenvolvimento de tal vegetação, além de representar redução na biodiversidade, aumenta a exposição dos solos ao escoamento superficial e ao retrabalhamento eólico, gerando e ampliando os areais, que podem evoluir, dependendo da declividade do relevo, para formação de ravinas.

O uso e ocupação das terras, tal qual se processou na EEJ, ao longo dos últimos 50 anos, que desconsideraram as fragilidades naturais existentes nos geossistemas, aceleram processos de degradação, causando grandes danos de ordem físico-ambiental.

Após leitura dos gráficos acima, pode-se afirmar que a hipótese da presente dissertação, de que o sistema antrópico, por meio do uso e ocupação das terras, está provocando alterações nas condições necessárias à germinação das sementes do cerrado, se confirma.

Foi verificado que os pontos que possuem solos de características texturais mais arenosas permitem regeneração mais lenta da fisionomia de cerrado *stricto sensu*.

Dado que tais solos possuem pouca capacidade de retenção de água em suas camadas superficiais, devido a sua maior porosidade, na medida em que são expostos à maior radiação solar direta, passam a apresentar variações diurnas da temperatura nos seus primeiros 20cm da ordem de até sete vezes mais que em áreas com solos de textura média ou argilosa, recobertas por vegetações mais densas, tais como o cerradão.

Variações como estas podem dificultar a reprodução por sementes de parte significativa das espécies de cerrado, reduzindo assim a capacidade de regeneração e de fixação da vegetação. Isso acaba permitindo maior exposição dos solos à ação do retrabalhamento eólico e do escoamento superficial, o que conjugado às características do relevo, tais como declividade, e do clima, tais como precipitações torrenciais, pode fazer evoluir processos erosivos e de degradação das terras tais como a formação de ravinas e de areais.

## 5.6 – Dados de Infiltração

Os testes realizados permitiram verificar menor velocidade de infiltração nos pontos sob solos arenosos, pertencentes à Vertente B, do que nos solos argilosos, sob fisionomia cerradão, existentes ao longo da Vertente A (figura 5.45).

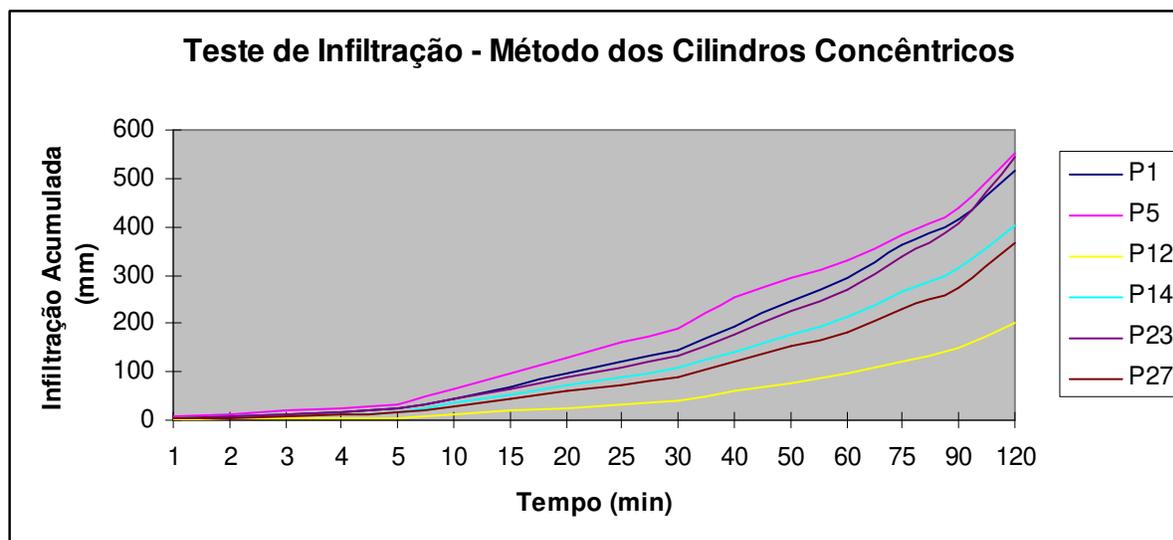


Figura 5.45 – Infiltração de água em nos solos, em pontos selecionados. Autor: Cristiano Capellani Quaresma e Dr. Archimedes Perez Filho (orientador).

Os dados contrariaram o que se esperava, haja vista que maiores concentrações de argila, diminuem a porosidade do solo, o que tenderia a redução da velocidade de infiltração de água.

O ponto P12 apresentou a menor velocidade de infiltração, podendo estar relacionado ao fato de que tal ponto, na camada 0-20cm, apresentou os maiores valores de silte, em comparação aos demais pontos com solos arenosos. Nestes solos mal estruturados, os grãos menores conferem menor porosidade, o que pode dificultar a infiltração, porém a variável textura não pode explicar a menor velocidade de infiltração no ponto P12 em relação aos pontos P1 e P5, pertencentes à Vertente A, haja vista que estes apresentaram quantidades muito superiores de argila e silte.

Outra explicação plausível para os resultados verificados no ponto P12 é a sua localização, próximo ao córrego do Beija Flor, podendo sofrer influência direta do lençol freático, que permite maior encharcamento do solo, dificultando, assim, a infiltração. No

entanto, esta variável não pode explicar as baixas velocidades de infiltração verificadas nos demais pontos de solos arenosos da Vertente B, os quais não se localizam nas proximidades de cursos d'água.

Esperava-se que a velocidade de infiltração de água no solo fosse mais lenta em P14 do que no P27, haja vista que, apesar de ambos serem arenosos, este último apresenta solo com maiores teores de areia nas frações média e grossa em relação ao ponto P14, onde predominam as frações de areia fina e média, apesar disso, verificou-se o contrário.

Os pontos P1 e P5, com solos de textura menos grosseira sob fisionomia cerradão, apresentaram maiores capacidades de infiltração, mesmo em relação aos demais solos arenosos. Tal fato pode estar relacionado à presença de vegetação mais densa e de maior porte, havendo maior quantidade de raízes nos solos, facilitando o processo de infiltração. Pode-se dizer também que os teores mais elevados de argila possam ter propiciado melhor estruturação das camadas, facilitando a infiltração, já que solos argilosos bem estruturados, por vezes, podem comportar-se como arenosos, com relação à infiltração.

A ação do sistema antrópico que se processou de forma mais intensa ao longo da Vertente B, pode ser uma variável plausível para o entendimento das menores velocidades de infiltração registradas, devido ao uso e ocupação empregados que podem ter contribuído para a compactação dos solos e para modificações em suas estruturas. Caso tal hipótese seja confirmada, poderá ser afirmado que o sistema antrópico, por meio do uso e ocupação das terras, esteja permitindo maior compactação dos solos, influenciando na velocidade de infiltração, o que afeta as plantas e possibilita a instalação de processos erosivos, haja vista que, segundo Morgan (1986), a diminuição das taxas de infiltração possibilita a formação de poças que podem evoluir para o escoamento superficial.

Há também hipóteses plausíveis baseadas em variáveis físico/naturais, tal como a maior declividade da Vertente A do que em B, o que permite escoamento subsuperficial na vertical e horizontal, justificando assim as maiores velocidades de infiltração nos pontos localizados na Vertente A, mesmo possuindo maiores teores de argila e silte.

O sistema radicular também pode apresentar influência significativa nos processos de infiltração, tendo em vista que na Vertente A ocorre predomínio de cerrado e na Vertente B, predomina o cerrado *stricto sensu*.

De qualquer forma, os resultados obtidos pelos testes de infiltração, realizados ao longo das duas vertentes estudadas, com diferentes tipos de solos e de fitofisionomia de cerrado *lato sensu*, demonstraram a complexidade inerente ao sistema e apontaram para necessidade de estudos mais aprofundados, que permitam melhor compreensão das relações existentes.

## **6 – Considerações Finais**

Os dados de chuva permitiram considerar que a distribuição das fitofisionomias de cerrado, em estudos inerentes à escala local, não pode ser relacionada diretamente aos elementos climáticos, tendo em vista que, conforme comprovado, não foram verificadas diferenças nas médias de precipitações pluviométricas dos últimos 40 anos sobre as duas vertentes estudadas.

Tal constatação reforça a complexidade do sistema e ressalta o papel fundamental das escalas no entendimento das organizações espaciais. Mudanças de escala refletem em aumento ou diminuição do número e complexidade de elementos, atributos e inter-relações, que conjuntamente são capazes de explicar os eventos observados.

Além disso, os resultados obtidos permitem questionar generalizações, realizadas por estudos e modelos, gerados a partir de um determinado tipo de escala, para outros níveis escalares. Assim, os estudos geográficos com recorte analítico temporal, baseado na escala de tempo futuro, devem ter claro o nível escalar ao qual se referem, tendo cuidado de não generalizar seus resultados, o que pode resultar em entendimentos equivocados da realidade, podendo subsidiar políticas públicas inadequadas ao combate dos problemas identificados.

Os atributos pertencentes a um determinado elemento podem influenciar diretamente, indiretamente, ou não influenciar o funcionamento do sistema estudado, dependendo do nível escalar adotado.

Como foi verificado, no estudo local, o atributo altitude do elemento relevo não possuiu influência nas distribuições das diferentes fitofisionomias identificadas, inclusive nas diferenças de porte e densidade constatadas no interior de uma mesma fitofisionomia.

Já os atributos declividade e formas de vertente, apesar de não terem influenciado diretamente na distribuição das fisionomias cerradão e cerrado *stricto sensu*, influenciaram indiretamente a cobertura vegetal, provocando diferenciações no porte e densidade das espécies pertencentes a uma mesma fitofisionomia. Tais diferenciações puderam ser verificadas ao longo da Vertente B, por meio de fotografias aéreas de 1962. Isso se explica, pois os atributos declividade e formas de vertente atuam no processo de escoamento superficial e subuperficial da água, permitindo alterações das composições dos solos, as quais responderam pelas distribuições e variações das fitofisionomias estudadas.

Isso revela uma propriedade fundamental dos sistemas, a interdependência. Apesar de um determinado atributo ou variável não apresentar influência direta no funcionamento e nas características de um determinado elemento estudado, não significa que não possua importância para o funcionamento de todo o sistema, uma vez que ao se inter-relacionar com outros elementos, passa a influenciar e a se relacionar de forma indireta com o elemento ou subsistema estudado. Tal fato corrobora a afirmação de Miller (1965) de que o *“estado de cada unidade é controlado, condicionado ou dependente do estado das outras unidades”*.

Todo elemento constituinte de uma organização espacial possui atributos. É possível existirem atributos de um elemento que apresentem influências sobre outro atributo, ou sobre parte do conjunto de atributos pertencentes a outros elementos, sem, contudo, influenciarem a totalidade dos atributos destes.

Assim, a granulometria do solo apresentou influência significativa na distribuição das fitofisionomias de cerrado identificadas. Foi verificado que na Vertente A, sob

cerradão, os valores de argila foram muito superiores aos verificados nos solos pertencentes à Vertente B, sob cerrado *stricto sensu*.

Os resultados das análises químicas dos solos permitiram corroborar trabalhos que relacionam a presença de vegetação de cerrado *lato sensu* à solos ácidos e com baixa saturação por bases. Já o caráter álico, amplamente associado aos solos sob tal tipo de vegetação, não foi constatado. Contudo, não foram verificadas relações entre as propriedades químicas dos solos e as distribuições das fitofisionomias cerrado e cerrado *stricto sensu*. Verificou-se, porém, que tais propriedades influenciam no processo de regeneração, no porte e densidade das espécies pertencentes a uma mesma fitofisionomia.

O estudo isolado de elementos, ou conjunto de elementos, que os desconsidere como partes de uma totalidade, poderá facilmente desprezar uma variável fundamental por parecer pouco relacionada aos fenômenos que se pretende entender. Os resultados obtidos por meio das análises das amostras dos solos, principalmente químicas, permitem exemplificar tal situação. Observando os dados de Saturação por Bases, percebe-se que do ponto P36 ao P40, pertencentes à Vertente B e recobertos por cerrado *stricto sensu*, ocorreram os mais altos valores de V%, inclusive em relação aos solos mais argilosos da Vertente A, sob cerradão. Um estudo que se baseasse apenas em tal propriedade, reconhecendo a importância da saturação por bases, facilmente chegaria à conclusão de que, em tal segmento da vertente, haveria condições de desenvolvimento de fitofisionomia de igual ou de maior porte e densidade que aquela observada para a vertente A. O resultado seria frustrado ao se verificar que, na realidade, a vegetação comportou-se de maneira totalmente contrária ao esperado. Contudo, tal frustração poderá ser evitada caso o estudo contemple que tal atributo não está isolado, mas sim inserido como parte de uma totalidade que o engloba, possuindo relações de interdependência com outros atributos e elementos que compõem o seu universo. Assim, para o referido exemplo, a relação dos maiores valores de V% com a menor densidade da vegetação, pode ser entendida por meio da capacidade de troca de cátions, que, para o referido segmento da vertente, apresentou valores baixos, indicando menor atividade da argila. Tal fato acarreta, mesmo sob valores mais altos de

saturação por bases, menor disponibilidade de nutrientes para as plantas, permitindo, assim, a fixação de vegetação de menor porte e densidade.

O elemento solo, pertencente ao ponto P12 da Vertente B, apesar de possuir atributos que demonstram certo grau de fragilidade, ou seja, textura altamente arenosa, baixa saturação por bases, alta acidez e baixos valores de CTC, dificilmente teria sua fragilidade exposta naturalmente, conforme pode ser observado pela inexistência de processos de degradação nas fotografias aéreas de 1962.

Tal afirmação pode ser feita com base nas características do elemento relevo com declividades menores a 4% e inexistência de processos erosivos intensos a montante, que permitissem deposição de sedimentos a jusante, a ponto de haver o desenvolvimento de processos de arenização. Além disso, o elemento vegetação natural, tratando-se de cerrado *stricto sensu*, estaria adaptada às condições oligotróficas, exercendo papel fundamental na proteção do solo contra as variáveis do clima, evitando a desagregação do solo, a remoção de sedimentos, as variações de temperatura e a formação de areais. Assim, a fragilidade presente na unidade sopé da Vertente B era apenas aparente, visto que os elementos e as relações entre estes e seus atributos permitiam a estabilidade dinâmica da organização físico/natural existente.

A interferência externa causada pelo sistema antrópico, na escala do tempo histórico, principalmente nos últimos 50 anos, provocou o rompimento dos limiares de resiliência, superando a capacidade estabilizadora do sistema físico/natural em manter o seu equilíbrio dinâmico pré-existente.

No entanto, cada segmento do geossistema vertente, por possuir elementos com atributos distintos dos demais, permitiu reações diversas às alterações nos fluxos de matéria e energia exercidas pelo sistema antrópico. Houve modificação da organização espacial físico/natural de todo o geossistema, porém, as partes do mesmo, que possuíam maior fragilidade, graças aos mais baixos limiares de resiliência, sofreram maiores modificações que as demais.

A retirada da cobertura vegetal do ponto P12, com conseqüente exposição de seu solo frágil, mesmo não possuindo relevo com alta declividade, permitiu o rompimento da estabilidade, provocando a constituição de uma fragilidade efetiva,

nitidamente perceptível aos estudos pertencentes à escala local. Além disso, os dados das medições de temperatura demonstraram que a maior exposição dos solos arenosos, anteriormente recobertos por cerrado, permitem maiores variações nas temperaturas diurnas dos primeiros 20cm dos solos, atingindo valores que podem ser significativos para dificultar o processo de germinação de sementes, criando obstáculos à regeneração e fixação da cobertura vegetal natural, o que pode acarretar perdas da biodiversidade e acelerar processos de degradação das terras, tais como o processo de arenização.

Ao se trabalhar com o mesmo nível escalar, ou seja, a escala local, mas ampliando a área de estudo para toda a Vertente B, a fragilidade efetiva de P12 não é capaz de impactar ou fragilizar efetivamente uma quantidade substancial de elementos dos demais segmentos da vertente mencionada. Isso pode ser explicado pelo aninhamento dos subsistemas, que, segundo Christofolletti (1999), pode permitir a existência de partes que mantenham estabilidade em um sistema instável, ou vice-versa, ou ainda a coexistência de partes estáveis e instáveis no interior de um sistema.

A abordagem sistêmica auxiliou grandemente na identificação dos elementos, atributos e inter-relações apontados pela presente dissertação, mostrando-se tratar-se de método altamente eficaz ao entendimento das organizações físico/naturais, bem como dos impactos exercidos pelo sistema antrópico sobre estas, por meio do uso e ocupação das terras.

Os dados obtidos, inclusive os relacionados à infiltração de água nos solos, permitiram novos questionamentos, ressaltando a necessidade de continuação, ampliação e aprofundamento dos estudos. Assim, novos passos poderão ser dados em direção ao entendimento da totalidade complexa dos elementos, atributos e relações, inerentes às organizações espaciais físico/naturais de áreas ocupadas ou que já o foram por vegetação de cerrado. Além disso, novos estudos permitirão maior compreensão dos impactos exercidos pelo sistema antrópico em tais organizações espaciais.

## 7 – REFERÊNCIAS

AB´SÁBER, A. N. Contribuição a geomorfologia da área do Cerrado. In: **Simpósio Sobre o Cerrado**. São Paulo: Edusp, 1963. pp.117-124.

\_\_\_\_\_. Os mecanismos da desintegração das paisagens tropicais no Pleistoceno. **Inter-Fácies Escritos e Documentos**, São José do Rio Preto, IBILCE-UNESP, n. 4, 1979.

\_\_\_\_\_. **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. Ateliê Editorial, 2003.

ALVIM, P.T. Repensando a teoria de formação dos Campos-Cerrados. In: **EMBRAPA. Simpósio Sobre o Cerrado, International Symposion On Tropical Savannas**, 1. Planaltina: EMBRAPA/CPAC, 1996. pp. 56-58.

ARENS, K. **O cerrado como vegetação oligotrófica**. Bol. Fac. Fil. Ciênc. Letr. USP 224, Botânica 15: 25-56p., 1958.

\_\_\_\_\_. As plantas lenhosas dos campos cerrados como flora adaptada às deficiências minerais do solo. In: Ferri, M. G., coord. **Simpósio sobre o cerrado**. São Paulo: EDUSP, 1963. p.285-303.

ARENS, K.; FERRI, M.G.; COUTINHO, L.M. **Papel do fator nutricional na economia de água de plantas do cerrado**. Ver. De Biol. 1. (3-4): 313-324. Lisboa, 1958.

AIVIM, P. T e ARAÚJO, W. **El suelo como factor ecológico en el desarrollo de la vegetación en el centro-oeste del Brasil**. – Turrialba 2 (4): 153-160p., 1952.

BERTALANFY, L.Von. **Teoria geral dos sistemas**. Petrópolis: Vozes, 1973. 351p.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. São Paulo: Ícone, 1993, 355p.

BERTRAND, G. **Paisagem e geografia física global: esboço metodológico**. Caderno de Ciência da Terra, 13. São Paulo: IGEOG/USP, 1971. 27p.

BIGARELLA, J. J. et al – **Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais**. volk 1. Florianópolis: Editora da UFSC, 1994.

BONHAM-CARTER, G. – **Geographic information systems for geoscientists: modelling with GIS**. Ontario-Canadá: Pergamon, vol. 13, 1994.

BOURLIÉRE, F. (ed). **Ecosystems of the world 13: tropical savannas**. Amsterdam, Oxford, New York: Elsevier Scientific Publishing Company, 1983. 730p.

BOURLIÉRE, F.; HADLEY, M. Present-day savannas: an overview. In: **BRASIL. – Serviço Nacional de Pesquisas Agrônomicas. Comissão de Solos. Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado de São Paulo**. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura, 1960. 634p. (Bol.12).

BRASIL. **Serviço Nacional de Pesquisas Agrônomicas. Comissão de Solos. Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado de São Paulo**. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura, 1960. 634p. (Bol. 12).

CAMARGO, M. Incidência de alumínio permutável nos solos e proporção de ocorrência em diversas regiões do Brasil. In: **Congresso Brasileiro de Ciência do Solo**, 15. Campinas, Soc. Bras. Ciência do Solo, 1975. p.603-613.

CAMARGO, M. **Metodologia de análises granulométricas**. EMBRAPA: 1986.

CAMPBELL, D. T. Common Fate, Similarity, and Other Indices of the Status of Aggregation of Persons as Social Entities. **Behavioral Science**, **3**: 14-25p., 1958.

CATARINO, J.A.P. Atuação do Movimento S.O.S. rio Santo Anastácio no controle de erosão. **Anais do 5 Simpósio Nacional de Controle de Erosão**, Bauru-SP, 115-118.

CAVALHEIRO, F. et al. Propostas preliminares referentes ao plano de zoneamentos e manejo da Estação Ecológica de Jataí, Luiz Antônio, SP. *Acta Limnologica Brasiliensia* **3**: 951-968.

COMTI, J.B. Desertificação como problema ambiental. In: Simpósio de Geografia Física Aplicada, 3., 1989, Nova Friburgo, RJ. **Anais...** V.1, 1989.

COMTI, J.B. O conceito de desertificação. Congresso Brasileiro de Geógrafos, 5 Curitiba, Paraná. **Anais...** V. 1, 1994.

CHORLEY, R.J; KENNEDY, B.A. - **Physical geography: a systems approach**. Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1971.

CHRISTOFOLETTI, A. - **Geomorfologia**. São Paulo: Edgard Blucher, 2000.

\_\_\_\_\_. **Análise de sistemas em geografia**. São Paulo: Hucitec/Edusp, 1979.

\_\_\_\_\_. **Modelagem de Sistemas Ambientais**. São Paulo: Edgar Blücher Ltda, 1999. 236p.

COLE, M. M. **The savannas: biogeography and geobotany.** London: Academic Press, 1986. 438p.

COLLINSON, A. S. **Introduction to world vegetation.** London: Unwin Hyman Ltd., 1988. 2ed. 325p.

COUTINHO, L. M. O conceito de Cerrado. **Revista Brasileira de Botânica**, 1: 17-23p, 1978.

DAEE. Departamento de Águas e Energia Elétrica.  
[www.dae.gov.br/hidrometeorologia/bancodedados](http://www.dae.gov.br/hidrometeorologia/bancodedados).

DAMUTH, J. E.; FAIRBRIDGE, R. W. Equatorial atlantic deep-sea arkosic sands and ice-age aridity in tropical South America. In: **Geological Society of America Bulletin**, n. 81, 1970.

DRUDE, O. **Handbuch der pflanzengeographie**, Stuttgart, Engelhorn, 1890. 582p.

EITEN, G. Brazilian "savannas". In: HUNTLEY, B. J.; WALKER, B. H. (ed). **Ecology of tropical savannas.** Berlin: Springer-Verlag, 1982. p.25-47. Ecological Studies, 42.

\_\_\_\_\_. The use of term "savanna". **Tropical Ecology**. V. 27, n.1, p.10-23, 1986.

\_\_\_\_\_. Vegetação. In: PINTO, M. M. – **Cerrado: Caracterização, Ocupação e Perspectivas.** 2ª edição. Brasília, Editora da Universidade de Brasília, 1994. p. 17-73.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo.** 2.ed. ver. atual. Rio de Janeiro, 1997. 212p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** Brasília: EMBRAPA Produções de Informações, 1999. 412 p.

FAO – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **A framework for Land Evaluation.** FAO Soils Bulletin 32, Rome: FAO, 1976.

FERREIRA, A. B. de H. **Minidicionário da Língua Portuguesa.** Rio de Janeiro: Nova Fronteira S.A., 1988.

FERRI, M. G. Transpiração de plantas permanentes dos "cerrados" – **Bol. Fac. Fil. Ciênc. Letr. USP 41**, Botânica 4: 159-224, 1944.

\_\_\_\_\_. Balanço de água de plantas da caatinga. In: IV Congr. Nac. Soc. Bot. Brasil. **Anais...** Recife, 1953. p. 314-332.

\_\_\_\_\_. Contribuições ao conhecimento da ecologia do cerrado e da caatinga. – Estudo comparativo do balanço d'água de sua vegetação. – **Bol. Fac. Fil. Ciênc. Letr. USP 195, Botânica 12:** 1-170p., 1955.

\_\_\_\_\_. Evolução do conceito de xerofitismo – **Bol. Fac. Fil. Ciênc. Letr. USP 267, Botânica 19,** 1962.

\_\_\_\_\_. Histórico dos trabalhos botânicos sobre cerrado. In: Ferri, M. G., coord. **Simpósio sobre o Cerrado.** São Paulo: EDUSP, 1963. p.15-50.

\_\_\_\_\_. **Vegetação Brasileira.** Belo Horizonte: Itatiaia; São Paulo: Edusp, 1980.

FERRI, M. G.; COUTINHO, L. M. Contribuição ao conhecimento da ecologia do cerrado. Estudo comparativo da economia de água da sua vegetação em Emas (Est. De São Paulo), Campo Grande (Est. de Mato Grosso) e Goiânia (Est. de Goiás). – **Bol. Fac. Fil. Ciênc. Letr. USP 224, Botânica 15:** 103-150p., 1958.

FERRI, M. G.; LABOURIAU, L.G. Water balance of plants from the “caatinga”. I – Transpiration of some of the most frequent species of the “caatinga” of Paulo Afonso (Bahia) in the rainy season. – *Rev. Brasil. Biol.* 12 (3): 301-312p., 1952.

FOSTER, C. et al – **Some Unsolved Problems in the Theory of Non- Isolated Systems, General Systems Yearbook,** 2: 9-29p., 1957.

FREITAS, G.F.; SILVEIRA, C.O. Principais solos sob vegetação de cerrado e sua aptidão agrícola. In: Ferri, M.G., coord. **IV Simpósio sobre o cerrado.** São Paulo, EDUSP, Belo Horizonte. Itatiaia, 1977. p.155-194.

GLOSSÁRIO de ecologia. 2ed. [s.l.]: ACIESP/CNPq/FINEP/FAPESP, 1997. 351p. (ACIESP, 103).

GOODLAND, R. Oligotrofismo e alumínio no cerrado. In: Ferri, M. G., coord. **III Simpósio sobre o cerrado.** São Paulo, EDUSP, Ed. Edgard Blücher Ltda., 1971. p.44-60.

GREGORY, K. J. **A natureza da Geografia Física.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1992.

GRISEBACH, A. **Die vegetation der erde nach ihrer klimatischen anordnung.** Leipzig, 1872. 1335p.

GUERRA, A. J. T. O início do processo erosivo. In: Guerra, A.J.T.; Silva, A. S.; Botelho, R.G.M. (org.). **Erosão e conservação dos solos.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999.

- GUERRA, A. J. T.; BOTELHO, R.G.M. – Erosão dos solos. In: Cunha, S. B. & Guerra, A. J. T. org. **Geomorfologia do Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003.
- GUERRA, A. J. T; CUNHA, S.B. **Geomorfologia e meio ambiente**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996.
- HALL, A. D.; FAGEN, R. E. **Definition of Systems, General Systems Yearbook**, 1: 18-26p., (1956).
- HORTON, R.E. – Erosional development of streams and their drainage basins: hydrological approach to quantitative morphology. **Bulletin of the Geological Society of America**, 56, 275-370.
- HUBER, O.; RIINA, R. (ed.). **Glosario fitoecológico de las Américas**. Caracas: Ediciones Tamandúa, Unesco. 1997. v. 1. 500p.
- HUETZ-DE-LEMPS, A. **La vegetación de la tierra**. Madri: Akal Editor, 1970. 263p.
- HUNTLEY, B. J.; WALKER, B. H. (ed.). **Ecology of Tropical savannas**. Berlin: Springer-Verlag, 1982. 669p. Ecological Studies, 42.
- INSTITUTO FLORESTAL. **Levantamento da Cobertura Vegetal natural e do reflorestamento no estado de São Paulo**. Boletim Técnico 11, Outubro, 1975.
- IPT. Divisão de Minas e Geologia Aplicada do IPT. **Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo**. São Paulo: IPT 1981. Escala 1:500.000.
- \_\_\_\_\_. **Mapa Geológico do Estado de São Paulo**. São Paulo: IPT 1981. Escala 1:1.000.000.
- JACOMINE, P.K.T. Considerações gerais sobre alguns solos de cerrado. In: **Reunião Brasileira do Cerrado, 1.**, Sete Lagoas, Min. Agric. Serv. Inf. Agric., 1963. p. 131-136. (Bol. DPEA 15)
- JOLY, A. B. **Conheça a vegetação brasileira**. São Paulo: Editora Polígono S. A., 1970.
- KOFFLER, N. F. Técnicas de sensoriamento remoto orbital aplicadas ao mapeamento de vegetação e uso da terra. In: **Geografia**. Rio Claro, vol. 17, n. 2, p. 1-26, 1992.
- LEITÃO FILHO, H. F – **A flora arbórea dos Cerrados do estado de São Paulo**. Hoehnea, 19 (1-2): p. 151-163, 1992.
- LIMA, Samuel do C.; QUEIROZ NETO, José P. de. Contribuição metodológica para estudos ambientais integrados nos cerrados. In: SHIKI, Shigeo; GRAZIANO DA SILVA,

José; ORTEGA, Antônio César (org.). **Agricultura, meio ambiente e sustentabilidade do cerrado brasileiro**. Uberlândia: Gráfica da UFU, 1997.372p.

LOEFGREN, A. **Contribuição para a flora paulista**. Região Campestre. – Bol. Comis. Geog. E Geol. Est. São Paulo. Nº5, 1890.

MALAVOLTA, E.; SARRUGE, J. R.; BITTENCOURT, V. C. – Toxidez de manganês. In: Ferri, M. G., coord. **IV Simpósio sobre o cerrado**. São Paulo, EDUSP, Belo Horizonte, Itatiaia, 1977. p. 275-302.

MARCHIORI, J.N.C. **Fitogeografia do Rio Grande do Sul: campos sulinos**. Porto Alegre: Est Edições, 2004. 110p. il.

MATTOS, S. H. V. L.; PEREZ FILHO, A. Complexidade e estabilidade em Sistemas Geomorfológicos: Uma Introdução ao tema. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, ano 5, nº1, 2004; p.11-18.

MEDINA, H.P. Constituição Física. In: Moniz, A. C. (coord). **Elementos de Pedologia**. EDUSP, São Paulo. 11-20p.

MILLER, J. G. **Living Systems: Basic Concepts**, Behavioral Science, 10 : 193-237., 1965.

MISTRY, J. **World savannas: ecology and human use**. Great Britain: Pearson Education Limited, Prentice Hall, 2000. 344p.il.

MONTEIRO, C. A. de F. **Geossistemas: a história de uma procura**, São Paulo: Contexto, 2000.

MORIN, E. **O Método 1: A Natureza da Natureza**. Porto Alegre: Sulina, 1970. 277p.

MORGAN, R.P.C. **Soil Erosion & Conservation**. New York. Longman, Inc., 1986, 298p.

MUNSELL SOIL CHARTS. **New Windsor**: Kollmorgen Instruments-Macbeth Division, 1994.

OLIVEIRA, J.B.; PRADO, H.; ALMEIDA, C.L.F. – **Levantamento pedológico semidetalhado do Estado de São Paulo – Quadrícula de Descalvado**. São Paulo, 1982.

PENTEADO, M. M. - **Fundamentos de geomorfología**. Rio de Janeiro: IBGE, 3ª. ed., 1981.

PEREZ FILHO, A. et al – Análise de uma toposseqüência de solo no Vale do Mogiguaçu. **Revista de Geociências**: p. 33-41. UNESP/SP, 1983.

PEREZ FILHO, A.; VICENTE, L. E. Geografia e Complexidade: revendo conceitos. In: **Anais do Encontro Nacional da Associação de Pós-Graduação em Geografia**, 5, Florianópolis (CD-ROM), 2003.

PRADO, HÉLIO do. **Solos do Brasil**: gênese, morfologia, classificação, levantamento, manejo. Piracicaba: H. do Prado, 2005.

QUARESMA, C. C.; PEREZ FILHO, A. Classificação de Terras como Subsídio ao Planejamento Ambiental: Quadrícula de Descalvado. In: X Encontro de Geógrafos da América Latina., São Paulo. **Anais...** São Paulo, 2005. p. 11840 – 11853 CD-ROM.

\_\_\_\_\_. Relevo e Solos na Definição das Diferentes Fisionomias de Savana no Estado de São Paulo. In: XI Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada., São Paulo. **Anais...** São Paulo, 2005. p. 3296-3305 CD-ROM. ISBN 85-904082-9-9.

\_\_\_\_\_. Fragilidade de Terras Ocupadas por Savana no Território Paulista – SP. In: Anais do II Congresso Nacional de Geomorfologia da Universidade de Coimbra – Portugal – **Revista da Associação Portuguesa de Geomorfólogos**, Lisboa – Portugal. ISBN: 972-636-137-0, nov. 2006.

QUEIROZ NETO, J. P. Os solos. In: Azevedo, A., coord. Brasil – **A terra e o homem**. Vol. I; As Bases Físicas. 2. ed. São Paulo, Cia.Edit. Nacional, 1968. p. 463-514.

\_\_\_\_\_. **Interpretação dos solos da serra de Santana para fins de classificação**. Tese de Doutorado. Piracicaba, SP, ESALQ, 1969. 235p.

\_\_\_\_\_. Solos da Região dos Cerrados e Suas Interpretações. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, vol. 6, n. 3, p. 1-12, jan. /abril. 1982.

RACHID, M. Transpiração e sistemas subterrâneos da vegetação de verão dos campos de Emas – **Bol. Fac. Fil.Ciênc. Letr. USP 80**, Botânica 5: 1-135, 1947.

RANZANI, G. Solos no cerrado. In: Ferri, M.G., coord, **Simpósio sobre o cerrado**. São Paulo, EDUSP, 1963. p.51-92.

RAWITSCHER, F; FERRI, M. G; RACHID, M. Profundidade dos solos e vegetação em campos cerrados do Brasilmeridional. – **An. Acad. Brasil. Ciênc. XV** (4): 267-294p. 1943.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. Fitofisionomias do bioma Cerrado. In: SANO, S. M e Almeida, S. P. (Ed.) **Cerrado, Ambiente e Flora**. Planaltina: EMBRAPA/ CPAC, 1998. p. 89 -166.

RICHTA, Radovan. **Economia Socialista e Revolução Tecnológica**. Rio de Janeiro, Paz e Terra, 1972 [*La civilisation au carrefour*. Paris, Anthropos, 1968].

ROSS, J.L.S. **Geomorfologia**: ambiente e planejamento. São Paulo: Contexto, 4<sup>a</sup>.ed., 1997.

SALOMÃO, F.X.T. Solos do Arenito Bauru. In: **Solos altamente suscetíveis à erosão**. Editores: V.P. Pereira, M.E. Cruz e M.C.P.Cruz. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Jaboticabal, SP. p. 51-68

SAMPAIO, A. J. de. **Fitogeografia do Brasil**. São Paulo, Companhia Editora Nacional, 3<sup>a</sup> ed., 1934. Secretaria do Meio Ambiente (SP) – Secretaria de Energia, Atlas das Unidades de Conservação do Estado de São Paulo, 1-Litoral. São Paulo, SMA-AE, 1996.

SANTOS, J.E., FERESIN, E.G., BALLESTER, M.V.R, JESUS, T.P. **Utilização da abordagem sistêmica para o manejo de áreas naturais**: Caso da Estação Ecológica de Jataí, Luiz Antônio, SP. *Oecologia Brasiliensis*, 1:487-582.

SANTOS, M. **Por uma outra globalização**: do pensamento único à consciência universal. Editora Record, 6<sup>a</sup> Edição, Rio de Janeiro, 2001.

\_\_\_\_\_. **A natureza do Espaço**: técnica e tempo, razão e emoção. São Paulo, 2002.

SARMIENTO, G. The savannas of Tropical América. In: BOURLIÉRE, F. (ed). **Ecosystems of the world 13**: tropical savannas. Amsterdam, Oxford, New York: Elsevier Scientific Publishing Company, 1983. p.245-288.

SARMIENTO, G.; MONASTERIO, M. A critical consideration of the environmental conditions associated with the occurrence of savanna ecosystems in tropical America. In: GOLLEY, F. B.; MEDINA, E. (ed.). **Tropical ecological systems**. Springer, Berlin, 1975. p.223-250.

SCHIMPER, A. F. W. **Plant geography**: upon a physical basis. New York: Hafner Publishing Co, 1960. 839p. (reprinted – original de 1898).

SEABRA, F.B. **Análise Geossistêmica Aplicada ao Estudo da Fragilidade das Terras em Áreas do Cerrado Paulista**. Campinas: UNICAMP – Instituto de Geociências - Departamento de Geografia, 2006a. 122p. Dissertação de Mestrado.

SILVA JUNIOR, M.C. **100 Árvores do Cerrado**: guia de campo. Brasília. Ed. Rede de Sementes do Cerrado, 2005. 278p.

SILVA JUNIOR, M. C; BARROS, N. F. e CANDIDO, J. F. **Relações entre parâmetros do solo e da vegetação de Cerrado na estação florestal experimental de Paraopeba – MG**. Revista Brasileira de Botânica, 10: p.125 – 137, 1987.

SOTCHAVA, V. B. **O Estudo do Geossistema**. Traduzido por Carlos Augusto Figueiredo Monteiro e Dora de Amarante Romariz, São Paulo: IG – USP, 1977.

SUERTEGARAY, D. M.A. **A Trajetória da Natureza: um estudo geomorfológico sobre os areais de Quaraí – RS**. 1987. Tese de Doutorado. Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo. 243f. IL. Mapas.

\_\_\_\_\_. **Deserto Grande do Sul – Controvérsia**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 1992.

\_\_\_\_\_. O Rio Grande do Sul descobre os seus “desertos”. **Ciência e Ambiente**. V. 1, nº1, jul. 1995. p. 33-52.

TOPPA, R.H. **Estrutura e diversidade florística das diferentes fisionomias de Cerrado e suas correlações com o solo na Estação Ecológica de Jataí, Luiz Antônio, SP** – São Carlo: UFSCAR, 2004. (Tese de Doutorado)

THORNES, J. B. e BRUNSDEN, D. **Geomorphology and Time**. Methuen & Co., Londres, 1977. 209p.

TRICART, Jean. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: IBGE, Diretoria Técnica, 1977.

\_\_\_\_\_. **Paisagem e Ecologia** – Rio Claro: UNESP, 1982. (Inter-facies escritos e documentos, 76).

TROPPEMAIR, H. A Cobertura Vegetal Primitiva do Estado de São Paulo. **Biogeografia**, nº1, IG-USP, SP, 1969.

\_\_\_\_\_. **Biogeografia e Meio Ambiente** – Rio Claro: EMBRAPA, 1989.

\_\_\_\_\_. Ecosistemas e Geossistemas do Estado de São Paulo. **Geografia**, São Paulo, v. 13, n. 25, p.27-36, 1983.

\_\_\_\_\_. **Geossistemas e geossistemas paulistas**. Rio Claro: Universidade Estadual Paulista, 2000.

UAGODA, R.E.S. **Degraus de abatimento: estudo comparativo em cabeceiras de drenagem**: bacia hidrográfica do Arroio Puitã e bacia hidrográfica das nascentes do Rio das Antas/RS.2004. Trabalho de conclusão do Curso de Geografia, Departamento de Geografia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 93f.

UNHLMANN, A. **Análise estrutural de duas áreas de vegetação savânica (Cerrado) sob influência de gradientes ambientais complexos**. Tese de Doutorado, Instituto de Biologia – UNICAMP, 2003. 114p.

VERDADE, F. C. Conceito de solo e evolução da pedologia. In: Moniz, A. C., coord. **Elementos de Pedologia**. São Paulo, EDUSP, 1972. p. 3-8.

VIADANA, A. G. **A Teoria dos Refúgios Florestais**: aplicada ao estado de São Paulo. Rio Claro, 2002.

VICENTE, L. E; PEREZ FILHO, A. Abordagem Sistêmica e Geografia. **GEOGRAFIA**, Rio Claro, vol. 28, n. 3, p. 323-344, set. /dez. 2003.

WAIBEL, L. Vegetation and land use in the Planalto Central of Brazil. – **Geogr. Rev.** 38 (4): 529-554p., 1948.

WALTER , B. M. T. **Fitofisionomias do bioma Cerrado**: síntese terminológica e relações florísticas. Brasília: UNB – Departamento de Ecologia do Instituto de Ciências Biológicas, 2006a. 373p. Tese de Doutorado.

WARMING, E. **Lagoa Santa**. São Paulo, EDUSP, Belo Horizonte, Itatiaia, 1973. 282p.