

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA - UFRA

ALCIONE SANTOS DE SOUZA

“Caracterização e Classificação de solos Antropogênicos dos Municípios de Barcarena e Breu Branco, Estado do Pará”.

BELÉM
2007



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA - UFRA

ALCIONE SANTOS DE SOUZA

**“CARACTERIZAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DE SOLOS
ANTROPOGÊNICOS DOS MUNICÍPIOS DE BARCARENA E BREU
BRANCO, ESTADO DO PARÁ”.**

Dissertação apresentada á Universidade Federal Rural da Amazônia, como parte das exigências do Curso de Pós-graduação em Agronomia, Área de Concentração em Solos e Nutrição de Plantas, para obtenção do título de **Mestre**.

Orientador:
Prof. Dr. Ciência do solo Tarcísio Ewerton Rodrigues-Embrapa

Co- orientadore

Dra. Dirse Clara Kern-MPEG

BELÉM
2007

Souza, Alcione Santos de.

Caracterização e classificação de solos antropogênicos dos municípios de Barcarena e Breu Branco, Estado do Pará / Alcione Santos de Souza. - Belém, 2007.

109 f.: il.

Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal Rural da Amazônia, 2007.

1. Solo 2. Terra Preta 3. Terra Mulata 4. Antrópico 5. Sítios Arqueológicos. 6. Latossolos 7. Argissolos 8. Amazônia I. Título.

CDD-631.4

ALCIONE SANTOS DE SOUZA

**“CARACTERIZAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DE SOLOS
ANTROPOGÊNICOS DOS MUNICÍPIOS DE BARCARENA E BREU
BRANCO, ESTADO DO PARÁ”.**

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural da
Amazônia, como parte das exigências do Curso de
Mestrado em Agronomia, área de concentração em Solos
e Nutrição de Plantas, para obtenção do título de
“Mestre”.

Aprovado em 24 de agosto de 2007.

COMISSÃO EXAMINADORA

Orientador: Dr. Tarcisio Ewerton Rodrigues
Embrapa Amazônia Oriental - EMBRAPA

Dra. Gladys Ferreira de Sousa
Embrapa Amazônia Oriental - EMBRAPA

Dr. Eduardo Jorge Maklouf Carvalho
Embrapa Amazônia Oriental - EMBRAPA

Dr. Francisco de Assis
Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA

A minha mãe, **Osmarina Santos de Souza** responsável
pela minha existência e sucesso, pela grande motivação e que
contribuiu para a finalização de mais uma etapa concretizada.

Ao meu pai, **Honorato Leandro de Souza**.

As minhas irmãs **Adriana Maria Santos de Souza, Alcilene Santos de Souza**,
pelo companheirismo e confiança e em especial **Adjanny Estela Santos de Souza**,
pelo estímulo intelectual e motivação pessoal, e aos seus familiares.

Ao meu esposo, **Luis de Souza Freitas**, pela paciência, amor e dedicação.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Á Deus, pela concedida inteligência, força de vontade e esforço intelectual de concluir mais uma etapa de vida.

Ao Professor Pedro Rocha (UFPA) idealizador que me motivou e incentivou, conduzindo meus caminhos até o curso de mestrado, tendo um papel fundamental na escolha deste curso.

À Universidade Federal Rural da Amazônia, especialmente ao Departamento de Ciência do Solo, pela oportunidade de mestrado, proporcionar-me oportunidade de ampliar meus conhecimentos e enriquecimento profissional.

Ao técnico Julio - UFRA pela ajuda na realização das análises químicas.

Ao Max Sarrazin, (Institut de Recherche pour le Développement- IRD-FR) pelo auxílio e paciência na Realização das análises físicas.

À Sciencia consultoria S.A., pelo apoio financeiro, principalmente relacionado aos trabalhos de campo. A Fernanda Araújo Costa e Joana Kanés -Sciencia consultoria S.A e todos que estiveram presentes e compartilharam minha angústia nas primeiras etapas de campo, pelo apoio e incentivo. Ao seu Ernesto que me auxiliou na etapa de coleta de solo em campo.

Ao Museu Paraense Emilio Goeldi pelo apoio infra-estrutural e logístico.

Ao pesquisador Francisco Juvenal Lima Frazão pelo apoio e realização das análises de químicas total.

Ao senhor Oscar funcionário do MPEG pela ajuda na organização e preparação das amostras de solo.

Ieda -MPEG, pelo desenvolvimento das análises na absorção atômica.

A Jucilene Costa pela amizade, ensinamentos e contribuições nas realizações de coleta e descrição de perfis na etapa de campo e a Eliziane na grande contribuição na confecção de alguns mapas.

Á pesquisadora Dirse Clara Kern –MPEG, pela co-orientação, amizade e por permitir-me realizar pesquisa em seu projeto, além do apoio, incentivo, sugestões e disposição em contribuir para realização desta pesquisa.

Ao professor e Orientador, Tarcísio Ewerton Rodrigues, pela compreensão, amizade, paciência, dedicação, carinho, ensinamentos, sugestões, que foram indispensáveis para a realização desta pesquisa.

A todos os professores do Departamento de Ciência do Solo, pelos conhecimentos, pela amizade e atenção durante todos esses anos: Maria Marly de Lima Santos; Francisco Ilton de

Oliveira Moraes, Sebastião g. Augusto, pela transmissão de conhecimentos adquiridos durante este curso.

A Embrapa Amazônia Oriental, por disponibilizar toda a infra-estrutura experimental; Aos técnicos do Laboratório de Solos da Embrapa, pelo apoio durante as análises de laboratório.

Aos funcionários do laboratório de física da Embrapa, Raimundo Cláudio Mendes de Souza pela ajuda e boa vontade.

Ao meu esposo Luis de Souza Freitas pela ajuda na realização das análises físicas.

Aos colegas de curso Gisele Odete, Elineuza Trindade, Paulo Custódio, Jisele Brito, Erica Rodrigues, Jessivaldo Galvão, Tatiana Gazel, Jorge Pinheiro, pelo Companheirismo, convivência e confiança, ao longo do curso.

Ao amigo Jessivaldo Galvão, pelo auxílio na análise estatística.

Ao Pesquisador Eduardo Jorge Maklouf pelo auxílio na realização da análise física.

A todos os colegas do curso de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas, pela amizade e auxílio que compartilharam comigo os anos de estudo e expectativas no cotidiano.

A todos que de forma direta e indireta contribuíram para termino desta pesquisa.

*“O solo não representa o final de uma evolução;
ele é o seio de novas transformações”
(Ehardt, 1962).*

*A paisagem é uma construção do homem e que ela resulta do “equilíbrio entre
Múltiplas forças e processos temporais e espaciais” (Pereira Leite, 1994).*

RESUMO

O objetivo deste trabalho é realizar a caracterização química e física e classificação de solos antrópicos, encontrados em sítios arqueológicos nos municípios de Barcarena e Breu Branco, Estado do Pará. Foram registradas as características morfológicas dos perfis, TPA e AD, respectivamente. A metodologia constou da abertura de perfis, descrição e coleta de amostras de solos em sítios arqueológicos, para caracterização e classificação dos solos. Foram coletadas amostras deformadas para caracterização física e química, e indeformadas nos sítios arqueológicos e Áreas adjacentes para caracterização físico-hídrica. A descrição morfológica e a coleta das amostras do solo nos perfis obedeceram à metodologia adotada pela Sociedade Brasileira de Ciência do solo – SBCS (Lemos & Santos, 1996). As cores das amostras de solos foram determinadas por meio de comparação com as cores de Munsell Soil Color Charts (Munsell Color Company, 2000). Os solos encontrados nos sítios e nas áreas adjacentes em Barcarena foram classificados como Argissolos Amarelo e os de Breu Branco como Latossolos Amarelo. Os resultados encontrados demonstram que solos TPA dos sítios de Barcarena apresentaram teores baixos de fósforo, menores do que os encontrados nos sítios de Breu Branco apresentaram-se baixos em função de terem sido assimilados pelas plantas ou por ter sido perdido no solo. Os baixos conteúdos de matéria orgânica, Ca^{++} , Mg^{++} , P disponível, foram encontrados nos argissolos, devido ao revolvimento do solo e em função da baixa capacidade em reter cátions. Os valores médios de porosidade total, macroporosidade, microporosidade, água disponível, densidade do solo e densidade real foram maiores em TPA's que AD's. O alumínio extraível diminui em profundidade mostrando uma baixa soma de bases desses solos e uma alta saturação de alumínio. O uso intensivo do solo, depleção dos elementos químicos com diferenças pequenas para as áreas adjacentes. Esses solos apresentam-se como solos muito arenosos, ácidos, com baixa fertilidade natural em função do processo natural (lixiviação), da intensificação do uso das terras e práticas de manejo desenvolvidas nesses solos.

Palavras-chave: 1. Solo 2. Terra Preta 3. Terra Mulata 4. Antrópico 5. Sítios Arqueológicos 6. Latossolos 7. Argissolos 8. Amazônia.

ABSTRACT

The objective of this work is to carry out the physical and chemical characterization and classification of soils man, found at archaeological sites in the municipalities of Barcarena and Breu Branco, State of Pará We recorded the morphological characteristics of the profiles, TPA and AD, respectively. The methodology consisted of the opening of profiles, description and collecting samples of soil at archaeological sites, for characterization and classification of the soil. Samples were collected for deformed physical and chemical characterization, and indeformadas in archaeological sites and areas adjacent to water-physical characterization The morphological description and the collection of samples from soil profiles followed in the methodology adopted by the Brazilian Society of Soil Science-SBCS (Lemos & Santos, 1996). The color of the soil samples were determined by comparison with the Munsell color of Soil Color Charts (Munsell Color Company, 2000). The soils found on the sites and its surrounding areas in Barcarena were classified as Argissolos Yellow and the White Breu as Latossolos Yellow. The results show that soil found TPA of sites of Barcarena had low levels of phosphorus, smaller than found on the sites of Breu White had been low in light of having been assimilated by plants or have been lost in the soil. The low content of organic matter, Ca ++, Mg ++, available P, were found in argissolos due to revolvimento soil and on the basis of low capacity in cátions retain. The average values of total porosity, macroporosidade, microporosidade, water availability, soil density and density were higher in real TPA's that AD's. The aluminum extractable decreases in depth showing a low sum of these bases soils and a high saturation of aluminum. The intensive use of soil, depletion of the chemical elements with small differences in the areas adjacent. These soils present as many sandy soils, acid, with low natural fertility depending on the natural process (leaching), the intensification of land use and management practices developed in these soils.

Key words: 1. Solo 2. Terra Preta 3. Terra Mulata 4. Antrópico 5. Archeological Sites 6. Latossolos 7. Argissolos 8. Amazônia.

SUMÁRIO

P.

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE TABELAS

LISTA DE SIGLAS

RESUMO

ABSTRACT

1	INTRODUÇÃO.....	15
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	17
2.1	Fatores de Formação do Solo.....	17
2.2	Ação Humana na Formação dos Solos.....	20
2.3	Formação de Terra Preta Arqueológica.....	21
2.4	Características dos solos Estudados.....	24
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	26
3.1	Caracterização ambiental da área.....	26
3.1.1	Localização.....	26
3.1.2	Clima.....	26
3.1.3	Geologia.....	27
3.1.4	Geomorfologia.....	27
3.1.5	Vegetação.....	28
3.1.6	Solos.....	29
3.1.7	Hidrografia.....	29
3.2	Escolha e Seleção dos sítios.....	30
3.3	Coleta de Amostras de Solos.....	32
3.4	Métodos de Laboratório.....	32
3.4.1	Métodos Analíticos.....	32
3.4.2	Preparação de amostras.....	33
3.4.3	Análises Físico-Hídricas.....	33
3.4.4	Análises Granulométricas e Químicas.....	35
3.5	Análises Estatísticas.....	36
3.6	Classificação Taxonômica dos Solos.....	36
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	38
4.1	Características Gerais dos Sítios.....	38
4.2	Caracterização dos solos estudados.....	45

4.3	Atributos Físico-hídricos do Solo.....	45
4.3.1	Retenção de água e Água disponível.....	52
4.3.2	Densidade de Solo e Densidade de Partículas.....	57
4.3.3	Porosidade Total, Macroporosidade e Microporosidade.....	61
4.4	Atributos Químicos.....	68
4.4.1	Reação do solo.....	68
4.4.2	Matéria orgânica.....	74
4.4.3	Soma de Bases (SB), Saturação por Bases (V%) e CTC.....	77
4.4.4	Fósforo disponível (P).....	82
4.4.5	Óxidos de Ferro e Alumínio.....	84
4.4.6	Cobre, Manganês e Zinco.....	84
4.4.7	Alumínio extraível.....	86
4.4.8	Cálcio, magnésio e potássio.....	88
4.5	Comportamento espacial das características químicas de amostras de solos em profundidade de 10-20 cm, no município de Breu Branco, estado do Pará.....	95
4.6	Classificação dos solos.....	98
5	CONCLUSÕES	103
6	REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA	104

LISTA DE FIGURAS

P.

Figura 1	Mapa do Estado do Pará, mostrando a localização dos municípios de Barcarena e Breu Branco, Estado do Pará.....	31
Figura 2	Manchas de solos mais escuros no sítio Ba1.....	38
Figura 3	Distribuição do material arqueológico no sítio Ba1.....	38
Figura 4	Manchas de solos mais escuros no sítio Ba2.....	40
Figura 5	Distribuição do material arqueológico no Ba2.....	40
Figura 6	Manchas de solos mais escuros no sítio Ba3.....	41
Figura 7	Distribuição do material arqueológico no Ba3.....	41
Figura 8	Mapeamento do Sítio Breu Branco 1.....	43
Figura 9	Mapeamento do Sítio Breu Branco 2.....	44
Figura 10	Perfil de Área Adjacente (Ba1).....	49
Figura 11	Minitrincheiras de solo em sítios de Terra Antropogênica.(Ba2).....	49
Figura 12	Perfil de Terra Antropogênica (Ba1).....	49
Figura 13	Perfil de Área adjacente (B3).....	50
Figura 14	Perfil de Área adjacente de solos de sítios de Latossolos de Breu Branco (p7).....	50
Figura 15	Curvas características de retenção de água da camada de 0-10 cm nos perfis de solos dos sítios arqueológicos de Barcarena.....	54
Figura 16	Curvas características de retenção de água da camada de 10-20 cm nos perfis de solos de sítios arqueológicos de Barcarena.....	54
Figura 17	Curvas características de retenção de água da camada de 20-40 cm nos perfis de solos de sítios arqueológicos de Barcarena.....	55
Figura 18	Curvas características de retenção de água da camada de 40-60 cm nos perfis de solos dos sítios arqueológicos de Barcarena.....	55
Figura 19	Resultados médios de água disponível nos perfis AD's, TPA1, TPA2 e TPA3 dos sítios de Barcarena.....	56
Figura 20	Resultados médios de densidade do solo nos perfis AD's, TPA1, TPA2 e TPA3 dos Sítios de Barcarena.....	58
Figura 21	Resultados médios de densidade de partículas nos perfis AD's, TPA1, TPA2 e TPA3 dos Sítios de Barcarena.....	60
Figura 22	Resultados médios de porosidade total nos perfis AD's, TPA1, TPA2 e TPA3 dos sítios de Barcarena.....	62
Figura 23	Resultados médios de macroporosidade de solo nos perfis AD's, TPA1, TPA2 e TPA3 dos sítios de Barcarena.....	63
Figura 24	Resultados médios de microporosidade de solo nos perfis AD's, TPA1, TPA2 e TPA3 dos Sítios de Barcarena.....	63
Figura 25	Comportamento do pH em função das profundidades em perfis de solos no Sítio Barcarena 1.....	72

Figura 26	Comportamento do pH em função das profundidades em perfis de solos no Sítio Barcarena 2.....	72
Figura 27	Comportamento do pH em função das profundidades em perfis de solos no Sítio Barcarena 3.....	73
Figura 28	Comportamento do pH em função das profundidades em perfis de solos no Sítio Breu Branco.....	73
Figura 29	Comportamento da Matéria orgânica em função das profundidades nos perfis de solos dos Sítios de Barcarena 1.....	75
Figura 30	Comportamento da Matéria orgânica em função das profundidades nos perfis de solos dos sítios de Barcarena 2.....	75
Figura 31	Comportamento da Matéria orgânica em função das profundidades nos perfis de solos dos sítios de Barcarena 3.....	76
Figura 32	Comportamento da Matéria orgânica em função das profundidades nos perfis de solos dos sítios de Breu Branco.....	76
Figura 33	Comportamento de soma de bases trocáveis em função das profundidades nos perfis de solos dos sítios de Barcarena 1.....	78
Figura 34	Comportamento de soma de bases trocáveis em função das profundidades nos perfis de solos dos sítios de Barcarena 2.....	78
Figura 35	Comportamento de soma de bases trocáveis em função das profundidades nos perfis de solos dos sítios de Barcarena 3.....	79
Figura 36	Comportamento de soma de bases trocáveis em função das profundidades nos perfis de solos dos sítios de Breu Branco.....	79
Figura 37	Capacidade de troca de cátions em função das profundidades nos perfis de solos dos sítios de Barcarena 1.....	80
Figura 38	Capacidade de troca de cátions em função das profundidades nos perfis de solos dos sítios de Barcarena 2.....	80
Figura 39	Capacidade de troca de cátions em função das profundidades nos perfis de solos dos sítios Barcarena 3.....	81
Figura 40	Capacidade de troca de cátions em função das profundidades nos perfis de solos dos sítios de Breu Branco.....	81
Figura 41	Teores de fósforo em função da profundidade nos perfis do solo do sítio Barcarena 1.....	82
Figura 42	Teores de fósforo em função da profundidade nos perfis do solo do Sítio Barcarena 2.....	82
Figura 43	Teores de fósforo em função da profundidade nos perfis do solo do Sítio Barcarena 3.....	83
Figura 44	Teores de fósforo em função da profundidade nos perfis do solo do Sítio de Breu Branco.....	83
Figura 45	Teores de alumínio extraível em função da profundidade do solo do sítio Barcarena 1.....	86
Figura 46	Teores de alumínio extraível em função da profundidade do solo do sítio Barcarena 2.....	87
Figura 47	Teores de alumínio extraível em função da profundidade do solo do sítio Barcarena 3.....	87
Figura 48	Teores de alumínio extraível em função da profundidade do solo do sítio de Breu Branco.....	88
Figura 49	Teores de Ca ²⁺ em função da profundidade do solo do sítio Barcarena 1.....	89
Figura 50	Teores de Ca ²⁺ em função da profundidade do solo do sítio Barcarena 2.....	89
Figura 51	Teores de Ca ²⁺ em função da profundidade do solo do sítio Barcarena 3.....	90

Figura 52	Teores de Ca^{2+} em função da profundidade do solo do sítio de Breu Branco, no estado do Pará.....	90
Figura 53	Teores de Mg^{2+} em função da profundidade do solo do sítio Barcarena 1.....	91
Figura 54	Teores de Mg^{2+} em função da profundidade do solo do Sítio Barcarena 2.....	91
Figura 55	Teores de Mg^{2+} em função da profundidade do solo do Sítio Barcarena 3.....	92
Figura 56	Teores de Mg^{2+} em função da profundidade do solo do Sítio Breu Branco.....	92
Figura 57	Distribuição espacial de Al, K, Na, Ca+Mg na profundidade 10-20 cm no arqueológico sítio Breu Branco 2.....	96
Figura 58	Distribuição espacial de pH, MO e P na profundidade 10-20 cm no arqueológico sítio Breu Branco 2.....	97

LISTA DE TABELAS

	p.	
Tabela 1	Distribuição de fragmentos de cerâmica e líticos nos perfis de solos dos sítios arqueológicos nos município de Barcarena e Breu Branco, Estado do Pará.....	39
Tabela 2	Características físicas e morfológicas de Argissolos Amarelos, no município de Barcarena, Estado do Pará.....	46
Tabela 3	Características físicas e morfológicas de Latossolos Amarelos, no município de Breu Branco, Estado do Pará.....	48
Tabela 4	Resultados médios de retenção de água do solo em diferentes tensões nos Sítios arqueológicos do município de Barcarena, Estado do Pará.....	53
Tabela 5	Valores água disponível ($m^3 m^{-3}$) em diferentes profundidades para nos Sítios arqueológicos do município de Barcarena, Estado do Pará.....	57
Tabela 6	Valores médios de densidade real e densidade do solo ($kg dm^{-3}$) em diferentes profundidades nos sítios arqueológicos do município de Barcarena, Estado do Pará.....	59
Tabela 7	Características químicas de Latossolo Amarelo, no município de Breu Branco, no Estado do Pará.....	61
Tabela 8	Resultados de análises morfológicas e físicas de amostras de solos em profundidade de 10-20 cm em sítios arqueológicos, no município de Barcarena, no estado do Pará.....	67
Tabela 9	Características químicas dos Argissolos Amarelos, no município de Barcarena, no Estado do Pará.....	69
Tabela 10	Características químicas dos Latossolos Amarelos, no município de Breu Branco, no Estado do Pará.....	71
Tabela 11	Valores médios de matéria orgânica $g kg^{-1}$ em diferentes profundidades nos sítios arqueológicos do município de Barcarena, Estado do Pará.....	74
Tabela 12	Teores de alumínio total, cobre, manganês e zinco nos dos sítios arqueológicos do município de Barcarena, Estado do Para.....	85
Tabela 13	Resultados de análises químicas de amostras de solos em profundidade de 10 20 cm em sítios arqueológicos, no município de Barcarena, no Estado do Pará.....	94
Tabela 14	Características diferenciais empregadas para classificação dos solos do município de Barcarena e Breu Branco, Estado do Pará.....	99
Tabela 15	Classificação dos solos nos sítios arqueológicos e áreas adjacentes em Barcarena e Breu Branco, Estado do Pará.....	100

1. INTRODUÇÃO

Os solos da Amazônia, em geral são considerados altamente intemperizados e como conseqüência são pobres em nutrientes. Nesse sentido, a baixa fertilidade natural desses solos é considerada como fator limitante para a produtividade e sustentabilidade sistemas de produção agrícola em ambientes tropicais.

Entretanto, existem na Amazônia solos que sofreram impactos pelo homem pré – histórico. Esses solos são conhecidos como solos antropogênicos com horizonte A de cor escura e com alto teor de fósforo e cálcio, formados por culturas pré-históricas conhecidos por Terra Preta Arqueológica - TPA em sítios arqueológicos (KERN, 1996). A Terra Preta Arqueológica (TPA) é uma classe de solo que ocorre na Amazônia, formada por influência antrópica em períodos pré-históricos, possuindo altos conteúdos de matéria orgânica e de nutrientes essenciais às plantas, o que lhe confere um nível alto de fertilidade. Essas áreas de solos altamente férteis formadas no passado parecem não exaurir seu conteúdo químico mesmo em condições de floresta tropical, o que contrasta com a maioria dos solos encontrados nesta região. Por essa razão, são freqüentemente procurados pelas populações locais para o cultivo de subsistência como mandioca, milho, banana, mamão, etc. Fator que dificulta sensivelmente o estudo do homem pré-histórico, uma vez que a camada de ocupação humana é revolvida (Kern, 1996). Os solos adjacentes a TPA possuem um grau de desenvolvimento similar, mas não mostram sinais de modificações ocasionadas pelo homem (SOMBROEK, 1966).

As áreas de TPA são encontradas sobre os mais diversos tipos de solos, como em Latossolo, Podzol, Pdzólico, Terra Roxa Estruturada e Plintossolo Pétricos (Smith, 1980 e Kern,1988). Ocupam normalmente 2 a 3 ha de extensão, podendo ocorrer em alguns locais e áreas superiores a 80 ha (Hilbert, 1955). Nos mapas de solos da Amazônia, apesar da freqüência com que ocorrem os solos de TPA, estes são mapeados como inclusões, por causa da reduzida área que abrangem (Silva, et al 1970). Os solos com Terra Preta apresentam-se bem drenados, profundos, com textura variando de arenosa a muito argilosa, apresentando um horizonte A mais escuro (com cor preta a bruno) - acinzentada muito escura e mais espesso do que nos solos circunvizinhos.

Na Amazônia brasileira a ocorrência de Terra Preta é bastante abrangente, sendo conhecidas desde a Colômbia, Equador, Guiana, Peru e Venezuela. Nesta região é caracterizada por apresentar altos teores totais de CaO (1.810 mg kg^{-1}) e P_2O_5 (4.900 mg kg^{-1})

¹), elevados teores de matéria orgânica e mais intensa atividade biológica que os solos adjacentes, provenientes, provavelmente, de restos de ossos humanos e de animais. São solos que apresentam pH em torno de 5,2 a 6,4; P disponível, em geral, acima de 250 mg kg⁻¹, Zn e Mn acima de 200 e 450 mg kg⁻¹, respectivamente (Falcão *et al.*, 2001), fragmentos de cerâmica e artefatos indígenas incorporados a matriz dos horizontes superficiais do solo, o que originou a terminologia Terra Preta Arqueológica, utilizada por alguns autores (KERN & COSTA, 1997).

A caracterização pedológica (física e química) gênese (formação) das TPA é de fundamental importância para conhecer a estabilidade e reatividade dos compostos orgânicos, que apresenta grande potencia de uso como condicionador de solos tropicais fortemente intemperizados, pelo aumento da CTC e estruturação do solo.

Dessa maneira, através da análise dos elementos químicos e sua distribuição espacial, pode-se avaliar o impacto antropogênico sobre solos originais, visando estabelecer sua gênese, assim como obter informações acerca das diferentes áreas de atividades do homem pré-histórico em sítios arqueológicos. Um estudo comparativo da TPA com estas áreas poderá fornecer importantes informações quanto à fertilidade natural e afetada por outras culturas pré-históricas.

O objetivo deste trabalho é realizar a caracterização de atributos químicos e físicos e posterior classificação de solos antrópicos, encontrados em sítios arqueológicos nos municípios de Barcarena e Breu Branco, Estado do Pará, visando uma melhor compreensão dos fatores e processos de formação desses solos.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Fatores de formação do solo

O solo pode ser compreendido como consequência da ação do tempo, dos vegetais e animais, do clima e da topografia sobre o material do subsolo (rocha). Estes fatores são chamados de agentes formadores do solo. Estes agentes podem ser divididos em agentes ativos; o clima e a biosfera, e a agentes passivos: a rocha e o relevo (VIEIRA, 1983).

O fator clima assume uma importância bastante grande, uma vez que o solo, sendo produto do intemperismo do material de origem, apresenta propriedades e características diferenciadas em função do clima. Portanto, o clima mais do qualquer outro fator determina o tipo e a velocidade do intemperismo numa dada região (Vieira, 1983). Assim é que solos formados sob clima tropical são solos bastantes intemperizados, enquanto aqueles formados sob clima temperado são bem menos intemperizados. Quanto mais quente e úmido o clima, maior a lixiviação de minerais, inclusive de bases, tornando o solo mais pobre e mais ácido (VIEIRA, 1988).

O clima age sobre o material derivado de uma mesma rocha poderá formar solos completamente diversos se decomposto em condições climáticas diferentes. Por outro lado, materiais diferentes podem formar solos similares quando sujeitos, por um longo período, ao mesmo ambiente climático. Os elementos principais do clima: temperatura, umidade e precipitação regulam o tipo e a intensidade de intemperismo das rochas, o crescimento dos organismos, conseqüentemente, a distinção entre os horizontes pedogenéticos. Na região amazônica os solos são normalmente intemperizados devido ação do clima ativo, os solos são facilmente lixiviados nas bases (LEPSCH, 2002).

Grande parte da influencia climática é conseguinte das medidas de controle por ela exercida sobre a vegetação natural. A farta pluviosidade nas regiões úmidas predispõe a meio ambiente favorável ao crescimento arbóreo. Ao contrário, as pradarias constituem a vegetação natural dominante das regiões semi-áridas. O clima exerce grande influencia também, mediante um segundo fator de formação dos solos, ou seja, dos organismos vivos (BRADY, 1989).

O material que dá origem ao solo, podendo ser constituído de rochas (magmáticas, metamórficas e sedimentares), sedimentos e material de decomposição de rochas transportadas. Vários minerais constituintes do material de origem permanecem inalterados, enquanto outros sofrem decomposição, por ação química, transformando-se em minerais extremamente úteis no solo, e liberando cátions e ânions que poderão ser absorvidos pelas

plantas. Materiais de origem diferentes dão origem a solos diferentes, e mesmo material de origem pode dar origem a solos iguais ou a solos diferentes, de acordo com os outros fatores de formação de solos (VIEIRA, 1988).

O material de origem assume uma grande importância, influencia muito as propriedades do solo nos mais variados graus. Sua influência é muito grande nos estágios iniciais de intemperização decrescendo à medida que o manto de intemperização cresce. A maior ou menor velocidade com que os solos se formam depende, do tipo de material, uma vez que, sob condições idênticas de clima, organismos e topografia, certos solos se formam mais rapidamente que outros. Em condições de clima tropical a influência do material originário é relativamente pequena, enquanto que, em clima semi-árido sua influência é quase indefinida (LEPSCH, 2002).

O tipo de material originário pode condicionar um bom número de características do solo. A textura do solo e o movimento descendente da água são determinados, sobretudo, pelos materiais originários. A decomposição mineralógica e química da rocha matriz não só determinam a eficácia das forças de intemperismo, como, também, controlam e definem ocasionais parcialmente, a vegetação natural e o tipo de solo resultante (BRADY, 1989).

O relevo influencia o solo resultante condicionando a penetração de água no solo, e com isso interferindo na intensidade de intemperismo. O relevo é um fator que pode influenciar bastante na profundidade dos solos. Em áreas planas, na parte alta do relevo ocorre penetração de grande quantidade de água, com pequena formação de enxurrada, ocasionando uma lixiviação interna bastante grande, com a formação de solos profundos, altamente intemperizados, bastante ácidos e pobres em nutrientes. Em áreas declivosas, a penetração de água é menor, com formação de mais enxurrada, ocasionando uma lixiviação menos intensa, e formando solos mais rasos, menos intemperizados, menos ácidos e com mais nutrientes. Nas áreas de baixada, ocorre ganho de material, seja por meio da enxurrada, seja através do lençol freático, sem ocorrência de lixiviação, formando solos rasos, não muito intemperizados, porém não muito ácidos e normalmente ricos em nutrientes (VIEIRA, 1988).

O fator relevo promove no solo diferenças facilmente perceptíveis pela variação da cor, que podem ocorrer a distâncias relativamente pequenas, quando comparadas com diferenças advindas unicamente da ação de climas diversos. Em sua maioria, resultam de desigualdades de distribuição no terreno da água da chuva, da luz, do calor do sol e da erosão (LEPSCH, 2002).

O relevo é um dos fatores que poderá acelerar ou atrasar o trabalho das forças climáticas. Conforme Brady (1989), nos terrenos planos, sem movimentação, a rapidez na remoção da água em excesso é muito menor do que com topografia ondulada, assim, favorecendo certa erosão natural das camadas superficiais e que se for demasiado extensiva, poderá eliminar a formação de um solo mais profundo. Por outro lado, se a água permanecer numa determinada área durante todo o ano ou parte dele, as influências climáticas tornar-se-ão quase ineficazes na regularização do desenvolvimento do solo.

A superfície de um afloramento rochoso, no qual musgos e líquens começam a se desenvolver sobre uma delgada camada de rocha decomposta. Com o passar do tempo, e não havendo erosão acelerada, as características desse solo começam a se tornar cada vez mais distinta. A exposição do material de origem na superfície pode ocorrer tanto por eventos lentos e contínuos, como pela deposição de sedimentos nas várzeas dos rios, como por fenômenos cataclísmicos (LEPSCH, 2002).

Os organismos compreendem os vegetais, animais, bactérias, fungos, líquens e exercem ações dinâmicas nos processos de formação do solo. Estes organismos exercem ações físicas e químicas sobre o material de origem e continuam a atuar no perfil do solo. Estas ações podem ser classificadas como conservadoras e transformadoras. Ações conservadoras como a interceptação da água da chuva pela parte aérea dos vegetais, o sombreamento da superfície (diminuindo a amplitude térmica), assim como a retenção de solo pelas raízes das plantas. Por outro lado, as ações transformadoras se destacam as ações dos organismos no intemperismo físico e químico das rochas, a mobilização de sólidos (minerais e orgânicos) por animais e a reciclagem de nutrientes e incorporação de matéria orgânica pelos vegetais (VIEIRA, 1983).

Os organismos influem na formação do solo, considerando-se que são fornecedores de matéria orgânica, bem como contribuem com determinados compostos orgânicos que podem promover diferenciação entre alguns solos (Vieira, 1988). Os organismos que vivem no solo são de grande importância para a diferenciação dos seus perfis.

O acúmulo de matéria orgânica, a mesclagem dos perfis de solo, a ciclagem de nutrientes e a estabilidade estrutural são, no seu conjunto, viabilizadas pela presença dos organismos do solo. Além disso, o nitrogênio é adicionado ao sistema dos solos pelos microorganismos, de forma isolada ou em associação com os vegetais (BRADY, 1989).

O tempo é um fator formador de solo, uma vez que essa formação é resultado de reações químicas, bem como da ação das forças físicas de atração de partículas, que demandam tempo para se manifestarem. Certas reações demandam mais tempo que outras,

fazendo com que haja solos que demoram mais tempo para atingirem seu ponto de equilíbrio. O início da formação de um solo ocorre quando uma rocha começa a ser alterada ou um evento de sedimentação se encerra e a partir daí começam a ocorrer os processos de formação do solo (VIEIRA, 1983).

O tempo é e o espaço necessário para que a rocha decomposta possa agir como solo. É variável dependente do clima, relevo, atividade biológica e natureza do material primitivo, portanto, a idade do solo é computada por estágios de evolução do perfil (VIEIRA, 1988).

O tempo necessário para intemperizar uma determinada rocha depende de outros fatores que controlam o intemperismo, principalmente da susceptibilidade dos constituintes minerais e do clima. Em condições de intemperismo pouco agressiva, é necessário um tempo mais longo de exposição às intempéries para haver o desenvolvimento de um perfil de alteração. O tempo necessário para o solo atingir o “Steady State” irá variar de acordo com a propriedade do solo que está sendo estudada, o material originário e o tipo de perfil que se forma em meio ambiente particular. As propriedades de um horizonte A se desenvolvem rapidamente enquanto que as propriedades do horizonte B se desenvolvem mais vagorosamente. A interação do tempo com os diversos fatores que exercem influencia sobre a formação de solo (LEPSCH, 2002).

2.2 Ação humana na formação dos solos

As atividades humanas exercem grandes influencia sobre a formação do solo, alterando as características do solo. Os processos de formação ou destruição dos solos induzidos pela atuação do homem são chamados metapedogénicos ou antrópicos. A remoção da vegetação natural, mediante corte das arvores ou cultivo do solo, modifica de forma abrupta os fatores de formação do solo. Irrigação em região árida, do mesmo modo que adubações com fertilizantes e calagem, exercem influencias drásticas sobre os fatores de formação do solo com baixa fertilidade. Embora a atividade humana se tenha exercido apenas em recente época geológica, sua influência é significativa, em certos processos de formação do solo (BRADY, 1989).

O revolvimento do horizonte A (pela aração e outros cultivos) e aplicação de resíduos urbanos e industriais. O homem modifica algumas propriedades do solo através da adição de matéria orgânica; realização de trabalho mecânico provocando desequilíbrio na porosidade e estrutura do solo; remoção das camadas superficiais do solo; desmatamento; queimada; manejo inadequado, entre outras (Vieira, 1988). Essas Atividades humanas podem resultar num efeito benéfico ou maléfico inclusive os fatores de gênese do solo.

Os efeitos benéficos estão relacionados em função da conservação, da recuperação e/ou do melhoramento do solo para seu uso agrícola; os efeitos maléficos relacionam-se a degradação das características dos solos, destruindo ou tornando-os improdutivos.

2.3 Formação de terra preta arqueológica

Segundo Eden et al. (1984) as terras pretas arqueológicas foram formadas a partir da ocupação prolongada por populações de terra firme. Elas resultam de acumulação de detritos domésticos em áreas de assentamentos e só, posteriormente, são vistos como solos favoráveis para o cultivo. Sendo fósforo, em particular, o elemento mais utilizado como indicador da presença de sítios arqueológicos e presença humana prolongada.

Terra Preta Arqueológica (TPA) e a Terra Mulata (TM) podem ser encontradas desde as bases inclinadas das montanhas das Cordilheiras dos Andes até a Ilha de Marajó no Oceano Atlântico, inserida em uma variedade de solos e paisagens, em dimensões que podem variar de menos de um hectare até alguns quilômetros quadrados (Woods & McCann, 1999). Praticamente em quase toda a Amazônia pode-se encontrar manchas de solos conhecidas como terra preta arqueológica ou terra mulata, caracterizada por um tipo de solo de terra firme, com uma camada superficial bastante espessa de coloração preta ou marrom escura, contendo pedaços de cerâmicas, sendo reconhecido regionalmente como um solo com alta fertilidade (SOMBROEK, 1966).

Os solos de Terra Preta Arqueológica são formados por um grande depósito estável de matéria orgânica no solo, constituído por aproximadamente 30% de carbono preto, originado a partir da queima incompleta da biomassa. Esse carbono pode provavelmente ser o responsável pela alta capacidade de estoque de nutrientes na TPA e esta alta capacidade de acumulação de nutrientes proveniente desses solos. Com o passar do tempo, o carbono preto é parcialmente oxidado na superfície, e grupos carboxílicos com valores parcialmente baixos de PK_A (e.g PK_A do ácido metílico 1,40) são produzidos.

Dessa forma o carbono preto é um sustentável e efetivo trocador de cátion e, presumidamente, responsável pela elevada capacidade de estocagem de nutrientes de terra preta, quando comparados com os oxisols (latossolos) de que eles se originam. O aparecimento da alta capacidade de estocagem de nutrientes da TPA, provenientes em parte de resíduos da combustão incompleta de materiais das plantas oriundas de atividades microbianas, pode ser o fator responsável pela manutenção da grande fertilidade desses solos, mesmo depois de abandonados há centenas de anos atrás. (GLASER et al, 2000).

As TPA's se distinguem de outras classes de solos por apresentarem usualmente valores mais elevados de pH, CO, P disponível, Ca+Mg, T e saturação por bases (V), em relação aos Latossolos e Argissolos amazônicos. No que diz respeito aos micronutrientes, os horizontes A de TPA apresentam teores de Zn e Mn mais elevados em relação aos horizontes subjacentes e a solos não antropogênicos de terra firme (KERN & KAMPF, 1989; KERN & COSTA, 1997; LIMA et al., 2002).

Os solos de terra preta têm uma alta fertilidade química reflexo de uma prolongada ocupação humana. Nesses solos existem vestígios de ocupação humana, com a presença de fragmentos de artefatos cerâmicos e líticos, restos de fauna e flora. Estes solos ocorrem associados a uma variedade de solos de terra firme, próximos aos cursos d'água em posições topográficas que geralmente permitem uma grande visibilidade da região circunvizinha (Eden et al. 1984), bem como com padrões distintos da vegetação (Kern & Kampf, 1989). A profundidade orgânica é maior no centro da mancha circular, como são encontrados estes solos diminuindo à medida que se se aproxima dos limites com o Latossolo Amarelo, textura muito pesada.

Nos solos de TPA a matéria orgânica é constituída por resíduos de plantas e animais em vários estágios de decomposição, células e tecidos de organismos do solo, e substâncias produzidas pelos micróbios do solo. A matéria orgânica do solo contribui nos processos de troca de cátions, retenção de água, estabilidade do pH, além de contribuir para a alta fertilidade do solo, pelo aumento da retenção de água, e nutrientes, estruturação e friabilidade do solo aparente nas TPA's que formam microssistemas próprios, que não se exaurem facilmente, mesmo nas condições tropicais em que estão expostos ao longo do tempo (WOODS et al, 2000).

A gênese dos solos de Terra Preta Arqueológica tem motivado contraditórias discussões e existem várias hipóteses que são defendidas por vários autores:

Para Hart (1885) contido em Hilbert (1955), as TPA's teriam sido antigas moradias de indígenas, impulsionados para o local devido esses solos apresentarem uma alta fertilidade.

Segundo Faria (1946), a origem da TPA é considerada puramente geológica, tendo sido formada a partir de sedimentos depositados em fundos de lagos já extintos ou pelo processo de decomposição de rochas vulcânicas.

Contudo a distribuição das áreas de TPA's não obedece a um padrão geológico, sendo totalmente aleatórias e podem ser encontradas nos mais diversos níveis topográficos; além

disso, a presença de fragmentos de cerâmica e os elevados teores de Ca e P, tem colocado tal hipótese em questão.

De acordo com Gouroud (1950) citado por Hilbert (1955) a formação de TPA é de origem arqueológica. Para Cunha Franco (1962) e Falesi (1972 e 1974), as TPA's foram originadas de eventos geológicos ou a partir de fundos de lagos extintos. Segundo Camargo et al, (1941), teriam se formado a partir de cinzas vulcânicas, no entanto, para Cunha Franco (1962) as TPA's originaram-se de lagos antigos, em cujas margens, os povos pré-históricos habitavam usando-os para fermentar mandioca e como suprimento de água para cozer alimentos e ainda, neles depositavam grande parte de fragmentos de cerâmica e lixo da aldeia. Este último baseou-se na configuração das áreas e distribuição em profundidade, de forma mais ou menos circular, como uma lente enterrada com a parte plana para cima, além de estarem situadas em locais secos afastados das margens dos rios.

De acordo com Sombroek (1966) que considera que a fertilidade destes solos é atribuída, unicamente, a ocupação indígena prolongada isto é comprovado por diversos fatores, tais como a textura variável das TPA's, mas similar aos solos das áreas adjacentes, a composição da fração argila, bem como a profundidade do subsolo (horizonte C) dos perfis das TPA's e solos adjacentes.

Ranzani et al (1962) e Andrade (1986) caracterizaram o horizonte A do solo de TPA como efeito de enriquecimento proposital de nutrientes ao solo por intermédio de práticas de manejo. Para o primeiro autor considera que a fertilidade está relacionada à prática de uso satisfatório da terra por povos de origem indígena, que é composta por cinzas de animais. O autor sugere três hipóteses antrópicas para gênese das TPA's da região de Araruama – Colômbia: poderiam ter sido locais de decomposição de lixo, locais de cultivo ou locais de moradias. As duas primeiras hipóteses consideram que o solo ficaria enriquecido propositalmente. A terceira hipótese foi descartada por Andrade (1986), devido não ter evidenciado nenhum indicio de compactação.

No entanto, existem aqueles que defendem que os solos com TPA relacionar-se-iam a antigos assentamentos indígenas, resultados da ocupação humana passada, (GOUROUD, 1950, SOMBROEK, 1966 e um grupo arqueólogos HILBERT, 1955; KERN 1988; SIMÕES 1972 e 1982; PEREIRA et al 1986; CORREA, 1987; SIMÕES e CORREA 1987 e SIMÕES e MACHADO, 1987).

Para Simões (1982) a subsistência dos grupos pré-históricos estava relacionada ao cultivo de grãos e raízes completadas com a pesca, caça e coleta, possibilitando a uma

permanência mais duradoura no local. Frequentemente, enterravam seus mortos em umas funerárias depositados dentro da aldeia.

2.4 Características dos solos estudados

Os solos do Estado do Pará segundo do Vieira *et al.* (1971) são classificados em três grandes grupos: solos bem drenados, solos hidromórficos e solos em desenvolvimento. Os solos “bem drenados”, que também podem ser chamados de terra firme, ocupam as maiores áreas dentro do Estado, tendo grande potencial para cultivos de culturas anuais e perenes. São exemplos deste grupo: os Latossolos e Argissolos Podzólicos. No grupo dos “hidromórficos” também são encontrados alguns solos de grande importância, como os Gleissolo úmico e glei pouco úmico, de ocorrência principalmente nas áreas de várzeas amazônicas.

Os Latossolos são os solos de maior ocorrência na região, sendo caracterizados como solos minerais geralmente ácidos, profundos, (mais de 2,0 m de profundidade), de boa drenagem, bastante envelhecidos e ácidos a fortemente ácidos (VIEIRA *et al.*, 1988).

São álicos, havendo a predominância de argila do tipo 1:1 do grupo caulinita, apresentando mais de 50% de saturação com alumínio extraível, com baixa soma de bases trocáveis e baixa capacidade de troca de cátions. Apresentam seqüência de horizontes do tipo A, B e C, sendo o horizonte A, moderado, ocorrendo também o proeminente sobrejacente a um horizonte B latossólico de difícil diferenciação dos horizontes genéticos, são formados a partir de antigos sedimentos de natureza argilosa e argila - arenosa do período terciário/cretáceo e em alguns casos se sobrepõe a uma camada descontínua de argila impermeável, estando separados geralmente por uma camada de seixos rolados em pequenas áreas (LEPSCH, 2002).

São solos muito profundos de cor vermelha, alaranjada ou amarela, muito porosos, com textura variável, baixa capacidade de troca de cátions e fortemente intemperizados. Os teores de óxidos de ferro e alumínio são bastantes variáveis. As características morfológicas mais marcantes são as grandes profundidades, porosidades e as pequenas diferenciações entre horizontes, com transição gradual ou difusa e textura praticamente uniforme em profundidade. São destituídos de horizonte “B” de acúmulo de argila. São encontrados mais comumente nas regiões de clima tropical-úmido, sendo solos bastante envelhecidos, estáveis e muito intemperizados. Esses solos são formados pelo processo de lavagem e perda de sílica e bases resultando daí na concentração de sesquióxidos de ferro e alumínio.

Os Latossolos são solos minerais, com horizontes B latossólico (Embrapa, 2006), muito profundos, poroso, ácidos, friáveis, bem drenados com classe de textura argilosa.

A classe de textura varia de média a média, argilosa e muito argilosa. Para Embrapa/FAO (1991), as diferenças básicas entre as classes de Latossolos, referem-se à cor e ao teor de ferro total. As cores do horizonte B latossólico, para os Latossolos Amarelos se encontram variando nos matizes 7,5YR e 10YR, com teores de óxido de ferro total inferior a 70 g kg^{-1} de solo; para os vermelho-amarelos ocorreu nos matizes que estão entre 4YR e 6YR com teores de óxidos de ferro total até 110 g kg^{-1} de solo; para os vermelhos, os matizes são mais vermelhos que 4YR e os teores óxidos de ferro total são maiores que 110 g kg^{-1} de solo.

Os Podzólicos, atuais Argissolos, estão representados pelas classes dos amarelos, vermelho amarelo, vermelho podendo ser típicos, concrecionários, cascalhento, plíntico e abrupticos. Estes solos, de acordo com o material de origem e o estágio de intemperismo, podem ser distróficos ou eutróficos. Entretanto os distróficos são os mais comuns na Amazônia (EMBRAPA/FAO, 1991).

De acordo Rodrigues (1999), dentre a classe Argissolos de maior ocorrência na Amazônia são as classes Vermelho Amarelos e Amarelos abrangendo uma superfície de aproximadamente 20,70% do total. Estes estão caracterizados pela ocorrência de horizonte B textural, alta relação textural B/A (acima de 1.5) e baixo grau de flocculação, baixa fertilidade, podendo ser distrófico ou álico, com argila de atividade baixa ou alta. São solos de profundidade mediana (1,5 a 2,0 m), com perfis bem desenvolvidos, moderadamente a bem intemperizados, apresentando comumente diferenciação marcante entre os horizontes. Possui um horizonte “B” vermelho a vermelho-amarelado, que mostra claramente a acumulação de argila translocada do horizonte “A” pela ação da água gravitativa. Ocorre em regiões de florestas, de clima úmido, sendo mais encontrado no Brasil o podzólicos vermelho-amarelo que freqüentemente ocorre associado à Latossolo. Ocorre em situação de relevo mais acidentado que o Latossolo além de possuir melhor fertilidade natural, sendo este grande grupo derivado de gnaisses e granitos (LEPSCH, 2002).

Os Argissolos Amarelos encontrados em Barcarena são ácidos, distróficos, profundos, bem drenados, bastante espesso com pequena diferenciação morfológica entre eles, friável, com incremento marcante de argila nos horizontes subsuperficiais, evidenciando a presença de textura binária arenosa/ média e médio-argilosa entre os horizontes A e B. Compreendem solos formados por material com argila de baixa atividade, apresentando um horizonte do tipo B textural subjacente (Embrapa, 2006) sob um horizonte superficial do tipo A ou E. A profundidade é variável, podendo ser fortemente a imperfeitamente drenados.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização ambiental da área

3.1.2 Localização

O município de Barcarena está situado, na região do Baixo Tocantins, a noroeste do estado do Pará, inserido na microrregião geográfica de Belém (Brasil, 1974), situado a 14m de altitude e distando de Belém em linha reta 25 km, sendo delimitada pelas seguintes coordenadas 01° 11' 30" e 01° 42' 00" de latitude Sul e 48° 26' 15" e 48° 50' 10" e longitude oeste de Greenwich, ocupando uma área de aproximadamente 1.316,2km. O município de Barcarena limita-se ao norte e a leste com a baía de Marajó, ao sul com os municípios de Abaetetuba, Moju e Acará e oeste com a Baía de Guajará.

O município de Breu Branco localiza-se a uma latitude 03° 19' 59" e 4° 03' 53" sul e a uma longitude 48° 56' 07" e 51° 40' 19" oeste de Greenwich, estando a uma altitude de 111 metros. Sua população estimada em 2004 era de 42 337 habitantes. Possui uma área de 3989,399 km². Pertence à mesorregião Sudeste Paraense e à microrregião de Tucuruí. Fazendo limites ao Norte com os Municípios de Baião, Moju e Tailândia; a Leste com os Municípios de Ipixuna do Pará e Goianésia do Pará; ao Sul com o Município de Goianésia do Pará e a oeste com o Município de Tucuruí.

3.1.3 Clima

O clima do município de Barcarena é tropical chuvoso do tipo Af_i, da classificação de Köppen, que é caracterizado por apresentar precipitação mensal, superior a 60 mm. A temperatura média é de 26,3°C. A precipitação total média anual é de 2.500mm, sendo que o período de maior índice de precipitação pluviométrica ocorre no período de janeiro a julho e de menor precipitação ou estiagem de agosto a dezembro. A velocidade média do vento é em torno de 1,23m/seg. A umidade relativa do ar apresenta-se elevada na maioria dos meses, com média de 86% (BASTOS, 1972; SUDAM, 1984).

A temperatura média anual é de 26°C e a temperatura média das máximas é de 31,4°C. A insolação é de 2.400horas/ano, sendo que no período mais chuvoso a insolação média é de 125 a 150 horas e no período de estiagem, de 175 a 250 horas mensais.

Segundo Guedes (1980) a localização geográfica do município de Barcarena fica próximo a linha do equador e de grandes massas líquidas, como a baía de Marajó, que contribui para uma homogeneidade climática durante o ano inteiro, apresentando pequena variação anual na temperatura e da umidade relativa do ar. Por outro lado, no município de

Breu Branco o clima é Equatorial super-úmido do tipo Am, na classificação de Köppen, no limite de transição para o Am.

A temperatura média anual é de 26°C, e a média das máximas é de 32°C. Nesse município a umidade relativa apresenta-se elevada, com uma estação chuvosa e uma seca (SEICOM, 2004).

3.1.4 Geologia

A geologia do município de Barcarena é representada por dois períodos geológicos: Quaternário e Terciário. O período quaternário é representado por depósitos aluvionares recentes, constituídos por cascalhos, areias e argilas inconsolidadas. Aparecem como faixa estreita e, às vezes descontínuas ao longo dos rios.

O Período Terciário é representado por depósitos da Formação Barreiras constituídos por depósitos siliciclásticos (conglomerado, arenito, agilito) continentais, pouco ou mal selecionados de idade Pliopleistocênico. Entretanto, estudos enfatizando a análise de fácies na Região Bragantina revelaram uma variedade de feições sedimentares atribuídas a processos de maré (ROSSETTI & GÓES, 1989, ROSSETTI et al, 1990).

A formação Barreiras inclui também depósitos conhecidos como Pós-Barreiras representados por arenitos de granulação fina e muito fina de coloração amarelada que em parte foram formados por processos eólicos (ROSSETTI & GÓES, 1989).

A estrutura geológica do Município de Breu Branco é representada pelas áreas cristalinas correspondente ao Complexo Xingu (granitos, migmatitos, metabasitos, granadoritos, etc.). Grupo Araxá (muscovita xistos, biotica, xistos, metagrauvas e intercalações correspondentes ao de quartzitos); Grupo Tocantins (filitos, xistos, metagrauvas, quartzitos, itabiritos, corpos ultrabásicos) e por áreas com sedimentos Terciários da Formação Barreiras e Quaternárias recente (SEICOM, 2004).

3.1.5 Geomorfologia

No que se refere às formas de relevo do município de Barcarena dominantes na região destacam-se duas unidades morfoestruturais: Planalto Rebaixado da Amazônia e Planície Fluvial. O Planalto Rebaixado da Amazônia conhecido como Planalto Baixo Costeiro apresenta altitudes rebaixadas, em torno de 60m, relevo tabulares por erosivo, constituído por sedimentos Barreiras e Pós-Barreiras (Rossetti et al., 1990), localizando-se ao Sul do “Litoral de Rias”.

Neste planalto estão compreendidos relevos planos e suave ondulado onde predominam a classe de solos Latossolos e Argissolos, geralmente com revestimento florístico de vegetação secundária. A Planície Fluvial caracterizando-se pela presença de relevo formado por sedimentos holocênicos, que são encontrados em relevos de topografia plana, na qual, destacam-se a vegetação de mangue nas regiões estuarinas, seguido da formação de várzea margeando os rios (BRASIL, 1974).

O relevo da área do município de Breu Branco é representado por áreas dissecadas de colinas e topos aplainados, superfícies pediplanadas em rochas sedimentares (tabuleiros), rebordos erosivos e pelos contrafortes da Serra do Trocará, inseridos, morfoestruturalmente, insere-se na unidade que corresponde à Depressão Periférica do Sul do Pará.

O município de Breu Branco apresenta variações medianas em seus níveis altimétricos. Suas maiores altitudes chegam a alcançar 174m e o mais baixo 14m (SEICOM, 2004).

3.1.6 Vegetação

A cobertura vegetal da região de Barcarena é constituída principalmente por duas topologias vegetais: floresta umbrófila densa e floresta aluvial. Entretanto, atualmente seu revestimento florístico caracteriza-se principalmente, por florestas secundárias (BRASIL, 1974).

O revestimento florístico do planalto baixo costeiro constituiu-se atualmente de esparsos resquícios de vegetação primária, com quase sua totalidade recoberta por vegetação secundária representada por capoeiras em vários estágios de desenvolvimento (GUEDES 1980; IDESP, 1984; RODRIGUES 1986).

A cobertura vegetal original do município de Breu Branco era constituída de florestas tropicais úmidas, com subtipos de floresta aberta latifoliada, densa de platô, densa de terraços e floresta submontana. Em vários trechos a floresta primitiva foi derrubada para comercialização da madeira e posteriormente queimada para limpeza do terreno com finalidade de formação de pastagens ao forrageamento animal na pecuária de corte e para o cultivo de subsistência, ensejando neste caso, o aparecimento de floresta secundária (capoeiras) em diferentes estágios de regeneração (SEICOM, 2004).

3.1.7 Solos

No município de Barcarena predominam unidades geomorfológicas de baixas topografias: O Planalto Baixo Costeiro e Planície Aluvial são constituídos de sedimentos dos períodos Terciário e Quaternário, respectivamente.

A estrutura geológica do município e a disposição do modelado favorecem o predomínio das classes Argissolos Amarelos Distrófico de textura média, Latossolos Concrecionários, Neossolos Quartzarênios e Neossolos Flúvicos (BRASIL,1974; IDESP,1983 e 1984).

Os solos de Breu Branco apresentam características de Argissolos Amarelos, Argissolos Vermelho-Amarelos distrófico, Latossolos Amarelos, de textura média /argilosa, Neossolos Litólicos, e Latossolo Vermelho-Amarelos, textura média e argilosa, aparecendo, também Gleissolos (SEICOM, 2004).

3.1.8 Hidrografia

Segundo Guedes (1980) a disposição da drenagem no sentido NW-SE no baixo Amazonas, comumente encontra-se associada à tectônica de falhas e fratura, que afetou o espesso pacote de rochas sedimentares que constituem o substrato geológico regional.

Na hidrografia do município de Barcarena destaca-se a influência da Baía de Marajó que permite o acesso do município com o Oceano Atlântico, da Baía do Guajará, Rio Carnapijó e Rio Barcarena as margens do qual se localiza a sede municipal.

Os principais cursos d'água encontrados em Breu Branco são os rios Tocantins e o Moju. O Tocantins apresenta como principais afluentes no Município de Breu Branco os igarapés Grande, Moru, Jacundá e Aratera. Os principais afluentes do rio Moju são os igarapés Mojuzinho, Grotão do Sabino, Terê e o Igarapé Pitinga ou Repartimento (SEICOM, 2004).

3.2 Escolha e Seleção dos Sítios

Os trabalhos de campo foram realizados em sítios arqueológicos situados nos municípios de Barcarena e Breu Branco, Estado do Pará (Figura 1). No município de Barcarena foram selecionados os sítios Ba1, Ba2 Ba3, os quais estão situados no terraço da margem direita da Baía do Guajará, e os no município Breu Branco, os sítios BB1 e BB2, estão localizados no platô á margem esquerda do rio Tocantins, todos sob a linha de transmissão de Energia Elétrica de Tucuruí para a cidade de Belém, Estado do Pará. Os quais foram identificados anteriormente pela Scientia Ciência Consultoria S/A (2004), sob a linha

de Transmissão de Energia Elétrica de Tucuruí - UHT. Os sítios arqueológicos foram selecionados pela sua representatividade na área e pelo seu estado de conservação.

Nos sítios foram coletadas amostras dos miniperfis nas profundidades de 10-20 cm, nos sítios de Barcarena foram escolhidas transectos na direção norte - sul e leste-oeste, para análises química e física. Foram escolhidas amostras de pontos equidistantes nos limites de alguns sítios, para realização de análise visando à distribuição e variabilidade espacial de alguns elementos dentro dos sítios como: Ca+Mg, K, Na, Al, pH, P e MO, espessura do horizonte A antrópico, distribuição espacial dos elementos químicos e de fragmentos de cerâmica e outros.

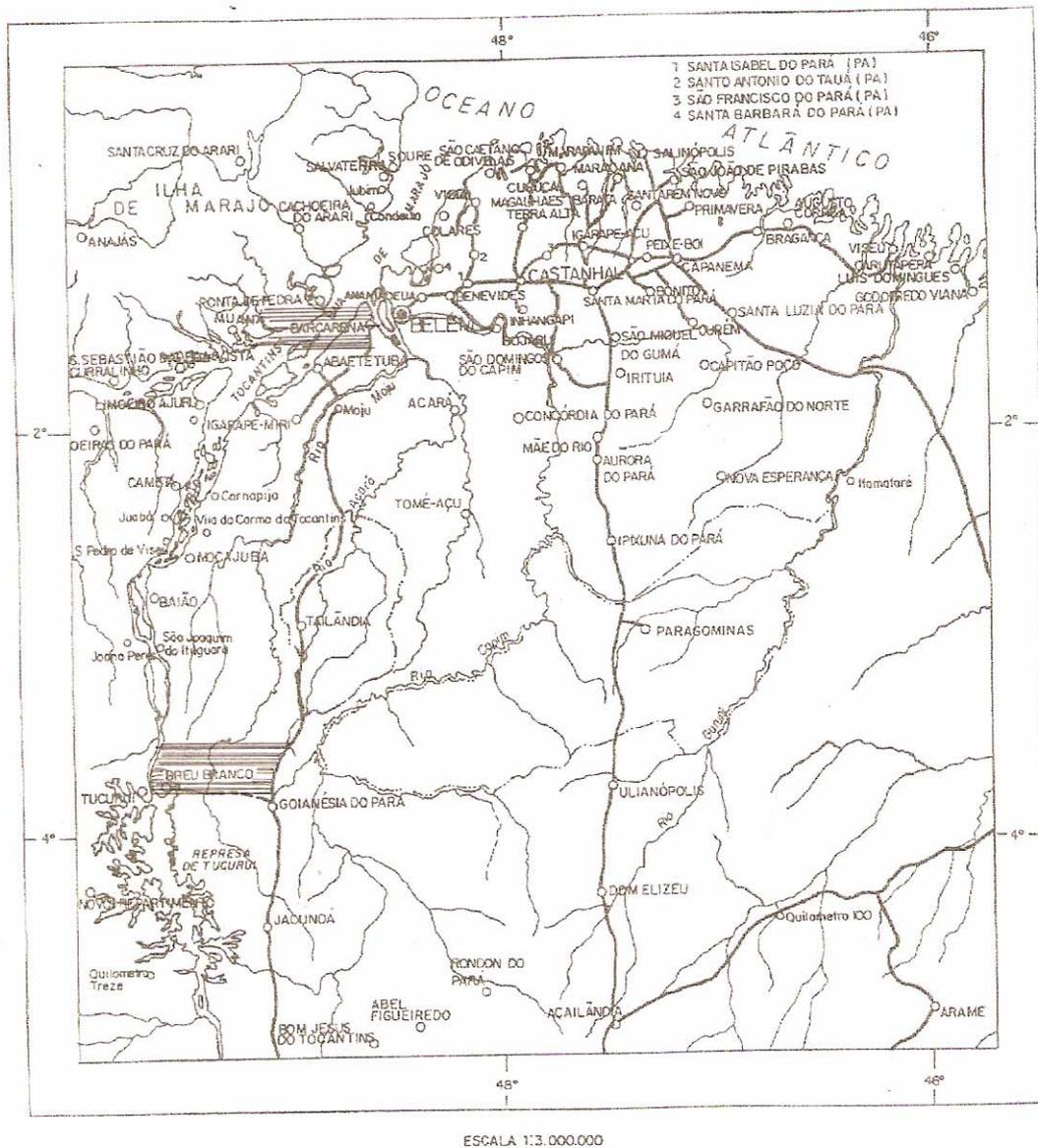


Figura 1 – Mapa do Estado do Pará, mostrando a localização dos municípios de Barcarena e Breu Branco, Estado do Pará.

3.3 Coleta de Amostras de Solos

No município de Barcarena foram abertos e descritos seis perfis trincheiras no interior e área adjacente (AD's) de três sítios Ba1, Ba2 e Ba3 e com perfis de TPA1 e AD1, TPA2 e AD2 e TPA3 e AD3 respectivamente em Barcarena e no município de Breu Branco em dois perfis nos sítios BB1 e BB2, AD4 e TPA respectivamente, totalizando oito perfis e coletadas 57 amostras de solos (deformadas) e 84 amostras de solos (indeformadas) para caracterização dos solos. Além dessas coletas foram coletados e analisados amostras de solos nas profundidades de 10 – 20 cm nos sítios de Breu Branco 2, realizando observação da cor e da quantidade de cerâmica, além da distribuição espacial de alguns atributos químicos.

A descrição dos perfis e coleta das amostras de solos foi feita seguindo as normas adotadas pela Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (SBCS) (LEMOS & SANTOS 2002, ESTADOS UNIDOS, 1994).

As determinações das cores foram feitas pela comparação da amostra do solo úmido com a carta de cores de Munsell (Munsell, 2002). Além dos perfis, foram coletadas amostras superficiais nas profundidades de 0-10, 10-20, 20-40 ou 40-60 em formato de malha de 20x20m, 30x30m ou 40x40m, no sentido norte-sul e leste-oeste, para delimitação da área dos respectivos sítios, que se encontram sob o linhão de transmissão de energia elétrica da Usina de Tucuruí, identificados pela SCIENTIA CIÊNCIA CONSULTORIA S/A (2004).

3.4 Métodos de Laboratório

3.4.1 Métodos Analíticos

Nas áreas adjacentes e áreas de mancha de terra preta foram abertos perfis completos com 2,00 m de profundidade para caracterização química, físico-hídrica e classificação dos solos. Foram coletadas nos perfis amostras deformadas e amostras indeformadas em 3 (três) repetições nas profundidades de 0-10, 10-20, 20-40 e 40-60 cm dos perfis. Também foram abertos e coletados miniperfis com 50 cm de profundidade e coletadas, caracterização físico-química.

3.4.2 Preparação de amostras

As determinações analíticas das amostras deformadas e indeformadas foram realizadas no Laboratório de Solos da Embrapa Amazônia Oriental para caracterização físico-química e físico-hídrica dos solos, de acordo com procedimentos contidos no manual de Métodos de análises de Solos (EMBRAPA, 2006).

3.4.3 Análises físico-hídricas:

As análises físico-hídricas constam das seguintes determinações:

Densidade do solo (D_s) - foram realizadas pela utilização de amostras indeformada em anel volumétrico de capacidade interna de $0,1 \text{ dm}^3$ aquecida em estufa a 105° C , sendo calculada pela fórmula:

$$D_s = M/V \text{ em kg dm}^{-3}$$

Onde:

M = massa seca em kg

V = volume do cilindro, em kg dm^{-3} .

Densidade real (D_r) - foi determinada pelo método do balão volumétrico com utilização de álcool etílico, como líquido penetrante, para obtenção do volume do solo, calculado pela fórmula:

$$D_r = M/V_b - V_a \text{ em kg dm}^{-3}$$

Onde:

M = massa de amostras do solo em kg

V_b = volume do balão, em dm^{-3} ,

V_a = volume total de álcool em dm^{-3} .

Porosidade Total (P_t) – foi determinada pela fórmula:

$$P_t = (D_r - D_s / D_r) \times 100$$

Onde:

D_s = densidade do solo, em kg dm^{-3}

D_r = densidade real, em kg dm^{-3}

Microporosidade (Mic) – Foi determinada em amostras indeformadas em anel volumétrico de 100 cm^{-3} , sobre placa porosa em panela de pressão, na tensão de 60 cm de água.

Macroporosidade (Mac) – foi obtida pela diferença entre a porosidade total e microporosidade.

Retenção de água (Ra) – A retenção de água nos potenciais de -6, -10, -30 e -100 kPa foi determinada com amostras indeformadas, previamente saturadas com água, dispostas em placa de cerâmica porosa, mediante a aplicação das referidas pressões, em equipamento apropriado conhecido como “Câmara de Richards”..

A água retida a -1500 kpa foi obtida em amostras deformadas, submetidas ao mesmo procedimento. Com esses pontos (θ , ψ) determinados, procedeu-se ao ajuste das curvas de retenção de água, de acordo com o modelo proposto por Van Genuchten (1980), representado pela equação:

$$\theta = \theta_r + \frac{\theta_s - \theta_r}{\left[1 + (\alpha \cdot |\psi_{mat}|)^n\right]^m} \quad (1)$$

Onde:

θ = umidade do solo ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$)

θ_r = umidade volumétrica residual ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$)

θ_s = umidade volumétrica solo saturado ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$)

ψ_{mat} = potencial mátrico (kPa);

α , m , n = parâmetros da equação.

O ajuste foi efetuado por dois métodos que corresponde $\theta_s = \theta_{max}$, com $\psi_m = 0$ e, $\theta_r = \theta_{min}$, com $\psi_m = -1500$ kPa.

No cálculo da água disponível foram considerados, respectivamente, como capacidade de campo (CC) e ponto de murcha permanente (PMP) os potenciais mátricos -6 e -1500 kPa.

3.4.4 Análises Granulométricas e Químicas

As análises granulométricas e químicas foram realizadas em amostras deformadas, na forma de terra fina seca ao ar (TFSA), proveniente do fracionamento subsequente à preparação da amostra de solo.

Análises granulométricas – Compreenderam as determinações da composição granulométrica da terra fina em dispersão com NaOH, pelo método da pipeta, nas frações areia grossa, areia fina, silte e argila total. Foi também determinada a fração argila dispersa em água.

Análises químicas: Determinou-se o pH em água e em KCl mol L⁻¹, por eletrodo de vidro em suspensão na proporção solo-líquido 1 : 5; cátions trocáveis representados pelo

cálcio (Ca^{++}), magnésio (Mg^{++}) extraído com KCl mol L^{-1} e determinado absorção atômica, e o potássio (K^+) e o sódio (Na^+) extraídos por HCl $0,05 \text{ mol L}^{-1}$ em proporção 1 : 10 e determinados por fotometria de chama, acidez extraível, incluindo o alumínio, foi extraído com KCl mol L^{-1} e titulado com NaOH $0,025 \text{ mol L}^{-1}$ e indicador azul de bromotimol e o hidrogênio e o alumínio extraído com $\text{Ca}(\text{OH})_2$ mol L^{-1} a pH 7,0 e titulado com NaOH $0,06 \text{ mol L}^{-1}$ e indicador fenolftaleína, sendo o hidrogênio calculado por diferença da acidez extraível menos o Al^{+++} extraível; o fósforo disponível foi extraído com HCl $0,05 \text{ N mol L}^{-1}$ + H_2SO_4 $0,025 \text{ mol L}^{-1}$ e determinado por calorimetria; o carbono orgânico foi determinado por oxidação via úmida com $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ $0,4 \text{ mol L}^{-1}$ e titulado pelo $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2, 6 \text{ H}_2\text{O}$ $0,1 \text{ mol L}^{-1}$ e indicador difenilamina e a matéria orgânica obtida pela fórmula: $\text{MO} = \text{C} \times 1,72$, em g kg^{-1} de solo; o nitrogênio foi determinado por digestão com ácido sulfúrico concentrado catalizado por sulfato de cobre e sulfato de sódio e amônia recolhida em solução de ácido bórico a 4% em câmara de difusão e titulado com HCl $0,01 \text{ mol L}^{-1}$.

Além das determinações físicas e químicas foram calculadas as relações seguintes: relação B/A; relação silte/argila; soma de bases (SB) = $\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++} + \text{K}^+ + \text{Na}^+$; capacidade de troca de cátions trocáveis (CTC); capacidade de troca de cátions trocáveis efetiva (CTC_E); capacidade de troca de cátions trocáveis da fração argila (CTCa); saturação por bases trocáveis (V%) = $\text{SB}/\text{T} \times 100$; saturação por alumínio (m%) = $\text{Al}^{+++}/\text{CTC}_E \times 100$.

Para a determinação dos micronutrientes: Cu, Mn e Zn. Método: Espectrofotometria de absorção atômica (EA A).

Para determinação de alumínio total e ferro Total, todas as análises seguiram a metodologia padrão do Laboratório de Química do Centro de Geociências da Universidade Federal do Pará (2004).

3.5 Análises Estatísticas

Para efeito de análise estatística, foi utilizado o Delineamento Inteiramente Casualizado, obedecendo a um esquema fatorial 4 X 4 com 3 repetições, onde os fatoriais avaliados foram diferentes tipos (Áreas Adjacentes (AD's), Terra Preta Arqueológica (TPA1), Terra Preta Arqueológica (TPA2) e Terra Preta Arqueológica (TPA3) e 4 profundidades (0-10cm, 10-20cm, 20-40cm e 40-60cm) de amostras. Foram realizadas análises dos horizontes dos perfis de solo de todos os sítios arqueológicos nas profundidades de 0 a 2,00 m. As médias obtidas nas análises físicas foram submetidas à análise de variância (ANAVA) e comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade, utilizando o programa SISVAR.

3.6 Classificação taxonômica de solos

Na classificação taxonômica dos solos foram utilizados critérios e características diferenciais para distinção das classes e unidades de mapeamento, segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Embrapa, 1999). Esses critérios possibilitaram a diferenciação de várias classes, para efeito de distribuição de níveis espacial das unidades de mapeamento. Além disso, evidenciam as características e propriedades do solo, que possuem significados práticos de modo a permitir a interpretação e avaliação de suas potencialidades e limitações para utilização em atividades agrícolas e não agrícolas.

As principais características e critérios empregados na diferenciação e subdivisão de classes de solos foram as seguintes:

Tipo de horizonte A - critério que se refere à natureza do desenvolvimento do horizonte A, incluindo o conteúdo de carbono, coloração, saturação por bases, espessura e teor P_2O_5 , especificando os tipos de horizonte A.

- Tipo de horizonte B - horizonte diagnóstico que se refere ao desenvolvimento de características mensuráveis como, estrutura, profundidade, coloração, iluviação de argilas silicatos, concentração de óxidos e hidróxidos de ferro, de alumínio e/ou matéria orgânica, diferenciando em horizonte B textural, B latossólico, horizonte plíntico e horizonte glei.

- Grupamentos texturais - compreende os seguintes: textura arenosa-que se refere às composições texturais areia e areia franca; textura média - que compreende composições granulométricas com menos de 350g de fração argila por quilo de solo e mais de 150g de fração areia por quilo de solo, excluída as classes texturais areia e areia franca; textura argilosa - compreende as classes texturais tendo nas composições granulométricas de 350 a 600 g de fração argila por quilo de solo; textura muito argilosa - compreende classe a textural com mais de 600g de fração argila por quilo de solo; textura siltosa - compreende classes texturais que tenham menos de 350g de fração argila e menor de 150g de fração areia por quilo de solo, respectivamente.

- Saturação por bases trocáveis(V) - refere-se á proporção de saturação por bases trocáveis existente no solo em: caráter distrófico quando a saturação por bases é baixa, valor $V < 50\%$ e caráter eutrófico quando a saturação por bases trocáveis alta, valor $V > 50\%$.

- Saturação por alumínio (m%) - quando a saturação por alumínio, valor m% é superior a 50%, especifica aos solos o caráter álico.

- Atividade de argila - refere-se à capacidade de troca de cátions (CTC) da fração argila. É considerada argila de atividade alta (Ta) aquela cujo valor CTC for $> 27 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ de argila; enquanto que argila de atividade baixa (Tb) é aquela com valor CTC for $< 27 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ de argila.
- Caráter concrecionário - refere-se à presença de horizonte constituído de 50 % ou mais por volume, de material grosseiro com predomínio de nódulos ou concreções de férreo ou de ferro e alumínio, numa matriz terrosa de textura variada ou matriz de material mais grosseiro, com espessura mínima de 30 cm. É identificado como qualquer um dos horizontes: Ac, Bc ou Cc.
- Caráter abruptico - expressa a presença de mudança textural abruptica entre o horizonte A e o horizonte B diagnóstico.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Características Gerais dos sítios

- Sítio arqueológico Barcarena 1.

Segundo o relatório de campo Sciencia 2006, o sítio Barcarena 1 foi escavado em malha de 20 x 20 m apresenta uma ocupação ceramista de relativa densidade 7661 fragmentos. Vale ressaltar que desse número 1034 fragmentos foram retirados da quadra 80D. Sua profundidade média é de 50cm, sendo que na quadra referida a camada arqueológica atingiu 130cm de profundidade. Os exemplares de material lítico são raros entre os fragmentos cerâmicos (Tabela 1).

O sítio Barcarena 1 apresenta forma ligeiramente circular, medindo 240x240m. Está implantado sobre a unidade geomorfológica de planície, que são caracterizadas por relevos de rampas típicas dos tabuleiros paraenses. Segundo o proprietário atual, Sr. Hozana, a área do sítio está sendo ocupada, com pastagens e roçados, por um período superior a 100 anos. Atualmente na área do sítio há plantação de mandioca, pastagem, campo de futebol, residências, estradas vicinais e capoeira baixa, o que evidencia uma intensa atividade antrópica. A drenagem mais próxima é um tributário do rio Barcarena denominado de rio Japiinzinho. O sítio apresenta manchas de solo mais escuro (Figura 2) e material arqueológico (Figura 3).

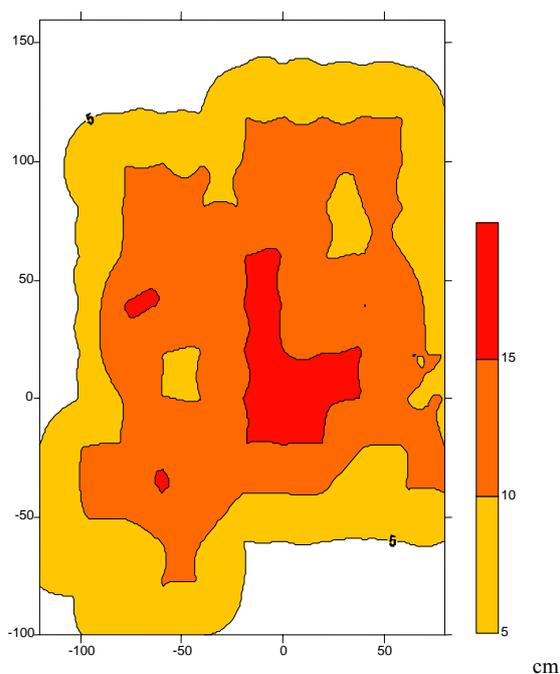


Figura 2 - Manchas de solos mais escuros no sítio Ba1.

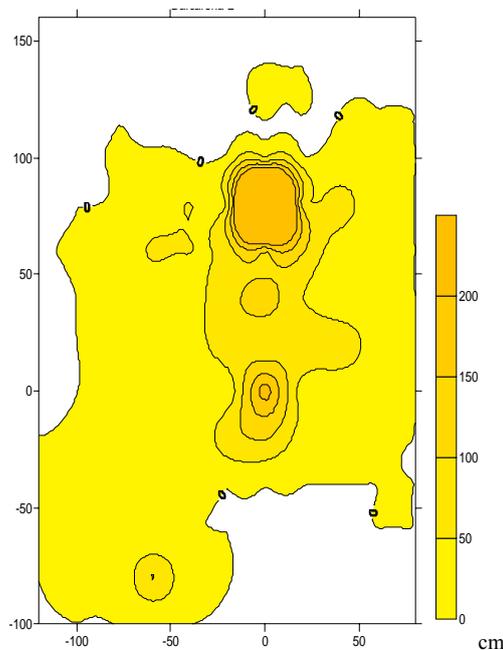


Figura 3- Distribuição do material arqueológico no sítio Ba1.

Tabela 1. Distribuição de fragmentos de cerâmica e líticos nos perfis de solos dos sítios arqueológicos nos municípios de Barcarena e Breu Branco, Estado do Pará.

Prof	TP1			TP2			TP3			TP4			AD1			AD2			AD3			AD4			
	ce	lí	ou																						
sup	2	-	1	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0-10	14	-	-	-	-	-	6	-	-	74	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10-20	51	-	-	7	-	-	57	-	-	786	89	17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20-30	18	-	-	7	-	-	6	-	-	375	31	16	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-
30-40	-	-	-	-	-	-	5	-	-	26	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
40-50	-	-	-	-	-	-	5	-	-	28	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
50-60	-	-	-	-	-	-	10	-	-	22	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
60-70	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
70-80	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
80-90	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
90-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
100-110	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
110-120	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
120-130	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
130-140	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
140-150	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
150-160	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
160-170	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
170-180	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
180-190	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
190-200	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Ce- cerâmica; lí-lítico; ou-outros

- Sítio arqueológico Barcarena 2

O sítio Barcarena 2 foi escavado em malha de 20 x 20m apresenta mancha escura (Figura 4) e a camada arqueológica pouco espessa, (Figura 5) variando de 20 a 30cm, sendo delimitado por 163 quadras, dessas 68 apresentaram-se estéreis não deu material arqueológico) e 95 delimitaram a ocupação humana no sítio. Os fragmentos líticos foram inexpressáveis em meio aos fragmentos cerâmicos. O material encontrado foi composto basicamente por fragmentos cerâmicos e inexpressiva quantidade de material lítico correspondente ao horizonte cerâmico (Tabela 1).

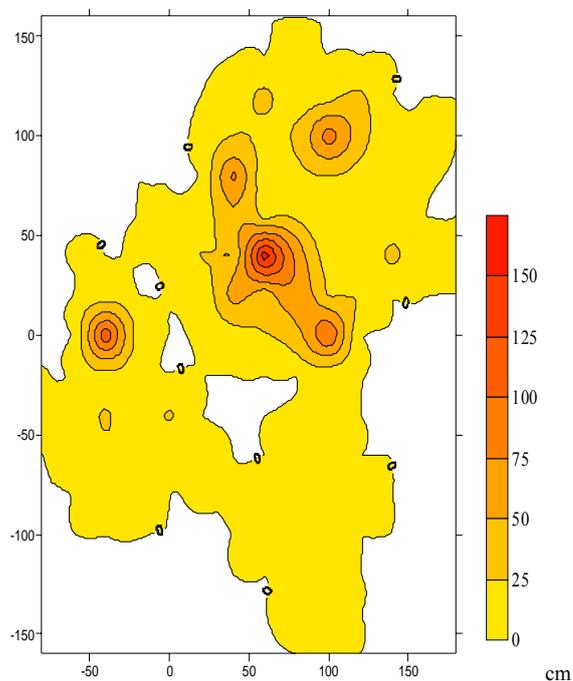
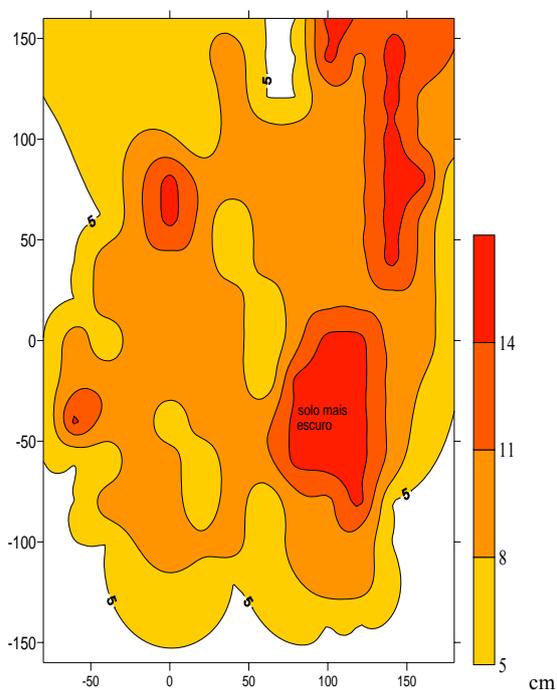


Figura 4-Manchas de solos mais escuros no sítio Ba2 Figura 5 -Distribuição do material arqueológico no Ba2

- Sítio arqueológico Barcarena 3

O sítio Barcarena 3 foi escavado em malha de 20 x 20 m, está implantado em superfície aplainada recoberto por capoeira baixa e áreas de roçado com plantio de mandioca, milho e algumas árvores frutíferas. Nesse sítio ocorre a presença de uma mancha escura (Figura 6) e camada arqueológica pouco espessa, (Figura 7). A camada arqueológica é também pouco espessa, chegando a 30 cm. O sítio foi escavado em malha de 20 x 20m ficando delimitado com 83 quadras, das quais 20 resultaram estéreis. A ocupação ceramista ficou evidenciada em 63 quadras que resultaram em 2986 fragmentos cerâmicos (Tabela 1).

Dos três sítios resgatados o Ba3 foi o que apresentou menor área. O material pré-histórico encontrado é composto basicamente por fragmentos cerâmicos e raros líticos.

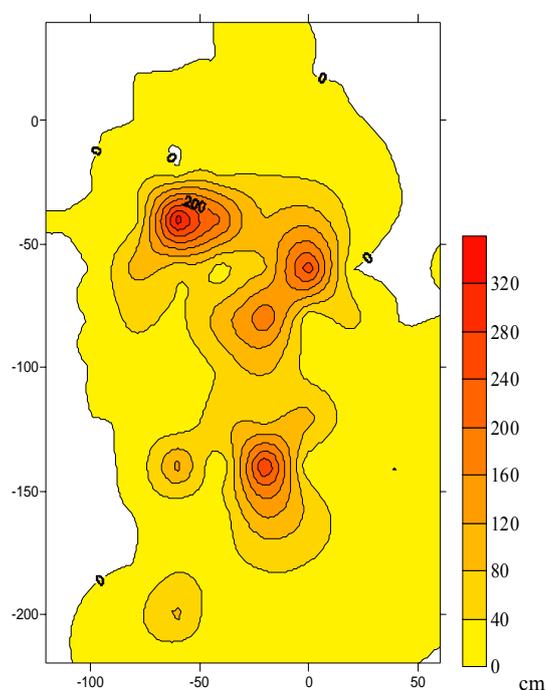
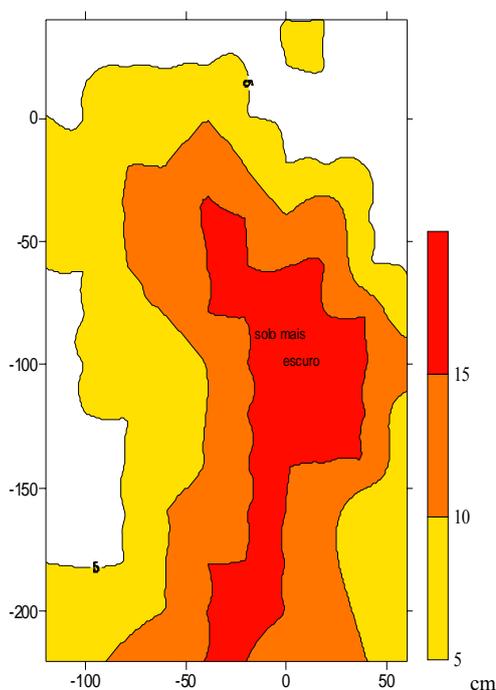


Figura 6-Manchas de solos mais escuros no sítio Ba3 Figura 7- Distribuição do material arqueológico no Ba3

- Sítio arqueológico Breu Branco 1

O sítio arqueológico Breu Branco 1 está implantado na porção superior de um platô, a cerca de 4 km do rio Tocantins (Figura 8). O sítio se estende com forma irregular para a direita, margeando o barranco, em terreno coberto por pasto, com pequenas ilhas de capoeira baixa. O sítio, escavado em malha de 40 x 40 m, foi delimitado com a escavação de 334 quadras, das quais 67 resultaram estéreis. Das sondagens que apresentaram material arqueológico, 79 delimitaram a ocupação ceramista e a ocupação pré-cerâmica esteve presente em 267 quadras.

O sítio apresenta uma ocupação ceramista sub-superficial de baixa densidade, pequena extensão e pouca espessura (0 a 30 cm), fortemente perturbada pela ação antrópica recente. As dimensões e demais características desta parte do registro arqueológico devem ter sido originalmente bem diferentes da forma como se apresentam hoje. Os artefatos líticos são raros em meio aos fragmentos cerâmicos (Tabela 1).

- Sítio arqueológico Breu Branco 2

O sítio arqueológico Breu Branco 2 também está implantado na porção superior de um platô (Figura 9). Está em sua maior parte coberto por pastagem, com trechos de capoeira mais alta em suas extremidades direita e esquerda. O solo apresenta manchas de terra mais escura, em tons diferentes, cuja disposição espacial foi mapeada.

Apresenta uma ocupação ceramista sub-superficial de alta densidade, extensa, espessa (40 a 60 cm) e bem preservada. Artefatos líticos ocorrem em meio aos fragmentos cerâmicos com algumas lâminas de machados (Tabela 1).

O sítio Breu Branco 2 foi escavado em malha de 40 x 40 m e ficou delimitado com 232 quadras, das quais 36 foram estéreis. Das sondagens onde ocorreu material arqueológico, 133 delimitaram a ocupação ceramista, ficando a ocupação pré-cerâmica delimitada por 196 quadras. Da mesma forma que no sítio anterior, o material é composto basicamente de artefatos líticos, inteiros, fragmentados, completos ou inacabados, além de amostras de matéria-prima e várias estruturas de fogueira.

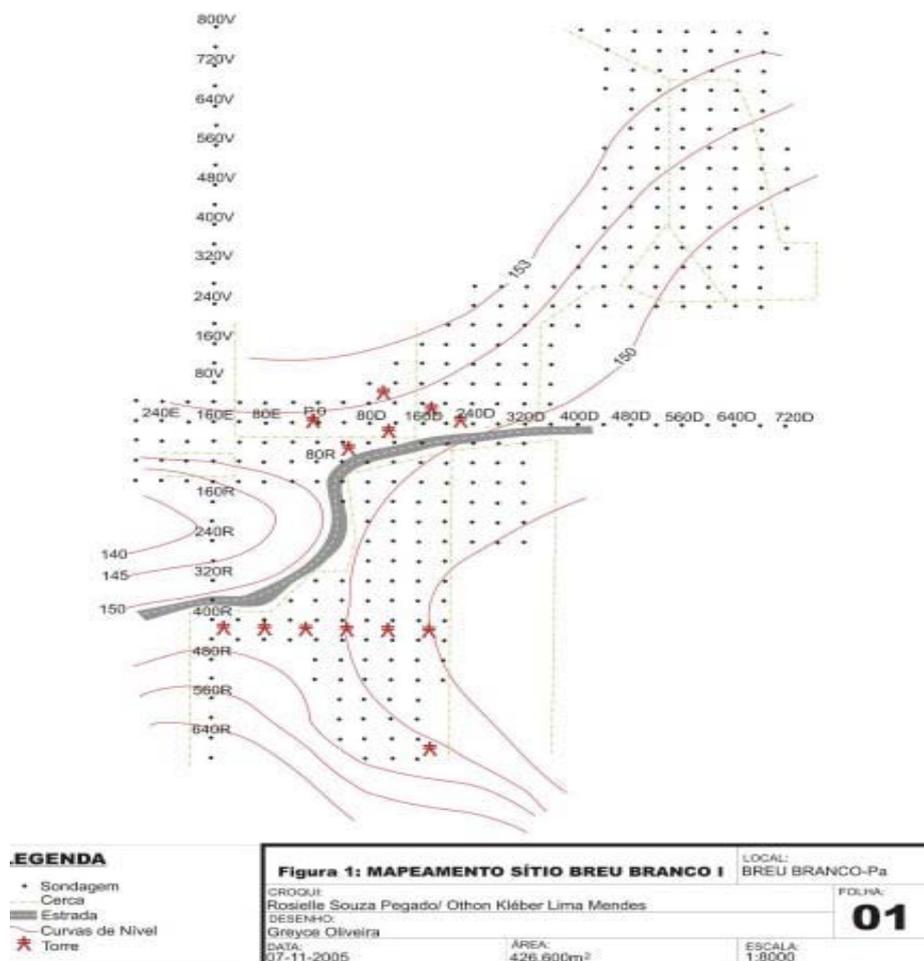


Figura 8: Mapeamento do Sítio Breu Branco 1.

Fonte: Scientia Consultoria - Relatório Parcial 1: Projeto de Salvamento de sítios arqueológicos. 2005.

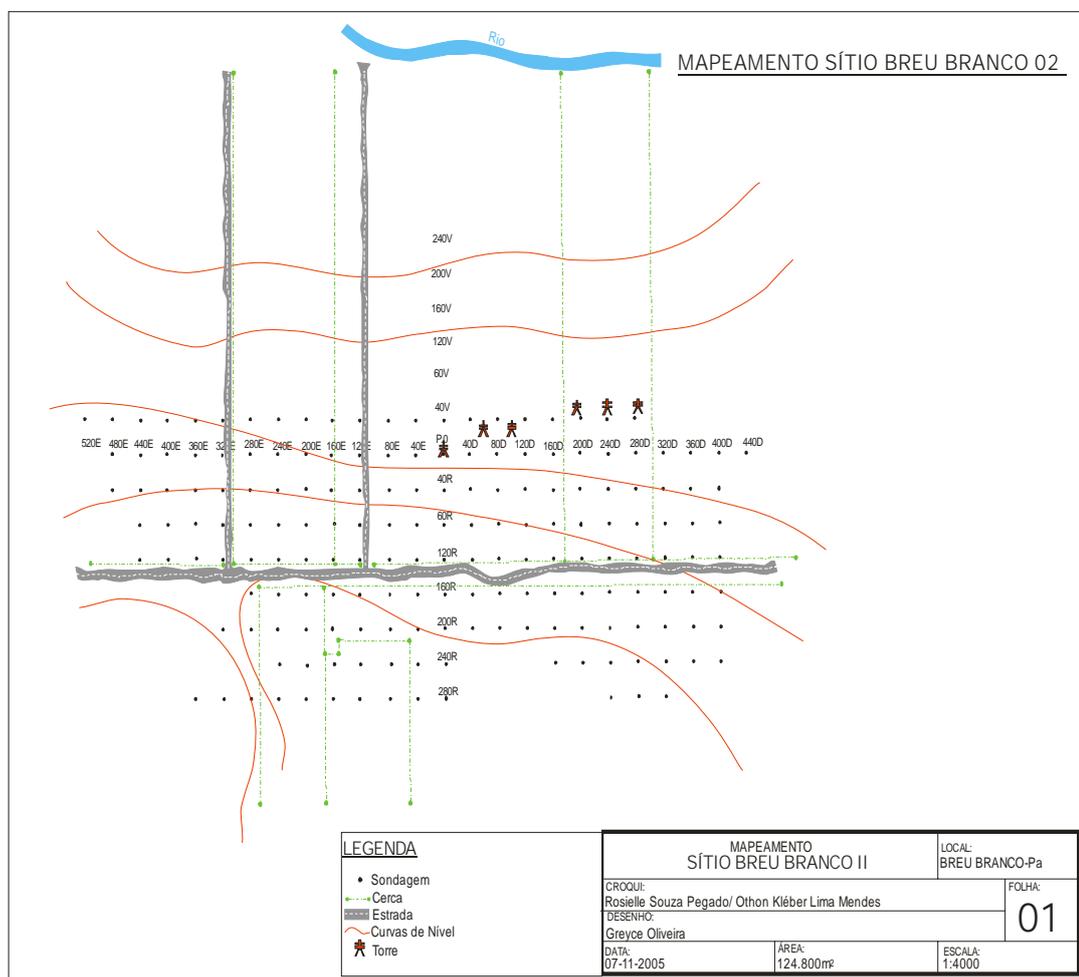


Figura 9. Mapeamento do Sítio Breu Branco 2

Fonte: Scientia Consultoria - Relatório Parcial 1: Projeto de Salvamento de sítios arqueológicos. 2005

4.2 Caracterização dos solos

Os solos identificados foram Latossolos Amarelos, textura argilosa e média no município de Breu Branco, e Argissolos Amarelos antrópico e típico de textura arenosa / média no município de Barcarena, todos distróficos.

4.3 Atributos Físico-hídricos do Solo

Nas Tabelas 2 e 3 respectivamente, podem ser visualizados os resultados das descrições morfológicas e da análise granulométrica dos solos dos sítios de Terra Preta Arqueológica (TPA) e áreas adjacentes (AD's) de perfis descritos e coletados em sítios arqueológicos nos municípios de Barcarena (Argissolos) e no município de Breu Branco (Latosolos), Estado do Pará.

Os resultados obtidos evidenciam a presença de solos minerais, profundos, bem drenados, de textura variando de arenosa a média com horizonte B textural nos Argissolos e textura, médio e argilosa com B latossólico nos Latossolos. Os Argissolos apresentam diferença marcante de textura entre os horizontes superficiais e subsuperficiais que caracteriza a presença de horizonte B textural (Embrapa 2006), com ocorrência de alto conteúdo de fração areia grossa presente nos horizontes superficiais, semelhantes ao horizonte B Kandico (Estados Unidos, 1994). Nos Latossolos a diferença de textura entre os horizontes superficiais e subsuperficiais é menos intensa, ocorrendo um aumento gradativo em profundidade que caracteriza a presença de horizonte B latossólico.

A seqüência de horizonte é do tipo A, B, C, com coloração bruno escura no horizonte A e bruno amarelada e/ou amarelo brunado nos horizontes subsuperficiais, enquadrando-os como solos amarelos na classificação brasileira de solos (Figura 10,11,12, 13 e 14) (Embrapa, 2006).

Tabela 2. Características físicas e morfológicas de Argissolos Amarelos, no município de Barcarena, Estado do Pará.

Horiz.	Prof. (cm)	Cores	Areia		Silte	Argila		% grau de floc.	Silte/ argila	Classe textural	Estrutura	Consistência	Transição
			Grossa	Fina		Total	ADA						
ARGISSOLO AMARELO Distrófico típico, textura arenosa/ média- PERFIL 1 AD- Coord.:													
AP	0-10	10YR5/3	540	250	170	40	20	50	4,3	areia fran.	fr, peq a méd gran ³	m. fri não pl não peg ⁵	plana gradual
A2	10-26	10YR4/4	460	310	70	160	20	88	0,4	fran. aren. ¹	fr, peq a méd gran	m. fri ; não pl não peg	Plana difusa
AB	26-38	10YR4/3	500	260	100	140	40	71	0,7	fran. aren.	fr peq a méd subang ⁴	m. fri ; não pl não peg	plana difusa
BA	38-56	10YR5/4	420	320	60	200	80	60	0,3	fran. aren	fr peq a méd subang	m. fri ; não pl não peg	plana gradual
BT1	56-70	10YR5/5	420	270	90	220	100	55	0,4	fran. arg. aren. ²	fr peq a méd subang	m. fri lig pl lig peg ⁶	plana difusa
BT2	70-93	10YR5/6	410	300	50	240	100	58	0,2	fran. arg. aren.	fr peq a méd subang	m. fri lig pl lig peg	plana difusa
BT3	93-145	10YR5/8	380	340	60	220	60	73	0,3	fran. arg. aren.	fr peq a méd subang	m. fri lig pl lig peg	plana difusa
BT4	145-90	10YR6/8	420	280	100	200	60	70	0,5	fran. arg. aren.	fr peq a méd subang	m. fri lig pl lig peg	plana
ARGISSOLO AMARELO Tb Distrófico antrópico, textura arenosa/ média – PERFIL 2 TPA- Coord.:													
AP	0-12	10YR3/3	500	300	140	60	20	67	2,3	areia fran	fr.peq.méd.gran.	m. fri ; não pl não peg	plana difusa
A2	12-31	10YR4/3	440	330	110	120	40	67	0,9	fran aren	fr.peq.méd.gran.	m. fri ; não pl não peg	plana difusa
AB	31-49	10YR4/4	480	330	50	140	60	57	0,4	fran aren	fr.peq.méd.subang.	m. fri; não pl não peg	plana gradual
BA	49-72	10YR6/8	400	310	70	220	80	64	0,3	fr. arg. aren.	fr.peq.méd.subang.	m. fri lig pl lig peg	plana difusa
BT1	72-100	10YR5/8	390	300	70	240	100	58	0,3	fr. arg. aren.	fr.peq.méd.subang.	m. fri lig pl lig peg	plana difusa
BT2	100-53	10YR5/8	360	300	20	320	100	69	0,1	fr. arg. aren.	fr.peq.méd.subang.	m. fri lig pl lig peg	plana difusa
BT3	153-95	10YR6/8	390	290	80	240	100	58	0,3	fr. arg. aren.	fr.peq.méd.subang.	m. fri lig pl lig peg	plana
ARGISSOLO AMARELO Tb Distrófico abruptico, textura arenosa/ média- PERFIL 3 AD- Coord.:													
Ap	0-7	10YR3/3	360	340	220	80	20	75	2,8	areia fran	fr, peq a méd gran	m. fri ; não pl não peg	plana difusa
A2	7-18	10YR3/2	380	330	210	80	20	75	2,6	fran aren.	fr peq a méd gran	m. fri ; não pl não peg	plana difusa
A3	18-27	10YR3/3	380	390	150	80	20	75	1,9	fran aren	fr peq a méd subang	m. fri ; não pl não peg	plana e gradual
AB	27-37	10YR4/3	340	390	150	120	20	83	1,3	fran aren	fr peq a méd subang	m. fri ; não pl não peg	plana difusa
BA	37-54	10YR5/6	270	350	140	240	200	17	0,6	fran arg aren	fr peq a méd subang	m. fri lig pl lig peg	plana difusa
BT1	54-85	10YR4/4	280	300	160	260	200	23	0,6	fran arg aren	fr peq a méd subang	m. fri lig pl lig peg	plana difusa
BT2	85-130	10YR5/8	320	280	120	280	120	57	0,4	fran arg. aren	fr peq a méd subang	m. fri lig pl lig peg	plana difusa
BT3	130-90	10YR6/8	300	280	140	280	120	57	0,5	fran arg aren	fr peq a méd subang	m. fri lig pl lig peg	plana

1.franco arenosa; 2. franco argilo arenosa; 3. fraca, pequena e média granular; 4. fraca, pequena e média subangular; 5. muito friável, não plástica e não pegajosa; 6. muito friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; 7. moderadamente, subangular pequena média.; 8. muito fraca, granular; 9. dura; friável não plástica não pegajosa; 10. dura, friável, ligeiramente pegajosa; 11.muito friável, plástica, pegajosa; 12. muito friável plástica, pegajosa.

Continuação da Tabela 2

Horiz.	Prof. (cm)	Cores	Areia		Silte	Argila		% grau de floc.	Silte/ argila	Classe textural	Estrutura	Consistência	Transição
			Grossa	Fina		Total	ADA						
g kg ⁻¹ de solo													
ARGISSOLO AMARELO Tb Distrófico antrópico, textura arenosa/ média- PERFIL 4 TPA- Coord.:													
Ap	0-8	10YR3/3	460	290	170	80	20	75	2,1	areia fran. aren.	fr peq a méd gran	dura,fri; não pl n peg ⁹	plana difusa
A2	8-17	10YR4/3	350	290	220	140	40	71	1,6	fran arg aren	fr peq a méd gran	dura,fri; não pl n peg	plana e gradual
AB	17-31	10YR5/6	360	290	210	140	80	43	1,5	fran arg aren	fr peq a méd subang	dura,fri; não pl n peg	plana clara
BA	31-51	10YR5/4	320	320	120	240	80	67	0,5	fran arg. aren	fr peq a méd subang	dura, fri lig pl lig eg ¹⁰	plana difusa
BT1	51-83	10YR5/8	310	270	100	320	160	50	0,3	fran arg aren	fr peq a méd subang	dura, fri lig pl lig peg	irr. abru.
BT2	83-108	10YR6/6	300	270	110	320	160	50	0,3	fran arg aren	fr peq a méd subang	dura, fri lig pl lig peg	plana
ARGISSOLO AMARELO Distrófico abruptico, textura arenosa/ média – PERFIL 5AD – Coord.:													
A1	0-7	10YR3/3	470	300	170	60	20	67	2,8	areia fran.	fr. peq e méd suban	fri ; não pl não peg	plana difusa
AB	7-21	10YR3/3	380	350	190	80	40	50	2,4	areia fran.	mod subang peq a méd ⁷	fri ; não pl não peg	plana difusa
BA	21-51	10YR5/3	370	300	130	200	120	40	0,7	fran aren.	mod subang peq a méd	fri não pl , lig peg	plana e gradual
BT ₁	51-79	10YR5/6	300	320	140	240	160	33	0,6	arg.aren .	mod subang peq a méd	m. fri pl peg ¹¹	plana clara
BT ₂	79-103	10YR5/8	310	320	110	260	160	38	0,4	arg.aren.	mod subang peq a méd	m. fir m pl m peg ¹²	plana
ARGISSOLO AMARELO Distrófico antrópico abruptico, textura arenosa/ média– PERFIL 6TPA – Coord.:													
AP	0-7	10YR3/1	440	350	170	40	20	50	4,3	areia fran.	m. fr peq. méd gran ⁸	fri; não pl não peg	plana difusa
A2	7-21	2.5Y4/2	290	390	240	80	20	75	3,0	areia fran.	fr, peq a méd gran	fri não pl, não peg	plana difusa
AB	21-36	2.5Y5/2	310	380	230	80	40	50	2,9	fran aren arg	fr peq a méd subang	fri ; não pl, lig n peg	plana difusa
BA	36-66	2.5Y5/3	290	360	150	200	140	30	0,8	fran aren arg	fr peq a méd subang	dura, fri não pl n peg	plana clara
BT1	66-94	10YR7/6	280	320	160	240	180	25	0,7	fran aren arg	for subang méd a gran	m. fri lig pl.lig peg	plana difusa
BT2	94-126	10YR5/4	300	290	170	240	180	25	0,7	fran arg.aren.	mod méd a gran subang	m. fri .lig pl.lig peg.	plana difusa
BT3	126-55	10YR6/6	290	310	140	260	180	31	0,5	fran.arg aren.	mod peq méd subang	m. fri .lig pl.lig peg.	plana gradual
BT4	155-77	10YR7/4	300	280	120	300	180	40	0,4	fran arg.aren.	mod peq méd subang	m. fri .lig pl.lig peg.	plana

1. franco arenosa; 2. franco argilo arenosa; 3. fraca, pequena e média granular; 4. fraca, pequena e média subangular; 5. muito friável, não plástica e não pegajosa; 6. muito friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; 7. moderadamente, subangular pequena média.; 8. muito fraca, granular; 9. dura; friável não plástica não pegajosa; 10. dura, friável, ligeiramente pegajosa; 11.muito friável, plástica, pegajosa; 12. muito friável plástica, pegajosa.

Tabela 3. Características físicas e morfológicas de Latossolos Amarelos, no município de Breu Branco, Estado do Pará.

Horiz.	Prof. (cm)	Cores	Areia		Silte	Argila		% grau de flocc.	Silte/argila	Classe textural ¹	Estrutura ¹	Consistência ¹	Transição
			Grossa	Fina		Total	ADA						
LATOSSOLO AMARELO Distrófico típico, textura argilosa – PERFIL 7 AD													
A ₁	0-5	10YR3/3	530	147	83	240	40	83	0,3	fr.arg. aren	gran peq subang	fri ; não pl não peg	plana clara
AB	5-10	10YR4/3	483	150	47	320	80	75	0,1	arg. aren	peq a méd subang mod	fri lig pl lig peg	plana difusa
BA	10-24	2.5Y6/8	455	139	46	360	100	72	0,1	arg. aren	subang peq a méd mod	fri ,lig pl , lig peg	plana difusa
Bw ₁	24-32	2.5Y7/6	457	134	89	320	100	69	0,3	arg.aren	mod méd peq subang	m. fri pl peg	plana gradual
Bw ₂	32-63	10YR7/8	399	136	25	440	100	77	0,1	arg. aren	mod méd e peq subang	m. fri pl peg	plana difusa
Bw ₃	63-94	10YR7/8	440	146	34	380	100	74	0,1	arg. aren	mod méd e peq subang	m fri pl peg	plana difusa
Bw ₄	94-115	10YR6/6	407	153	20	420	100	76	0,0	arg. aren	mod méd e peq subang	m fri pl peg	plana difusa
LATOSSOLO AMARELO Distrófico antrópico, textura média – PERFIL 8 TPA													
A ₁	0-18	5YR2/1	665	200	55	80	40	50	0,7	Aren fran.	fr. peq.méd.gran	fri.n. pl. e n. peg	plana difusa
A ₂	18-32	5YR3/1	613	209	58	120	40	67	0,5	fran.aren	fr. peq.méd.gran	fri; não pl não peg	plana clara
AB	32-50	5YR3/2	578	207	75	140	20	86	0,5	fran.aren	fr. peq.méd.gran	fri ,não pl, lig peg	plana abrupta
BA	50-70	10YR5/6	592	206	62	140	40	71	0,4	aren fran aren	fr. peq.méd. subangran	m fri n pl n peg	plana difusa
Bw ₁	70-96	10YR5/8	567	196	57	180	60	67	0,3	fran aren	fr. peq.méd. subangran	m fri n pl m peg	plana difusa
Bw ₂	96-116	10YR 6/7	552	201	67	180	80	50	0,5	fran aren	fr. peq.méd. subangran	m fri n pl, n peg	plana difusa
Bw ₃	116-96	10 YR 6/8	587	205	28	180	60	67	0,2	fran aren	fr. peq.méd. subangran	m fri n pl, n peg	plana difusa
Bw ₄	196-20	7.5YR 6/8	608	194	21	180	40	75	0,3	fran aren	fr. peq.méd. subangran	m fri n pl, n peg	plana



Figura 10 - Perfil de área Adjacente (Ba1)



Figura 11 – minitrincheiras de solo em sítios de Terra Antropogênica (Ba2)



Figura 12 - Perfil de Terra Antropogênica (Ba1)



Figura 13- Perfil de Área adjacente (B3)



Figura 14 – Perfil de Área adjacente de solos de sítios de Latossolos de Breu Branco (p7).

Os resultados da análise granulométrica e da descrição morfológica (Tabela 2 e 3) dos perfis de AD's e TPA, observa que a coloração do horizonte A varia de bruno acinzentado muito escuro a bruno no matiz 10YR e 2,5Y e no horizonte B varia de bruno amarelo a amarelo brunado no matiz 10YR. A classe de textura varia de areia franca a franca arenosa no horizonte A e de franco arenosa a franco argiloso arenosa no horizonte Bt e franco argilo arenosa e argilosa no horizonte Bw. A estrutura do solo varia de fraca pequena e média granular no horizonte A e fraca pequena e media bloco subangular no horizonte Bt e Bw. A consistência do solo é muito friável quando úmido e não plástico e não pegajoso e ligeiramente plástica e pegajosa no horizonte A nos Argissolos Amarelos e Latossolos Amarelos textura média e Bt respectivamente, quando o solo encontra-se molhado.

A composição granulométrica é dominada pela fração areia, que é influenciada pelo material de origem constituído essencialmente por material retrabalhado de natureza arenosa-argilosa. A distribuição de partículas evidencia a tendência do conteúdo das frações areia (areia grossa e areia fina) em decrescer, enquanto a fração argila total tende em aumentar com a profundidade e a fração apresenta um comportamento irregular em profundidade nos perfis de AD's e TPA's.

Os conteúdos das frações granulométrica nos perfis de solo de AD's e de TPA's variam na ordem de 580 a 800 g kg⁻¹ de solo, de 20 a 240 g kg⁻¹ de solo e de 40 a 320g kg⁻¹ de solo, para as frações areia, silte e argila total, respectivamente (Tabela 2 e 3). A argila dispersa em água apresenta maior concentração no horizonte Bt, sugerindo um processo de iluviação de argila nesses horizontes, assim como, uma possível perda da argila dispersa dos horizontes superficiais em função do movimento lateral da água influenciada pelo uso do solo, durante o período de maior precipitação no ano. A relação silte/argila nos horizontes Bt varia de 0,1 a 0,7, evidenciando um estágio de intemperismo bastante avançado (VAN WAMBEKE, 1962).

4.3.1 Retenção de água e Água disponível

Nos Argissolos em referência a caracterização hídrica do solo representada pelas curvas características de água é importante para relacionar a umidade existente nas camadas do solo e a tensão na qual a água está retida. Os conteúdos de água retida nos diferentes pontos de tensão representados pelas curvas de retenção ajustadas pelo modelo de Van Genuchten (1980) (Figuras 15, 16, 17 e 18) para os perfis de AD's e TPA nos Argissolos, para as profundidades de 0-10, 10-20, 20-40 e 40-60 cm, evidenciam para essa relação com maior

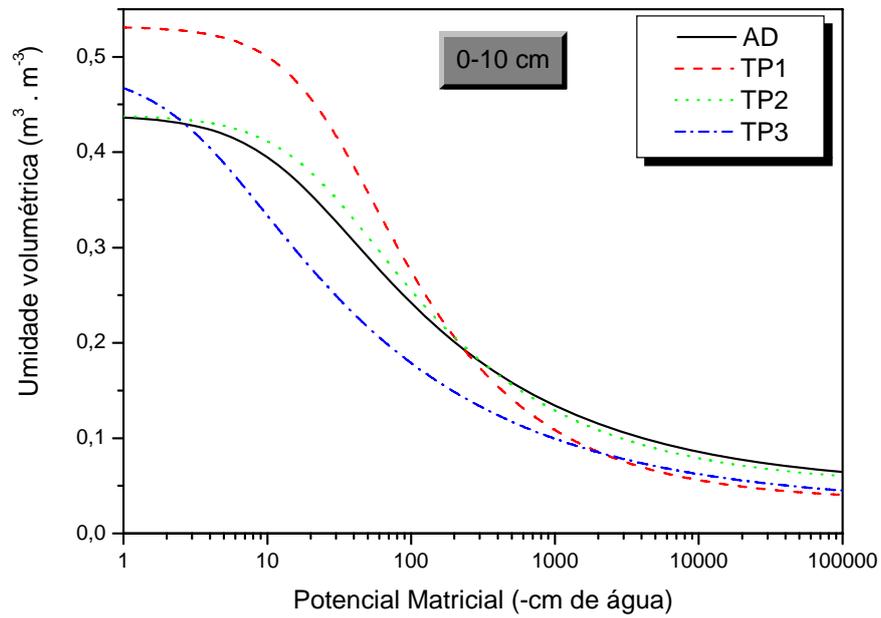
eficiência, nos quais onde se observando-se variações das características físicas e hídricas por camadas de solos. (Tabela 4)

A horizontalidade das curvas características tende a iniciar-se a partir da tensão de 600 Kpa para os perfis de AD's TPA1, TPA2 e TPA3 referentes aos sítios de Barcarena, resultados esses semelhantes aos obtidos por Oliveira Junior et al (1997) estudando solos do Nordeste paraense. Esse fato indica que é mínima a quantidade de água disponível para as plantas, nesses solos, sob tensão superior a 600 KPa .

Pelos resultados médios das propriedades físico-hídricas dos perfis de solo (Tabela 4) de AD's - área adjacente ao sítio e de TPA's-Terra Preta Arqueológica dos sítios, observa-se um decréscimo em profundidade da água retida na tensão de - 60cm de água, com valor máximo de $0,283 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ na camada de 0-10cm de profundidade, enquanto que, nas tensões de -100 a -1500cm nos perfis de TPA2 e TPA3 aumenta gradativamente em profundidade. Na tensão de -1500cm ocorreu um aumento gradativo em profundidade tanto nos perfis de AD's, como de TPA's; entretanto, nos perfis de AD's e TPA1 ocorreu um decréscimo na camada 10-20cm. Nas tensões de -100 a -1000 cm, aumenta gradativamente em profundidade após essa camada. Esse aumento em profundidade pode ser atribuído aos conteúdos da fração argila total que aumentam no mesmo sentido (Figura 15, 16, 17 e 18).

Tabela 4. Resultados médios de retenção de água do solo em diferentes tensões nos Sítios arqueológicos do município de Barcarena, Estado do Pará.

Prof. (cm)	$m^3 m^{-3}$				
	Retenção de Água				
	60	100	330	1000	1500
AD's					
0-10	0,283	0,223	0,190	0,158	0,048
10-20	0,257	0,205	0,177	0,109	0,056
20-40	0,255	0,207	0,162	0,121	0,065
40-60	0,257	0,223	0,196	0,161	0,099
TPA1					
0-10	0,387	0,207	0,174	0,147	0,034
10-20	0,281	0,173	0,131	0,099	0,054
20-40	0,278	0,175	0,132	0,101	0,062
40-60	0,258	0,222	0,182	0,152	0,103
TPA2					
0-10	0,314	0,226	0,187	0,151	0,049
10-20	0,267	0,220	0,191	0,155	0,077
20-40	0,267	0,233	0,211	0,180	0,104
40-60	0,279	0,250	0,230	0,198	0,138
TPA3					
0-10	0,197	0,178	0,152	0,107	0,032
10-20	0,214	0,189	0,163	0,106	0,047
20-40	0,244	0,223	0,206	0,162	0,065
40-60	0,254	0,242	0,227	0,187	0,122



F

i

Figura 15. Curvas características de retenção de água da camada de 0-10 cm nos perfis de solos dos sítios arqueológicos de Barcarena.

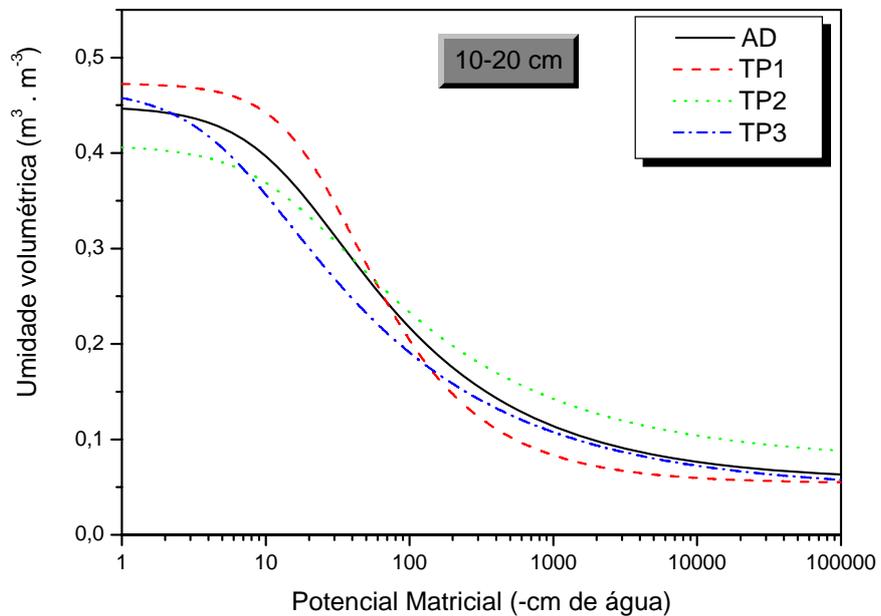


Figura 16. Curvas características de retenção de água da camada de 10-20 cm nos perfis de solos de sítios arqueológicos de Barcarena.

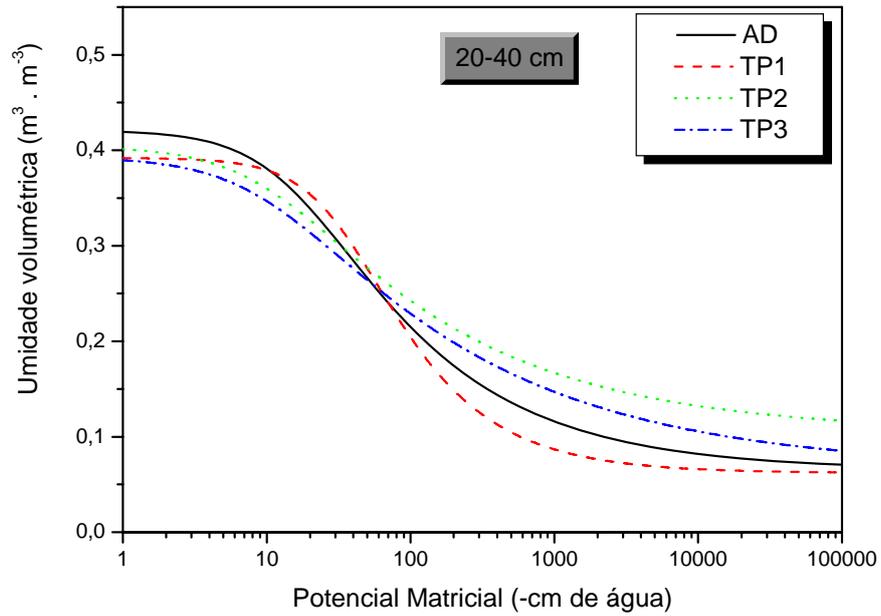


Figura 17. Curvas características de retenção de água da camada de 20-40 cm nos perfis de solos dos sítios arqueológicos de Barcarena.

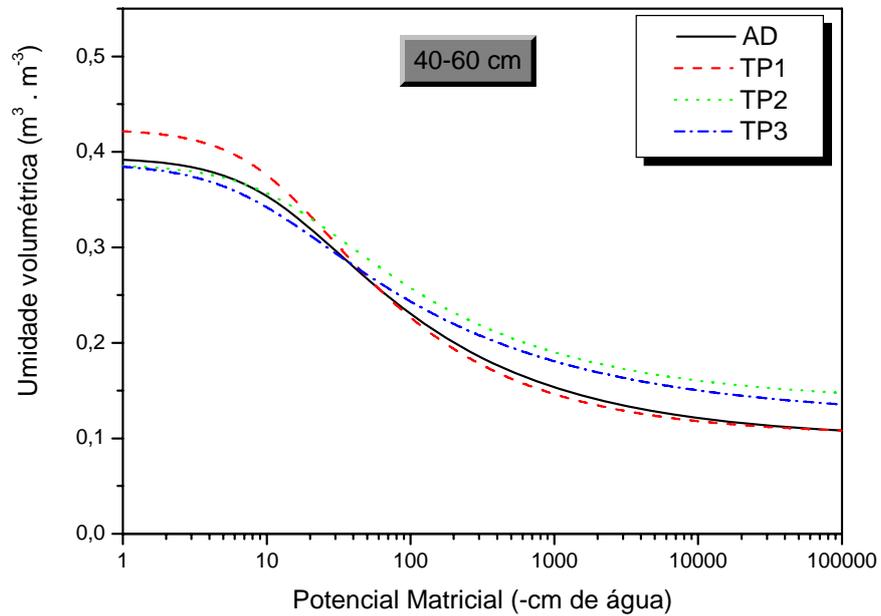


Figura 18. Curvas características de retenção de água da camada de 40-60 cm nos perfis de solos dos sítios arqueológicos de Barcarena.

A água disponível (Ad) varia nesses solos de $0,12 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ a $0,283 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$, com valores iniciais nas camadas superficiais decrescendo gradativamente com a profundidade em todos os perfis de AD's, TPA1, TPA2 e TPA3 nos sítios em Barcarena. As curvas características de retenção de água são importantes para avaliar a quantidade de água está retida. Os conteúdos de água retida nos diferentes pontos de tensão ajustada pelo método de Van Genuchten (1980) (Figura 18) para os perfis de AD's a TPA's nas profundidades estudadas são de maior eficiência, onde se observa variações dessas características.

A quantidade de água disponível calculada pela diferença entre os conteúdos de água retidos nas tensões de 6kPa e 1500kPa, varia de $0,19$ a $0,25 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$, com teores mais altos nas camadas superficiais, decrescendo em profundidade. A água disponível acumulada até a profundidade de 40 a 60 cm é superior a $0,85 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$, evidenciando que na ausência de chuvas há presença de umidade no solo por vários dias. (Figura 18).

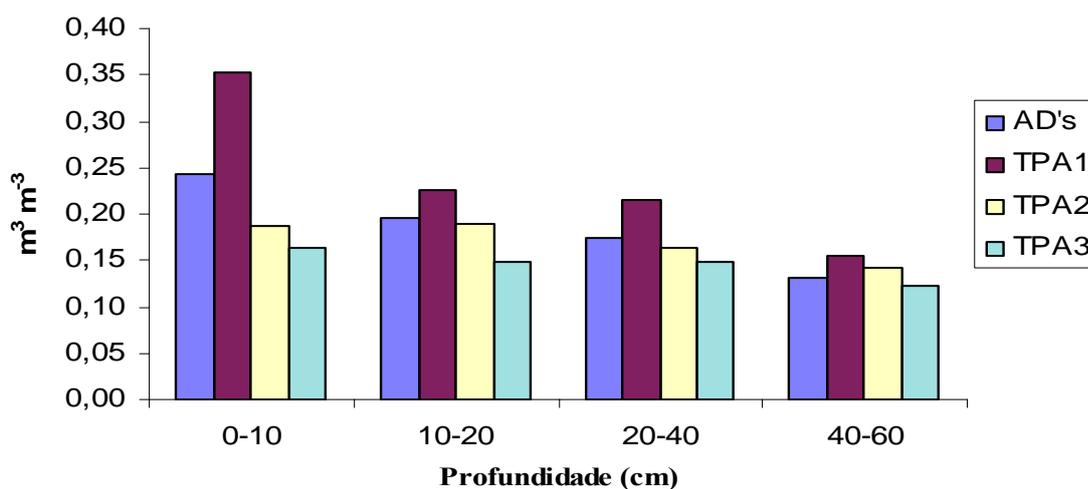


Figura 19. Resultados médios de água disponível nos perfis AD's, TPA1, TPA2 e TPA3 dos sítios de Barcarena.

Quando se comparam os resultados dos perfis dos solos, observa-se que os maiores valores para água disponível, estão nos perfis TPA1, com valores na ordem de $0,35 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$, diferindo estatisticamente dos demais perfis (Figura 19). Nos perfis TPA2 e TPA3, na camada superficial, apresentaram valores intermediários para o atributo estudado e não apresentaram diferença estatística entre si, porém, diferiram dos perfis AD's e do TPA1, na camada de 0-10 cm do solo (Tabela 5).

Tabela 5. Valores água disponível ($\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$) em diferentes profundidades para nos Sítios arqueológicos do município de Barcarena, Estado do Pará.

Prof. (cm)	ÁGUA DISPONÍVEL			
	AD's	TPA1	TPA2	TPA3
0-10	0,24 Bb	0,35 Cc	0,19 Ab	0,16 Aa
10-20	0,19 Ab	0,22 Ab	0,19 Ab	0,15 Aa
20-40	0,17 Ab	0,21 Ab	0,16 Ab	0,15 Aa
40-60	0,13 Aa	0,15 Aa	0,14 Aa	0,12 Aa

Médias seguidas por letras iguais, maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas, não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5%.

4.3.2 Densidade de Solo e Densidade de Partículas.

A densidade média do solo (Ds) variou de 1,23 a $1,64 \text{ kg dm}^{-3}$. Verificou-se um aumento da densidade nas camadas de 20- 40 e 40- 60 cm nos perfis de AD's e TPA3, de 20- 40, 40 -60 e 60- 80 cm no TPA1 e 10- 20, 20- 40 e 40 - 60 cm no TPA2, que correspondem aos horizontes AB e BA, o que caracteriza a existência nesses solos de camadas adensadas, acarretando a diminuição na macroporosidade e aumento da microporosidade, e com ausência determinando uma diminuição da taxa de infiltração da água. Esse fato pode caracterizar perda de solo e de nutrientes pelo processo de erosão hídrica no período de maior precipitação pluviométrica em consequência da saturação dos horizontes superficiais, promovendo o movimento superficial da água (Figura 20).

Os valores médios mais altos de densidade do solo observados nos horizontes superficiais dos perfis AD's e TPA2 podem ser devido ao uso, mesmo com conteúdos mais altos da matéria orgânica.

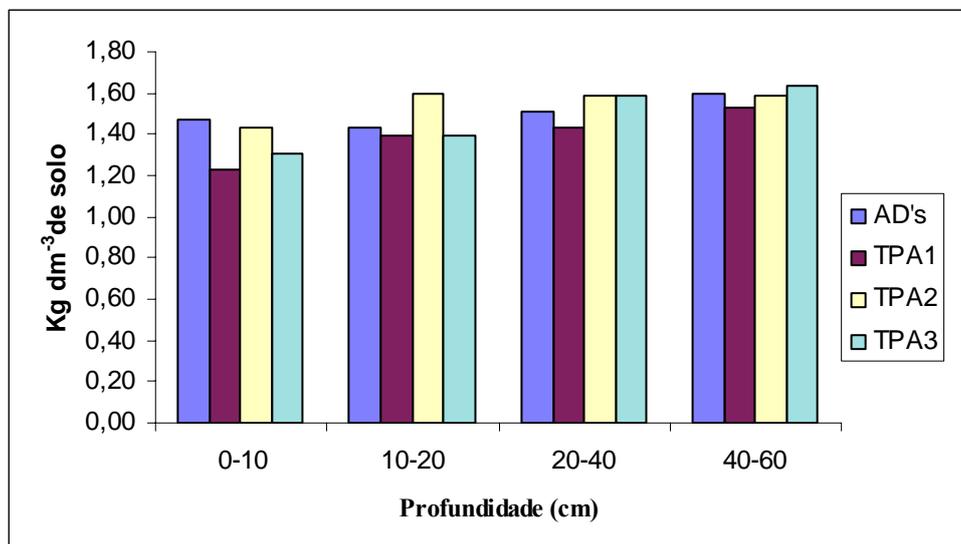


Figura 20. Resultados médios de densidade do solo nos perfis AD's, TPA1, TPA2 e TPA3 dos Sítios de Barcarena

O adensamento natural nos horizontes AB e BA em Latossolos e Argissolos têm sido observados em perfis descritos na região (Rodrigues et al., 1991; Santos, 1993; Costa Filho, 2005). De acordo com Brady (1989) o fenômeno do adensamento é decorrente da compactação dos horizontes subsuperficiais, da migração descendente de argila dentro do perfil, menor teor de matéria orgânica, da menor densidade do sistema radicular da vegetação em profundidade.

A densidade do solo varia 1,23 a 1,64 kg dm⁻³ (Tabela 6) aumentando com a profundidade e inversamente em relação com o conteúdo da matéria orgânica. Devido à ação humana em um mesmo local, por um longo período de tempo, seria de se esperar que a densidade do solo fosse mais elevada nos perfis de solo com TPA, porém o alto conteúdo de matéria orgânica diminui este efeito. No entanto, em profundidade onde as percentagens de matéria orgânica são equivalentes tanto nos perfis de solo com TPA como nos solos adjacentes, os valores de densidade do solo são semelhantes.

Tabela 6. Valores médios de densidade real e densidade do solo (kg dm^{-3}) em diferentes profundidades nos sítios arqueológicos do município de Barcarena, Estado do Pará .

DENSIDADE REAL				
Prof. (cm)	AD's	TPA1	TPA2	TPA3
0-10	2,62 Aa	2,63 Ab	2,55 Aa	2,54 Aa
10-20	2,60 Aa	2,64 Ab	2,70 Aa	2,61 Aa
20-40	2,61 Aa	2,38 Aa	2,66 Ba	2,61 Ba
40-60	2,64 Aa	2,66 Aa	2,59 Aa	2,68 Aa

DENSIDADE DO SOLO				
Prof. (cm)	AD's	TPA1	TPA2	TPA3
0-10	1,47Ba	1,25 Aa	1,43 Ba	1,31 Aa
10-20	1,43 aA	1,39 Ab	1,59 Bb	1,39 Aa
20-40	1,51 Aa	1,43 Ab	1,59 Bb	1,58 Bb
40-60	1,60 Ab	1,53 AC	1,59 Bb	1,64 Ab

Médias seguidas por letras iguais, maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas, não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5%.

Nos perfis de AD's os valores de densidade aparente situam-se em faixas mais elevadas na camada subsuperficial do solo de 40 a 60cm, na ordem de $1,60 \text{ kg dm}^{-3}$ de solo, não diferindo estatisticamente dos demais perfis.

Os maiores valores de densidade aparente encontram-se nos perfis TPA3, principalmente, nas camadas superficiais do solo, o que pode ser atribuído a ocorrência de adensamento nesse perfil.

Os maiores valores de densidade partícula foram observados nos perfis, TPA1, TPA2 e TPA3, em todas as profundidades, não houve diferença estatisticamente entre si, com exceção do TPA2 e TPA3 na profundidade de 20 a 30 cm do solo, com valores de $3,0 \text{ kg dm}^{-3}$ de solo para o TPA2 e TPA3, respectivamente. Entretanto, esses valores diferiram dos obtidos nos demais tratamentos. Esses resultados eram esperados, uma vez que a TPA3 e TPA1, há tempos envolviam o uso antrópico desses solos.

Não foram constatadas diferenças nos valores médios de Densidade real nos tratamentos estudados, em todas as profundidades, exceto na camada de 0-10 e 10-20, do TPA1. Vários trabalhos mostram que a densidade real em solos antropogênicos houve um maior revolvimento desses solos, isso explica valores baixos (Tabela 6).

Os menores valores de densidade partícula foram observados nos perfis AD's e TPA1 na ordem de 2,33 e 2,61 Kgdm^3 de solo, não diferindo estatisticamente entre si. Esses valores, porém deferiram somente dos obtidos nos tratamentos TPA2 e TPA3 (Figura 21).

O perfil de solo de TPA3 foi o que apresentou os maiores valores médios para o atributo físico de densidade real, diferindo estaticamente dos demais. Os perfis de AD's, TPA1 e TPA2 apresentaram valores médios intermediários, não diferindo estaticamente entre si. Enquanto que a TPA2 foi o tratamento que apresentou os menores valores de densidade real na ordem de 0,10 kg dm^{-3} do solo.

Os dados médios de densidade de partícula nos solos variam de 2,55 a 2,75 kg dm^{-3} , com tendência de aumento em profundidade com predomínio de componentes inorgânicos e baixos teores de óxidos de ferro.

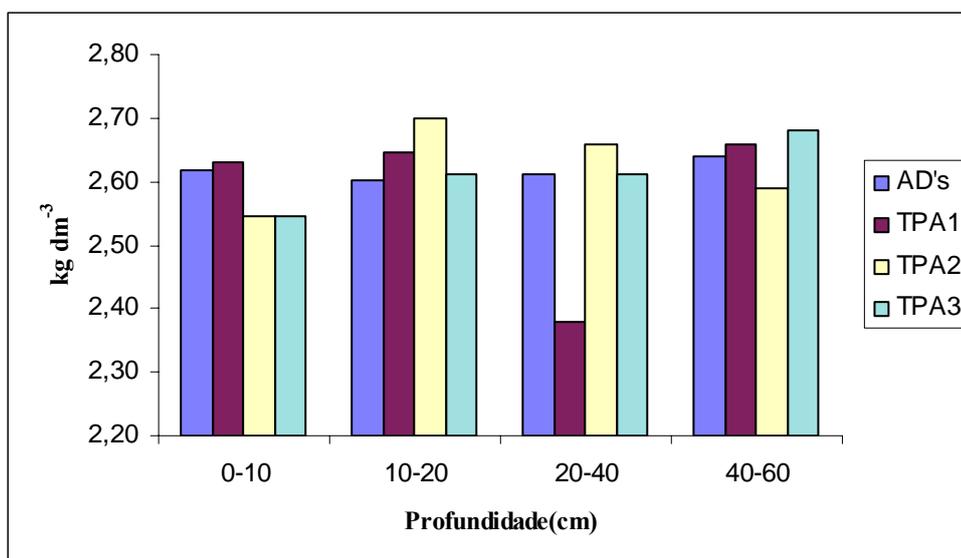


Figura 21. Resultados médios de densidade de partículas nos perfis AD's, TPA1, TPA2 e TPA3 dos Sítios de Barcarena.

4.3.3 Porosidade Total, Macroporosidade e Microporosidade.

Na Tabela 8 estão evidenciados os valores médios para porosidade total, macroporosidade e microporosidade. Ocorreram estaticamente diferenças significativas ao nível de 5% pelo teste de Scott-Knott com relação aos perfis de solos para macroporosidade e microporosidade.

Tabela 7. Valores médios de macroporosidade, microporosidade e porosidade total ($m^3 m^{-3}$) em diferentes profundidades nos sítios arqueológicos do município de Barcarena, Estado do Pará .

MACROPOROSIDADE				
Prof. (cm)	AD's	TPA1	TPA2	TPA3
0-10	0,13Ba	0,12Aa	0,11 Aa	0,30Bc
10-20	0,16A	0,16Ba	0,13Aa	0,26Bc
20-40	0,16Aa	0,17Ba	0,12Aa	0,20Bb
40-60	0,15Aa	0,18Ba	0,10 Aa	0,14Ba
MICROPOROSIDADE				
Prof. (cm)	AD's	TPA1	TPA2	TPA3
0-10	0,29Bb	0,38 Cb	0,31 Bb	0,19Aa
10-20	0,25Ba	0,28 Ba	0,27 Ba	0,20Aa
20-40	0,25Ba	0,28 Ba	0,27 Ba	0,21Aa
40-60	0,26Ba	0,26 Aa	0,28 Ba	0,24 Ab
POROSIDADE TOTAL				
Prof. (cm)	AD's	TPA1	TPA2	TPA3
0-10	0,44Ba	0,53Bb	0,43Aa	0,49 Bb
10-20	0,45Ba	0,47Bb	0,40Aa	0,46 Bb
20-40	0,42Aa	0,39Aa	0,40Aa	0,39Aa
40-60	0,39Aa	0,42Aa	0,39Aa	0,39Aa

Médias seguidas por letras iguais, maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas, não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5%.

Para porosidade total observa-se que não houve diferença estatística nos perfis TPA2 e TPA3, sendo que a diferença apresenta-se nos perfis AD's e TPA1 nas camadas de 0-10 e 10-20 cm de profundidade (Figura 22). Com relação à profundidade não houve diferença estatística para macroporosidade nos perfis AD's e TPA2, sendo possível observar que houve diferença significativa apenas nos perfis TPA1 e TPA3 nas camadas 20-40 e 40-60 cm (Figura 23). Quanto à microporosidade houve diferença significativa para os perfis TPA1 e TPA3, sendo nos perfis AD's e TPA2 apresentaram resultados semelhantes e não apresentaram diferença significativa (Figura 24).

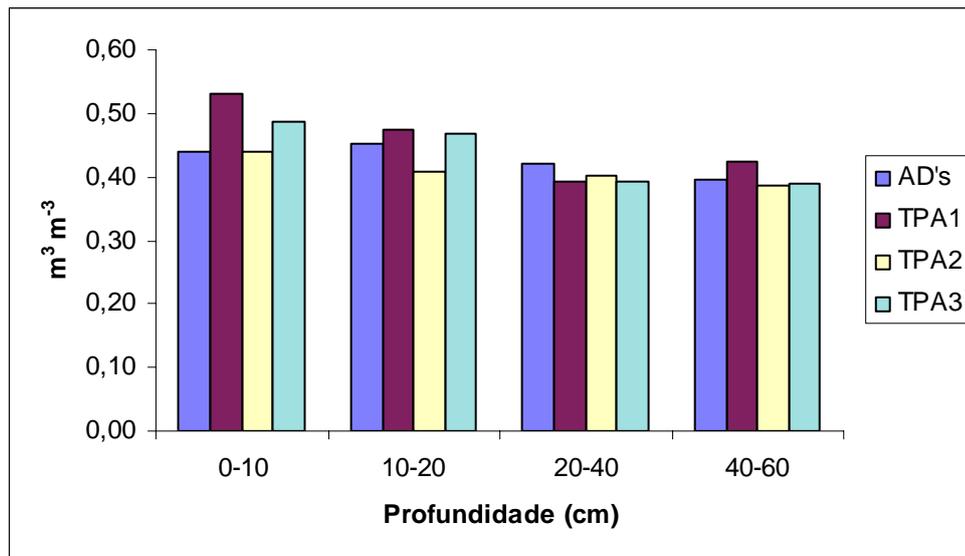


Figura 22. Resultados médios de porosidade total nos perfis AD's, TPA1, TPA2 e TPA3 dos sítios de Barcarena.

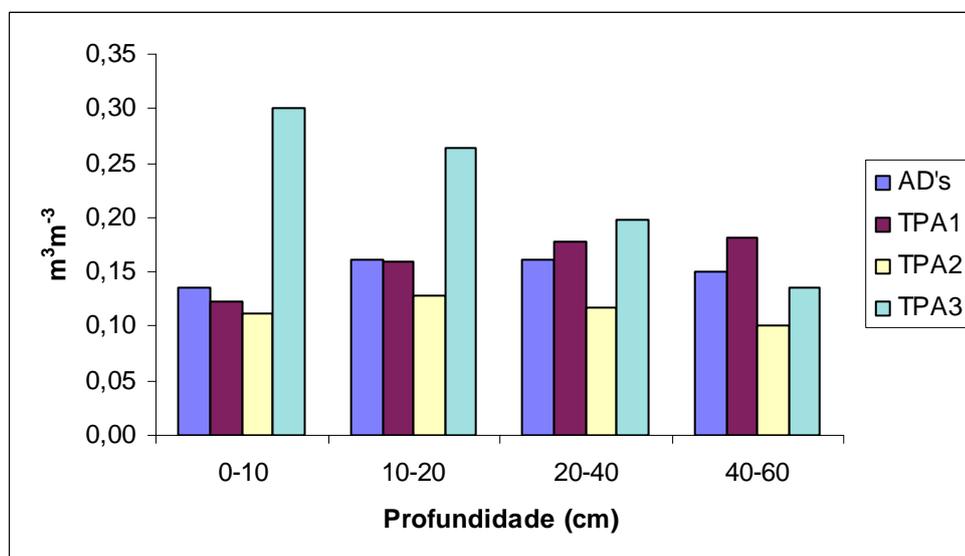


Figura 23. Resultados médios de macroporosidade de solo nos perfis AD's, TPA1, TPA2 e TPA3 dos sítios de Barcarena.

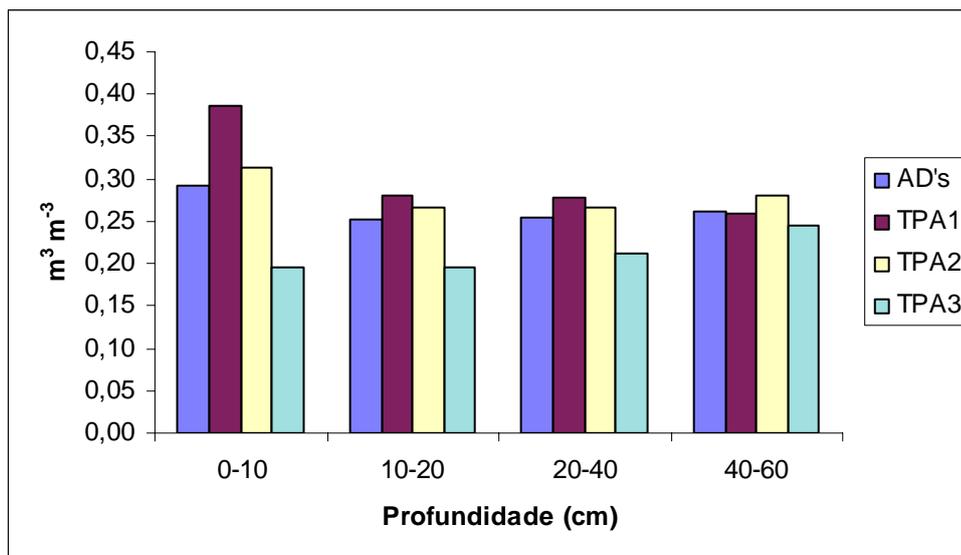


Figura 24. Resultados médios de microporosidade de solo nos perfis AD's, TPA1, TPA2 e TPA3 dos Sítios de Barcarena.

Para a porosidade total apresentou diferença estatística apenas nas camadas de 0-10 e 10-20 cm, enquanto que, nas camadas 20-40 cm e 40-60 cm não houve diferença estatística, apresentando valores semelhantes. Para a macroporosidade observa-se que foi estatisticamente diferente em todas as camadas, sendo maior no perfil TPA3. Este fato pode está relacionado com o menor teor de areia grossa nas camadas de 10-20 cm, 20-40 cm e 40-60 cm, sendo maior o teor de areia fina superior apenas na camada de 0-10 cm. Para a microporosidade o TPA3 apresentou menor valor, apresentando diferença estatística nas camadas de 0-10 e 40-60, e nas camadas de 10-20 e 20-40 apresentou valores semelhantes.

Os resultados médios de porosidade total (Pt) (Tabela 7) variando de 0,39 a 0,53 $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$, apresentam a tendência de diminuir em profundidade, com variação na quantidade de poros influenciada pela densidade do solo, classe de textura e conteúdo de matéria orgânica. Esses valores estão dentro da faixa normal encontrada em solos minerais.

O perfil TPA2 apresentou o menor valor de porosidade nas camadas superficiais de solo, o que não demonstra diferença estatística, observada apenas em TPA1 e TPA3.

Os resultados de macroporosidade apresentaram valores inferiores aos de microporosidade com exceção do TPA3, onde os valores de macroporosidade apresentaram-se mais elevados, variando de 0,14 a 0,30 $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$. A variação nos valores de microporosidade parece refletir na variação observada nos teores de água disponível, sendo a microporosidade a principal responsável pela retenção de água (Figura 24).

O aumento nos valores de microporosidade nos horizontes superficiais indica uma taxa de infiltração mais lenta nos horizontes superficiais pela diminuição dos valores de macroporosidade em profundidade com exceção dos perfis AD's, TPA1 e TPA2.

Os valores de microporosidade (Tabela 7) demonstram que os valores mais elevados nos horizontes superficiais são em decorrência dos conteúdos de matéria orgânica e da fração areia que os valores de microporosidade (Figura 24).

A distribuição do volume dos poros ao longo dos perfis evidencia tendências da macroporosidade variando de 0,100 a 0,30 $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ e a microporosidade variando de 0,20 a 0,39 $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ de diminuírem com a profundidade e a densidade do solo em aumenta e os valores de matéria orgânica e da fração areia total que decrescem no mesmo sentido.

Baver et al (1972) observaram que a macroporosidade com valor menor que 0,100 $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$, limita o desenvolvimento e proliferação de raízes. Na área o valor mais baixo de macroporosidade foi 0,100 $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$, no horizonte Bt do TPA2 3 idêntico ao valor determinado por Baver et al (1972), demonstra que a maioria dos solos garante suficiente aeração, permeabilidade e a capacidade de retenção de água. (KHIEL, 1979).

O perfil TPA1 apresentou os maiores valores para a microporosidade de solo, na ordem de 0,38 $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ de solo, tendo diferido estaticamente dos outros tratamentos, apenas nas camadas de 0-10 cm e 40-60 cm de solo. Os perfis AD's e de TPA2 apresentaram valores médios intermediários para o atributo microporosidade e não diferiram estatisticamente entre si. Já no TPA3, foi verificado o menor valor médio para este atributo, diferindo estatisticamente dos demais perfis.

Segundo Brady (1989), dependendo das condições a que os solos estão submetidos, ocorre diferenças no total e tamanho de poros nos diversos solos, variando com a profundidade e diminuindo em alguns solos compactados, atingindo de 0,25 a 0,30 $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$, o qual responde pelo menos em parte pela aeração inadequada dos solos, sendo que os de textura média situam-se na faixa de 0,30 a 0,50 $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ e os argilosos que variam de 0,39 a 0,53 $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$. Como os solos dos sítios do município de Barcarena são de textura arenosa/média os valores observados estão dentro da faixa preconizada por BRADY (1989).

Os valores médios mais altos de porosidade total (Pt) nas camadas 0-10 cm e 10-20 cm dos solos são devido aos menores valores de densidade do solo no TPA1 e conteúdo de matéria orgânica e densidade do solo no TPA3.

Pode-se observar que os perfis TPA1 e TPA3 apresentaram os maiores valores médios de porosidade total, já a área adjacente (AD's) e TPA2, apresentaram valores intermediários

com menores valores, na camada superficial do solo, não apresentando diferença estatística entre si, apesar de não demonstrarem diferença numérica entre si.

Observa-se que, em todos os perfis, há uma tendência de redução dos valores de porosidade total, em profundidade, podendo tal fato estar relacionado à redução do teor de matéria orgânica (Tabela 7) em todos os perfis estudados.

Os resultados da análise granulométrica e da descrição morfológica dos miniperfis (10-20cm) (Tabela 8), mostrou que a coloração do horizonte A varia de bruno escuro a bruno no matiz 10YR. A classe de textura varia de areia franca a franco arenosa. A estrutura do solo varia de fraca pequena e média granular. A consistência do solo é friável quando úmido e não plástico e não pegajoso.

A composição granulométrica é dominada pela fração areia. A distribuição de partículas evidencia a tendência do conteúdo das frações areia (areia grossa e areia fina).

Os conteúdos das frações granulométrica nas profundidades de 10-20 cm de solo variam na ordem de 327 areia fina a 486 g kg⁻¹ de solo, no sítio Ba1 aumentando na direção inferior para esquerda do sítio, no Ba2 varia de 353 a 496 g kg⁻¹, decrescendo no sentido inferior direita do sítio, no Ba3 varia de 306 a 438 g kg⁻¹ aumentando na direção inferior esquerda do sítio, para as frações areia. Para fração silte no sitio Ba1 varia de 50 a 121 g kg⁻¹, no Ba2 57 a 124 g kg⁻¹ ambos decrescendo no sentido inferior esquerda e direita do sítio, no Ba3 varia de 83 a 164 g kg⁻¹ apresentando valores mais elevados. A fração argila total no Ba1 varia de 60 a 180 g kg⁻¹, no Ba2 varia de 60 a 120 g kg⁻¹ aumentando na direção superior direita, no Ba3 varia de 80 a 200 g kg⁻¹ apresentando valores mais elevados na direção inferior e inferior esquerda do sítio. A argila dispersa em água valores próximos no sitio Ba1 e Ba3 variando de 20 a 40, no Ba2 apresenta um valor constante 20. A relação silte/argila varia de 0,7 a 1,7 nos sítios Ba2 e Ba3, sendo neste primeiro valores decrescendo no sentido inferior direita e aumentando no outro na direção inferior esquerda do sítio. Enquanto no Ba1 os valores variam de 0,5 a 0,9 apresentando uma relação menor.

Tabela 8. Resultados de análises morfológicas e físicas de amostras de solos em profundidade de 10-20 cm em sítios arqueológicos, no município de Barcarena, no Estado do Pará.

Iden.	Prof.	Cor./mosq.	Areia $g\ kg^{-1}$		Silte $g\ kg^{-1}$	Argila		Grau de flocc.(%)	Silte/arg.	Clas. text.	Estrutura	Consist.
			Grossa	Fina		Total $g\ kg^{-1}$	ADA					
Ba1												
20V-60E	10-20	10YR4/3	431	364	85	120	20	83	0,7	fran.aren	fr. peq.méd.gran	fr; não pl não peg
40V-60E	10-20	10YR4/3	385	354	121	140	40	71	0,9	fran.aren	fr. peq.méd.gran	fr não pl não peg
60V-60E	10-20	10YR4/3	462	330	68	140	20	86	0,5	fran.aren	fr. peq.méd.gran	fr não pl não peg
80V-60E	10-20	10YR4/3	412	327	81	180	20	89	0,5	fran.aren	fr. peq.méd.gran	fr; não pl não peg
60R-60E	10-20	10YR4/2	444	365	91	100	20	80	0,9	areia fran.	fr. peq.méd.gran	fr não pl não peg
80R-60E	10-20	10YR4/2	453	373	74	100	20	80	0,7	areia fran.	fr. peq.méd.gran	fr não pl não peg
120R-60E	10-20	10YR4/2	486	404	50	60	20	67	0,8	areia fran.	fr. peq.méd.gran	fr; não pl não peg
ARGISSOLO AMARELO Ba2												
60D	10-20	10YR44/3	458	386	96	60	20	67	1,6	areia fran.	fr. peq.méd.gran	fr não pl não peg
60D-20V	10-20	10YR4/3	430	399	71	100	20	80	0,7	areia fran.	fr. peq.méd.gran	fr; não pl não peg
60D-40V	10-20	10YR4/3	448	383	89	80	20	75	1,1	areia fran.	fr. peq.méd.gran	fr não pl não peg
60D-80V	10-20	10YR4/3	425	411	64	100	20	80	0,6	areia fran.	fr. peq.méd.gran	fr não pl não peg
60D-100V	10-20	10YR4/4	401	395	124	80	20	75	1,6	areia fran.	fr. peq.méd.gran	fr; não pl não peg
60D-120V	10-20	10YR4/4	399	398	83	120	20	83	0,7	fran.aren	fr. peq.méd.gran	fr não pl não peg
60D-160V	10-20	10YR4/3	443	353	104	100	20	80	1,0	areia fran.	fr. peq.méd.gran	fr não pl não peg
60D-20R	10-20	10YR4/2	496	367	57	80	20	75	0,7	areia fran.	fr. peq.méd.gran	fr; não pl não peg
60D-40R	10-20	10YR4/2	438	360	82	120	20	83	0,7	fran.aren	fr. peq.méd.gran	fr não pl não peg
ARGISSOLO AMARELO Ba3												
40R	10-20	10YR4/2	352	306	142	200	40	80	0,7	fran.aren	fr. peq.méd.gran	fr; não pl não peg
40R-20E	10-20	10YR4/4	384	352	164	100	20	80	1,6	areia fran.	fr. peq.méd.gran	fr não pl não peg
40R-40E	10-20	10YR4/4	415	346	119	120	20	83	1,0	fran.aren	fr. peq.méd.gran	fr,não pl , lig peg
40R-60E	10-20	10YR4/3	421	376	83	120	20	83	0,7	fran.aren	fr. peq.méd.gran	fr; não pl não peg
40R-80E	10-20	10YR4/3	426	317	137	120	20	83	1,1	fran.aren	fr. peq.méd.gran	fr não pl não peg
40R100E	10-20	10YR4/3	426	358	136	80	20	75	1,7	areia fran.	fr. peq.méd.gran	fr não pl não peg
40R-120E	10-20	10YR4/3	438	311	131	120	20	83	1,1	fran.aren	fr. peq.méd.gran	fr; não pl não peg
40R-140E	10-20	10YR4/3	400	390	110	100	40	60	1,1	areia fran.	fr. peq.méd.gran	fr não pl não peg
40R-160E	10-20	10YR4/3	420	370	130	80	20	75	1,6	areia fran.	fr. peq.méd.gran	fr não pl não peg
40R-180E	10-20	10YR4/4	422	326	152	100	20	80	1,5	areia fran.	fr. peq.méd.gran	fr não pl não peg

4.4 Atributos Químicos

4.4.1 Reação do solo

Os resultados das análises de pH em água e KCl são apresentados na tabela 9 e 10 e na tabela, para os horizontes superficiais e subsuperficiais.

Os Solos Argissolos normalmente apresentam fertilidade natural muito baixa, resultante de um pH fortemente ácido para os horizontes superficiais e moderadamente ácidos para os demais horizontes (Tabela 9). Na região de Barcarena, os sítios Ba1, Ba2 e Ba3, mostram um decréscimo nos valores de pH com a profundidade, tanto nas TPA's como em suas respectivas áreas adjacentes. Apresentando os seguintes valores: Ba1 varia de 5,6 a 4,6 na TPA e 5,1 a 4,7 na AD (Figura 25). Esses valores são próximos aos encontrados por Kern & Costa (1997) (5,3 a 6,3) em Argissolos no sítio Ponta Alegre, Caxiuanã-Pa. No sítio Ba2 os valores de pH nos perfis TPA e AD variam 5,0 a 4,7 e 4,9 a 4,5 (Figura 26) respectivamente e no Ba3 esses valores variam de 5,5 a 4,7 na TPA e 5,0 a 4,6 no AD (Figura 27).

Os valores de Δ pH são negativos (Tabela 9), implicando na presença dominante de cargas superficiais líquidas negativas (TOMÉ JÚNIOR, 1997).

Os solos Latossolos de textura média (BB1) e (BB2) evidenciam para esses solos um baixo nível de fertilidade natural, variando de 5,3 a 5,5 de TPA (BB2) (Tabela 10) que resultou em uma reação moderadamente ácida, com valores decrescendo em profundidade, refletindo uma reação fortemente ácida com exceção dos horizontes A2, AB e B2. Em AD (BB1) (Figura 28) inicialmente há um acréscimo nos horizontes superficiais de (AD₄) em solos de textura argilosa com valores de pH em água variando de 4,5 a 5,3 demonstrando um aumento em profundidade ficando estáveis nos horizontes Bw, com exceção de Bw₄, quando houve um acréscimo novamente.

Os valores de Δ pH são negativos variando na ordem de - 0,5 a - 1, 2, que reflete a dominância de cargas superficiais líquidas negativas.

Tabela 9. Características químicas dos Argissolos Amarelos, no município de Barcarena, no Estado do Pará.

Horiz.	Prof. cm	pH			cmol _c kg ⁻¹							%		g.kg ⁻¹ de solo				mg kg ⁻¹ de solo		
		H ₂ O	KCl	ΔpH	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺	SB	Al ⁺⁺⁺	CTCe	CTC ₁	CTC ₂	V	m	C	N	MO	Fe ₂ O ₃	P Assim.
ARGISSOLO AMARELO Tb Distrófico típico, textura arenosa/média- PERFIL 1 N° 01 AD																				
AP	0-10	5,1	4,4	-0,7	2,5	0,6	0,07	0,05	3,2	0,3	3,53	6,80	170,01	47,45	8,51	7,42	0,85	12,8	13	5
AP	10-26	4,6	4,0	-0,6	1	0,4	0,03	0,03	1,5	1,1	2,57	5,30	33,14	27,64	42,88	5,57	0,35	9,6	10	2
AB	26-38	4,5	4,1	-0,4	0,6	0,4	0,03	0,03	1,1	1,4	2,45	4,29	30,62	24,53	57,10	5,20	0,10	8,9	17	
BA	38-56	4,6	4,2	-0,4	0,6	0,4	0,03	0,03	1,1	1,4	2,45	4,32	21,62	24,32	57,10	4,95	0,20	8,5	19	1
Bt1	56-70	4,6	4,2	-0,4	0,7	0,4	0,02	0,03	1,1	1,3	2,45	4,08	18,55	28,10	53,13	4,52	0,05	7,8	22	1
Bt2	70-93	4,6	4,2	-0,4	0,7	0,4	0,02	0,03	1,1	1,2	2,35	3,70	15,44	30,95	51,14	1,96	0,35	3,4	20	1
Bt3	93-145	4,7	4,3	-0,4	0,5	0,4	0,06	0,08	1,0	1,2	2,35	3,70	15,44	30,95	51,14	1,96	0,35	3,4	20	1
BT4	145-190	4,7	4,4	-0,3	0,5	0,4	0,02	0,03	0,9	0,8	1,75	4,86	24,29	19,48	45,80	1,39	0,35	2,4	18	1
ARGISSOLO AMARELO Tb Distrófico antrópico, textura arenosa/ média - PERFIL N°2 TPA																				
AP	0-12	5,6	4,9	-0,8	3,2	0,8	0,07	0,05	4,1	0,2	4,33	6,99	116,43	59,07	4,62	6,06	0,85	10,45	7	7
A2	12-31	4,8	4,2	-0,6	0,7	0,5	0,03	0,03	1,3	1,1	2,37	3,75	31,24	33,76	46,50	4,15	0,10	7,15	12	2
AB	31-49	4,8	4,3	-0,5	2,3	0,7	0,06	0,06	3,1	0,9	4,01	5,63	40,20	55,22	22,46	2,78	0,25	4,80	13	4
BA	49-72	4,7	4,2	-0,5	1,8	0,6	0,04	0,03	2,5	0,8	3,27	4,84	22,01	51,07	24,44	1,86	1,10	3,20	19	3
Bt1	72-100	4,6	4,2	-0,4	1,0	0,5	0,03	0,03	1,6	1,1	2,65	3,66	15,24	42,42	41,48	1,05	0,35	1,82	20	3
Bt2	100-153	4,5	4,2	-0,4	0,7	0,5	0,02	0,03	1,2	1,3	2,55	2,90	9,07	42,96	51,05	0,93	0,35	1,60	18	2
Bt3	153-195	4,6	4,2	-0,4	0,6	0,4	0,02	0,03	1,0	1,6	2,65	5,37	22,39	19,48	60,45	0,70	0,35	1,20	19	1
ARGISSOLO AMARELO Tb Distrófico abruptico, textura arenosa/ média - PERFIL N° 3 AD																				
AP	0-7	4,9	4,0	-0,9	0,9	0,4	0,02	0,03	1,3	1,1	2,45	5,07	63,39	26,56	44,96	11,13	1,90	19,20	5	1
A2	7-18	4,9	4,1	-0,8	0,5	0,5	0,02	0,03	1,0	1,2	2,25	4,28	53,52	24,44	53,41	7,61	0,55	13,12	6	1
A3	18-27	4,8	4,1	-0,8	0,6	0,4	0,02	0,03	1,0	1,2	2,25	4,02	50,23	26,04	53,41	6,93	0,25	11,94	8	3
AB	27-37	4,8	4,1	-0,7	0,6	0,4	0,02	0,03	1,0	1,2	2,25	3,98	33,17	26,29	53,41	4,76	0,05	8,21	9	1
BA	37-54	4,6	4,0	-0,6	0,6	0,4	0,02	0,03	1,0	1	2,04	4,46	18,60	23,33	48,98	4,15	0,35	7,15	16	1
Bt1	54-85	4,6	4,0	-0,6	0,5	0,5	0,02	0,03	1,0	1,2	2,25	4,02	15,46	26,04	53,41	2,66	0,35	4,59	17	1
Bt2	85-130	4,6	4,1	-0,5	0,5	0,5	0,02	0,03	1,0	1,5	2,55	3,30	11,80	31,68	58,90	1,73	0,35	2,99	14	1
Bt3	130-190	4,5	4,1	-0,3	0,5	0,4	0,02	0,03	0,9	1,5	2,45	2,75	9,83	34,39	61,31	1,24	0,35	2,14	16	1

Continuação tabela 9.

Horiz.	Prof. cm	pH			cmol _c kg ⁻¹ de solo						%		g.kg ⁻¹ de solo					mg kg ⁻¹ de solo		
		H ₂ O	KCl	ΔpH	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺	S	Al ⁺⁺⁺	CTCe	CTC ₁	CTC ₂	V	m	C	N	MO	Fe ₂ O ₃	P Assim.
ARGISSOLO AMARELO Tb Distrófico típico, textura arenosa/média- PERFIL N ^o 4 TPA																				
AP	0-8	5,0	4,0	-1,0	1,1	0,5	0,05	0,06	1,7	0,9	2,61	5,29	66,11	32,42	34,42	15,04	0,40	25,93	7	2
A2	8-17	4,9	4,2	-0,8	0,9	0,4	0,04	0,04	1,4	1,1	2,48	5,22	37,28	26,48	44,32	12,99	0,30	22,39	10	1
AB	17-31	4,9	4,2	-0,7	0,9	0,4	0,02	0,03	1,3	1,1	2,45	4,58	38,18	29,39	44,96	11,14	0,10	19,21	12	1
BA	31-51	4,7	4,1	-0,6	0,5	0,4	0,02	0,03	0,9	1,4	2,35	4,22	17,58	22,43	59,66	9,09	0,05	15,68	16	1
Bt1	51-83	4,7	4,1	-0,6	0,5	0,4	0,02	0,03	0,9	1,4	2,34	3,88	12,11	24,29	59,79	6,93	0,10	11,94	16	1
Bt2	83-108	4,7	4,1	-0,6	0,5	0,4	0,02	0,03	0,9	1,5	2,44	3,50	10,94	26,90	61,44	4,70	0,10	8,11	17	1
ARGB2SOLO AMARELO Tb Distrófico abruptico, textura arenosa – PERFIL N ^o 5 AD																				
A1	0-7	5,0	4,2	-0,9	0,5	0,5	0,05	0,04	1,1	1,5	2,59	5,42	90,31	20,16	57,87	16,06	0,80	27,69	7	1
A2	7-21	4,6	4,0	-0,7	0,6	0,5	0,03	0,03	1,2	1,4	2,55	4,88	60,95	23,62	54,86	7,74	0,35	11,62	8	1
BA	21-51	4,8	4,8	-0,8	0,6	0,5	0,02	0,03	1,1	1,3	2,45	4,36	21,91	26,17	53,13	4,47	0,05	7,71	13	1
BT1	51-79	4,8	4,1	-0,7	0,6	0,4	0,02	0,03	1,0	1,4	2,45	4,02	16,74	26,04	57,22	3,59	0,55	6,19	14	1
BT2	79-103	4,8	4,1	-0,7	0,6	0,5	0,02	0,03	1,1	1,3	2,45	4,08	15,70	28,10	53,13	3,53	0,35	6,08	14	1
ARGISSOLO AMARELO Tb Distrófico antrópico abruptico , textura arenosa/ média PERFIL N ^o 6 TPA																				
AP	0-7	5,5	4,5	-1,0	2,4	0,8	0,20	0,08	3,5	0,2	3,68	6,9	172,58	50,41	5,43	15,40	0,85	26,6	4	1
A1	7-21	4,6	3,9	-0,7	0,6	0,5	0,02	0,03	1,1	1,5	2,65	5,06	63,24	22,66	56,68	12,99	0,35	22,39	6	1
A2	21-36	4,7	4,1	-0,7	0,7	0,5	0,02	0,03	1,2	1,3	2,55	4,11	51,32	30,36	51,05	12,99	0,05	22,39	5	1
AB	36-66	4,7	4,0	-0,7	2,4	0,9	0,08	0,09	3,5	0,4	3,88	5,96	29,79	58,33	10,32	6,43	0,35	11,09	8	4
BA	66-94	4,8	4,0	-0,8	0,8	0,4	0,03	0,03	1,3	1,2	2,47	3,79	15,78	33,43	48,67	4,54	0,50	7,80	9	1
Bt1	94-126	4,8	4,0	-0,8	0,8	0,4	0,02	0,03	1,2	1,1	2,35	3,62	15,07	34,47	46,88	3,22	0,35	5,5	9	1
Bt2	126-155	4,8	4,1	-0,7	0,7	0,4	0,05	0,04	1,2	1,3	2,50	3,30	12,71	36,24	52,06	2,45	0,65	4,21	8	3
Bt3	155-177	4,6	4,1	-0,5	0,6	0,5	0,05	0,04	1,2	1,4	2,60	2,85	9,51	41,97	53,90	1,84	0,35	3,16	7	3

Tabela10. Características químicas dos Latossolos Amarelos, no município de Breu Branco, no Estado do Pará.

Horiz.	Prof. cm	pH			cmol _c kg ⁻¹ de solo						%			g.kg ⁻¹ de solo				mg kg ⁻¹ de solo		
		H ₂ O	KCl	ΔpH	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺	S B	Al ⁺⁺⁺	CTCE	CTC1	CTC2	V	m	C	N	MO	Fe ₂ O ₃	P Assim.
LATOSSOLO Amarelo Distrófico típico, textura argilosa – PERFIL N ^o 7 AD																				
A1	0-5	4,5	3,9	-0,6	0,5	0,5	0,01	0,04	1,1	1,0	2,05	6,33	26,39	16,64	48,69	6,41	11	11,05	-	44
AB	5-10	4,8	3,9	-0,9	0,5	0,6	0,01	0,03	1,1	0,9	2,04	6,59	20,60	17,33	44,06	5,94	15	10,24	-	34
BA	10-24	4,7	4,1	-0,6	0,4	0,5	0,00	0,03	0,9	0,7	1,63	5,39	14,97	17,23	42,98	4,59	9	7,91	-	11
Bw1	24-32	4,7	4,1	-0,6	0,4	0,6	0,01	0,03	1,0	0,7	1,73	5,49	17,16	18,78	40,43	3,93	13	6,79	-	21
Bw2	32-63	4,7	4,1	-0,6	0,3	0,3	0,00	0,02	0,6	0,6	1,22	6,07	13,80	10,21	49,18	2,94	15	5,07	-	15
Bw3	63-94	4,7	4,1	-0,6	0,4	0,4	0,01	0,01	0,8	0,7	1,52	4,45	11,71	18,39	46,11	1,65	8	2,84	-	19
Bw4	94-115	4,8	4,1	-0,7	0,4	0,5	0,00	0,01	0,9	0,8	1,72	4,39	10,44	20,88	46,63	1,65	8	2,84	-	14
LATOSSOLO Amarelo Tb distrófico antrópico, textura média - PERFIL N ^o 8 TPA																				
A1	0-18	5,3	4,8	-0,5	5,8	0,7	0,09	0,03	6,6	0,1	6,72	10,42	74,46	63,55	1,49	13,63	45	23,5	-	30
A2	18-32	5,4	4,6	-0,8	3,5	1,1	0,07	0,03	4,7	0,2	4,90	9,16	76,32	51,30	4,08	8,36	12	14,4	-	37
AB	32-50	5,5	4,5	-1,0	2,3	0,3	0,03	0,03	2,7	0,2	2,86	5,30	66,26	50,19	6,99	3,38	8	5,82	-	24
BA	50-70	5,3	4,3	-1,0	2,1	1,4	0,03	0,03	3,6	0,4	3,95	5,04	36,01	70,45	10,12	2,84	9	4,9	-	24
Bw1	70-96	5,1	4,2	-0,9	1,3	0,6	0,03	0,03	2,0	0,3	2,27	2,63	14,59	74,86	13,24	2,67	12	4,6	-	7
Bw2	96-116	5,4	4,2	-1,2	1,1	1,7	0,03	0,03	2,9	0,5	3,35	3,51	21,95	81,21	14,92	2,37	9	4,1	-	38
Bw3	116-196	5,1	4,2	-0,9	0,7	1,6	0,03	0,03	2,4	0,3	2,65	5,82	32,34	40,40	11,31	1,84	2	3,17	-	27
Bw4	196-220	5,3	4,1	-1,2	0,5	1	0,03	0,03	1,6	0,2	1,77	5,70	35,60	27,49	11,33	1,48	4	2,55	-	21

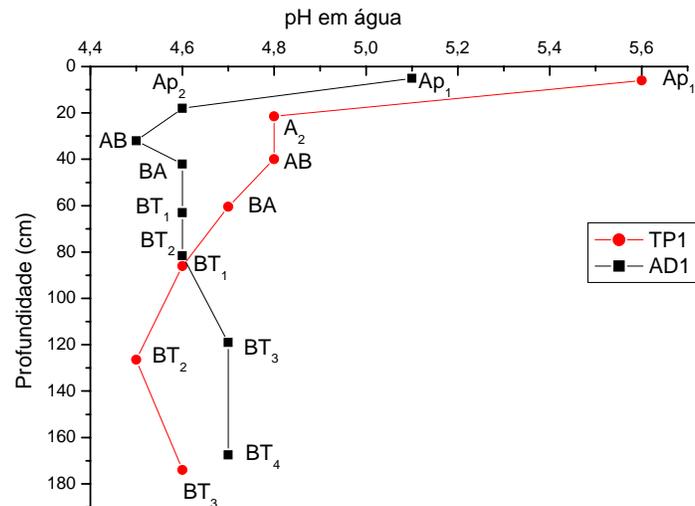


Figura 25. Comportamento do pH em função das profundidades em perfis de solos no Sítio Barcarena 1

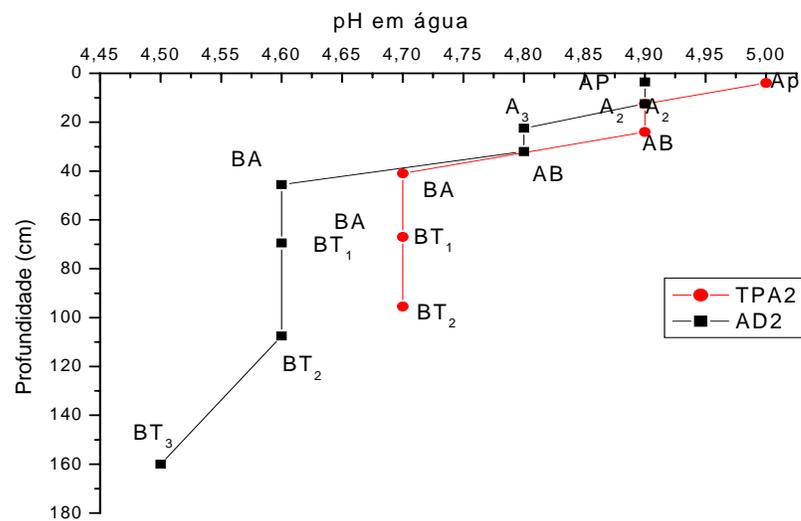


Figura 26. Comportamento do pH em função das profundidades em perfis de solos no Sítio Barcarena 2.

Figura 27. Comportamento do pH em função das profundidades em perfis de solos no Sítio Barcarena 3.

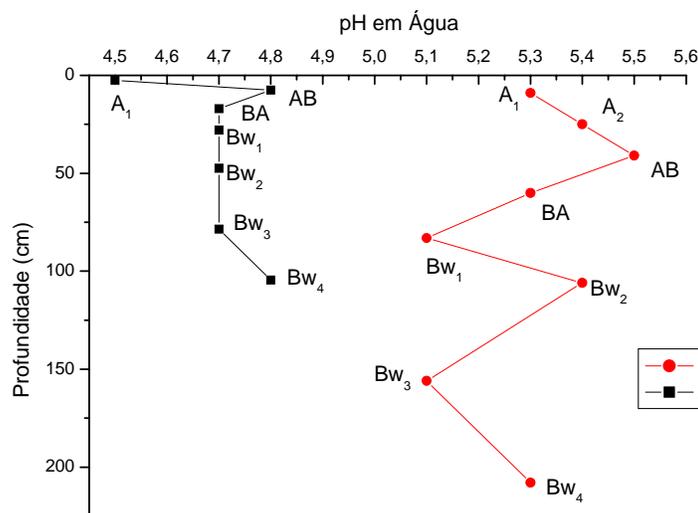


Figura 28. Comportamento do pH em função das profundidades em perfis de solos no Sítio Breu Branco.

4.4.2 Matéria Orgânica

Os resultados médios da matéria orgânica, em diferentes profundidades, nos perfis estudados variaram de 10,45 g kg⁻¹ de solo no TPA₁, 20,00 g kg⁻¹ no TPA₂ e 26,66 g kg⁻¹ no TPA₂ e TPA₃, respectivamente (Tabela 11). Sendo os teores mais elevados na camada de 0-10 cm de profundidade (Figura 29, 30, 31 e 32).

Tabela 11. Valores médios de matéria orgânica g kg⁻¹ em diferentes profundidades nos sítios arqueológicos do município de Barcarena, Estado do Pará.

MATÉRIA ORGÂNICA				
Prof. (cm)	AD's	TPA1	TPA2	TPA3
0-10	20,00 Bc	10,45 Ab	26,66 Cd	26,66 Cc
10-20	11,66 Bb	7,15 Ab	22,33Cc	22,33 Cb
20-40	9,66 Bb	4,80 Aa	19,23 Cb	22,33 Cb
40-60	7,66 Ba	3,20 Aa	16,00 Db	11,00 Ca

Médias seguidas por letras iguais, maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas, não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5%.

Os perfis TPA₂ e TPA₃, apresentaram os maiores valores médios de matéria orgânica, enquanto o TPA₁, apresentou os menores valores, nas quatro profundidades estudadas. Conforme esperado, constatou-se uma diminuição dos teores de matéria orgânica em profundidade. O que está relacionada com a maior deposição l de resíduos vegetais e animais, na superfície do solo e pela natureza superficial das raízes da maioria dos vegetais. Dados semelhantes foram encontrados por Freitas (2005)

Os perfis AD's, por outro lado, apresentaram teor intermediário para este atributo, enquanto que o TPA₁ apresentou os menores valores. No TPA₁, houve redução substancial nos teores de matéria orgânica em relação aos demais, provavelmente pelo uso de manejo inadequado, apresentando diferença significativa em relação aos demais perfis.

Além do manejo inadequado a diminuição do teor de matéria orgânica no TPA₁ pode ser atribuída à decomposição da matéria orgânica humificada em virtude do baixo retorno dos resíduos vegetais ao solo.

A porcentagem de matéria orgânica no solo é considerada alta quando for maior que 5,0%, média quando varia de 2,6 a 5,0%, e baixa quando for menor que 2,5% (BRASIL, 1973).

Os teores de carbono orgânico (MO) nos latossolos apresentam-se mais baixos e decrescem com a profundidade variando com AD₄ de 2,87 a 11,05 g kg⁻¹ de solo, com exceção de AP que apresenta valores variando de 2,55 a 23,5 g kg⁻¹ de solo, mais baixo quando comparados com a Terra Preta arqueológica por Lima (2001) da ordem de 34,6 g kg⁻¹.

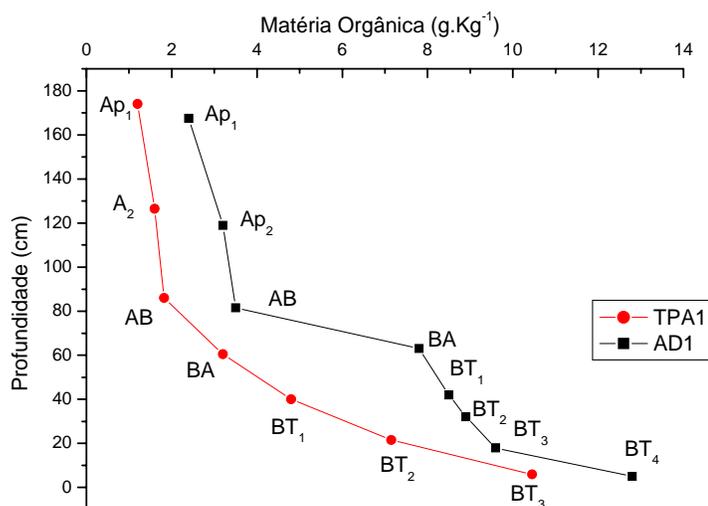


Figura 29. Comportamento da Matéria orgânica em função das profundidades nos perfis de solos dos Sítios de Barcarena 1.

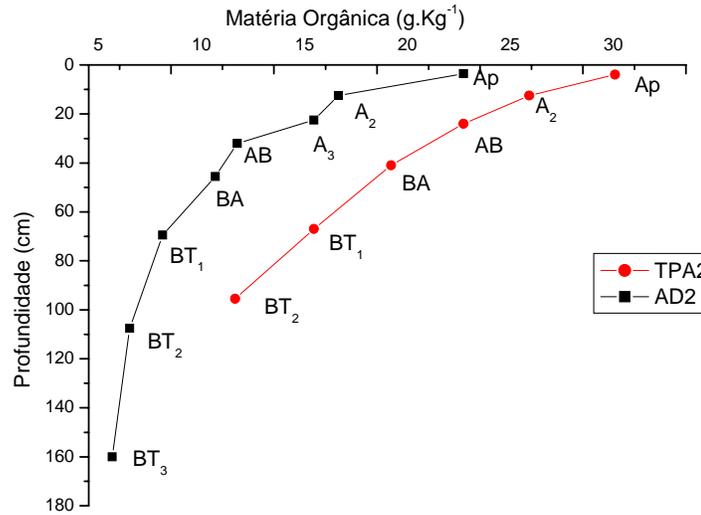


Figura 30. Comportamento da Matéria orgânica em função das profundidades nos perfis de solos dos sítios de Barcarena 2.

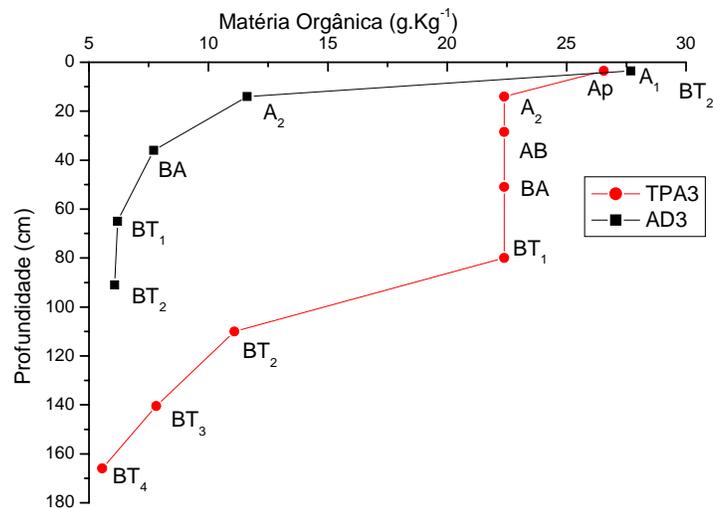


Figura 31. Comportamento da Matéria orgânica em função das profundidades nos perfis de solos dos sítios de Barcarena 3.

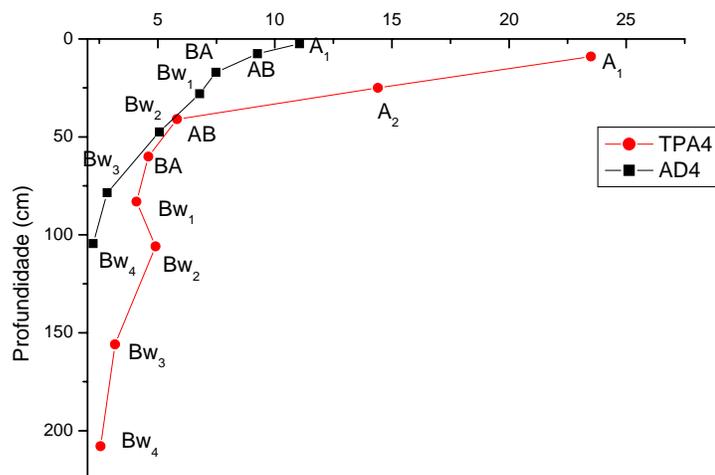


Figura 32. Comportamento da Matéria orgânica em função das profundidades nos perfis de solos dos sítios de Breu Branco.

4.4.3 Soma de Bases (SB), Saturação por Bases (V%) e CTC

Os valores de soma de bases nos Argissolos apresentam-se baixos variando de 0,9 a 4,1 diminuindo com a profundidade, sendo valores mais elevados os horizontes superficiais (Tabela 9).

Os valores de saturação de bases (V%) estão próximos aos encontrados por Kern & Costa (1997) 64 a 90 %, decrescendo com a profundidade, sendo os valores maiores nos horizontes superficiais valores maiores (Tabela 9).

Os resultados de CTC efetiva são baixos nos latossolos variando de 1,22 a 2,05 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ de solo em AD₄ e em TP₄ os teores variam de 1,77 a 6,72, quando comparados com os valores encontrados por Lima (2001) de 8,1 a 22,2 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ em Terra Preta Arqueológica, os valores decresce em profundidade em ambos os solos, demonstrando a existência de uma relação restrita entre CTC e matéria orgânica (Tabela 10) que também decresce em profundidade. O que

demonstra baixa capacidade de reter cátions nas condições naturais desses solos (LOPES & GUIDOLIN, 1989).

Nos latossolos apresentam baixos valores de soma de bases nos latossolos é baixo, variando de 0,6 a 1,1 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ em AD_4 , e TPA_4 varia de 1,6 a 6,6 $\text{l cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ de solo, observando-se os valores mais altos no horizonte superficial.

Os valores de saturação por bases (V%) no TPA apresentam próximos aos encontrados por Lima (2001) 59 a 71 %, diminuindo com a profundidade, sendo nos horizontes superficiais valores maiores (Tabela 10).

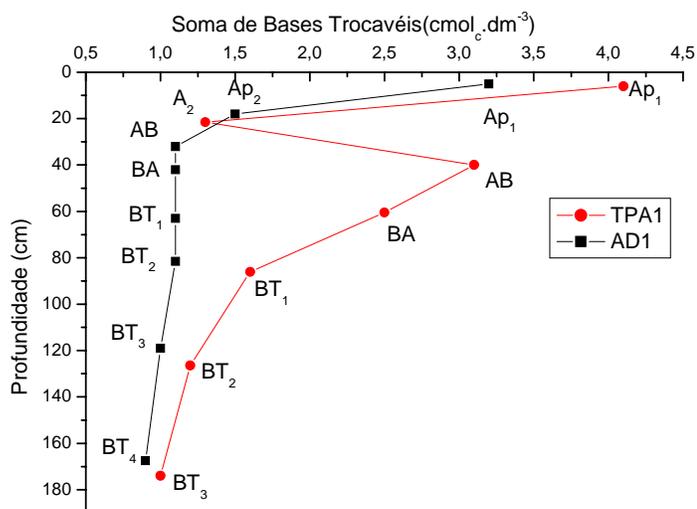


Figura 33. Comportamento de soma de bases trocáveis em função das profundidades nos perfis de solos dos sítios de Barcarena 1.

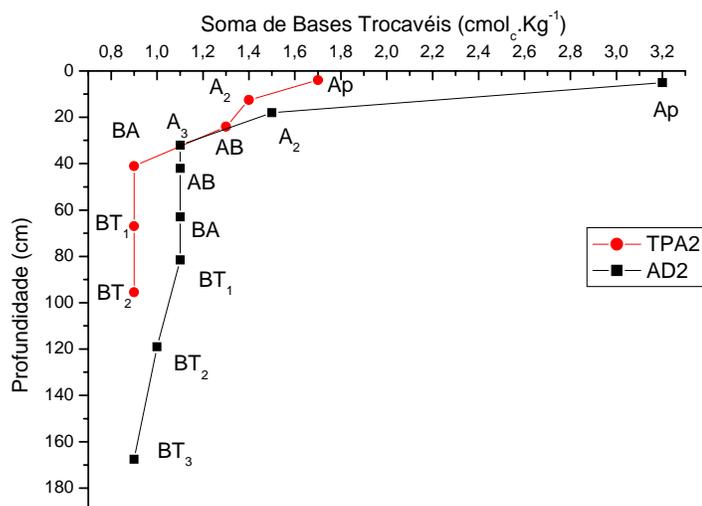


Figura 34. Comportamento de soma de bases trocáveis em função das profundidades nos perfis de solos dos sítios de Barcarena 2.

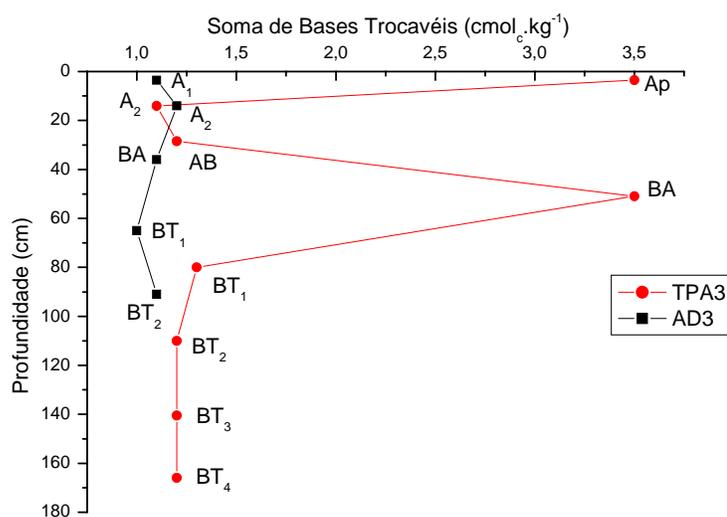


Figura 35. Comportamento de soma de bases trocáveis em função das profundidades nos perfis de solos dos sítios de Barcarena 3.

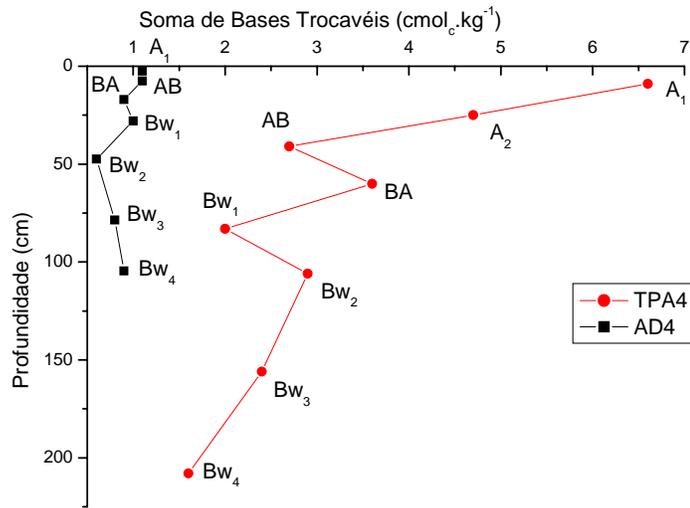


Figura 36. Comportamento de soma de bases trocáveis em função das profundidades nos perfis de solos dos sítios Breu Branco.

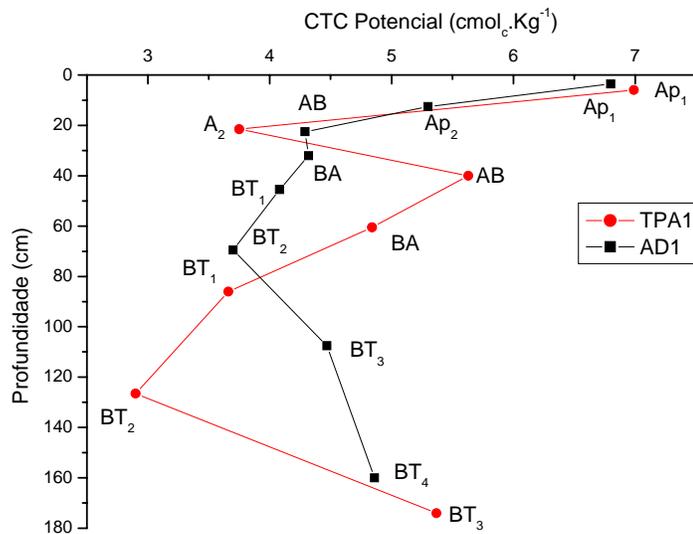


Figura 37. Capacidade de troca de cátions em função das profundidades nos perfis de solos dos sítios de Barcarena 1.

Figura 38. Capacidade de troca de cátions em função das profundidades nos perfis de solos dos sítios de Barcarena 2.

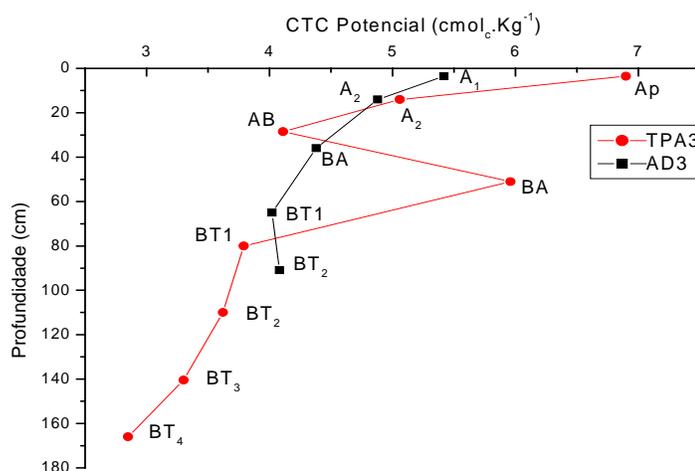


Figura 39. Capacidade de troca de cátions em função das profundidades nos perfis de solos sítios Barcarena 3.

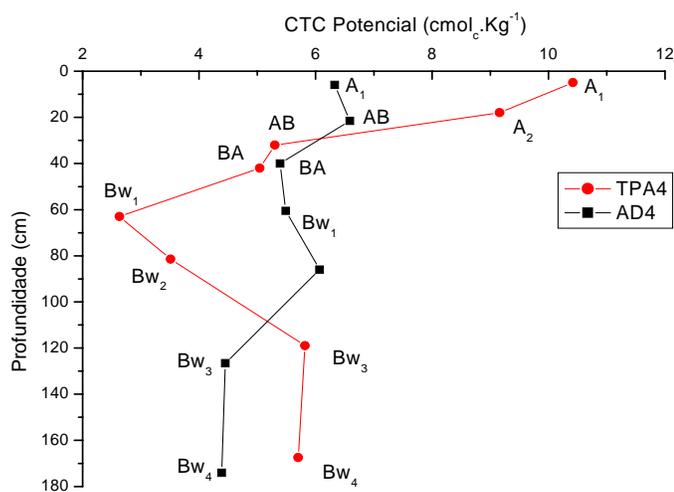


Figura 40. Capacidade de troca de cátions em função das profundidades nos perfis de solos dos sítios de Breu Branco.

4.4.4 Fósforo disponível (P)

As análises químicas dos solos estudados mostrou valores de fósforo assimilável baixos para os argissolos, ou seja, 14 a 44 g kg⁻¹ e 7 a 44 g kg⁻¹ demonstrando que são solos pobres em fósforo ou que o fósforo desses solos foi assimilado pelas plantas. Esses valores são baixos quando comparados com TPA encontrado por Lima et al, 2002 1.567 a 3.921 g kg⁻¹ (Figura 41, 42, 43 e 44).

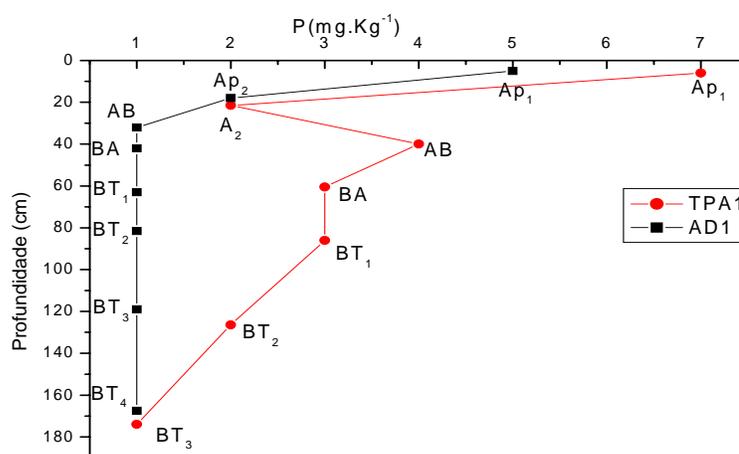


Figura 41. Teores de fósforo em função da profundidade nos perfis do solo do sítio Barcarena 1.

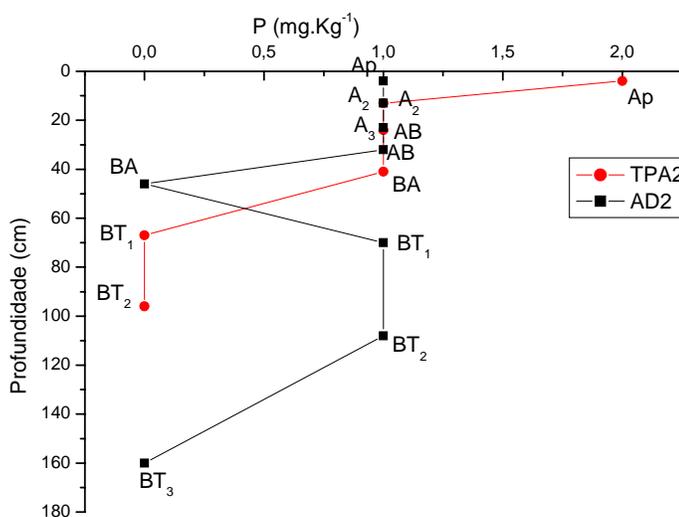


Figura 42. Teores de fósforo em função da profundidade nos perfis do solo do Sítio Barcarena 2.

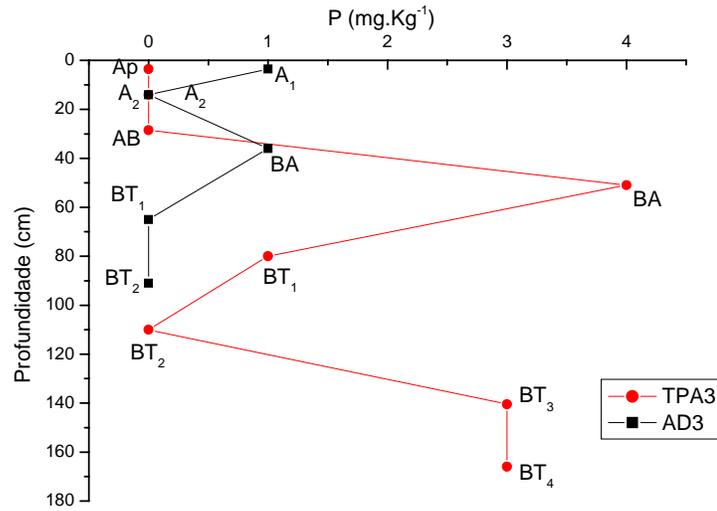


Figura 43. Teores de fósforo em função da profundidade nos perfis do solo do Sítio Barcarena 3.

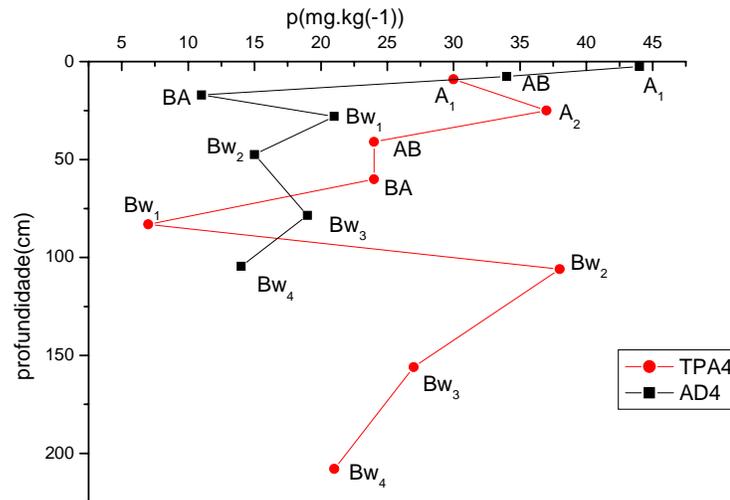


Figura 44. Teores de fósforo em função da profundidade nos perfis do solo do Sítio de Breu Branco.

4.4.5 Óxidos de Ferro e Alumínio

Os teores de ferro total ($\text{Fe}_2\text{O}_3\text{-H}_2\text{SO}_4$) e Alumínio total ($\text{Al}_2\text{O}_3 \text{H}_2\text{SO}_4$) aumentaram com a profundidade variando de 5,14 a 22,50 g kg^{-1} de solo (Tabela 12) e 47,08 a 275,50 g kg^{-1} de solo (Tabela 12).

4.4.6 Cobre, Manganês e Zinco

Os dados da tabela 12 mostrou teores altos de cobre demonstram os valores em AD e TPA são altos nos horizontes superficiais variando de 0,6 a 1,3 mg kg^{-1} para AD de solo e 0,7 a 1,3 mg g^{-1} para TPA, nos perfis dos argissolos. Os teores mais altos foram observados nos perfis de TPA dos três sítios de argissolos (Tabela 12). Ressalta-se que foram encontrados valores elevados no horizonte B de TPA de Ba2 e TPA de Ba3 quando comparados com AD (Tabela12).

As concentrações de manganês são consideradas de médio a alta em AD e TPA, respectivamente variando de 0,6 a 13,0 mg kg^{-1} de solo e 32,8 a 0,6 mg kg^{-1} de solo, sendo os valores altos observados nos horizontes superficiais. Essas concentrações diminuem com a profundidade dos perfis de solo, tanto em AD quanto TPA, dos três sítios de argissolos, quer nos perfis de TPA. Os teores são mais elevados nos perfis de TPA (Tabela12). Nos horizontes A de TPA verificou-se os maiores valores e no B de TPA de Ba3 na ordem de 6,6 e 11,7 mg kg^{-1} de solo.

Os teores de zinco variam de alto a baixo da ordem de 0,6 a 2,7 mg kg^{-1} de solo em AD e 0,6 a 3,2 mg kg^{-1} de solo em TPA, decrescendo em profundidade, sendo em AD de Perfil 1 muito próximo não apresentando pouca diferença em valores (Tabela 12). No horizonte B de TPA do perfil 1houve um aumento de zinco (Tabela 12). Os valores de zinco nos perfis de TPA são maiores quando comparados com os de AD (Tabela 12)

Tabela 12. Teores de alumínio total, cobre, manganês e zinco nos dos sítios arqueológicos do município de Barcarena, Estado do Para.

Horizontes	Prof. (cm)	Al ₂ O ₃ g kg ⁻¹	Cu (mg kg ⁻¹)	Mn (mg kg ⁻¹)	Zn (mg kg ⁻¹)
Perfil 1-Ba1 –AD					
Ap1	0-10	150	0,9	13,0	2,3
Ap2	10-26	104	0,9	0,7	1,4
A3	26-38	197	0,7	0,6	1,7
AB	38-56	224	0,8	0,7	2,7
BA	56-70	268	0,6	0,9	1,4
Bt1	70-93	242	0,6	1,4	1,0
Bt2	93-145	234	0,6	1,4	1,1
Bt3	145-190	259	0,8	0,4	1,5
Perfil 2-Ba1-TPA					
Ap	0-12	65	0,9	32,8	2,9
A2	12-31	129	0,7	8,0	1,2
AB	31-49	146	0,7	13,0	1,9
BA	49-72	228	1,3	2,6	3,0
Bt1	72-100	273	0,7	1,1	0,7
Bt2	100-153	241	0,8	1,0	0,8
Bt3	153-195	275	0,8	0,6	0,7
Perfil 3-Ba2 –AD					
Ap	0-7	54	0,9	4,0	0,7
A2	7-18	67	0,8	2,9	0,8
A3	18-27	97	0,8	1,5	0,6
AB	27-37	119	0,8	0,9	0,8
BA	37-54	163	0,8	0,7	0,9
Bt1	54-85	195	0,8	0,9	0,8
Bt2	85-130	233	0,9	0,8	0,7
Bt3	130-190	255	0,8	0,6	0,8
Perfil 4-Ba2-TPA					
Ap	0-8	81	1,1	4,3	1,6
A2	8-17	135	0,9	0,7	0,6
AB	17-31	123	1,0	0,7	0,8
BA	31-51	212	0,9	0,8	0,6
Bt1	51-83	253	0,9	0,8	0,7
Bt2	83-108	286	1,0	0,9	0,5
Perfil 5-Ba3 –AD					
A1	0-7	57	1,2	3,6	0,9
A2	7-21	73	1,2	3,4	0,8
AB	21-51	159	1,2	2,3	0,7
BA	51-79	179	1,2	1,5	0,6
Bt1	79-103	207	1,3	1,3	0,7
Perfil 6-Ba3-TPA					
Ap	0-7	47	1,1	20,6	3,2
A1	7-21	62	1,1	1,2	0,7
A2	21-36	80	1,0	1,1	0,9
AB	36-66	143	1,1	28,5	1,7
BA	66-94	205	1,1	3,1	0,8
Bt1	94-126	174	1,1	0,9	0,9
Bt2	126-155	228	1,1	6,6	1,0
Bt3	155-177	212	1,3	11,7	0,9

4.4.7 Alumínio extraível

Os teores de alumínio extraível nos latossolos variam nos solos 0,1 a 0,9 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ de solo (Tabela 10) os quais condicionados pela baixa soma de bases trocáveis, proporcionam uma alta saturação por alumínio (Figura 45, 46, 47 e 48).

Nos argissolos os teores de Al variam de 0,2 a 1,6 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ de solo decrescendo com a profundidade os quais demonstram baixa soma de bases proporcionando uma alta saturação por alumínio (Tabela 9).

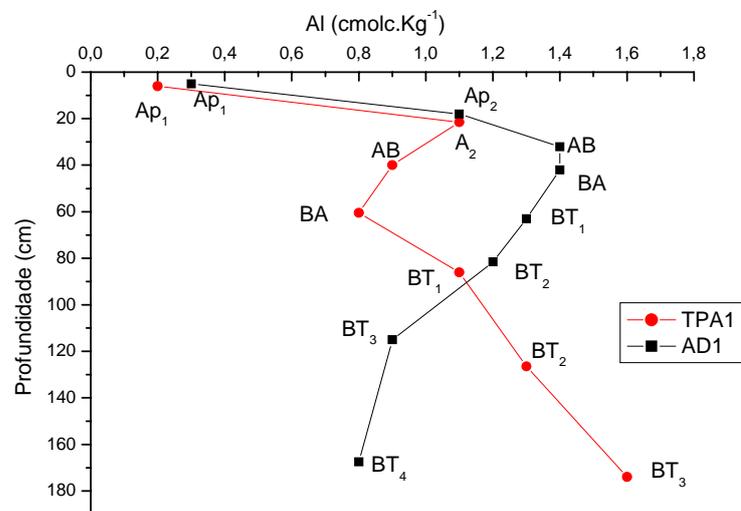


Figura 45. Teores de alumínio extraível em função da profundidade do solo do sítio Barcarena 1.

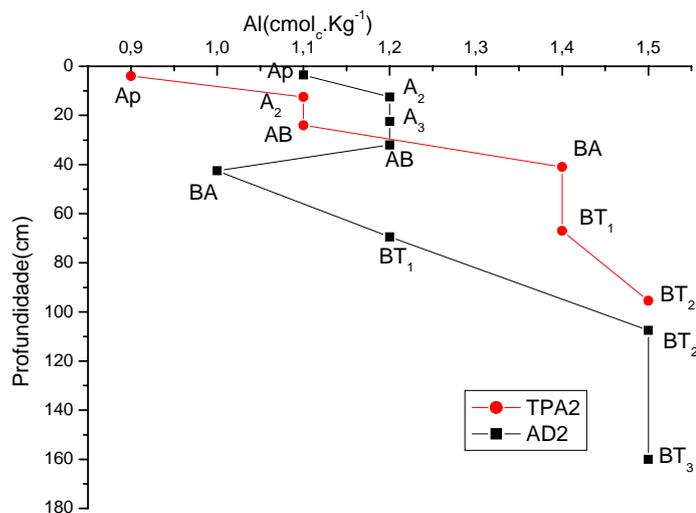


Figura 46. Teores de alumínio extraível em função da profundidade do solo do sítio Barcarena 2.

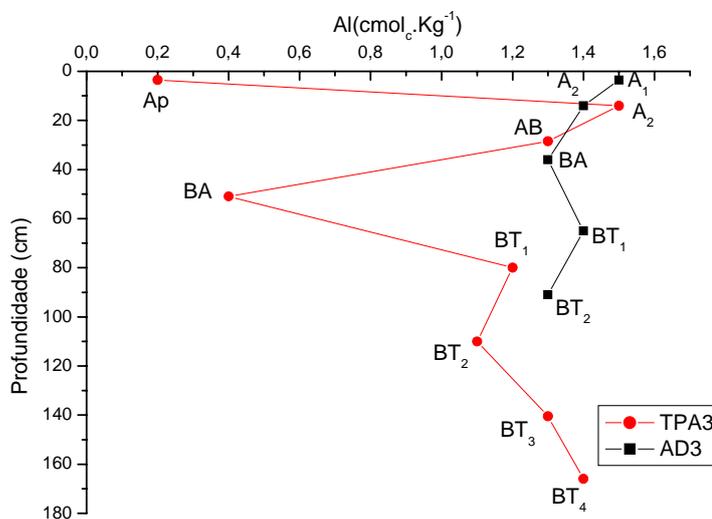


Figura 47. Teores de alumínio extraível em função da profundidade do solo do sítio Barcarena 3.

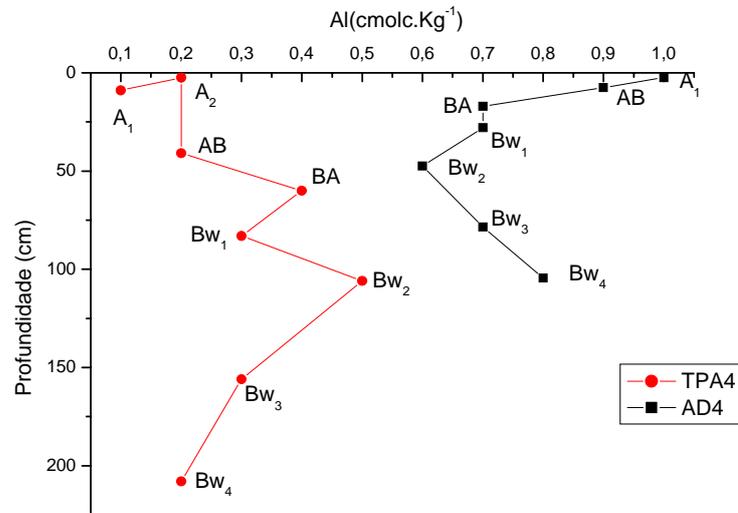


Figura 48. Teores de alumínio extraível em função da profundidade do solo do sítio de Breu Branco.

4.4.8 Cálcio, magnésio e potássio.

Os teores de cálcio, magnésio e potássio trocáveis são mais elevados nos horizontes superficiais, dos latossolos evidenciando que a ciclagem de nutrientes entre o solo e a planta se processa com mais intensidade na camada superficial dos solos da área, sendo que nos horizontes de TP₄ (Tabela 10) esses valores são mais elevados em AD₄. O cálcio é mais elevado nos solos de terra preta estudados por Lima (2001) 4,4 a 14,1 cmol_c kg⁻¹. O magnésio é elevado apenas nas camadas superficial, nos demais horizontes apresenta valores próximos aos valores neste estudo.

Os valores de Ca, Mg e K variam de 0,5 a 3,2 cmol_c kg⁻¹ de solo a 0,9 cmol_c kg⁻¹ de solo, 0,02 cmol_c kg⁻¹ de solo a 0,09 cmol_c kg⁻¹ de solo, respectivamente, sendo os valores de Ca e Mg mais baixos quando comparados com Terra Preta (Ca 3,3 a 15,6 cmol_c kg⁻¹; Mg 1,4 a 2,6 cmol_c kg⁻¹), Kern & Costa (1997). Já nos horizontes B apresentaram valores próximos aos encontrados em Argissolos no Município de Barcarena. Os valores de Ca, Mg e K aumentaram com a profundidade em alguns perfis, o que pode ter ocorrido pela movimentação desses elementos nos perfis de solos (Tabela 9).

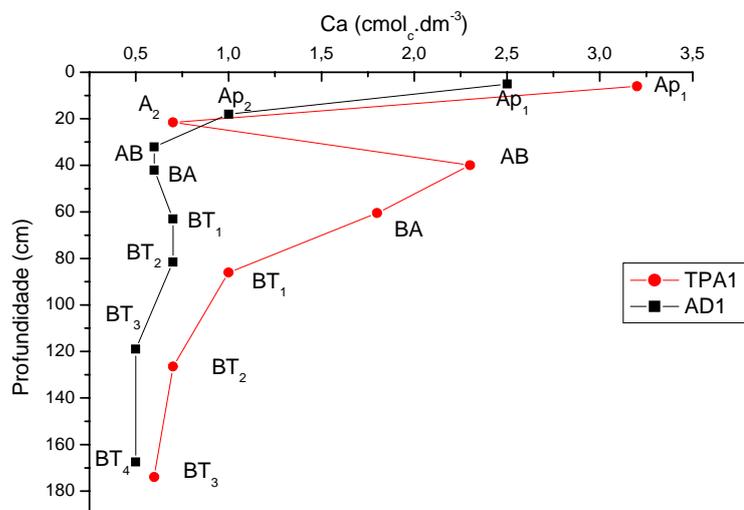


Figura 49. Teores de Ca^{2+} em função da profundidade do solo do sítio Barcarena 1.

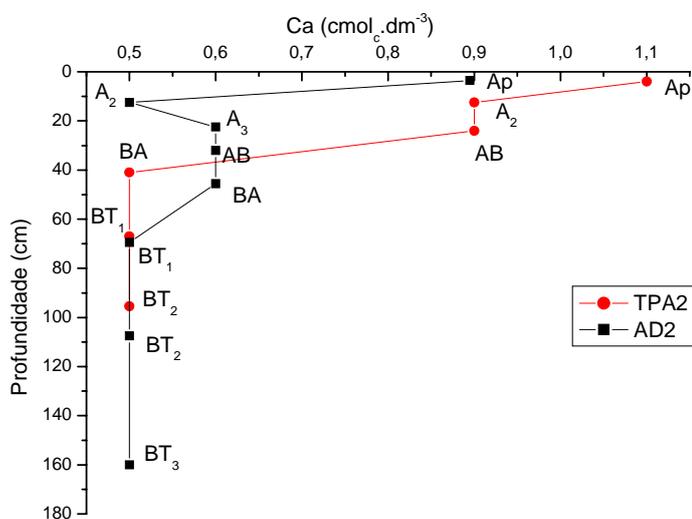


Figura 50. Teores de Ca^{2+} em função da profundidade do solo do sítio Barcarena 2.

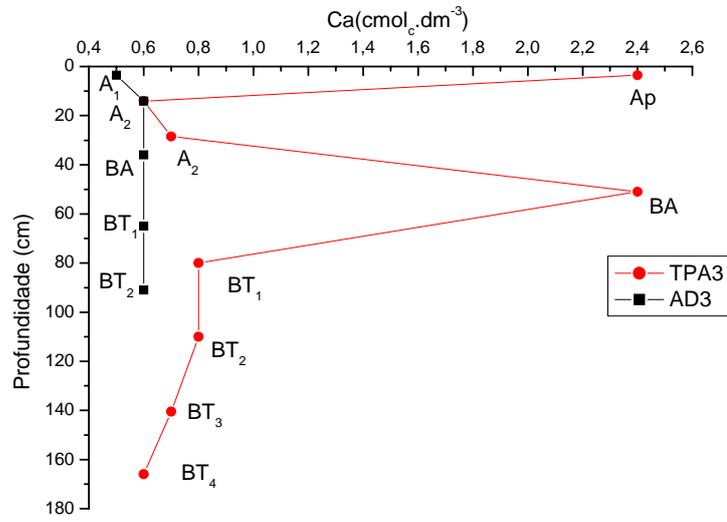


Figura 51. Teores de Ca^{2+} em função da profundidade do solo do sítio Barcarena 3.

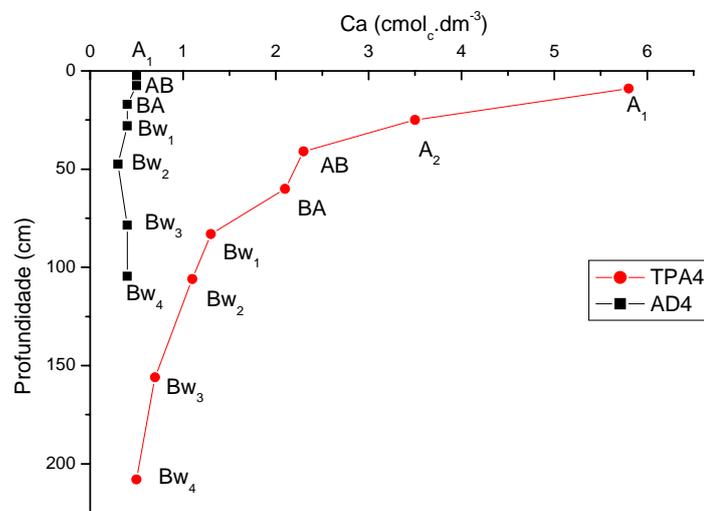


Figura 52. Teores de Ca^{2+} em função da profundidade do solo do sítio de Breu Branco, no estado do Pará.

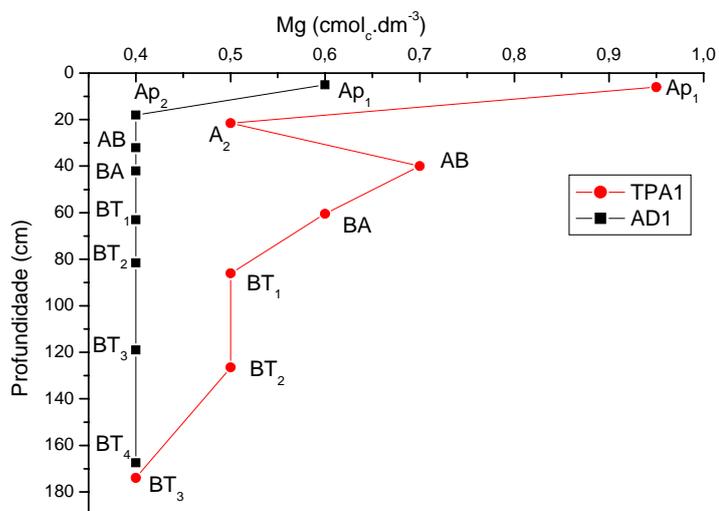


Figura 53. Teores de Mg^{2+} em função da profundidade do solo do sítio Barcarena 1.

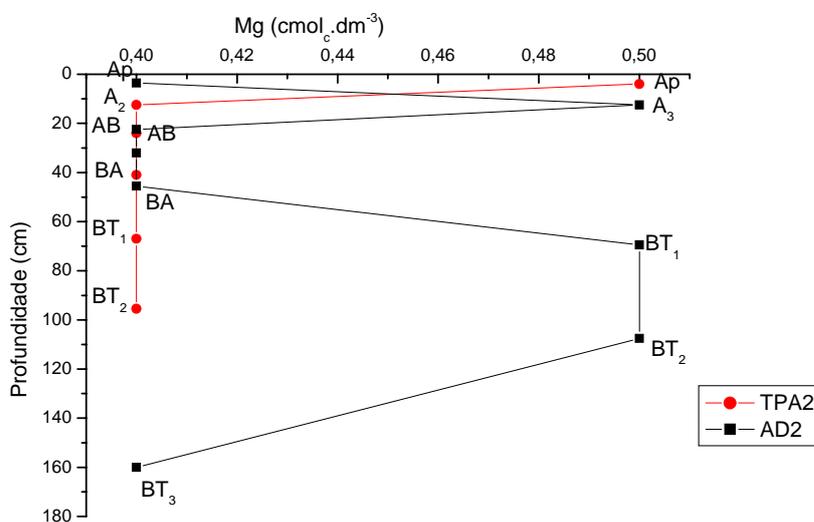


Figura 54. Teores de Mg^{2+} em função da profundidade do solo do Sítio Barcarena 2.

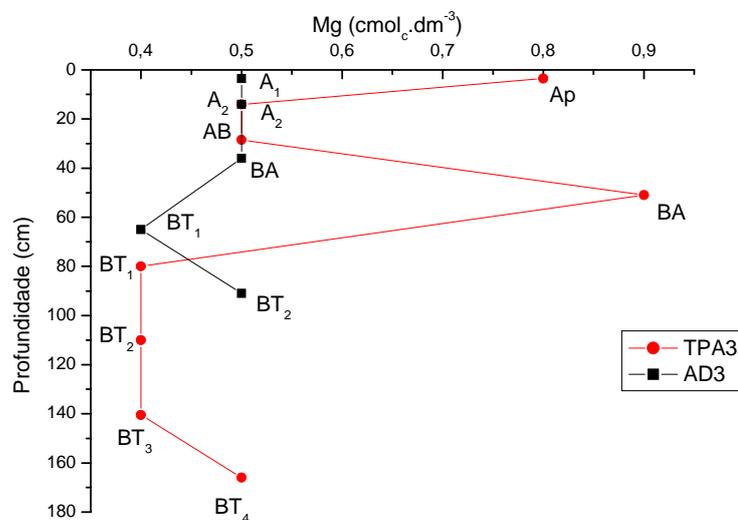


Figura 55. Teores de Mg^{2+} em função da profundidade do solo do Sítio Barcarena 3.

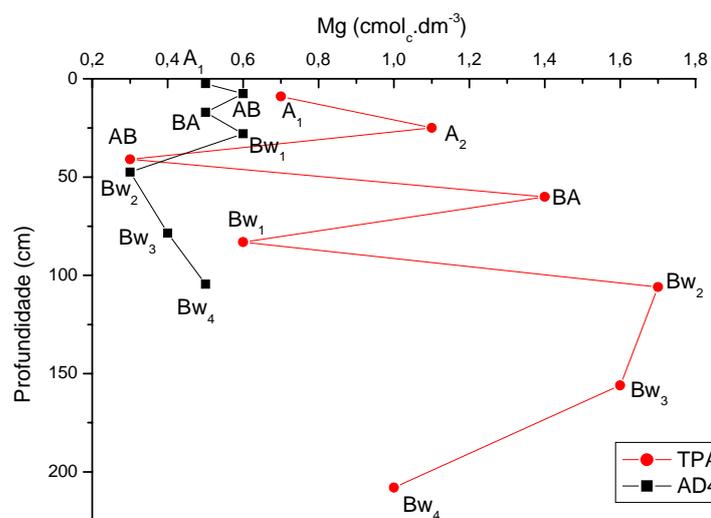


Figura 56. Teores de Mg^{2+} em função da profundidade do solo do Sítio Breu Branco.

Na tabela 14 pelos resultados apresentados os valores de pH em água no sítio Ba1 variou de 4,3 a 5,4 apresentando-se como uma reação fortemente ácida, no Ba2 caracteriza-se como extremamente ácida nas posições superiores para direita e inferiores para direita, nos demais fortemente ácida, variando de 3,9 a 5,1 já no Ba3 a maioria apresentou-se como uma reação fortemente ácida variando de 4,0 a 4,6. Os maiores valores de cálcio encontra-se no sítio Ba2 na posição mais acima do sítio, os valores variam de 0,4 a 1,9 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$. Nos outros dois sítios os valores são bem próximos variando respectivamente de 0,3 a 0,8 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ no Ba1 e 0,3 a 0,5 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ no Ba3. O magnésio no Ba1 apresenta valores baixos variando de 0,4 a 0,7 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ no Ba2 os valores variam de 0,6 a 1,0 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ e no Ba3 variam de 0,5 a 1,1 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$, portanto valores mais altos em relação a Ba1. O potássio no Ba1 e Ba2 apresentou valores próximos variando de 0,02 a 0,13 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ e o no Ba3 varia de 0,02 a 0,05 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$. O sódio no Ba1 apresenta valores que variam de 0,02 a 0,08, $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$, Ba2 0,02 a 0,09 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ e o Ba3 diferente dos outros dois apresenta valores que variam de 0,02 a 0,04 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$. A soma de bases no sítio Ba1 apresenta valores variando de 0,9 a 1,4, em Ba2 1,1 a 2,6, valores mais elevados comparados com os dois sítios, sendo em Ba3 valores variando de 0,9 a 1,8. Os valores de alumínio extraível varia de 0,7 a 1,1 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$, no sítio Ba1 apresentando valores próximos aos encontrados no sítio Ba3 varia de 0,7 a 1,4, diferente dos encontrados em Ba2 varia de 0,4 a 1,2, valores mais baixos quando, o que esta relacionado à baixa soma de bases que varia de 0,7 a 2. A CTCE variou em Ba1 1,86 a 2,31, no Ba2 variou de 2,14 a 2,96 e Ba3 variou de 1,77 a 2,84.

A CTC potencial o Ba1 variou de 4,02 a 5,89, em Ba2 varou de 4,36 a 5,98 e Ba3 varou de 2,64 a 6,38, apresentando valores mais baixos em alguns transectos. A matéria orgânica varou Ba1 de 4,45 a 9,51 e no Ba2 4,45 a 10,93, valores próximos e 6,47 a 8,80 no Ba3 valores mais altos. O fósforo varia de 1 a 3 no Ba1 sendo maior nos transectos (40V-60Ee 120R-60E) no Ba2 variou de 1 a 4 mg.kg^{-1} apresentando menores valores nos transectos (20V-60D e 20R-60D), no Ba3 variou de 1 a 13 mg kg^{-1} apresentando valores mais altos, sendo que a medida que vai para esquerda valores aumentaram.

Tabela 13. Resultados de análises químicas de amostras de solos em profundidade de 10-20 cm em sítios arqueológicos, no município de Barcarena, no Estado do Pará.

Horiz.	Prof. cm	cmol _c kg ⁻¹							%			g.kg ⁻¹ de solo				mg kg ⁻¹ de solo		
		H ₂ O	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺	SB	Al ⁺⁺⁺	CTCe	CTC ₁	CTC ₂	V	m	C	N	MO	P Assim.	
Ba1																		
20V-60E	10-20	4,9	0,8	0,6	0,03	0,02	1,4	0,7	2,14	4,74	14,76	30,42	39,53	12,3	0,03	7,18	1	
40V-60E	10-20	4,9	0,5	0,4	0,02	0,03	0,9	1,0	1,95	5,24	19,10	18,08	37,40	14,4	0,04	8,40	3	
60V-60E	10-20	5,4	0,5	0,4	0,03	0,03	1,0	1,0	1,96	5,09	19,64	18,87	36,36	16,4	0,04	9,51	1	
80V-60E	10-20	4,9	0,3	0,7	0,13	0,08	1,2	1,1	2,31	4,02	27,36	30,11	22,34	14,4	0,03	8,40	1	
60R-60E	10-20	4,3	0,3	0,7	0,02	0,02	1,0	1,1	2,13	4,33	25,39	23,84	43,33	11,1	0,04	6,47	1	
80R-60E	10-20	5,0	0,4	0,7	0,03	0,03	1,2	0,7	1,86	4,63	15,13	25,00	46,27	13,6	0,02	7,89	1	
120R-60E	10-20	4,6	0,5	0,8	0,05	0,08	1,4	0,8	2,23	5,89	13,58	24,30	98,19	7,7	0,04	4,45	3	
									Ba2									
60D	10-20	4,1	0,4	0,6	0,03	0,03	1,1	1,2	2,26	4,69	46,90	22,61	25,58	18,8	0,03	10,93	3	
20V-60D	10-20	3,9	0,4	1,0	0,02	0,02	1,4	1,1	2,53	5,89	73,66	24,31	18,67	13,6	0,03	7,89	1	
80V-60D	10-20	4,1	0,4	0,8	0,03	0,02	1,2	0,9	2,14	4,71	47,13	26,37	19,10	7,7	0,04	4,45	4	
100V-60D-	10-20	4,6	1,2	0,6	0,02	0,03	1,9	0,8	2,65	5,98	74,75	30,94	13,38	17,2	0,04	10,02	2	
120V-60D	10-20	5,1	1,9	0,6	0,04	0,02	2,6	0,4	2,96	7,84	65,30	32,62	5,10	14,8	0,04	8,60	3	
160V-60D	10-20	4,6	0,9	0,8	0,13	0,09	1,9	0,8	2,72	5,39	53,90	35,62	14,84	16,7	0,03	9,71	2	
20R-60D-	10-20	3,9	0,4	1,0	0,02	0,02	1,4	1,1	2,53	5,89	73,66	24,31	18,67	13,6	0,03	7,89	1	
40R-60D-	10-20	4,2	0,4	0,6	0,03	0,03	1,1	1,0	2,06	4,36	36,34	24,32	22,93	10,3	0,03	5,97	2	
									Ba3									
40R	10-20	4,2	0,3	0,7	0,02	0,03	1,0	0,99	2,03	2,64	13,21	39,43	37,48	15,1	0,04	8,80	1	
40R-20E	10-20	4,2	0,3	1,1	0,02	0,02	1,4	1,4	2,83	6,38	63,83	22,45	21,93	13,7	0,04	7,99	3	
40R-40E	10-20	4,2	0,5	0,7	0,02	0,02	1,2	1,3	2,53	5,19	43,27	23,74	25,03	12,0	0,04	6,98	4	
40R-60E	10-20	4,6	0,3	0,5	0,03	0,03	0,9	0,9	1,77	4,34	36,13	19,96	20,76	13,1	0,04	7,59	3	
40R-80E	10-20	3,9	0,5	0,6	0,02	0,02	1,1	1,4	2,54	5,10	42,48	22,32	27,46	11,3	0,03	6,58	3	
40R-100E	10-20	4,2	0,6	0,6	0,04	0,03	1,3	0,7	1,96	4,73	59,18	26,71	14,78	13,2	0,04	7,69	6	
40R-120E	10-20	4,5	0,5	0,9	0,02	0,03	1,4	1,1	2,55	5,25	43,72	27,57	20,97	13,7	0,04	7,99	13	
40R-140E	10-20	4,0	0,5	0,7	0,02	0,02	1,2	1,1	2,33	4,70	47,03	26,21	23,39	13,7	0,04	7,99	3	
40R-160E	10-20	4,5	0,5	0,8	0,05	0,04	1,8	0,7	2,49	4,60	57,53	38,94	15,21	1,11	0,04	6,47	4	
40R-180E	10-20	4,1	0,5	0,9	0,03	0,02	1,4	1,4	2,84	5,90	73,79	24,45	23,72	12,7	0,04	7,38	3	

4.5 Comportamento espacial das características químicas de amostras de solos em profundidade de 10-20 cm, no município de Breu Branco, estado do Pará.

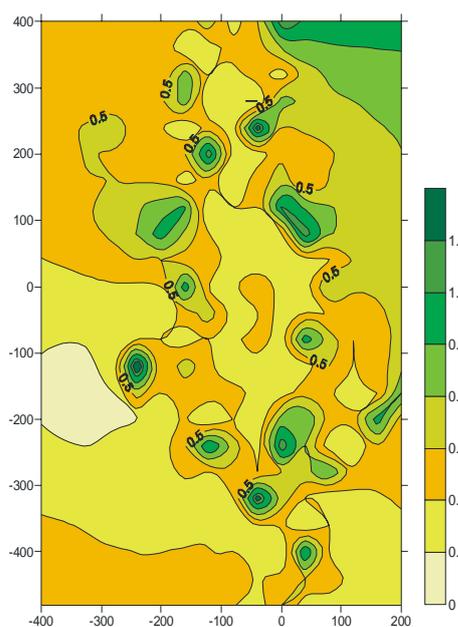
A distribuição areal mostra a concentração do Al variando de 0,1 a 1,4 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ de solo com uma maior concentração no sentido norte e sul negativo do sítio. O potássio varia de 0,03 a 1,02 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ de solo, com as maiores concentrações na parte sul negativa. O sódio varia de 0,04 a 0,9 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ de solo. sua concentração está no sentido superior direito e esquerdo sendo a maior concentração no sentido inferior esquerda e em menor quantidade na parte inferior direita.

Para os valores de Ca+Mg há maior concentração na direção superior esquerda e inferior esquerda e direita do sítio, variando de 0,5 a 7,6 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ de solo.

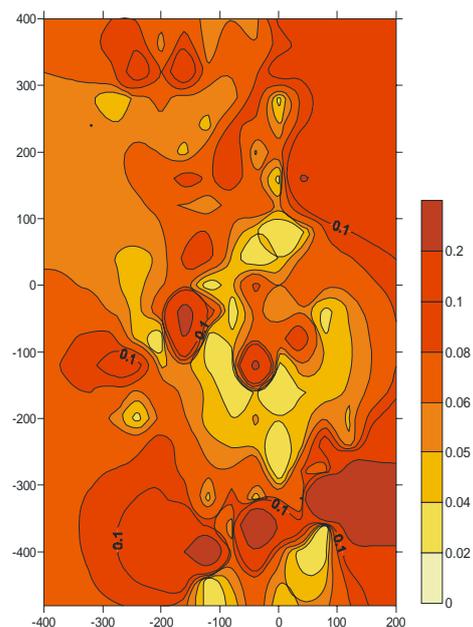
Os valores de pH expressa uma maior concentração no sentido superior esquerdo, variando de 4,2 a 7,1. O conteúdo de matéria orgânica concentra-se se na parte inferior esquerda e superior esquerda do sítio, variando de 4,59 a 23,44 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ de solo.

Para os valores de fósforo há uma variação de 1 a 106 apresentando uma maior concentração no sentido inferior esquerda do sitio. O fósforo é um dos principais elementos diagnósticos de ocorrência de TPA, seus teores elevados reforçam a hipótese do uso do solo por grupos pré-histórico.

Os resultados evidenciam que o comportamento espacial das variáveis, há uma inter-relação na concentração dentro do sítio.



Al $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ de solo



K $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ de solo

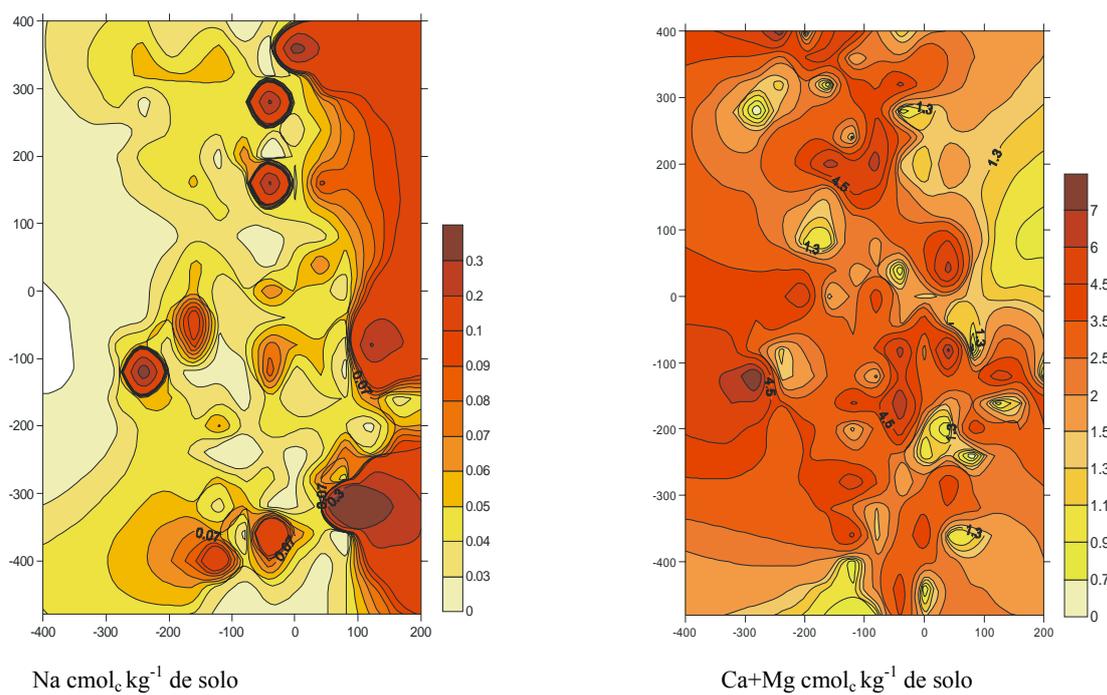
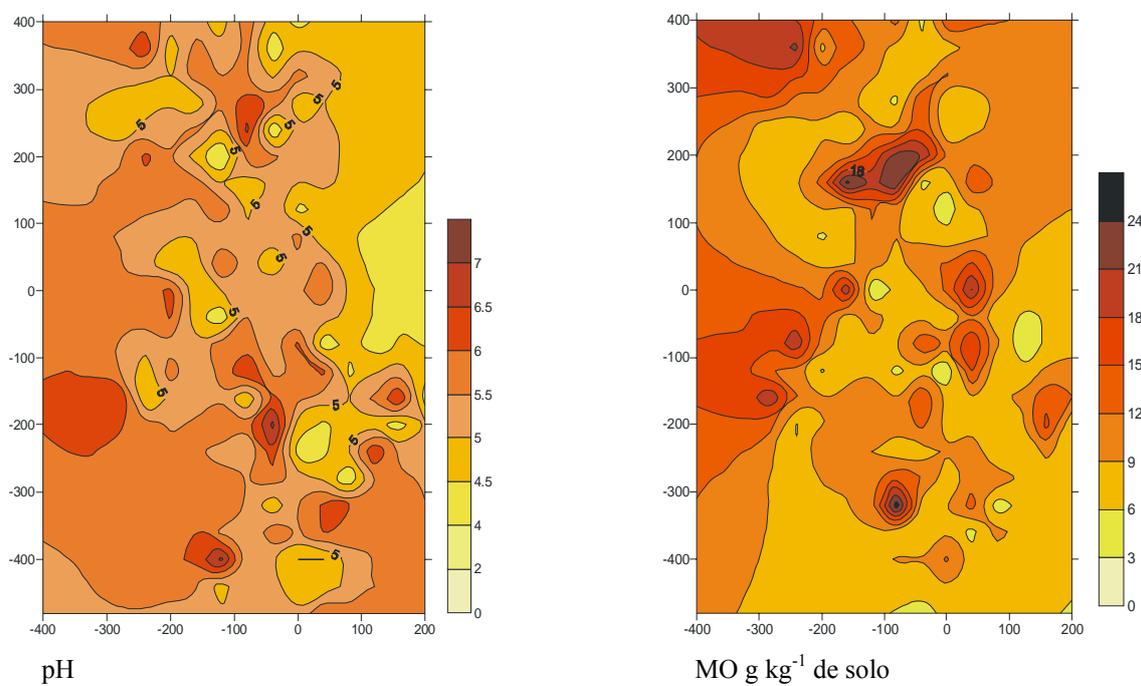


Figura 57. Distribuição espacial de Al, K, Na, Ca+Mg na profundidade 10-20 cm no arqueológico sítio Breu Branco 2.



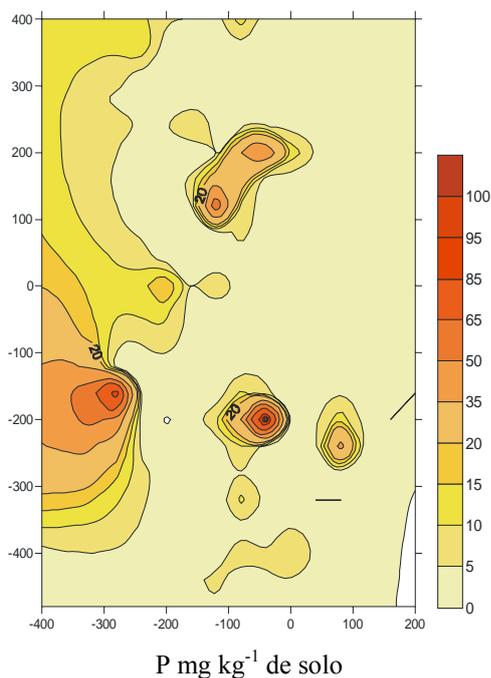


Figura 58. Distribuição espacial de pH, MO e P na profundidade 10-20 cm no arqueológico sítio Breu Branco 2.

4.6 Classificação dos solos

Comparando as características dos solos descritos e coletados nos sítios nos municípios de Barcarena e Breu Branco, Estado do Pará, com os solos TPA encontrados em outros sítios (Kern, 1988 e 1996; Mora et al., 1991; Hilbert, 1955; Kern & Costa, 1997; Sombroek, 1966; Kern & Kampf, 1989; Lima, 2001; Embrapa, 2001, 2002) observa-se que os solos deste estudo apresentam baixos conteúdos de Matéria orgânica, Ca^{++} , Mg^{++} , P disponível e valores de pH. Estes valores são mais baixos nos horizontes A superficial do que em outros solos TPA.

A caracterização de horizonte A antrópico ou antropogênico faz referência a altos conteúdos de matéria orgânica ($\geq 10 \text{ g kg}^{-1}$ de solo) e de P disponível da ordem de 250 mg kg^{-1} de solo, juntamente com fragmentos de cerâmica indígena, que indica atuação antrópica na formação dos solos TPA.

Os baixos conteúdos de matéria orgânica, Ca^{++} , Mg^{++} , P disponível, principalmente nos sítios em Barcarena, pode ser atribuído ao uso intensivo desses solos, acarretando uma depleção desses elementos, com diferenças numéricas muito pequenas para os solos das áreas adjacentes (AD).

Segundo Kampf & Kern 2005, as TPA's podem ser identificadas e distinguidas dos solos circunvizinhos por algumas características observáveis no campo, como exemplo cores escuras, espessura do horizonte A, presenças de fragmentos de cerâmica, líticos, de carvão, classe de textura, outros e /ou determinados no laboratório como exemplo: pH, teor de CO, teores de P, Mg, Ca e microelementos - Mn, Zn, Cu, e outros. Essas características tornam possível o estabelecimento para identificação e classificação desses solos, por fazem parte das assinaturas antrópicas, independentes das classificações pedológicas conhecidas como normais.

Na ausência de altos teores desses elementos sugere-se o uso da presença de cerâmica indígena na proporção de 15% por volume em qualquer um dos horizontes A superficiais com espessura ≥ 15 cm, para ser enquadrado como horizonte A antrópico à semelhança do horizonte plíntico (Embrapa, 2006).

Analisando-se comparativamente as características e propriedades dos solos dos sítios em Barcarena e de Breu Branco, (Tabela 14) com as características e critérios diferenciais adotados pelo Sistema Brasileiro de Classificação de Solo (Embrapa, 2006) e os apresentados e discutidos por Kampf et al, (2003) e Kampf & Kern (2005), os solos podem ser enquadrados nas classes seguintes (Tabela 15).

Tabela 14. Características diferenciais empregadas para classificação dos solos do município de Barcarena e Breu Branco, Estado do Pará.

Horiz	Prof (cm)									Horizonte superficial / subsuperficial
Perfil 1-Ba1-AD										
Ap	0-10	10YR 5/3	12,80	2,50	0,60	5		-	AF	A moderado/ B textural
Ap	10-26	10YR 4/4	9,60	1,00	0,40	2		-	FA	A moderado/ B textural
AB	26-38	10YR4/3	8,90	0,60	0,40	1		-	FA	A moderado/ B textural
BA	38-56	10YR 5/4	8,50	0,60	0,40	1		-	FAA	A moderado/ B textural
Bt	56-190	10YR	-	-	-	-	1,94	-	FAA	A moderado/ B textural
Perfil 2-Ba1-TPA										
Ap	0-12	10YR 3/3	10,45	3,20	0,80	7		2	AF	A moderado/ B textural
A2	12-31	10YR 4/3	7,15	0,70	0,50	2		65	FA	A moderado/ B textural
AB	31-49	10YR4/4	4,80	2,30	0,70	4		18	FA	A moderado/ B textural
BA	49-72	10YR 6/8	3,20	1,80	0,60	3		-	FAA	A moderado/ B textural
Bt	--	10YR	-	-	-	-	2,45		FAA	A moderado/ B textural
Perfil 3-Ba2-AD										
AP	0-7	10YR 3/3	19,20	0,90	0,40	1		-	AF	A proeminente / B textural
A2	7-18	10YR 3/2	13,12	0,50	0,50	1		7	FA	A proeminente / B textural
A3	18-27	10YR3/3	11,94	0,60	0,40	1		7	FA	A proeminente / B textural
AB	27-37	10YR 4/3	8,21	0,60	0,40	1		-	FAA	A proeminente / B textural
BA	37-54	10YR5/6	7,15	0,50	0,50	1		-	FAA	A proeminente / B textural
Bt	54-190	10YR	-	-	-	-	2,10		FAA	A proeminente / B textural
Perfil 4-Ba2 –TPA										
AP	0-8	10YR 3/3	25,93	1,10	0,50	2		-	AF	A moderado/ B textural
A2	8-176	10YR 4/3	22,39	0,90	0,40	1		-	FA	A moderado/ B textural
AB	17-31	10YR5/6	19,21	0,90	0,40	1		-	FA	A moderado/ B textural
BA	31-51	10YR 5/4	15,68	0,50	0,40	1		-	FAA	A moderado/ B textural
Bt	51-108	10YR	-	-	-	-	2,17	-	FAA	A moderado/ B textural
Perfil 5-Ba3-AD										
Ap	0-7	10YR	27,69	0,50	0,50	1		-	AF	A proeminente/ B textural
A2	7-21	10YR	11,62	0,60	0,50	1		-	AF	A proeminente/ B textural
AB	21-51	10YR	7,71	0,60	0,50	1		-	FAA	A proeminente/ B textural
Bt	51-103	10YR	6,19	0,60	0,40	1	3,40	-	FAA	A proeminente/ B textural
Perfil 6-Ba3-TPA										
Ap	0-7	10YR 3/1	26,69	2,40	0,80	1		6	AF	A proeminente / B textural
A2	7-21	2.5Y 4/2	22,39	0,60	0,50	1		57	AF	A proeminente / B textural
AB	21-36	2.5Y5/2	22,39	0,70	0,50	1		6	FA	A proeminente / B textural
BA	36-66	2.5Y 5/3	11,09	2,40	0,90	1		10	FAA	A proeminente / B textural
BT	66-177	10YR	-	-	-	-	1,90	-	FAF	A proeminente / B textural
Perfil 7-BB1-AD										
A1	0-5	10YR 3/3	11,05	0,50	0,50	44		-	FAA	A moderado/ B textural
AB	5-10	10YR3/3	10,02	0,50	0,60	34			FAA	A moderado/ B textural
BA	10-24	2.5Y6/8	7,91	0,40	0,50	11			FAA	A moderado/ B textural
Bw	24-115	2.5Y7	--	--		--	1,21	-	AA	A moderado/ B textural
Perfil 8-BB2-TPA										
A1	0-18	5YR 2/1	23,50	5,80	0,70	30		860	FA	A proeminente / B textural
A2	18-32	5Y 3/1	14,40	3,50	1,10	37		375	FA	A proeminente / B textural
AB	32-50	5Y3/2	5,82	2,30	0,3	24		54	FA	A proeminente / B textural
BA	50-70	10YR 5/6	4,60	2,10	1,40	24		33	FA	A proeminente / B textural
Bw	70-220	10YR	--	--	0,90	--	1,50	-	FA	A proeminente / B textural

Tabela 15. Classificação dos solos nos sítios arqueológicos e áreas adjacentes em Barcarena e Breu Branco, Estado do Pará.

Sociedade Brasileira de classificação de solos –SIBCS (Embrapa, 2006)	Legenda de solos antrópicos (Kampf et al, 2003 e Kampf & Kern, 2005).
Argissolo Amarelo Tb distrófico típico, textura arenosa/-média, A moderado (perfil 1- Ba1-AD).	Perfil 1-Ba1-AD.
Argissolo Amarelo Tb distrófico antrópico, textura arenosa/-média, A moderado (perfil 2-Ba1 TPA).	Arqueo-antrossolo, agro-hórtico, crônico, arenosa/ média, districo, méxico, ferralico- (perfil 2 Ba1-TPA).
Argissolo Amarelo Tb distrófico abruptico, textura arenosa/média, A proeminente (perfil 3-Ba2-AD).	Perfil 3- Ba2 -AD.
Argissolo Amarelo Tb distrófico antrópico, textura arenosa/-média, A moderado (perfil 4 -Ba2-TPA).	Arqueo-antrossolo, agro-hórtico, crônico, arenosa/ média, districo, méxico, ferralico- (perfil 4 Ba2-TPA).
Argissolo Amarelo Tb distrófico abruptico antrópico, textura arenosa/-média, A proeminente (perfil 5-Ba3-TPA).	Perfil 5-Ba3 –AD.
Argissolo Amarelo Tb distrófico abruptico, textura arenosa/-média, A proeminente (perfil 6 -Ba3-AD).	Arqueo-antrossolo, agro-hórtico, crônico, arenosa/ média, districo, méxico, abruptico, ferralico- (perfil 6 Ba3-TPA).
Latossolo Amarelo distrófico típico, textura argilosa, A moderado (perfil 7 -BB1-AD).	Perfil 7-BB1-AD.
Latossolo Amarelo distrófico antrópico de textura média, A proeminente (perfil 8 –BB2-TPA).	Arqueo-antrossolo, agro-hórtico, melânico, média, districo, méxico, ferraálico- (perfil 6 Ba3-TPA).

Segundo Kampf & Kern (2005) os sistemas de classificação pedológica concebidos para fins de levantamento de solos e interpretação para a agricultura não tem sido eficiente para agrupamento e diferenciação das diversas classes de solos antrópicos, de maneira que atenda as exigências dos diversos especialistas envolvidos no estudo desses solos.

Os mesmos autores ressaltam que os sistemas de classificação de solos utilizam com maior ênfase as propriedades diagnosticas dos horizontes subsuperficiais por serem menos susceptíveis a alterações por atividades humanas. Como exemplos citam a SiBCS (Embrapa, 2006) como Soil Taxonomy (Estados Unidos, 1998) que diferem a influencia da atividade humana (antiga e contemporânea) muito vagamente na forma de um horizonte diagnóstico antrópico. Por outro lado, enfatizam que a legenda de solos do mundo da FAO (ISSS - ISRIC-FAO, 2006) distingue os solos formados ou profundamente modificados por atividades humanas denominados de processos antropogenicos, como adição de materiais orgânicos ou resíduos domésticos ou cultivo, representados pela classe Antrossolos.

Tendo em vista que a classe Antrossolos, não preenche todos os requisitos para distinguir satisfatoriamente os diferentes tipos de TPA, foi proposta por Kampf et al (2003) uma legenda para classificação de solos antrópicos antigos, nova e independentes, com a finalidade de promover a interdisciplinaridade das diversas áreas de pesquisa que atuam nos ecossistemas desses solos.

A legenda de classificação de Arqueo-antrossolos proposta por Kampf et al (2003) utiliza como característica diferencial ou diagnóstica um horizonte arqueo-antropogênico, para identificar a classe dos Arqueo-antrossolos, termo que foi proposto para designar os antrossolos antigos. Essa legenda prioriza os horizontes da parte superior do perfil do solo onde ocorreram transformações por ação antrópica, modeladas por atividades humanas antigas continuadas e de longa duração. As características e propriedades desse horizonte foram desenvolvidas por processos de adição e/ ou aplicações de resíduos e materiais orgânicos ou terrosos na superfície do solo durante um longo período de tempo, sob influencia de processos pedogenéticos subseqüentes (incluindo bioperturbação). As características e propriedades diferenciadas do horizonte arqueo-antropogênica são apresentadas em Kampf et al. (2003) e Kampf & Kern, (2005). A identificação de um solo como Arqueo – Antrossolos constitui o primeiro nível da legenda de classificação, na qual as distintas classes são diferenciadas em três níveis adicionais.

No segundo nível são identificadas as classes ou suas combinações relacionadas a atributos do solo oriundas de processos antrópicos antropogênicos e/ou antropogeomorficos inferidos. Para os perfis estudados seriam relacionados os atributos seguintes:

-Ágrico - (do latim ager-lavoura)- supõe-se a formação deliberada por práticas agrícolas antigas, como derrubada e queima da vegetação, e/ou adição de resíduos ou compostos orgânicos durante longos períodos de tempo. É identificada por teor de CO $\geq 14 \text{ g kg}^{-1}$ de solo, teor de carvão $\geq 10 \text{ g kg}^{-1}$ de solo, baixo teor de P disponível ($< 50 \text{ mg kg}^{-1}$ de solo), usualmente baixos teores de $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ ($< 4 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ de solo); baixo teor de artefatos ($< 10 \text{ g kg}^{-1}$ de solo).

-Hórtico (do latim hortus, horta) – resultante de prolongada habitação com adições casuais de resíduos orgânicos domésticos e de material cultural. Apresenta teor de CO 14 g.kg^{-1} de solo e p disponível 65 mg kg^{-1} de solo. Possui normalmente teores de $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} \geq 4 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ de solo e a presença de material arqueológico ($\geq 10 \text{ g kg}^{-1}$ de solo).

No terceiro nível da legenda são identificadas as classes caseadas em atributos do horizonte arqueo – antropogênico e de processos pedogenéticos subseqüentes relacionados ao potencial agrícola, intensidade e tipo de uso, densidade populacional, tempo de ocupação, além de outras como: cor, textura, espessura, fertilidade, adição de materiais e degração ferria. Para os perfis estudados de TPA's os termos empregados seria os seguintes:

-Crômico - expressa cores Munsell (úmida) mais claras valor ≥ 3 e croma ≥ 2 .

-Districo - expressa baixa fertilidade: baixos teores de P disponível e $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ e baixa saturação de bases ($V < 50 \%$).

-Mésico- expressa horizontes com espessura de 30 a 60cm .

No quarto nível da legenda são utilizadas as características diferenciais pedogenéticas (não antropogênicas) do solo, conforme relacionado dos sistemas de classificação de solos (WRB, SiBS, Soil Taxonomy e outros. Como exemplo podem ser usados os atributos: arêmico, câmbico, espódico, ferrálico, nitico e outros.

Para os perfis estudados podem ser utilizados os seguintes atributos:

- Abruptico – expressa presença de mudanças textural abrupta dentro de 100 cm da superfície do solo.

-Ferrálico - expressa presença de horizontes ferrálico dentro de 200 cm da superfície do solo (ramente em Antrossolos).

Melânico- expressa melanização; tem coloração escura, valor e croma < 3 ; teor de CO $\geq 10 \text{ g kg}^{-1}$ de solo até a profundidade de 0,60 m em materiais argilossos e 1,0m em materiais arenosos.

5. CONCLUSÕES

Os resultados apresentados e discutidos neste trabalho permitem concluir que:

- Os baixos conteúdos de matéria orgânica, Ca^{++} , Mg^{++} , P disponível, foram encontrados nos argissolos, devido ao revolvimento do solo e em função da baixa capacidade em reter cátions.
- Os valores de matéria orgânica em solos de TPA apresentaram-se menores devido ao uso e manejo inadequado, decomposição da matéria orgânica, ligado ao baixo retorno dos resíduos de vegetais ao solo.
- Os valores médios de porosidade total, macroporosidade, microporosidade, água disponível, densidade do solo e densidade real foram maiores em TPA's que AD's. Os solos antropogênicos apresentaram valores médios mais baixos de densidade real, em relação aos demais solos neste estudo.
- Os valores de fósforo apresentaram-se baixos em função de terem sido assimilados pelas plantas ou por ter sido perdido no solo.
- O alumínio extraível diminui em profundidade mostrando uma baixa soma de bases desses solos e uma alta saturação de alumínio.
- O uso intensivo do solo, depleção dos elementos químicos com diferenças pequenas para as áreas adjacentes.
- Esses se apresentam como solos muito arenosos, ácidos, com baixa fertilidade natural em função do processo natural (lixiviação), da intensificação do uso das terras e práticas de manejo desenvolvidas nesses solos.

6. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ANDRADE, A. **Investigacion arqueológica dos antrosolos de Araracuara**. Fundación Investigaciones Arquelógicas Nacionales Banco de la República, 1986.

BASTOS, Terezinha Xavier. O estudo atual dos conhecimentos das condições climáticas da Amazônia brasileira. In: **INSTITUTO DE PESQUISA AGROPECUARIA DO NORTE**. Zoneamento agrícola da Amazônia, Belém-Pa, 1ª aproximação. 1972.p.68-122. (IPEAN. Boletim técnico, 54).

BAVER, L.D.; GARDNER, W. H. **Soil Physics**. 3ª ed. New York: J. wiley, 1970.459p.

BRADY, N. C. **Natureza e propriedades dos solos**. 7ª ed. São Paulo: f. bastos, 1989. 878p.

BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. Projeto RADAMBRASIL. **Folhas AS 23 São Luís e parte da Folha AS 24 Fortaleza**: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação, uso potencial da terra. Rio de Janeiro. 1973. (Projeto RADAMBRASIL. Levantamento de Recursos Naturais, 3).

BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. Projeto RADAM. **Folha S/A, 22-Belém**. Geologia, geomorfologia, solos, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro, 1974. 226p. (Levantamento de Recursos Naturais, 5).

CORREA, C.G. **Horticultures pré-históricas do litoral do Pará, Brasil**. R. Arqueol.1987.

COSTA, F. S.; ALBUQUERQUE, J.A.; BAYER, C.; FONTOURA, S. M. V.; WOBETO, C. Propriedades físicas de um Latossolo Bruno afetadas pelos sistemas plantio direto e preparo convencional. **Revista Brasileira de Ciência do solo**. V.27. n.3. Viçosa. Maio/jun. 2005

CUNHA FRANCO, E. As “Terras Pretas” do Planalto de Santarém. **REVISTA DA SOCIEDADE DOS AGRÔNOMOS E VETERINÁRIOS DO PARÁ**, Belém, 1962, (8):17-21.

EDEN, M.J; BRAY, W; HERRERA, L; McEVAN, C. 1984. **Terra Preta Soils and Their archaeological context in the Caquetá Basin of Southeast Colombia**. Amareicam Antiquity, 49(1)125-140.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA. **Características dos principais solos da Amazônia Legal. I Estado do Pará**. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. Rio de Janeiro, 1991. 170p. (EMBRAPA - SNLCS/ FAO. Relatório Técnico).

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. SNLCS, Rio de Janeiro, 1999. 247p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA- EMBRAPA. **Estudos pedológicos e suas relações ambientais**. In: PROJETO de Gestão Ambiental Integrado do Estado do Amazonas. Rio de janeiro, Embrapa Solos, 2001. (Relatório Técnico, 2001/2).

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília, DF: Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro: Embrapa – SNPS, 2006. 421p.

ESTADOS UNIDOS. Departamento of Agricultura. **Soil Conservacion Service**. soil siurvey staff. **Keys to soil taxonomy**. Waschington, D.C. : [s.n], 1994.306 p.

_____. Departamento of Agricultura. Soil Conservacion Service. Soil Survey staff. **Soil taxonomy**: a basic system of soil classifacacion for maping and interpreting soil survey. Waschington, D.C. 1998.(USDA. Agriculture Handbok, 436).

FALESI, I. **O estudo atual dos conhecimentos sobre os solos da Amazônia brasileira**. IPEAN, 1972. p.54: 17-31.

FALESI, I. Soils of Brazilian Amazon. In: **WAGLEY, Ch. (Hrsg): Man in the Amazon**. Gainesville, 1974. p.201-229.

FAO-ISRIC-ISS. **World Reference Base for Soil Resoucers**. Rome, 2006. 88p (World Soil Resoucers Report, 60).

FARIA, J.B. **A cerâmica da tribo Uaboi dos rios Trombetas e Jamundá**. Rio de Janeiro. Conselho Nacional de proteção aos índios, 1946. p.5-42.

FREITAS, L. de S. **Efeito de sistemas de manejo sobre as propriedades químicas e físicas do solo, no cerrado do sudeste paraense**. Belém: Universidade Federal Rural da Amazônia, 2005. 123 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – UFRA, 2005.

GLASER, B. **Eigenschaften und Stabilität dês Humuskörpers der indianerschwarzerden Amazoniens**, 1999. 196 p.

GOUROU, P. Observações geográficas na Amazônia. **REVISTA BRASILEIRA DE GEOLOGIA**, IBGE, (2):171-250,1950.

GUEDES. Joaquim. **Plano urbanístico de Barcarena**, análise, São Paulo. 1980.215p.

HARTT, F. **Contribuição para Ethnologia do Valle do Amazonas**. Archivos do Museu Nacional do Rio de Janeiro,1885,6:10-14.

HILBERT, P. P. **A cerâmica arqueológica da região de Oriximiná**. Belém: Instituto de Antropologia e Etnologia do Pará, 1955. 76p.

IDESP. Projeto de desenvolvimento integrado da bacia do Araguaia -Tocantins (PRODIAT) **Caracterização sócio-econômico da API- Barcarena**: Relatório final. Belém, 1983. 245p.

IDESP. Projeto de desenvolvimento integrado da bacia do Araguaia -Tocantins (PRODIAT) **Síntese do projeto de implantação do núcleo rural de Barcarena**. Brasília. 1984. 238p. (relatório técnico preliminar).

KAMPF, N. WOODS. W.I. SOMBROEK, W.; KERN, D.C.; D'AQUINO, G.; RODRIGUES, T.E. FRAZÃO, F.J.L.; SOMBROEK, W.; YERS, T.P. & NEVES, E.G. **Classificação of Amazonian Dark Earths and other ancient antropic soils**. In: J. Lehmann, D.C. Kern, B. Glaser, & W.I. Woods (eds) Amazonian Dark Earths: origin, properties, Management. The Netherlands: Kluwer Academic Publishers. 2003a.51-75p.

KERN, D.C. 1988. **Caracterização Pedológica de solos com terra arqueológica na região de Oriximiná-PA**. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Departamento de Solos, 231p. Tese (Mestrado em Solos). Curso de pós-graduação em Agronomia, UFRGS, 1988.

KERN, D. C. & KAMPF, N. O efeito de antigos assentamentos indígenas na formação de solos com Terra Preta Arqueológica na região de Oriximiná-PA. **REVISTA BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO**, Campinas, p.13:219-25. 1989.

KERN, D. C. **Geoquímica e pedogeoquímica de sítios arqueológicos com terra preta na floresta nacional de Caxiuanã (Portel-PA)**. Tese de Doutorado. Centro de Geociências, Universidade Federal do Pará Belém, 1996. 124p

KERN, D.C. & COSTA, M.L. Os solos antropogênicos. In: **LISBOA, P.L.B.; org. Caxiuanã**. Belém, Museu Paraense Emílio Goeldi, 1997. p. 105- 137.

KERN, D. C. & KAMPF, N. **O solos como registro da ocupação humana pré-histórica na amazônia**. IN: Tópicos em ciência do solo. Viçosa, MG, SBCS, 2005.p-277-320. (V.5).

KIEHL, J.E. **Manual de edafologia: relações solo-planta**. São Paulo, Editora Agronômica Ceres, 1979. 264p.

LEMOS, R C. de.; SANTOS, R. D. dos. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 4.ed. – Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2002. 83p.: il.

LEPSCH, Igor F. **Formação e Conservação dos Solos**. São Paulo.2002.p50-66.

LIMA, H.N. **Gênese, química, mineralogia e micromorfologia de solos da Amazônia Ocidental**. Viçosa, Universidade Brasileira Federal de Viçosa, 2001. 176p. (tese de Doutorado).

LIMA, H. N.; Schaefer, C.E.R.; MELO, J. W.V.; GILKES, R. J& KER, J.C. **Pedogenesis and pré-Columbian land use of “Terra Preta Anthrosols” (Indian black earth)” of Western Amazonia**. *Goedrema*, 110: 1-17, 2002.

LOPES, a. s.; GUIDOLIN, J. A. **Interpretação de análises de Solo: conceitos e aplicações**. 3.ed. São Paulo: ANDA, 1992. 50 p. (ANDA. Boletim Técnico, 2).

MORA. S. HERREIRA, L. F; CAVELIER F. I. & RODRIGUEZ, C. **Cultivars, anthropic soils and stability. A Preliminary report f archaeological research in Araracuara, Colombian Amazônia**. Pittsburgh, University of Pittsburgh Latin Am. Arch., 1991. 87p.

MUNSELL COLORS COMPANY. **Munsell soil colors charts**. Baltimore, 2000.

OLIVEIRA JUNIOR, R.C. D.; SILVA, J.M.L. da; CAPECHE, C. L.; RODRIGUES, T. E. **Levantamento de reconhecimento de alta intensidade dos solos da folha Marapanim, Estado do Pará.** Belém: Embrapa, CPATU, 1997. 53p. (Embrapa – CPATU. Boletim de Pesquisa, 180).

PEREIRA, E.S.; KERN, D.C.; VERÍSSIMO, C. U. Nota sobre o Salvamento Arqueológico do sítio AO-MA-03, Pascoval, Macapá-AP. **Revista do Centro de Estudos e Pesquisas Arqueológicas**, Curitiba, 5; 55-67, 1986.

PROJETO: **Salvamento de sítios arqueológicos identificados na faixa de servidão e nos acessos da Linha de Transmissão em 500 kV Tucuruí (PA) – Açailândia (MA) – 4º Circuito – RELATÓRIO DE CAMPO 2005.**

RANZANI, G.; KINJO, T. & FREIRE, O. **Ocorrências de “plaggen epipedon” no Basil.** *Notícia geomrf.*, 10:55-62, 1970.

RODRIGUES, Irenice Alves. Inventário florístico em áreas do projeto Albras-Alunorte, Barcarena-PA. In: **SIMPÓSIO DO TRÓPICO ÚMIDO, 1. 1984**, Belém. **Anais...** Belém: EMBRAPA-CPATU. 1986.v.2.p.153-166.

ROSSETTI, Dilce de Fátima, TRUCKENBRODT, Werner; GÓES, Ana Maria. **Estudo paleoambiental estratigráfico dos sedimentos Barreiras e pós-Barreiras na região Bragantina, nordeste do Pará.** Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, Serie Ciências da terra, v.1, n. 1,p 25-74. 1989.

RODRIGUES, T. E.; OLIVEIRA JUNIOR, R.C. de; SILVA, J.M.L. da VALENTE, M. A.; CAPECHE, C.; **Carcaterísticas físico-hídricas dos principais solos da Amazônia Legal I. Estado do Pará.** Belém: EMBRAPA-CNPS, 1991, 236p.

ROSSETTI, Dilce de Fátima; GÓES, Ana Maria. **A influência marinha nos sedimentos Barreiras.** Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, Serie Ciências da terra, v.1, n. 1,p 17-29. 1990.

SANTOS, P.L dos. **Zoneamento agroedafoclimático da Bacia do Rio Candiru - Açu, Pará.** 1993. 153f. Tese (Mestrado) - Faculdade de Ciências Agrárias do Pará, Belém.

SEICOM. **Municípios do Pará.** O Pará e seus municípios. Belém, 2004. p 422-424

SILVA, B. N.; ARAÚJO, J. V.; RODRIGUES, T. E.; FALESI, I. C.; REIS, R. S. **Solos da área de Cacau Pirêra-Manacapuru.** *IPEAN*, Belém, 1970, 2(3): 1-198.

SIMÕES, M. F. O Museu Goeldi e a Arqueologia da Bacia Amazônica. In: **ROQUE, C. Antologia da Cultura Amazônica.** São Paulo: Amazônia Edições Culturais, 1972.p.172-80(Antologia-Folclore, 6).

SMITH, N.J.H. 1980. **Anthrosols and Human Carring Capacity in Amazônia.** *Annals of the Association of American Geographers*, 70 (4):553-66.

SOMBROEK, W. **Amazon Soil: A Reconnaissance of the Soils of Brazilian Amazon Region**. Wageningen: Center for Agricultural Publications and Documentation, 1996; 292p.

SUDAM. **Projeto de Hidrologia e climatologia da Amazônia. Atlas climatológico da Amazônia brasileira**. Belém, 1984.125p.(publicação nº39).

TOMÉ JR, B. B. **Manual para interpretação de análise de solos**. Guaíba-RS: Agropecuária, 1997, p.247.

VAN GENUCHTEN, M.T. A closed-form equation predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soil. **Soil Science Society of American Journal**, Madison, v. 44, n. 5. p. 892-1980.

VAN WAMBEKE, A. **Critérios for classifying tropical soils by age**. J. Soil Sci., v. 13, p.124-132, 1962.

VIEIRA, L.S. **Manual da Ciência do Solo: com ênfase aos solos tropicais**. 2ª Edição, Editora Agronomica CERES LTDA, São Paulo, 1971. 464 p.

VIEIRA, L.S, VIEIRA, M. N. F. **Manual de morfologia e classificação de solos**. São Paulo, Ed. Agron. Ceres, 1983.

VIEIRA, L.S. ; SANTOS, P.C.T.C.; VIEIRA, M.N. S. **Solos: propriedade, classificação e manejo**. Brasília, MEC/ABEAS, 1988. 154p. (programa Agricultura nos Trópicos, V.2).

WOODS, W.I. & MCCANN, J.M. **The Anthropogenic Origin and Persistence of Amazonian Dark Earths**. Yearbook, Conf. Latim Am. Geogr., 25: 7-14, 1999.

WOODS, W.I. & MCCANN, J.M. & MEYER, D.W. Amazonian Dark Earths Analysis : state of Knowledge and Directions for Future Research. In: **SCHOOOLMASTER, F.A....ed. In: APPLIED GEOGRAFFHY CONFERENCES, 23.**, Denton, 2000.p.114-121.