

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS  
PRO REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
DEPARTAMENTO DE APOIO A PESQUISA  
PROGRAMA INSTITUCIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA

ESTUDO DA DENSIDADE DAS PARTÍCULAS, DENSIDADE APARENTE  
E DA POROSIDADE TOTAL COMO BASE PARA VERIFICAR SE O SOLO  
DA ÁREA EXPERIMENTAL DO ICSEZ/UFAM/PARINTINS ESTÁ OU  
NÃO COMPACTADO.

Bolsista: Patrick Dailon Medeiros dos Santos, CNPq

PARINTINS

2011

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS  
PRO REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
DEPARTAMENTO DE APOIO A PESQUISA  
PROGRAMA INSTITUCIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA

RELATÓRIO FINAL

PIB – A – 0002/2010

ESTUDO DA DENSIDADE DAS PARTÍCULAS, DENSIDADE APARENTE  
E DA POROSIDADE TOTAL COMO BASE PARA VERIFICAR SE O SOLO  
DA ÁREA EXPERIMENTAL DO ICSEZ/UFAM/PARINTINS ESTÁ OU  
NÃO COMPACTADO.

Bolsista: Patrick Dailon Medeiros dos Santos, CNPq  
Orientador: Prof. Dr. Aristóteles de Jesus Teixeira Filho

PARINTINS

2011

Todos os direitos deste relatório são reservados à Universidade Federal do Amazonas, ao Núcleo de Estudo e Pesquisa Relação Água, solo, Planta e Animal e aos seus autores. Parte deste relatório só poderá ser reproduzida para fins acadêmicos ou científicos.

Esta pesquisa, financiada pelo Conselho Nacional de Pesquisa – CNPq, através do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica da Universidade Federal do Amazonas, foi desenvolvida pelo Núcleo de Estudo e Pesquisa relação Água, solo, Planta e Animal do Instituto de Ciências Sociais, Educação e Zootecnia.

## RESUMO

Objetivou-se com esta pesquisa investigar o estado atual da densidade e porosidade do solo, seus atributos físicos, peculiaridades e sua importância para a germinação, crescimento e desenvolvimento das plantas no processo de produção de culturas na camada cultivável do solo, neste sentido, estudar seu comportamento permitiu compreender se camada analisada estava ou não compactada. Assim, foram retiradas 40 amostras de solo em ziguezague nas profundidades de 0-0,20 m e de 0,20-0,40 m em distâncias preestabelecidas a cada 40 metros em pontos equidistantes. As amostras foram previamente homogeneizadas e aproximadamente 0,50 kg de solo foram colocados em sacos de plásticos devidamente identificados e encaminhadas para o Laboratório de Solos do ICSEZ, onde se determinou a densidade aparente pelo Método da Proveta, a densidade real pelo Método do Balão Volumétrico e a porosidade total pela relação entre as duas densidades. A densidade real média foi de  $2,59 \text{ g cm}^{-3}$  para a primeira profundidade e de  $2,66 \text{ g cm}^{-3}$  para a segunda profundidade, sendo que  $2,65 \text{ g cm}^{-3}$  é assumido como valor médio dentro dos valores encontrados nas literaturas, exceto para propósitos científicos. A densidade aparente média foi de  $1,47 \text{ g cm}^{-3}$  para a primeira profundidade e de  $1,43 \text{ g cm}^{-3}$  para a segunda profundidade, indicando que se trata de um solo arenoso. Já a porosidade total média foi de 43,345 % para a primeira profundidade e de 46,372 % para a segunda profundidade, entretanto, dependendo da natureza da distribuição das partículas o solo pode ter uma porosidade mínima de 30 % e máxima de 80 %. A partir dos parâmetros físicos do solo analisado foi possível afirmar que o solo da área experimental não está compactado.

**Palavras chave:** densidade, porosidade total, compactação do solo.

## ABSTRACT

It was objectified with this work to analyze the current state of the density and porosity of the ground, its physical attributes, peculiarities and its importance for the germination, growth and development of the plants in the process of production of cultures in the cultivating layer of the ground, in this direction, to study its behavior allowed to understand if analyzed layer was or not compact. Thus, 40 meters in equidistant points had been removed 40 ground samples in zigzag in the depths of 0-0,20 m and 0,20-0,40 m in distances preset to each. The 0,50 samples previously had been homogeneizadas and approximately kg of ground had been placed in plastic bags duly identified and directed for the Ground Laboratory of the ICSEZ, where if it determined the apparent density for the Method of the Test tube, the real density for the Method of the Volumetric Balloon and the total porosity for the relation between the two densities. The average real density was of 2,59 g cm<sup>-3</sup> for the first depth and of 2,66 g cm<sup>-3</sup> for second depth, being that 2,65 g cm<sup>-3</sup> are assumed as average value inside of the values found in literatures, except for scientific intentions. The average apparent density was of 1,47 g cm<sup>-3</sup> for the first depth and of 1,43 g cm<sup>-3</sup> for the second depth, indicating that it is about one ground arenaceous. Already the average total porosity was of 43,345% for the first depth and of 46,372% for the second depth, however, depending on the nature of the distribution of particles the ground it can have a minimum porosity of 30% and principle of 80%. From the physical parameters of the ground analyzed it was possible to affirm that the ground of the experimental area is not compact.

**Key words:** density, total porosity, compacting of the soil.

## LISTA DE SIGLAS

**CNPq** - Conselho Nacional de Pesquisa

**PIBIC** - Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica

**UFAM** - Universidade Federal do Amazonas

**TFSA** - Terra Fina Seca ao Ar

**TFSE** - Terra Fina Seca em Estufa

**Dr** - Densidade real

**Da** - Densidade aparente

**Pt** - Porosidade total

**EMBRAPA** - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

**ICSEZ** - Instituto de Ciências Sociais, Educação e Zootecnia

**GPS** – Sistema de Posicionamento Global

**IFAM** - Instituto Federal do Amazonas

**UEA** - Universidade do Estado do Amazonas

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Caracterização da área de estudo – Brasil – Amazonas – Parintins – ICSEZ/UFAM	9
Figura 2: Amostragem em zigue-zague.....	11
Figura 3: Representação de amostragem nas profundidades de 0-0,20 m e 0,20-0,40 m utilizando-se diferentes tipos de ferramentas de corte.....	11
Figura 4: Procedimentos de amostragem utilizando-se o trado caneca.....	12
Figura 5: Procedimentos de destorroamento e secagem ao ar das amostras utilizadas.....	13
Figura 6: Procedimento realizado para a determinação da densidade real segundo o método do balão volumétrico indicado pela EMBRAPA (1997).....	14
Figura 7: Procedimento realizado para a determinação da densidade aparente segundo o método da proveta. ....	15
Tabela 1. Momentos estatísticos para densidade real média ( $D_r$ ), densidade aparente média ( $D_a$ ) e da porosidade total média (PT) do solo, resultante de 20 amostras de cada profundidade analisada. ....	17
Figura 8. Histograma de frequência para densidade real média em duas profundidades.....	17
Figura 9. Histograma de frequência para densidade aparente média em duas profundidades.	18
Figura 10. Histograma de frequência para porosidade total média em duas profundidades....	20
Figura 11. Variação da densidade aparente do solo em cada ponto de amostragem.....	21
Figura 12. Variação da porosidade total do solo em cada ponto de amostragem.....	21

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	1
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....	2
2.1 Caracterização física do solo .....	2
2.2 Densidade real ou das partículas.....	4
2.3 Densidade global ou aparente .....	5
2.4 Porosidade total.....	6
2.5 Compactação dos Solos .....	7
3 METODOLOGIA.....	8
3.1 Caracterizações da área experimental.....	8
3.1.1 Localização do Experimento .....	8
3.1.2 Geomorfologia e Relevo .....	9
3.1.3 Solos.....	10
3.1.4 Clima .....	10
3.2 Coleta e preparo das amostras.....	10
3.3 Procedimentos de análise em laboratório .....	12
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	16
5 CONCLUSÃO.....	22
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	23



## 1 INTRODUÇÃO

Segundo Bertoni e Lombardi Neto (1999) o termo solo é definido como sendo a coleção de corpos naturais ocorrendo na superfície da terra, contendo matéria viva e sendo capaz de suportar plantas. É, em fim, a camada superficial da crosta terrestre em que se sustentam e se nutrem toda a vida na terra, também é considerado como sendo a camada mais externa e agriculturável da superfície terrestre. Sendo o solo um corpo natural complexo e dinâmico resultante da ação conjunta de muitos fatores de formação, tais como a temperatura, precipitação pluviométrica, atividades microbianas, material de origem, relevo e tempo. Pode-se resumir, então, que o solo é o resultado da ação física e biológica ao longo do tempo, Vargas (1997) ressalta que toda a história do solo é ligada às atividades dos microorganismos e diz que as primeiras fases da pedogênese são abióticas. Fatores como o movimento das águas, desagregam a rocha maciça transformando-a em resíduos inconsolidados. Segundo o mesmo autor, são necessários 300 a 1000 anos para produzir uma camada de solo com aproximadamente 2,5 cm de espessura, isso sem considerar a ação antrópica. Dependendo da intensidade dos fatores de formação, ou da predominância de outros fatores, os solos são formados com diferentes características químicas e físicas. Diversos autores afirmam que o material de origem é o elemento passivo e a sua composição química é bem definida, mas durante a pedogênese pode haver adição, remoção, transformação e translocação de elementos químicos no processo (OLIVEIRA, 1972; VIEIRA, 1988). Estes fatores, em maior ou menor intensidade, determinam as características químicas e físicas dos solos. Portanto, apresentam grande variabilidade em suas características dependendo de onde estão situados. Souza et al. (1997) indicam as diferenças climáticas regionais, como um dos fatores responsáveis pela variação dos solos e ainda acrescentam a ação do homem como fator de variabilidade, principalmente nas características químicas do solo.

O conhecimento prévio da variabilidade espacial dos parâmetros físicos de um solo é de fundamental importância para o manejo e implantação de culturas de interesse econômico, bem como na orientação dos trabalhos de controle contra a erosão. Porosidade e aeração, entre outros parâmetros do solo, são também indispensáveis aos processos de planejamento e dimensionamento da irrigação e drenagem de terras agricultáveis. Por isto, estes parâmetros são normalmente determinados em laboratório, quer seja densidade global, real ou porosidade total.

O presente trabalho tem como objetivo analisar a importância da densidade e da porosidade do solo no processo de produção de culturas agrícolas em solos da área experimental do Campus do Instituto de Ciências Sociais, Educação e Zootecnia da Universidade Federal do Amazonas no Município de Parintins – AM, com fins de fornecer informações sobre a densidade, porosidade e o grau de compactação, bem como propor alternativas de manejo para melhorar a produção de culturas em apreço.

## **2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### **2.1 Caracterização física do solo**

Já que o solo é o substrato que sustenta a vida, sendo ele, o meio onde as plantas se desenvolvem, é primordial que suas condições sejam adequadas para garantir esse “pleno desenvolvimento”. Teixeira Filho (2001) declara que o conhecimento das propriedades físicas do solo, em particular sua densidade, sua interação com o crescimento e desenvolvimento das plantas, representa o centro das atenções da física do solo.

A estrutura do solo é a organização dinâmica dos agregados de partículas de quartzo e silte que se mantêm unidas pela coesão da argila e matéria orgânica. Um solo bem estruturado

consegue melhor suportar os impactos das gotas de chuva e a ação de maquinarias e implementos agrícolas, permitindo um melhor desempenho produtivo das culturas.

No que diz respeito à natureza das partículas Caputo (1981, p. 21) afirma que:

“[...] o solo é constituído por grãos minerais, podendo conter matéria orgânica. As frações grossas são predominantemente de grãos silicosos, enquanto os minerais que ocorrem nas frações argilosas pertencem a três grupos principais: caulinita, montmorilonita e illita.”

Sendo assim, a estabilidade dos agregados nada mais é que a resistência a desagregação, quando estes são submetidos a forças externas (elementos climáticos e ação antrópica) ou forças internas (expansão ou contração dos poros). Um solo bem estruturado fisicamente proporciona porosidade adequada e bem distribuída para o crescimento e desenvolvimento das culturas após a germinação das sementes, permitindo que o sistema radicular das plantas explore um maior volume de solo em busca de ar, umidade e nutrientes. Em contradição a isto, a degradação da estrutura do solo pode afetar a infiltração e retenção de água no sistema, o aumento da densidade e a diminuição da porosidade do solo levando a compactação das camadas subsuperficiais, aumento da resistência do solo à penetração das raízes e ainda a instalação de erosão em sulcos ou laminar.

A caracterização dos solos nos seus aspectos físicos é de grande importância para o estudo do equilíbrio e das relações solo-água-plantas-atmosfera, indispensável para o normal desenvolvimento das plantas e para uma elaboração racional dos projetos de irrigação (VIEIRA, 1986). Entre as características físicas devem-se considerar a distribuição do tamanho das partículas, densidade global ou aparente, porosidade total.

## 2.2 Densidade real ou das partículas

Segundo Kiehl (1979), por definição, entende-se densidade real ou das partículas (**Dr**) como sendo a relação existente entre a massa de uma amostra de solo e o volume ocupado pelas suas partículas sólidas, esta característica refere-se ao volume de sólidos de uma amostra de terra, sem considerar a porosidade. Quer seco ou úmido, a densidade das partículas de um solo é sempre a mesma, desde que haja a subtração do peso de água contida na amostra. Conseqüentemente, tanto faz analisar amostras de terra fina seca ao ar (TFSA) quanto seca em estufa (TFSE). Pesquisas têm mostrado que a “Dr” será tanto menor quanto maior for o conteúdo da matéria orgânica no solo (SILVA e DUARTE, 1980). Dessa forma, a importância de sua determinação é devido ao fato do seu uso nas expressões matemáticas, em que se calculam volumes ou massas de sólidos das amostras, no cálculo da porosidade total, na análise do tamanho das partículas baseada em sua taxa de sedimentação em líquido, segundo a lei de Stokes, além de fornecer uma idéia aproximada da composição mineralógica do solo, bem como, do seu conteúdo orgânico (KIEHL, 1979). Em 1997 Andrade alegou que a variação da densidade das partículas em relação à profundidade acontece, na maioria dos casos, em decorrência da variação do conteúdo orgânico e da constituição mineralógica dos diversos horizontes do solo. Os resultados da densidade de partícula são, geralmente, expressos em gramas por centímetro cúbico, e variam, em média, entre os limites de 2,30 a 2,90 g.cm<sup>-3</sup>. Apesar de existir esta faixa de variação, a maioria dos valores varia de 2,60 a 2,75 g.cm<sup>-3</sup>. Isto ocorre porque as densidades dos principais componentes minerais dos solos (quartzo, feldspatos e argilas silicatadas) estão próximas destes valores (FONTES, 2010).

### 2.3 Densidade global ou aparente

Wilde (1959) afirma que a densidade aparente ou global (aqui expressa como sendo **Da**) é uma propriedade física do solo de grande importância para a verificação da condição estrutural, compactação e manejo do solo, pode ser definida como sendo a relação existente entre a massa de uma amostra de solo seca a 110°C e a soma dos volumes ocupados pelas partículas, outra definição feita por Buckman e Brady (1983) diz que a densidade global é a massa de um solo contida numa unidade de volume de solo em seu estado natural de arrançamento. Vale ressaltar que a compactação do solo atua negativamente sobre o desenvolvimento das culturas restringindo o seu crescimento radicular, principalmente das olerícolas e gramíneas que possuem sistema radicular fasciculado, além de algumas leguminosas de sistema pivotante, ocasionando a diminuição da área de exploração das raízes.

Em se tratando das restrições acometidas pela densidade aparente do solo, Kiehl (1979) é categórico em afirmar que a densidade acima da qual as raízes não conseguem se aprofundar na terra não é a mesma para todos os solos, essa restrição ocorre entre os valores de 1,70 a 1,80 g.cm<sup>-3</sup> dificultando a penetração de raízes nas camadas aráveis de interesse agrícola; solos com texturas diversas e  $Da = 1,90 \text{ g.cm}^{-3}$ , ou solos argilosos com  $Da = 1,60 - 1,70 \text{ g.cm}^{-3}$  podem não apresentar raízes. A densidade aparente de um solo depende da natureza, das dimensões e da forma como se acham dispostas as partículas do solo. Cirino (1992); Kiehl (1979) e Reichardt (1985) relatam que a fase líquida também afeta o volume aparente, variando conforme o estado de umidade do solo, podendo aumentar com a profundidade, devido a um maior adensamento das camadas do solo e a diminuição da matéria orgânica. Quando um solo, por manejo incorreto, por exemplo, tende a perder sua estrutura e a compactar-se, os valores de sua densidade aparente irão aumentar, quando o teor de matéria orgânica do solo eleva-se, a densidade aparente tende a diminuir. Seu

conhecimento permite importantes relações com diversas características do solo. Propriedades como drenagem, porosidade, condutividade hidráulica, permeabilidade, arejamento e capacidade de retenção de água, podem ser avaliadas a partir da densidade aparente do solo (FONTES, 2010), ela é, sem dúvida, uma propriedade física do solo de grande importância para a verificação da condição estrutural, compactação e manejo do solo.

A importância da determinação da densidade global é devido a sua utilização no cálculo da porosidade total, para a transformação de dados analíticos obtidos em peso para volume, para a verificação do grau de compactação e na elaboração de recomendações de manejo de solo e água (REICHARDT, 1985).

Existem vários métodos para a determinação da densidade aparente do solo (torrão impermeabilizado, anel volumétrico, etc.), no entanto, a Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias – EMBRAPA (1997) tem recomendado em análises de rotina, o método da Proveta, o qual, depois de realizado o teste, determina-se a densidade global do solo. Este método nos dá uma informação aproximada da densidade global do solo, pois não mantendo a estrutura natural do solo, tem como resultado valores aceitáveis para solos arenosos, mas diferentes para solos argilosos ou ricos em matéria orgânica (KIEHL, 1979).

## **2.4 Porosidade total**

Outra variável importante no estudo do solo é a porosidade total que diminui com a compactação, fazendo com que aumente a microporosidade. Ainda, a porosidade é influenciada pela cobertura vegetal que afeta a estrutura do solo. De acordo com a Soil Science Society of America (1965) é uma propriedade definida como sendo a percentagem do volume aparente total do solo não ocupado por partículas sólidas. Expressando este mesmo parâmetro Baver *et al* (1973) definiram esta porosidade como o volume de espaço poroso por

volume total de solo. Na agricultura, a porosidade regula as relações entre as fases sólida, líquida e gasosa dos solos. Daí a importância da distribuição da micro e macroporosidade nos estudos do armazenamento e movimento da água e do ar do solo; no desenvolvimento do sistema radicular das plantas (PREVEDELLO, 1996). Existe uma grande variação nos valores encontrados na porosidade de diferentes solos. Ela é função, principalmente, da textura e da estrutura do solo. Também a matéria orgânica afeta a porosidade, contribuindo para valores mais elevados. Solos arenosos apresentam menor porosidade total, uma vez que suas partículas, grosseiras, tendem a se arranjar numa disposição piramidal, que apresenta menor espaço entre as partículas. Os solos argilosos apresentam, em geral, maiores porosidades porque suas partículas, finas, tendem a assumir um arranjo mais espaçado e, além disso, formam agregados que aumentam a porosidade. A porosidade do solo está ligada a uma série de características importantes do solo: movimento e retenção de água, arejamento, reações do solo, movimento de água relacionado à erosão, manejo do solo, etc (FONTES, 2010). Segundo Vomocil (1965), uma distribuição deficiente dos diferentes tamanhos dos poros pode ocasionar um lento movimento da água e do ar através do solo ou, contrariamente, pode proporcionar uma exagerada difusão do ar como também na velocidade de infiltração da água, além dos limites aceitáveis. Segundo o mesmo autor, os poros diferem grandemente em tamanho, forma, comprimento, tortuosidade, continuidade e outras características geométricas.

## **2.5 Compactação dos Solos**

Este é um tema que constitui uma crescente atenção devida sua relevante importância tendo em vista o aumento da mecanização das atividades agrícolas e a expansão da pecuária brasileira. Segundo Goedert et al (2002) a falta de manejo adequado pode acarretar em

modificação dos arranjos tridimensionais das partículas do solo, aumentando sua resistência mecânica em relação ao crescimento, principalmente, de plantas de interesse econômico que possuem sistema radicular fasciculado, redução da aeração e da disponibilidade de água e nutriente refletindo negativamente na produtividade agrícola

Caputo (1981, p. 172) descreve a compactação do solo como sendo:

“[...] o processo manual ou mecânico que visa reduzir o volume de seus vazios e, assim, aumentar sua resistência tornando-o mais estável [...] melhorar suas características, não só quanto à resistência, mas, também, nos aspectos: permeabilidade, compressibilidade e absorção d'água.”

Esse estado de compactação é consideravelmente importante para a dinâmica do solo, devido seus efeitos sobre a estabilidade de agregados terrosos; vale ressaltar, ainda, que na compactação há a redução do volume de vazios de um solo granuloso, dando-lhe maior rigidez e resistência, além de aumentar seu índice de impermeabilidade à medida que aumenta o peso do material suprajacente, enquanto que no adensamento há expulsão da água e consolidação do solo.

## **3 METODOLOGIA**

### **3.1 Caracterizações da área experimental**

#### **3.1.1 Localização do Experimento**

A pesquisa foi desenvolvida no Campus do Instituto de Ciências Sociais, Educação e Zootecnia da Universidade Federal do Amazonas no Município de Parintins, que fica localizado na região do baixo Amazonas; a sede do município está situada a margem direita do rio Amazonas, na ilha de Tupinambarana, distante a aproximadamente 369 km em linha

reta e 420 km via fluvial da cidade de Manaus – AM. A Figura 01 mostra o mapa da área experimental e o croqui com a exata localização dos pontos de amostragem. O estudo localiza-se nas seguintes coordenadas geográficas: Latitude – 2° 39, 266’ Sul e Longitude – 56° 44, 876’ Oeste de Greenwich a 20m acima do nível do mar.

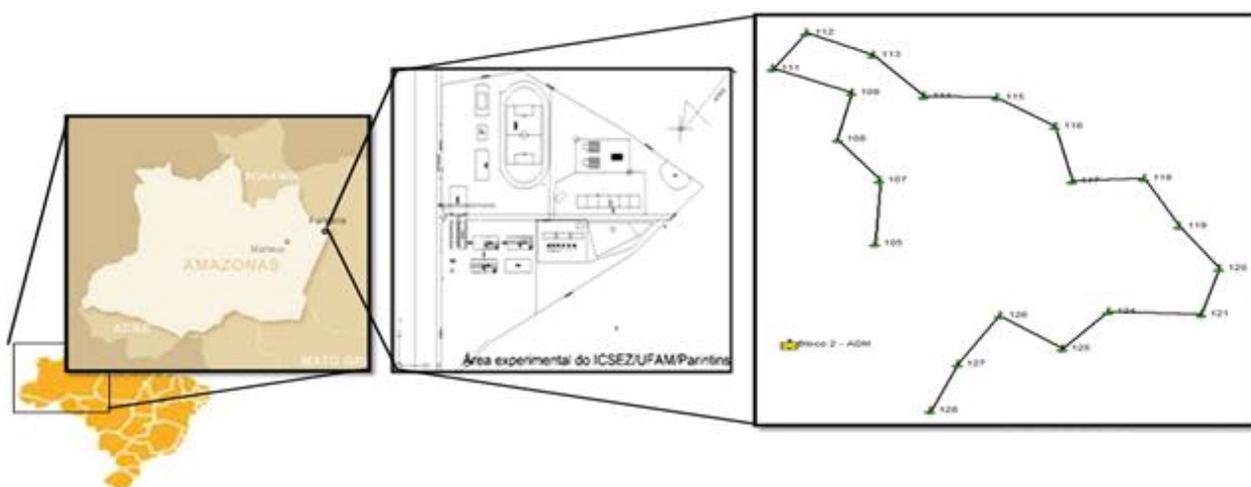


Figura 1: Caracterização da área de estudo – Brasil – Amazonas – Parintins – ICSEZ/UFAM

### 3.1.2 Geomorfologia e Relevo

O município ocupa uma área territorial de 7.069 km<sup>2</sup> localizando-se sobre uma formação quaternária e terraços holocênicos. A unidade geomorfológica predominante é a planície amazônica, apresentando outras unidades morfoestruturais mais elevadas altimetricamente, que oferece maior segurança no período da enchente do rio. Ocorre também uma faixa de transição em planície fluvial, trata-se de um domínio morfoclimático do tipo Azonal, ligado à permanência de lâmina d’água submetido ao regime fluvial do rio Amazonas. O ponto mais elevado encontra-se a leste do município, mais precisamente na comunidade da Valéria com 137 metros de altitude.

### **3.1.3 Solos**

Ocorre a predominância dos solos Latossolo Amarelo Álico e Podzólico Vermelho Amarelo Álico na terra firme e de solos de aluvião, do tipo Gley Pouco Úmido eutrófico; apresentando fertilidade natural média e elevada nas áreas de várzea.

### **3.1.4 Clima**

De acordo com a classificação de Koppen, as características do clima enquadram-se no grupo climático A (tropical chuvoso), por apresentar uma estação seca de pequena duração, entretanto, devido às elevadas precipitações pluviométricas superiores a 2.000 mm ano<sup>-1</sup> possui umidade suficiente girando em torno acima da casa de 8%. A temperatura média anual oscila em torno de 26°C, com pequena amplitude térmica (COUTO, 2005).

## **3.2 Coleta e preparo das amostras**

Fez-se uso de uma amostragem sistematizada seguindo critério de retirada em vários locais (em ziguezague, Figura 2), haja vista que as amostras foram coletadas em distâncias preestabelecidas a cada 40 metros em pontos eqüidistantes utilizando-se de uma fita métrica medindo 50 m e um GPS para a marcação das coordenadas geográficas. Neste sentido, coletou-se 40 amostras de solo deformadas, sendo que 20 foram retiradas da profundidade de 0-0,20 m e 20 da profundidade de 0,20-40 m com auxílio de um trado tipo caneca (Figura 3).

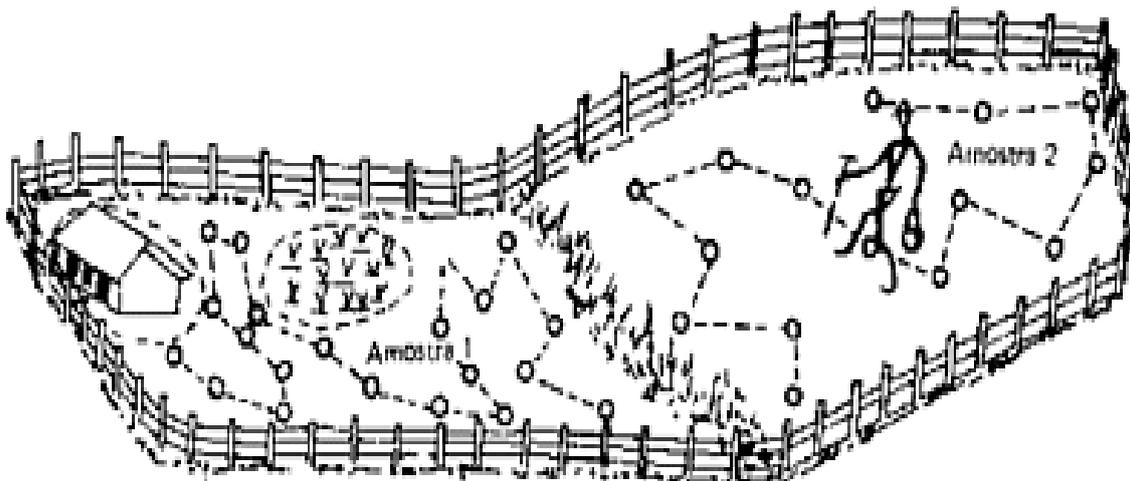


Figura 2: Amostragem em zigue-zague.

FONTE: Prof. Marcelo de Queiroz Rocha – IFAM /Parintins

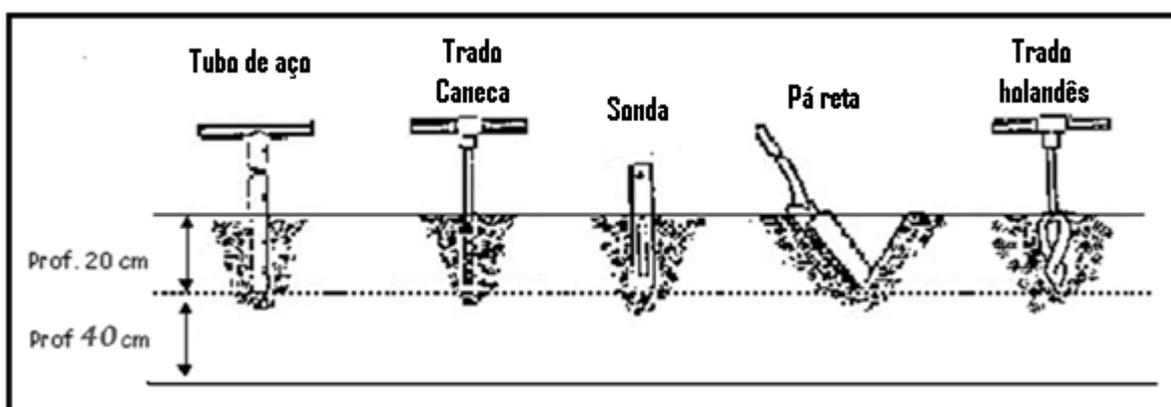


Figura 3: Representação de amostragem nas profundidades de 0-0,20 m e 0,20-0,40 m utilizando-se diferentes tipos de ferramentas de corte.

FONTE: Adaptado do Prof. Marcelo de Queiroz Rocha – IFAM /Parintins

A figura 4 ilustra passo a passo os procedimentos de coleta adotados por este trabalho, desde a limpeza do local amostrado até o envio para o laboratório. Nesse tipo de amostragem, não há a preocupação em manter intacta a estrutura do solo. As amostras foram retiradas utilizando-se como ferramenta de corte o trado caneca, posteriormente, transferiu-se uma quantidade significativa de terra que estava contida no cilindro do trado para um balde de plástico limpo de maneira que as amostras puderam ser destorroadas para a prévia retirada de resíduos como pedras, galhos e folhas. As amostragens prosseguiram ao longo de um solo franco arenoso, onde em cada ponto foi retirada uma espessa superfície de serrapilheira, as

amostras das camadas subjacentes – objeto deste estudo – foram previamente homogeneizadas, de maneira que desta se tirou uma porção representativa do todo até que se completassem os 0,20m e 0,40 m de profundidade das camadas estudadas, para determinação das propriedades físicas do solo. Esse processo foi repetido em cada ponto de amostragem, onde aproximadamente 0,50 kg de solo foram colocadas em sacos de plástico devidamente identificados separadamente e encaminhadas para o Laboratório de Solos do Instituto de Ciências Sociais, Educação e Zootecnia/UFAM para serem secas, destorroadas, peneiradas e homogeneizadas, segundo Manual de Métodos de Análise de Solo recomendado pela EMBRAPA (1997).

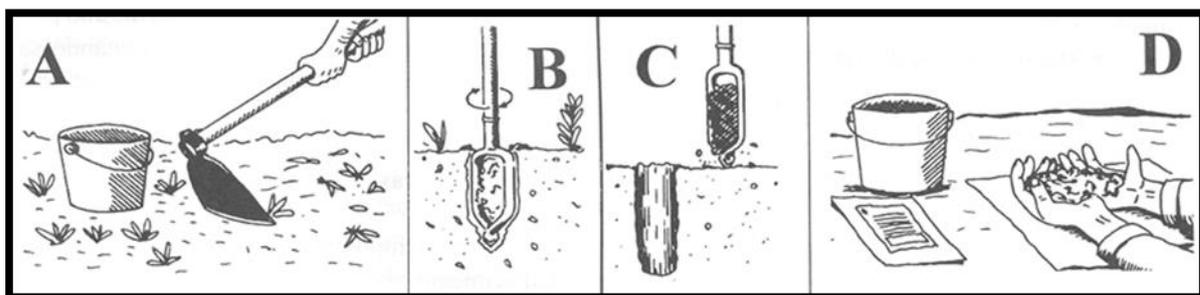


Figura 4: Procedimentos de amostragem utilizando-se o trado caneca.  
FONTE: Adaptado da Prof. Marcelo de Queiroz Rocha – IFAM /Parintins

### 3.3 Procedimentos de análise em laboratório

As amostras foram destorroadas e espalhadas individualmente sobre uma superfície plana de papelão limpo e ficaram expostas para secagem ao ar (Figura 5), sem que houvesse contato com água ou de uma com as outras por um período de 24 horas, caracterizando assim, amostras de terra fina seca ao ar (TFSA). Passado este tempo, as 40 amostras de terra foram peneiradas em peneira de 2 mm e colocadas de volta nos seus respectivos recipientes até que fossem analisadas as densidades.



Figura 5: Procedimentos de destorroamento e secagem ao ar das amostras utilizadas.

A Densidade global foi determinada pelo *Método da Proveta*, enquanto que a Densidade real foi determinada pelo *Método do Balão Volumétrico* de acordo com o Manual de Métodos de Análise de Solo da EMBRAPA (1997).

O método do balão volumétrico consiste no cálculo da relação da massa de um solo seco em estufa pelo volume de álcool necessário para preencher a macro e micro porosidade presentes no mesmo. Primeiramente foi realizada a pesagem de um bécher de 50 ml, adicionando-se mais 20 g de terra fina seca ao ar, posteriormente o recipiente foi colocado em uma estufa à temperatura de 110°C permanecendo nestas condições por um período de 24 horas. Passado este tempo, as amostras foram resfriadas em um dessecador sendo preservadas da umidade até serem novamente pesadas em balança de precisão digital para se obter, então, as amostras de terra fina seca em estufa (TFSE). Com a pesagem desse tipo de amostra pôde-se obter dados precisamente importantes para o cálculo de variáveis como a Umidade Natural do solo e a massa de TFSE. Os solos contidos nos bécher's foram transferidos por meio de um funil de vidro (Figura 6) para balões volumétricos de 50 ml, em seguida, foram adicionados

aos balões mais 20 ml de álcool etílico hidratado 96 % utilizando-se uma pipeta graduada de 20 ml, solo e álcool foram cuidadosamente agitados de maneira que não ficasse nenhuma porção de terra aderida nas paredes e no fundo dos balões facilitando a penetração do líquido e a expulsão do ar presente entre as partículas sólidas. Logo após, ficaram em repouso por no mínimo 15 minutos antes de serem novamente agitadas para se completar a marca de aferimento do balão volumétrico. O volume de álcool gasto em TFSE não é o valor utilizado no cálculo da Densidade Real, mas é necessário para obter o volume de TFSE.



Figura 6: Procedimento realizado para a determinação da densidade real segundo o método do balão volumétrico indicado pela EMBRAPA (1997).

O método da proveta usado no cálculo da densidade aparente possui parâmetros semelhantes ao do balão volumétrico, já que consiste na relação de dois dados fundamentais que são a massa – obtida por simples pesagem e o volume da própria proveta. Assim como no método empregado na densidade real, o primeiro passo foi a pesagem do utensílio, na ocasião foi utilizado uma proveta de plástico de 100 ml, depois disso foi adicionado de cada vez aproximadamente 35 ml de TFSA, utilizando-se de um bécher de 50 ml (Figura 7), em seguida o solo foi compactado soltando a proveta a mais ou menos 10 cm de altura sobre uma manta de borracha de 5 mm de espessura por 10 vezes a cada 35 ml de solo adicionado a

proveta. Alcançado o nível dos 100 ml a amostra foi pesada, obtendo-se assim, a massa de TFSA para o calcula da “Da”. A porosidade total (Pt) foi determinada pela relação entre a densidade global e a densidade das partículas do solo através da equação Veihmeyer citada por Black (1965).



Figura 7: Procedimento realizado para a determinação da densidade aparente segundo o método da proveta.

Foram analisadas 20 amostras de solo da profundidade de 0-0,20 m e 20 amostras da camada de 0,20-0,40 m de profundidade. É importante frisar que de cada amostra foram realizadas 3 repetições (A, B e C), que geraram a média dos valores da densidade e da porosidade de cada uma delas. Todos os dados brutos obtidos nas análises de “Dr” e “Da” foram transcritos para um quadro contendo informações pertinentes como: coordenadas geográficas, profundidade, o número da amostra analisada, a data de amostragem, a data de análise, etc., visando melhor organização dos conteúdos. Para análise estatística clássica, determinou-se as Medidas de localização (Média Aritmética amostral e Mediana), Medidas de dispersão (Variância amostral, Desvio-padrão amostral e Amplitude total), Medidas de forma

da distribuição (Coeficiente de variação, Coeficiente de Simetria de Pearson e Coeficiente de Achatamento ou Curtose). Estas análises foram aplicadas a cada parâmetro físico do solo analisado, tais como: Densidade global ou aparente, Densidade real ou das partículas e Porosidade total.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise estatística consta-se na Tabela 1, sendo que o sistema de amostragens em ziguezague, cujos dados médios são produtos de três repetições por amostra nas duas profundidades, 0-0,20 m e de 0,20-0,40 m. No histograma da Figura 8, observa-se que a densidade real do solo sugere uma distribuição normal, o que pode ser observado pela aproximação da média e mediana (Tabela 1), também o valor de assimetria estar próximo de 0 (zero), mesmo que o valor de curtose não esteja próximo de 3, contudo Spiguel (1985) afirma que a proximidade de valores entre média e mediana e os valores de assimetria e curtose próximos de 0 e 3, respectivamente, sugerem distribuição normal. Esta hipótese, realmente, poderia ser evidenciada com os resultados obtidos tanto da primeira profundidade (media = 2,5895 g cm<sup>-3</sup> e mediana = 2,5896 g cm<sup>-3</sup>) quando da segunda (media = 2,6644g cm<sup>-3</sup> e mediana = 2,6586g cm<sup>-3</sup>), no entanto, isso não é possível devido os valores de assimetria (-0,0854 e 0,4355) e curtose (-0,8932 e -0,9636) não estarem de acordo com a proposta do autor nas respectivas profundidades, mesmo considerando a Figura 8 como bimodal.

Momentos Estatísticos	Profundidade de 0-20 m			Profundidade de 0,20-0,40 m		
	Dr (g cm <sup>-3</sup> )	Da (g cm <sup>-3</sup> )	PT (%)	Dr (g cm <sup>-3</sup> )	Da (g cm <sup>-3</sup> )	PT (%)
Média	2,5895	1,4669	43,3448	2,6644	1,4288	46,3717
Mediana	2,5896	1,4676	43,4412	2,6586	1,4273	46,4164
Desvio padrão	0,0271	0,0208	0,9412	0,0194	0,0319	1,3285
Variância	0,0007	0,0004	0,8859	0,0004	0,0010	1,7649
Curtose	-0,8932	0,6331	-0,6059	-0,9636	-0,8769	-0,1743
Assimetria	-0,0854	0,0815	-0,3951	0,4355	-0,1166	0,0564
Intervalo	0,0914	0,0898	3,4248	0,0651	0,1100	5,3227
Nível de confiança (95,0%)	0,0127	0,0098	0,4405	0,0091	0,0149	0,6218

Tabela 1. Momentos estatísticos para densidade real média (Dr), densidade aparente média (Da) e da porosidade total média (PT) do solo, resultante de 20 amostras de cada profundidade analisada.

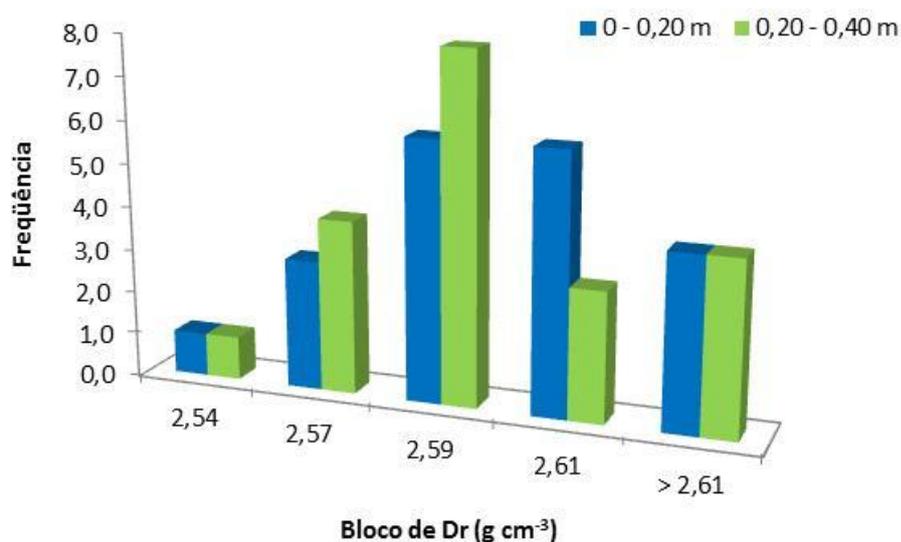


Figura 8. Histograma de frequência para densidade real média em duas profundidades.

Na Tabela 1, os valores de assimetria e curtose para a densidade aparente e para a porosidade total, nas duas profundidades apresentam distribuição de frequência bimodal, o que sugere distribuição não normal (Figuras 9 e 10), provavelmente devido a população amostral ter sido insuficiente para chegar-se a normalidade. Teixeira Filho (2001) no seu estudo de variabilidade espacial de parâmetros físico-hídricos num solo aluvial da microbacia hidrográfica do Riacho São Pedro - Paraíba, Brasil também não encontrou distribuição de frequência normal no sistema de amostragem em malha A e B, nem para a densidade aparente

do solo e nem para a porosidade total, o que confirma que a hipótese de normalidade não pode ser evidenciada com os resultados da média e mediana, e nem mesmo, com os valores de assimetria e curtose, mesmo apresentando pequena variância amostral. As médias da densidade aparente encontrados nesta pesquisa estão em acordo com os resultados de Pereira e Rezende (2006) que encontraram média geral de 1,39 a 1,53 g cm<sup>-3</sup> quando investigavam a determinação da densidade para diferentes tipos de manejo e metodologias. Lima e Silans (1999) em solo arenoso encontraram resultados menores que a deste trabalho, sendo sua média de 1,35g cm<sup>-3</sup> e desvio padrão de 0,093, apesar da baixa variabilidade do solo.

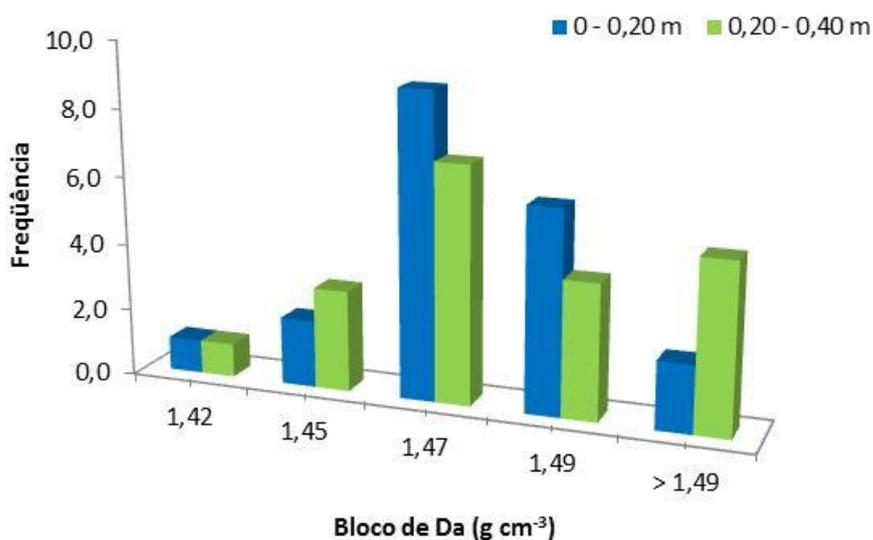


Figura 9. Histograma de frequência para densidade aparente média em duas profundidades.

Conforme Kiehl (1979), quanto mais elevada for a densidade aparente de um solo, maior será sua compactação, menor será sua estruturação e sua porosidade total e, conseqüentemente, maiores serão as restrições para o crescimento e desenvolvimento da planta. Segundo Tormena *et al.* (2002, p.798) “[...] sob condições de maior densidade do solo na superfície há possibilidade de reduções na produtividade das culturas quando da ocorrência de déficit hídrico nos estágios fenológicos críticos”. Levando em consideração os resultados encontrados é possível dizer, então, que a área do campo experimental em apreço não denota

estar compactada, mesmo quando verificado a presença de muitos caminhos internos (trilhas), resquícios de carvoaria, vegetação raleada (capoeira em estágio intermediário de sucessão, com baixa riqueza de espécies, incluindo algumas áreas dominadas por gramíneas).

Sem dúvida, a densidade aparente é uma propriedade física do solo de grande importância para a verificação da condição estrutural, compactação e manejo do solo (WILDE, 1959). Este parâmetro não é constante, varia com a textura e estrutura do solo. Quanto maior a porosidade do solo menor o valor do seu peso específico aparente. Portanto, como a porosidade total encontrada foi baixa (43,3448% e 46,3717%) o valor da densidade aparente tendeu a diminuir. De acordo com Fernandez *et al.* (1977), a maioria das culturas são seriamente afetadas quando a densidade global do solo ultrapassa  $1,50 \text{ g.cm}^{-3}$ , essencialmente por duas razões: primeiro, devido a falta de oxigênio ( $\text{O}_2$ ) para a respiração das raízes e segundo, devido ao impedimento mecânico para o crescimento das raízes, limitando-se a zona de absorção de água e nutrientes. Pelo exposto na Tabela 1, nota-se que o solo da área experimental pode ser manejado sem necessariamente afetar o crescimento das culturas agrícolas. Carvalho *et al.* (2004) enfatizam que não havendo um valor específico para que se possa definir se um solo está ou não compactado, é natural que haja concordância e discordância entre os autores, por exemplo, Maria *et al.* (1999) verificaram que a partir de  $1,2 \text{ g.cm}^{-3}$  para um Latossolo Roxo ocorre restrição ao desenvolvimento radicular quando o mesmo se encontra em capacidade de campo, caracterizando um estado de compactação. Camargo e Alleoni (1997) consideraram ser crítico o valor de  $1,1 \text{ g.cm}^{-3}$  de um Latossolo Vermelho, enquanto que Goedert *et al.* (2002) propuseram os valores entre  $0,7$  e  $1,0 \text{ g.cm}^{-3}$  como sendo normais em Latossolo Vermelho. Em contraposição a estas afirmativas, Sattler *et al.* (2002, p. 4) caracterizando um Argissolo no município de Jari, Estado do Rio Grande do Sul, verificaram que “[...] mesmo sob pisoteio animal e pastejo contínuo à vários anos, a densidade aparente do solo não atingiu valores críticos mesmo nas camadas superficiais”,

ainda que esses valores variassem entre  $1,11 \text{ g.cm}^{-3}$  a  $1,38 \text{ g.cm}^{-3}$  nas profundidades de 0-5 cm, 5-10 cm, 10-20 cm e de 20-30 cm. A porosidade total foi condicionada, principalmente, pelas variações ocorrentes na densidade aparente do solo e apesar de não ter sofrido bruscas variações, apresentou valores dentro da normalidade (Figura 10), porém houve discordância com a afirmativa de Pauletto *et al.* (2005, p. 209) “[...] é de se esperar que na camada mais superficial do solo ocorra maior porosidade total, pois nessa camada se encontra a maior atividade dos sistema radicular das culturas, bem como maior atividade microbiana favorecendo a estruturação do solo”, e isto não pôde ser verificado, visto que a porosidade total foi maior e a densidade aparente foi menor na profundidade de 0,20-0,40 m do que na profundidade de 0-0,20 m (Figuras 11 e 12), resultado de uma provável translocação (lixiviação e acúmulo) de sedimentos de um determinado local ao longo do tempo.

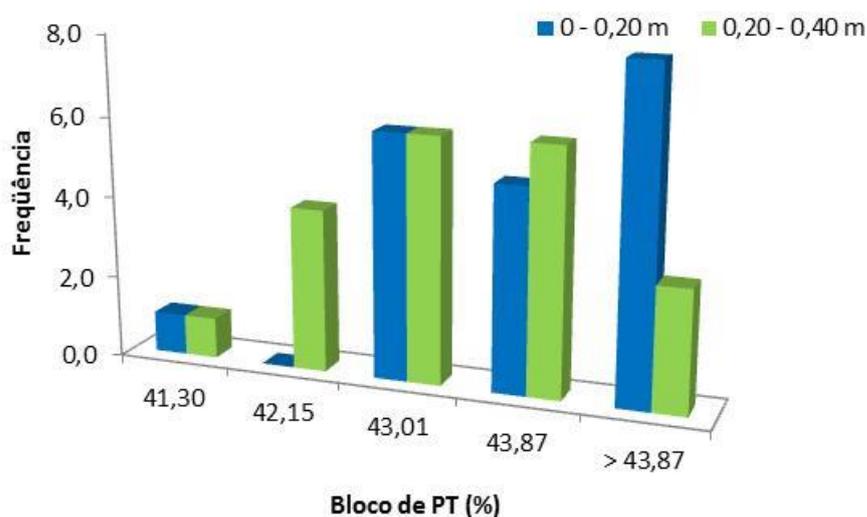


Figura 10. Histograma de frequência para porosidade total média em duas profundidades.

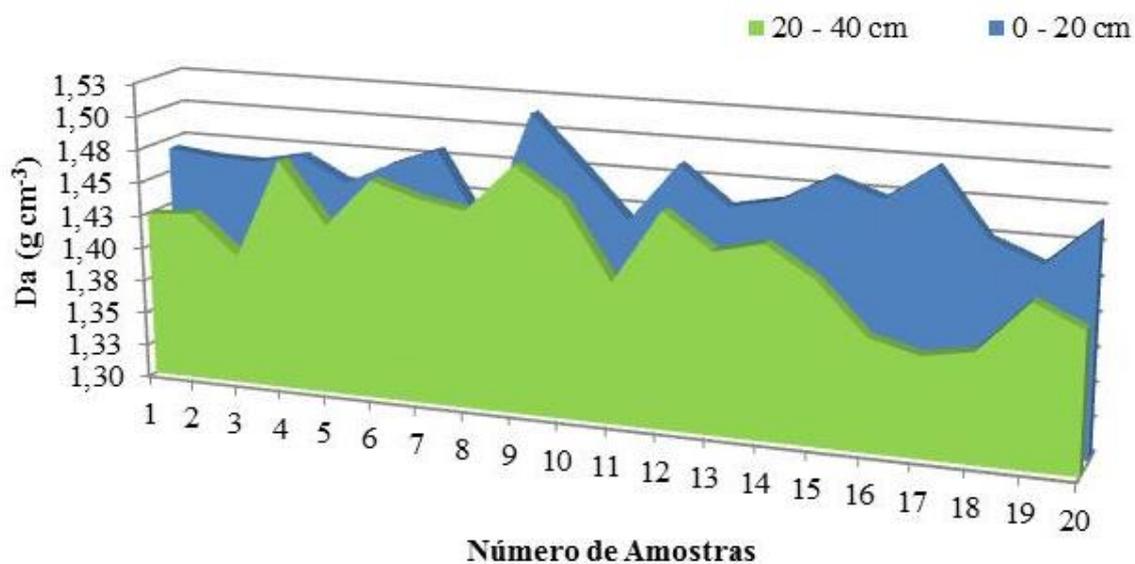


Figura 11. Variação da densidade aparente do solo em cada ponto de amostragem.

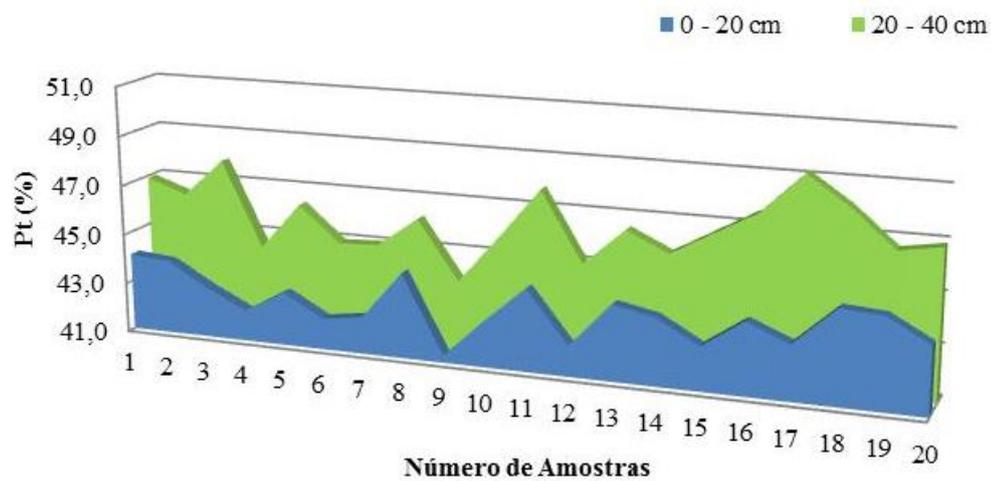


Figura 12. Variação da porosidade total do solo em cada ponto de amostragem.

## 5 CONCLUSÃO

Os resultados representam o estado atual do solo analisado em cada ponto amostrado, sendo vulneráveis a possíveis variações futuras para mais ou para menos, seja por efeito da compactação ou pela incorporação de matéria orgânica, em decorrência dos tipos de manejo a serem adotados. As variáveis densidades real, densidade aparente e porosidade total do solo não seguem uma distribuição de frequência normal, no entanto, levando em consideração os resultados encontrados é possível dizer que a área experimental do campus do Instituto de Ciências Sociais, Educação e Zootecnia não está compactada, resultado que propicia maior aeração e oxigenação no processo de respiração das raízes, além de melhorar o estado da zona de atuação microbiana e de absorção de água e nutrientes do solo dispensando o uso de subsolador nas operações de preparo do solo para a implantação de novas culturas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, A. R. S. de. **Características físico-hídricas dos solos da estação experimental da Embrapa algodão. Variabilidade espacial.** (Dissertação de Mestrado) – Centro de Ciências e Tecnologia, Campus II, Universidade Federal da Paraíba. Campina Grande, PB. 1997. 100 p.

BAVER, L.D.; GARDNER, W.H.; GARDNER, W.R. **Física de suelos.** México: Hispano Americano, 1973. 529 p.

BERTONI, J.; FRANCISCO, L. N. **Conservação do Solo.** – São Paulo: Ícone, 1999- 4ª edição.

BUCKMAN, H. O., BRADY, N. C. **Natureza e propriedades dos solos.** 6 ed. Rio de Janeiro: Livraria Freitas Bastos, 1983. P. 51-57, 171-203.

CAMARGO, O. A.; ALLEONI, L. R. F. **Compactação do solo e o desenvolvimento das plantas.** Piracicaba, São Paulo, Divisão de biblioteca e documentação - ESALQ/USP, 1997. 132 p.

CAPUTO, H. P. **Mecânica dos solos e suas aplicações.** 5 ed. rev. e amp. 2 v. Rio de Janeiro. Livros Técnicos e Científicos, 216 p. 1981.

CARVALHO, R.; GOEDERT, W. J.; ARMANDO, M. S. **Atributos físicos da qualidade de um solo sob sistema agroflorestal.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília – DF, 2004, v. 39, n. 11, p. 1153 – 1155.

CIRINO, C. G. **Utilização das relações energia/umidade na caracterização físico-hídrica dos solos.** Campina Grande, PB, (Dissertação de Mestrado). Centro de Ciências e Tecnologia, Campus II, Universidade Federal da Paraíba. 1992. 68 p.

COUTO, Raul (Org.). **Plano Municipal de Desenvolvimento Rural Sustentável: Parintins – AM, 2005-2012/** Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar, Projeto de Apoio aos Pequenos Produtores Rurais do Estado do Amazonas – Manaus: Ibama, ProVárzea, 2005. 172 p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Manual de métodos de análise de solos.** 2.ed. Rio de Janeiro, Ed Europa. 1997. 212p

FERNANDEZ, B.M.; CAVALCANTE, F.L.; BORGES, E.A. **Compactação entre os valores condutividade hidráulica calculados e medidos.** Agropecuária. Técnica, 1: 94-103. 1977.

FONTES, L.E.F. **Gênese, morfologia e física do solo.** Viçosa, Universidade Federal de Viçosa - Depto. de Solos, s/d.. 5p. (notas de aula prática SOL 120). Disponível em: <<http://solos.ufmt.br/docs/solos1/porosidade.pdf>>. Acesso em: 24 março 2010.

GOEDERT, W.J.; SCHERMACK, M.J.; FREITAS, F.C. de. **Estado de compactação do solo em áreas cultivadas no sistema de plantio direto.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, 2002, v.37, p.223-227.

KIEHL, E. J. **Manual de Edafologia.** São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 1979. 262 p.

LIMA, C. A. G.; SILANS, A. P. **Variabilidade espacial da infiltração de água no solo.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 34, n. 12, p. 2311, dezembro de 1999.

MARIA, I.C. de; CASTRO, O.M.; DIAS, H.S. **Atributos físicos do solo e crescimento radicular de soja em Latossolo Roxo sob diferentes métodos de preparo do solo.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, 1999, v. 23, n. 3, p. 703-709.

OLIVEIRA, J.B. de. **Princípios básicos para classificação e sinopse dos principais grande grupos de solos do mundo.** In: Muniz, A.C., ed. Elementos de pedologia. São Paulo: Editora Universidade de São Paulo/Polígono, 1972.p.351-362.

PAULETTO, E. A.; BORGES, J. R.; SOUSA, R. O. de.; PINTO, L. F. S.; SILVA, J. B. da.; LEITZKE, V. W. **Avaliação da densidade e da porosidade de um Gleissolo submetido a diferentes sistemas de cultivo e diferentes culturas.** Revista Brasileira de Agrociência, Pelotas, 2005, v.11, n. 2, p. 207-210.

PEREIRA, J.R.A.; REZENDE, M.A. Determinação da densidade do solo para diferentes tipos de manejos e metodologias. Irriga-2006-70.pdf de 200.145.140.50.

PREVEDELLO, C. L. **Física do solo com problemas resolvidos./** Celso Luiz Prevedello, Curitiba: C. L. Prevedello, 1996. 446 p.

REICHARDT, K. **Processos de transferência no sistema solo-planta-atmosfera.** 4 ed. rev. e ampl. Campinas, SP. Fundação Cargill, 1985.

SATTLER, R.A.; LOVATO, T.; NICOLOSO, R. da S.; SENHOR, T.C. **Caracterização Física e Química de um Argissolo sob campo nativo no Estado do Rio Grande do Sul.** Reunião Brasileira de Manejo e Conservação do Solo e da Água. XIV, 2002, Cuiabá – MT. 4p. Disponível em: <[http://w3.ufsm.br/ppgcs/congressos/XIV\\_Reuni%e3o\\_Brasileira\\_Cuiab%e1/48.pdf](http://w3.ufsm.br/ppgcs/congressos/XIV_Reuni%e3o_Brasileira_Cuiab%e1/48.pdf)>. Acesso em: 24 março 2010.

SILVA, A. T. da, DUARTE, E. F. **Irrigação: fundamentos e métodos.** [Itaguaí]: UFRRJ, Instituto de Tecnologia, Departamento de Engenharia, 1980. 179p.: il; 23cm.

SOIL SCIENCE SOCIETY OF AMERICAN. Committee Report. Glossary of Soil Science Terms. **Soil Sci. Soc. Amerc. Proc.**, 1965, V. 29, n. 3, p. 330-351.

SOUZA, L.S.; COCO, N.P.; VIEIRA, S.R. **Variabilidade de propriedades físicas e químicas do solo em um pomar cítrico.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.21, p.367-372, 1997.

SPIGUEL, M.R. Estatística. 2 ed. São Paulo: McGraw-Hill, 1985.

TEIXEIRA FILHO, Aristóteles de J. **Variabilidade espacial de parâmetros físico-hidricos num solo aluvial da microbacia hidrográfica do riacho São Pedro-Paraíba-Brasil.** Dissertação (Mestrado em Irrigação e drenagem) - Centro de Ciências e Tecnologia, Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande – PB, UFPB, 2001. 101p.

TORMENA, C. A.; BARBOSA, M. C.; COSTA, A. C. S. da.; GONÇALVES, C. A. **Densidade, porosidade e resistência à penetração em Latossolo cultivado sob diferentes sistemas de preparo do solo.** Scientia Agricola, 2002, v.59, n.4, p.795-801.

VARGAS, M. A. T.; HUNGRIA, M., ed. **Biologia dos solos dos Cerrados.** Planaltina - DF: EMBRAPA – Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados, 1997. 524 p.

VIEIRA, D. B. **Relação água, solo e planta.** PROGRAMA NACIONAL DE IRRIGAÇÃO (PRONI). Curso de elaboração de projetos de irrigação. Brasília, PNI/Fundação CTH, 1986. 1v. p. 1-39.

VIEIRA, L. S.; SANTOS, P. C. T. C. dos; VIEIRA, M. de N. F. **Solos, propriedades, classificação e manejo.** Brasília: MEC/ ABEAS, 1988. 154p.

VOMOCIL, J. A. Porosity. In: BLACK, C. A. et al (ed.). **Methods of Soil Analysis**. Madison, Wisconsin: American Society Agronomy, 1965. Part. 1, p. 299-314. (Agronomy, n. 9).

WILDE, S. H. **Forest soils: their properties and relation to silviculture**. New York, N. Y.: The Ronald Press Company, 1959. 537 p.

**PIB-A/0002/2010**

**Título do projeto: Estudo da densidade das partículas, densidade aparente e da porosidade total como base para verificar se o solo da área experimental do ICSEZ/UFAM/Parintins está ou não compactado**

Parintins, AM, \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

---

Assinatura do orientador

---

Assinatura do Bolsista