

1 Estudo das propriedades físicas do solo como base para verificar se o solo da área
2 experimental do ICET/UFAM/Itacoatiara está ou não compactado.

3

4

5

6

7

8 Diego Monteiro NUNES¹; Aristóteles de Jesus TEIXEIRA FILHO²

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

¹Universidade Federal do Amazonas-UFAM, Instituto de Ciências Exatas e Tecnologia-ICET, Rua Nossa Senhora do Rosário, 3.863, Tiradentes, CEP: 69.103-128, Itacoatiara, AM, Brasil, e-mail: dmn_diegonunes@outlook.com

² Prof. Dr. da Universidade Federal do Amazonas-UFAM, Instituto de Ciências Exatas e Tecnologia-ICET, Rua Nossa Senhora do Rosário, 3.863, Tiradentes, CEP: 69.103-128, Itacoatiara, AM, Brasil, e-mail: aristoteles@ufam.edu.br

20 Estudo das propriedades físicas do solo como base para verificar se o solo da área
21 experimental do ICET/UFAM/Itacoatiara está ou não compactado.

22

23 Resumo

24 Este trabalho teve como objetivo analisar a importância da densidade e a porosidade do
25 solo no processo da produção de culturas agrícolas, através do estudo feito sobre as
26 propriedades físicas do solo, com fins de fornecer informações sobre a densidade real,
27 densidade global e porosidade total para melhoria do manejo do solo e da produção
28 agrícola e propor alternativas de manejo da camada de solo compactada para melhorar a
29 produção da cultura em apreço. Esta pesquisa foi realizada na área experimental do
30 Instituto de Ciências Exatas e Tecnologia/UFAM no Município de Itacoatiara – AM.
31 Foram feito o uso de 40 amostras de solo na profundidade de 0-20 cm e 20-40 cm,
32 sendo que 20 foram coletadas na profundidade de 0 a 20 cm e 20 na profundidade de 20
33 a 40 cm, que foram analisadas três vezes, pelo Método do Balão Volumétrico e da
34 Proveta, já a porosidade total foi calculada através da relação entre a densidade global e
35 a real. A camada de 0 a 20 cm apresentou densidade média maior que a camada de 20 a
36 40 cm. O solo da área não está compactado, apesar da inversão do valor médio da
37 densidade.

38 Palavras-chave: Densidade global; Densidade real; Porosidade total.

39

40 Abstract

41 The present work had as objective analyze the importance of density and soil porosity in
42 the process of production of agricultural crops through the study of the physical
43 properties of the soil, with the purpose of providing information about the real density,
44 global density and porosity to improve soil management and agricultural production and
45 propose the compacted layer of soil management alternatives to improve crop
46 production in question. This research was conducted in the experimental area of the
47 Instituto de Ciências Exatas e Tecnologia/UFAM, Itacoatiara - AM. Were made using
48 40 samples of soil at a depth of 0-20 cm, 20-40 cm, and 20 were collected in the 0 to 20
49 cm and 20 at a depth of 20 to 40 cm, which were analyzed three times, the Balloon
50 Volumetric method and Test Tube, as the total porosity was calculated from the ratio
51 between the global density and real density. The 0 to 20 cm layer showed larger average
52 density than the 20 to 40 cm layer. The soil is not compacted, despite the inversion of
53 the average density.

54 Word-key: Global density; Real density; Total porosity.

55

56 Introdução

57 O solo é o meio onde as plantas se desenvolvem. Sendo assim, é de grande
58 importância que as condições desse meio sejam adequadas para esse desenvolvimento.
59 O conhecimento das propriedades físicas do solo, em particular sua densidade, sua
60 interação com o crescimento e desenvolvimento das plantas, representa o centro das
61 atenções da física do solo (Pereira e Rezende 2006).

62 Nos últimos anos, a deterioração da qualidade do solo tem sido um tópico
63 importante na ciência do solo, na medida em que a retirada da cobertura vegetal e o uso

64 intensivo da mecanização em todas as operações de cultivo do solo (semeadura, tratos
65 culturais e colheita) podem resultar na diminuição da sua capacidade produtiva (Assis e
66 Lanças 2005).

67 Segundo Prevedello (1996), para manter um solo produtivo, bem como adequar
68 determinadas estratégias de manejo, é importante que sejam analisadas suas
69 propriedades físicas de porosidade, densidade e resistência, na medida em que elas
70 afetam a resposta das culturas. Já que Reichardt (1987) afirma que a densidade do solo
71 aumenta com a profundidade, devido a um maior adensamento de suas camadas e a
72 diminuição da matéria orgânica.

73 Em 1981 Frazão apud Andrade (1997) informa que a variação da densidade das
74 partículas com a profundidade é, na maioria dos casos, uma decorrência da variação do
75 conteúdo orgânico e da constituição mineralógica dos diversos horizontes do solo. Os
76 resultados da densidade de partícula são, geralmente, expressos em gramas por
77 centímetro cúbico, e variam, em média, entre os limites de 2,30 a 2,90 g.cm⁻³. Apesar de
78 existir esta faixa de variação, a maioria dos valores varia de 2,60 a 2,75 g.cm⁻³. Isto
79 ocorre porque as densidades dos principais componentes minerais dos solos (quartzo,
80 feldspatos e argilas silicatadas) estão próximas destes valores (Determinar a porosidade
81 total do solo, 2010).

82 Solos com densidade aparente entre 1,70 e 1,80 g.cm⁻³ dificultam a penetração
83 de raízes; solos com diversas texturas com $D_s = 1,90 \text{ g.cm}^{-3}$, ou solos argilosos com D_a
84 $= 1,60 - 1,70 \text{ g.cm}^{-3}$ podem não apresentar raízes (Kiehl 1979).

85 Teixeira Filho (2001), trabalhando com variabilidade espacial observou que
86 levando em consideração os limites estabelecidos por Warrick e Nielsen (1980) e

87 Gomes (1984), a variabilidade das componentes densidade aparente, densidade real e
88 porosidade total, tanto em transeto, como nas malhas A e B, (7,987%; 6,353% e
89 2,687%), (1,416%; 1,731% e 1%), (6,366%; 4,11% e 2,316%) foram muito pequenas,
90 respectivamente. Quando um solo, por manejo incorreto, por exemplo, tende a perder
91 sua estrutura e a compactar-se, os valores de sua densidade aparente irão aumentar.
92 Quando o teor de matéria orgânica do solo eleva-se, a densidade aparente tende a
93 diminuir.

94 A porosidade do solo interfere na aeração, condução e retenção de água,
95 resistência à penetração e à ramificação das raízes no solo e, conseqüentemente, no
96 aproveitamento de água e nutrientes disponíveis, Tognon (1991). A porosidade do solo
97 e a relação entre a macroporosidade e microporosidade são fatores importantes para a
98 avaliação da estrutura do solo. A microporosidade está relacionada com o
99 armazenamento de água no solo, influenciando o desenvolvimento das plantas,
100 especialmente nas épocas críticas de suprimento hídrico, Veiga (2005) e Jesus (2006).
101 Em solo compactado, o número de macroporos é reduzido, os microporos são em maior
102 quantidade e a densidade também é maior, Jimenez *et al.* (2008). Ademais, segundo
103 Beutler e Centurion (2003), a quantidade de macroporos influencia no crescimento das
104 raízes e na absorção de água e nutrientes, e sua redução induz ao crescimento lateral de
105 raízes, que diminuem seu diâmetro a fim de penetrarem nos poros menores.

106 Como o solo é um material poroso, por compressão, a mesma massa de material
107 sólido pode ocupar um volume menor. Isto afeta sua estrutura, definindo a quantidade, o
108 tamanho, o formato e a orientação de espaços vazios no solo e, conseqüentemente, a
109 relação entre macro e microporos e a continuidade da macroporosidade, Reichardt
110 (1990). Essa modificação pode ser atribuída à diminuição da porosidade total e da

111 macroporosidade, Richardt *et al.* (2005) e ao aumento da microporosidade, Machado e
112 Favaretto (2006). Em trabalho desenvolvido para avaliar possíveis alterações em
113 atributos físicos de um Latossolo Vermelho-Amarelo, após o cultivo de um ano com
114 plantas de cobertura, Santos *et al.* (2009), concluíram que a cobertura vegetal
115 influenciou significativamente os valores da microporosidade, entretanto não afetou
116 nenhum outro atributo estudado (densidade do solo, macroporosidade e porosidade
117 total).

118 Reichardt e Timm (2008) acrescentam que a densidade do solo possa ser usada
119 como um índice do grau de compactação de um solo. Como o solo é um material
120 poroso, por compressão a mesma massa pode ocupar um volume menor. Isto afeta a sua
121 estrutura, o arranjo e volume dos poros e as características de retenção de água.

122

123 Material e Métodos

124 A pesquisa foi desenvolvida no campus do Instituto de Ciências Exatas e
125 Tecnologia de Itacoatiara da Universidade Federal do Amazonas no Município de
126 Itacoatiara, que fica localizado na região do médio Amazonas, com as seguintes
127 coordenadas geográficas: Latitude – 3°08'31,4" Sul e Longitude – 58°25'54,6" Oeste de
128 Greenwich, e distante a aproximadamente 270 km por estrada de rodagem da cidade de
129 Manaus – AM.

130 No município de Itacoatiara predomina os Latossolos e Argisolos da região, com
131 uma granulometria variando de argila a muito argilosa. Esses solos são encontrados sob
132 uma cobertura de floresta equatorial subperenifólia. Ainda, encontra-se os aluviões
133 recentes são sedimentos que distribuem ao longo das calhas dos cursos d'água e são

134 constituídos de maneira geral por areias, siltes e argilas, quase sempre inconsolidadas, aí
135 são encontrados solos gleizados em relevo plano, já os aluviões antigos se distribuem
136 nos terraços antigos e são constituídos de arenitos finos, argilitos, conglomerados e
137 siltitos, os quais são formadores dos solos Neossolos, Gleissolos e Plintossolos,
138 ocorrendo em relevo plano de várzea sob vegetação de floresta equatorial higrófila e
139 hidrófila de várzea (Silva 2003).

140 De acordo com a classificação climática de Koppen (Villa Nova e Santos, 19—)
141 foi identificado o subtipo Af que pertence ao clima tropical chuvoso (úmido).
142 Precipitação total média anual para o município foi estimada pelo Método de Thiessen
143 em 2.249,0 mm. Já a Estação Meteorológica de Itacoatiara apresentou um total médio
144 multianual de 2.360,9 mm com uma frequência média de 180 dias com chuvas. A
145 temperatura média compensada anual estimada varia em torno de 26,0 °C, observando-
146 se que os meses mais quentes são os de setembro/outubro/ novembro com média de
147 26,7 °C e os meses menos quentes, os de janeiro/fevereiro/março com média estimada
148 de 25,4 °C. A média das máximas anual varia em torno de 31,1 °C, observando-se que
149 os meses mais quentes são os de setembro/outubro/novembro com média estimada de
150 32,3 °C. Entretanto, a temperatura máxima observada anual foi de 38,8 °C, observada
151 no dia 31.10.1988. A temperatura média das mínimas anual varia em torno de 22,4 °C,
152 observando que os meses com temperaturas médias as mínimas mais baixas são os de
153 junho/julho/agosto com média estimada de 21,9 °C. Entretanto a temperatura mínima
154 observada anual, foi de 16,9 °C, observada no dia 13.07.1981. A umidade relativa do ar
155 é bastante elevada; acompanha o ciclo da precipitação, pois apresenta valores médios
156 multianuais – mensais entre 79% a 88% e com média anual de 84%. Normalmente
157 apresenta valores elevados, no período mais chuvoso (dezembro a maio) com média de

158 86%, e no menos chuvoso (junho a novembro) com média de 82%, caracterizando-se,
159 desse modo, como uma região úmida (Silva 2003).

160

161 Procedimento das análises

162 Nesta pesquisa foram feito o uso de 40 amostras de solo deformadas. Nesse tipo
163 de amostragem, não se teve a preocupação em manter intacta a estrutura do solo, de
164 maneira que a amostra podia ser destorroadada. As amostras deformadas foram retiradas
165 em vários locais, no sistema de zigzague, e em duas profundidades no campo
166 experimental do ICET/UFAM, utilizaram-se ferramentas manuais como enxada,
167 enxadeco, pá, pá de corte, trena, fita-métrica e picareta. Dos tais perfis de onde foram
168 retiradas as amostras, foram marcadas as coordenadas com o uso de um GPS, como
169 mostra a Tabela 1. Foram abertos 20 perfis e retirados 2 amostras de cada, uma com a
170 profundidade de 0 a 20 cm e outra de 20 a 40 cm, totalizando as 40 amostras. Estas são
171 profundidades médias de exploração do sistema radicular da maioria das plantas. Estas
172 amostras foram colocadas em sacos de plástico, devidamente identificados. Tais
173 amostras já identificadas, separadamente foram encaminhadas para o Laboratório no
174 ICET/UFAM, e foram preparadas para secar, e assim, depois foram destorroadadas,
175 peneiradas e homogeneizadas, segundo Manual de Métodos de Análise de Solo
176 recomendado pela Embrapa (1997) e determinou-se a densidade real ou das partículas
177 (D_r), densidade global ou aparente (D_a) e porosidade total (PT). É importante frisar que
178 em cada amostra o procedimento de D_r , D_a e PT foram repetidos 3 vezes, e após foi
179 gerado a média dos valores das mesmas.

180 A densidade das partículas (Tabela 2) foi determinada pelo Método do Balão
181 Volumétrico que consistiu em: passo 1 – pesar 20 g de solo, colocar em lata de alumínio
182 de peso conhecido, levar à estufa, deixar por 6 a 12 horas, dessecar e pesar, a fim de se
183 obter o peso da amostra seca a 105 °C; passo 2 – transferir a amostra para balão
184 volumétrico aferido de 50 mL; passo 3 – adicionar álcool etílico, agitando bem o balão
185 para eliminar as bolhas de ar que se formam; passo 4 – prosseguir com a operação,
186 vagarosamente, até a ausência de bolhas e completar o volume do balão; passo 5 –
187 anotar o volume de álcool gasto; e passo 6 – aplicar a equação (Embrapa 1997):

$$188 \quad Dp = \left(\frac{a}{50 - b} \right), \text{ em } g \cdot cm^{-3}$$

189

190 Em que: a = peso da amostra seca a 105°C (g) e b = volume de álcool gasto (mL).

191

192 A densidade aparente foi determinada pelo Método da Proveta que consiste em:
193 passo 1 – pesar uma proveta de 100 mL, com aproximação de 0,5 a 1,0 g; passo 2 –
194 encher a proveta com solo, colocando de cada vez, aproximadamente 35 mL, contidos
195 em bécher de 50 mL, deixando cair de uma só vez e em seguida compactar o solo
196 batendo a proveta 10 vezes sobre lenço de borracha de 5 mm de espessura, com
197 distância de queda de mais ou menos 10 cm; passo 3 – repetir esta operação por mais
198 duas vezes, até que o nível da amostra fique nivelado com o traço do aferimento da
199 proveta; passo 4 – pesar a proveta com a amostra e calcular a densidade aparente; passo
200 5 – aplicar a equação (Embrapa 1997):

201
$$Da = \left(\frac{a}{b}\right), em g.cm^{-3}$$

202

203 Em que: a = peso da amostra seca a 105 °C (g) e b = volume da proveta (mL).

204

205 A porosidade total (PT) foi calculada a partir da relação entre a densidade
206 aparente (Da) e a densidade das partículas (Dp), através da equação:

207
$$PT = \left(1 - \frac{Da}{Dr}\right) \times 100, em \%$$

208

209 A partir da análise da densidade do solo verificou se os valores encontrados
210 estavam dentro ou fora dos intervalos encontrados nas literaturas especializadas. Já que
211 a densidade (Tabela 2) é a medida quantitativa mais direta da compactação. A
212 compactação é o aumento da densidade do solo e a redução da sua porosidade que se dá
213 quando ele é submetido a um grande esforço ou a uma pressão contínua.

214 Os resultados de Dr, Da e PT foram submetidos à análise estatística clássica,
215 para determinação das: Medidas de localização (Média Aritmética amostral e Mediana),
216 Medidas de dispersão (Variância amostral, Desvio-padrão amostral e Amplitude total),
217 Medidas de forma da distribuição (Coeficiente de variação, Coeficiente de Simetria de
218 Pearson e Coeficiente de Achatamento ou Curtose).

219

220 Resultados

221 A Tabela 1 encontra-se os dados das coordenadas geográfica dos pontos onde
222 foram abertos os perfis para a coleta das amostras. A Tabela 2 mostra os intervalos para
223 a classe de solos através da densidade. A Tabela 3 consta-se os resultados estatísticos de
224 Dr, Da e PT, e a comparação dos dados obtidos das três repetições. Na Tabela 4 mostra
225 os valores para densidade aparente e porosidade total encontrados na superfície de solos
226 cultiváveis, mostrados na Tabela 4, (Prevedello 1996),

227

228 Discussão

229 Após os resultados médios obtidos das análises físicas do solo, observou-se que,
230 a densidade real na profundidade de 0 – 20 cm variou entre 2,25 e 2,47 g.cm⁻³, e na
231 profundidade de 20 – 40 cm variou entre 2,29 e 2,45 g.cm⁻³, comparado a Tabela 2 os
232 resultados ficaram entre os intervalos de 2,20 e 2,60 g.cm⁻³ no qual estão classificados
233 como minerais de argila. Já a densidade aparente na profundidade 0 – 20 cm variou
234 entre 1,08 e 1,34 g.cm⁻³, e na profundidade de 20 – 40 cm variou entre 1,08 e 1,30 g.cm⁻³,
235 comparado novamente com a Tabela 2 a maioria dos resultados ficaram entre os
236 intervalos de 0,90 e 1,25 g.cm⁻³ no qual estão classificados como solos argilosos.

237 De acordo com essas classificações de solo feitas através da Tabela 2 entre os
238 resultados médios de Da e Dr que foram classificados como solos argilosos e minerais
239 de argila, verificou-se que na Tabela 4, o valor médio de Da nas camadas de 0 a 20 cm e
240 20 a 40 cm ficaram entre os intervalos de 1,0 e 1,4 g.cm⁻³, o valor médio de PT nas
241 camadas de 0 a 20 cm e 20 a 40 cm ficaram entre os intervalos de 40 – 65%.

242 Comparando as médias entre as profundidades de 0-20 cm e 20-40 cm,
243 identificou-se que a camada de 0-20 apresentou valor maior que na profundidade de 20-

244 40 cm, tanto na Da quanto na Dr, e a PT apresentou o valor maior na camada de 20-40
245 cm. Não havendo um valor específico para determinar se um solo está compactado ou
246 não, Goedert *et al.* (2002), relatam a falta de consenso entre pesquisadores sobre o nível
247 crítico da densidade do solo, não apresentando um valor acima do qual o solo é
248 considerado compactado, assim, características originais de cada solo e as práticas de
249 manejo empregadas, destacam-se dentre vários outros fatores, sobre o estado de
250 compactação do solo. Então é normal que não haja consenso entre autores, por exemplo,
251 Camargo & Alleoni (1997) consideram crítico o valor de $1,55 \text{ g.cm}^{-3}$ em solos franco-
252 argilosos a argilosos. Maria *et al.* (1999) constataram que acima de $1,2 \text{ g.cm}^{-3}$, no
253 Latossolo Roxo, ocorre restrição ao desenvolvimento de raízes quando o solo estiver na
254 capacidade de campo, o que caracteriza um estado de compactação do solo. Queiroz-
255 Voltan *et al.* (2000), constatou que valores de densidade do solo abaixo de $1,5 \text{ g.cm}^{-3}$,
256 não afetaram o desenvolvimento das cultivares de soja em seu experimento. Já Reichert
257 *et al.* (2003) consideram $1,55 \text{ g.cm}^{-3}$ como densidade crítica para o bom crescimento do
258 sistema radicular em solos de textura média.

259 O coeficiente de variação de Da, Dr e PT apresentaram uma precisão boa nas
260 duas camadas, os resultados ficaram em torno de 5%.

261

262 Conclusão

263 Portanto, o solo do ICET/UFAM de Itacoatiara, é um solo cultivável, apesar de
264 que na camada de 0 – 20 cm apresentou valores maiores que na camada de 20 40 cm, e
265 não precisam de cuidados especiais (manejo), as duas profundidades não apresentam
266 compactação, tanto na camada de 0 – 20 cm quanto na camada de 20 – 40 cm, já que

267 são essas as profundidades médias de exploração do sistema radicular da maioria das
268 plantas. E não há restrições para cultivos de culturas agrícolas (mandioca, milho, feijão,
269 banana, maracujá...)

270

271 Agradecimentos

272 Ao Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica da Universidade
273 Federal do Amazonas, foi desenvolvida pelo Grupo de pesquisa - Produções
274 Agronômicas e Sustentabilidade da Amazônia – UFAM.

275 Ao professor Dr. Aristóteles de Jesus Teixeira Filho que me auxiliou em todas as
276 etapas desta pesquisa, pelo apoio, orientação e dedicação aos ensinamentos no decorrer
277 deste trabalho.

278

279 Bibliografia Citada

280 ASSIS, R. L.; LANÇAS, K. P. Avaliação dos atributos físicos de um Nitossolo
281 Vermelho distroférico sob sistema plantio direto, preparo convencional e mata nativa.
282 Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 29, n. 4, p. 515-522, 2005.

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

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

289 CAMARGO, O. A.; ALLEONI, L. R. F. Compactação do solo e o desenvolvimento das
290 plantas. Piracicaba, São Paulo, 1997. 132p.

291 Determinar a porosidade total do solo. Disponível em:
292 <<http://solos.ufmt.br/docs/solos1/porosidade.pdf>>. Acesso em: 24 março 2010.

293 EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Manual
294 de métodos de análise de solo. Ed Europa. 1997. 212p.

295 GOEDERT, W.J.; SCHERMACK, M.J.; FREITAS, F.C. Estado de compactação do
296 solo em áreas cultivadas no sistema de plantio direto. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*,
297 Brasília, v.37, n.2, p.223-227, 2002.

298 GOMES, E. P. A estatística moderna na pesquisa agropecuária. Piracicaba, Associação
299 Brasileira para Pesquisa na Potassa e do Fósforo, 1984.

300 JESUS, C. P. de. Atributos físicos do solo e produtividade da soja após um ano de
301 integração lavoura-pecuária em área sob plantio direto. Dissertação de Mestrado. Centro
302 de Ciências Agroveterinárias, Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC.
303 2006. 46p.

304 JIMENEZ, R. L.; GONÇALVES, W. G.; ARAÚJO FILHO, J. V.; ASSIS, R. L.;
305 PIRES, F. R.; SILVA, G.P. Crescimento de plantas de cobertura sob diferentes níveis de
306 compactação em um latossolo vermelho. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e*
307 *Ambiental*, UFCG, v.12, n.2. p.116-121, 2008.

308 KIEHL, E. J. Manual de Edafologia: relações solo-planta. São Paulo: Ceres, 1979.
309 262p.

310 MACHADO, A. de M. M.; FAVARETTO, N. Atributos físicos do solo relacionados ao
311 manejo e conservação dos solos. In: LIMA, M. R. et al. Diagnóstico e recomendações
312 de manejo do solo: aspectos teóricos e metodológicos. Curitiba: UFPR/ Setor de
313 Ciências Agrárias, 2006. p. 234-254.

314 MONSUETO, Robson L. et al. Análise das propriedades físicas do solo com base para a
315 compreensão do funcionamento hidrológico de uma encosta no município de
316 Teresópolis, RJ. Disponível em:
317 <http://www.fgel.uerj.br/labgis/producao/congressos%20e%20simp%F3sio/robson_simp
318 [pos.pdf](http://www.fgel.uerj.br/labgis/producao/congressos%20e%20simp%F3sio/robson_simp)>. Acesso em: 31 março 2010.

319 PEREIRA, José R. A.; REZENDE, Marcos A. de. Determinação da densidade do solo
320 para diferentes tipos de manejos e metodologias. Irriga, Botucatu, 2006.

321 Prevedello, C. V. Física do solo com problemas resolvidos. Curitiba, 1996. 446 p.

322 QUEIROZ-VOLTAN, R.B.; NOGUEIRA, S.S.S.; MIRANDA, M.A.C. Aspectos da
323 estrutura da raiz e do desenvolvimento de plantas de soja em solos compactados.
324 Pesquisa Agropecuária Brasileira., vol.35, n.5, p.929-938. Mai. 2000.

325 RIBEIRO, K. D. et al. Propriedades físicas do solo, influenciadas pela distribuição de
326 poros, de seis classes de solos da região de Lavras-MG. Ciência Agrotec., Lavras. V.31,
327 n. 4, p. 1167-1175, jul./Ago., 2007.

328 REICHARDT, K. A água em sistemas agrícolas. São Paulo: Editora Manoele Ltda,
329 1990. 188 p.

330 REICHARDT, K. A água em sistemas agrícolas. São Paulo: Mole Ltda, 1987. Cap. 3 e
331 10.

332 REICHARDT, K.; TIMM, L. C. Solo, planta e atmosfera: conceitos, processos e
333 aplicações. Barueri: Manole, 2008.

334 REICHERT, J. M.; REINERT, D. J. & BRAIDA, J. A. Qualidade do solo e
335 sustentabilidade de sistemas agrícolas. Revista de Ciência Ambiental, v 27, p. 29 - 48,
336 2003.

337 RICHARDT, A.; TAVARES FILHO, J.; BRITO, O. R.; LLANILLO, R. F.;
338 FERREIRA, R. Compactação de solo: Causas e efeitos. Ciências Agrárias, Londrina, v.
339 26, n. 3, p. 321-344, 2005.

340 SANTOS, L. N. S. et al. Avaliação de atributos físicos de um Latossolo sob diferentes
341 coberturas vegetais em Alegre (ES). Engenharia Ambiental, Espírito Santo do Pinhal,
342 v.6, n.2, p.140-149, 2009.

343 SILVA, JOÃO M. L. DA. Levantamento de reconhecimento de alta intensidade dos
344 solos do Município do Itacoatiara Estado do Amazonas! João Marcos Lima da Silva. -
345 Belém: Embrapa Ama2ônia Oriental, 2003. 51p. 21cm. - (Embrapa Amazônia Oriental.
346 Documentos, 172).

347 TEIXEIRA FILHO, Aristóteles de J. Variabilidade espacial de parâmetros físico-
348 hídricos num solo aluvial da microbacia hidrográfica do riacho São Pedro-Paraíba-
349 Brasil. 2001. 101f. Dissertação (Mestrado em Irrigação e drenagem) - Centro de
350 Ciências e Tecnologia, Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande, PB. UFPB,
351 2001.

352 TOGNON, A. A. Propriedades físico-hídricas do Latossolo Roxo da região de Guairá-
353 SP sob diferentes sistemas de cultivo. 1991. 85 f. Dissertação (Mestrado) Escola
354 Superior de Agricultura de Luiz de Queiroz, Piracicaba, 1991.

355 WARRICK, A. W.; NIELSEN, D. R. Spacial variability of soil physical properties in
356 the field. In: Hilled, D. ed. Application of soil physic, New York: Academic Press, 1980,
357 13: 139 – 4.

358

359 Tabela 1 - Coordenadas Geográficas das amostras de solo da área experimental da
360 ICET/UFAM Itacoatiara.

Amostras de solo			
com	Latitude	Longitude	Elevação
profundidades de			
0 – 20 cm			
Amostra 01	S 03°08'31,0"	W 58°25'53,9"	41
Amostra 02	S 03°08'31,2"	W 58°25'54,2"	41
Amostra 03	S 03°08'31,0"	W 58°25'54,5"	40
Amostra 04	S 03°08'31,1"	W 58°25'54,8"	40
Amostra 05	S 03°08'31,5"	W 58°25'54,8"	40
Amostra 06	S 03°08'31,5"	W 58°25'55,1"	40
Amostra 07	S 03°08'31,9"	W 58°25'55,0"	49
Amostra 08	S 03°08'32,1"	W 58°25'55,0"	49
Amostra 09	S 03°08'32,3"	W 58°25'55,2"	49

Amostra 10	S 03°08'32,3"	W 58°25'50,0"	48
Amostra 11	S 03°08'32,3"	W 58°25'54,6"	47
Amostra 12	S 03°08'32,2"	W 58°25'54,3"	47
Amostra 13	S 03°08'32,4"	W 58°25'54,1"	46
Amostra 14	S 03°08'32,6"	W 58°25'53,9"	45
Amostra 15	S 03°08'32,7"	W 58°25'53,4"	45
Amostra 16	S 03°08'32,2"	W 58°25'53,5"	44
Amostra 17	S 03°08'32,5"	W 58°25'53,8"	44
Amostra 18	S 03°08'32,4"	W 58°25'54,1"	44
Amostra 19	S 03°08'32,5"	W 58°25'53,4"	44
Amostra 20	S 03°08'32,4"	W 58°25'53,2"	44

Amostras de solo

com	Latitude	Longitude	Elevação
profundidades de			
20 – 40 cm			
Amostra 01	S 03°08'31,0"	W 58°25'53,9"	41
Amostra 02	S 03°08'31,2"	W 58°25'54,2"	41
Amostra 03	S 03°08'31,0"	W 58°25'54,5"	40
Amostra 04	S 03°08'31,1"	W 58°25'54,8"	40
Amostra 05	S 03°08'31,5"	W 58°25'54,8"	40
Amostra 06	S 03°08'31,5"	W 58°25'55,1"	40
Amostra 07	S 03°08'31,9"	W 58°25'55,0"	49
Amostra 08	S 03°08'32,1"	W 58°25'55,0"	49

Amostra 09	S 03°08'32,3"	W 58°25'55,2"	49
Amostra 10	S 03°08'32,3"	W 58°25'50,0"	48
Amostra 11	S 03°08'32,3"	W 58°25'54,6"	47
Amostra 12	S 03°08'32,2"	W 58°25'54,3"	47
Amostra 13	S 03°08'32,4"	W 58°25'54,1"	46
Amostra 14	S 03°08'32,6"	W 58°25'53,9"	45
Amostra 15	S 03°08'32,7"	W 58°25'53,4"	45
Amostra 16	S 03°08'32,2"	W 58°25'53,5"	44
Amostra 17	S 03°08'32,5"	W 58°25'53,8"	44
Amostra 18	S 03°08'32,4"	W 58°25'54,1"	44
Amostra 19	S 03°08'32,5"	W 58°25'53,4"	44
Amostra 20	S 03°08'32,4"	W 58°25'53,2"	44

361

362 Tabela 2 – Interpretação dos resultados para classes de solo.

Classe	Densidade do solo (g cm⁻³)
Solos argilosos	0,90 a 1,25
Solos arenosos	1,25 a 1,60
Solos húmicos	0,75 a 1,00
Solos turfosos	0,20 a 0,50
Minerais	Densidade de alguns minerais comuns em solo (g cm⁻³)

Feldspatos	2,50 a 2,60
Mica	2,70 a 3,00
Quartzo	2,50 a 2,80
Minerais de argila	2,20 a 2,60

363

364 Tabela 3 – Resultados estatísticos das três repetições de análises de Densidade Real
365 (Dr), Densidade Aparente (Da) e Porosidade Total (PT) do solo no sistema de
366 amostragem em ziguezague.

Camada 0 - 20 cm			
Parâmetros	Densidade aparente (g.cm⁻³)	Densidade real (g.cm⁻³)	Porosidade Total (%)
Número de dados	60	60	60
Soma dos dados	74,30	144,60	2914,69
Menor valor (mín)	1,08	2,12	40,33
Maior valor (máx)	1,34	2,52	55,24
Aplitude (máx - mín)	0,26	0,39	14,91
Ponto médio	1,21	2,32	47,79
Média aritmética (M)	1,23	2,41	48,57
Lim. conf. inf. da M(95%)	1,22	2,39	47,83
Lim. conf. sup. da M(95%)	1,25	2,42	49,31
Mediana	1,26	2,41	47,9
Moda	não há moda	2,41	não há moda
Desvio médio	0,05	0,04	2,33
Desvio padrão (para N-1)	0,06	0,06	2,92
Desvio padrão (para N)	0,06	0,06	2,90
Variância (para N-1)	0,00	0,00	8,56
Variância (para N)	0,00	0,00	8,42
Coef. Variação (para N-1)	5,17	2,76	6,02
Coef. Variação (para N)	5,13	2,74	5,97
Coef. De Assimetria	-0,52	-2,17	0,31
Coef. De curtose	-0,80	7,67	0,36
Camada 20 - 40 cm			

Parâmetros	Densidade aparente (g.cm⁻³)	Densidade real (g.cm⁻³)	Porosidade Total (%)
Número de dados	60	60	60
Soma dos dados	71,39	143,87	3018,78
Menor valor (mín)	1,08	2,08	41,64
Maior valor (máx)	1,30	2,67	58,70
Aplitude (máx - mín)	0,22	0,59	17,05
Ponto médio	1,19	2,37	50,17
Média aritmética (M)	1,18	2,39	50,31
Lim. conf. inf. da M(95%)	1,17	2,37	49,58
Lim. conf. sup. da M(95%)	1,20	2,42	51,04
Mediana	1,19	2,41	49,79
Moda	não há moda	não há moda	não há moda
Desvio médio	0,04	0,06	2,25
Desvio padrão (para N-1)	0,05	0,09	2,88
Desvio padrão (para N)	0,05	0,09	2,86
Variância (para N-1)	0,00	0,01	8,34
Variância (para N)	0,00	0,01	8,20
Coef. Variação (para N-1)	4,58	3,78	5,74
Coef. Variação (para N)	4,54	3,75	5,69
Coef. De Assimetria	-0,02	-0,78	0,05
Coef. De curtose	-0,95	2,89	0,97

367

368 Tabela 4 – Intervalos de valores para densidade aparente, densidade real e porosidade

369 total.

Classes de Solo	Densidade Aparente (g.cm⁻³)
Arenosos	1,25 – 1,4
Argilosos e Francos	1,0 – 1,4
Humíferos	0,75 – 1,0
Turfosos	0,2 – 0,45
Classes de Solo	Porosidade Total (%)
Arenosos	35 - 50

Siltosos e Francos	30 – 55
Argilosos	40 – 65
Humíferos	60 – 80
Turfosos	80 – 85

370