

QUINTINO REIS DE ARAUJO

COBERTURAS VEGETAIS E PROPRIEDADES DE  
UM PODZÓLICO VERMELHO-AMARELO NA  
REGIÃO CACAUEIRA DA BAHIA

Tese apresentada à Universidade  
Federal de Viçosa, como parte das  
exigências do curso de Fitotecnia,  
para obtenção do título de "Doctor

**COBERTURAS VEGETAIS E PROPRIEDADES DE  
UM PODZÓLICO VERMELHO-AMARELO NA  
REGIÃO CACAUEIRA DA BAHIA**

Tese apresentada à Universidade  
Federal de Viçosa, como parte das  
exigências do curso de Fitotecnia,  
para obtenção do título de "*Doctor  
Scientiae*"

VIÇOSA

MINAS GERAIS - BRASIL

SETEMBRO - 1996

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e  
Classificação da Biblioteca Central da UFV

T

A662c  
1996

Araújo, Quintino Reis, 1957-

Coberturas vegetais e propriedades de um podzólico vermelho-amarelo da região cacauceira na Bahia / Quintino Reis de Araújo. - Viçosa : UFV, 1996.

70p. : il.

Orientador: Liovando Marciano da Costa.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.

1. Podzólico vermelho-amarelo - Cobertura vegetal. 2. Cobertura vegetal. 3. Agrossilvicultura. I. Universidade Federal de Viçosa. II. Título.

CDD.19.ed. 631.4

CDD.20.ed. 631.4

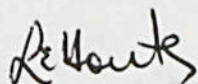


QUINTINO REIS DE ARAUJO

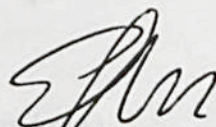
**COBERTURAS VEGETAIS E PROPRIEDADES DE  
UM PODZÓLICO VERMELHO-AMARELO NA  
REGIÃO CACAUEIRA DA BAHIA**

Tese apresentada à Universidade  
Federal de Viçosa, como parte das  
exigências do curso de Fitotecnia,  
para obtenção do título de "*Doctor  
Scientiae*"

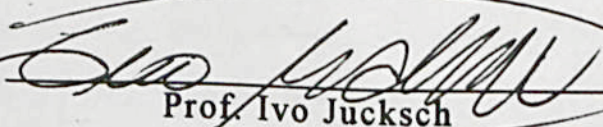
APROVADA: 11 de abril de 1996



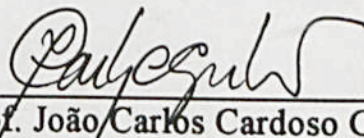
Prof. Luiz Eduardo Ferreira Fontes  
(Conselheiro)



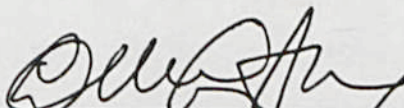
Prof. Eduardo de Sá Mendonça  
(Conselheiro)



Prof. Ivo Jucksch



Prof. João Carlos Cardoso Galvão



Prof. Liovando Marciano da Costa  
(Orientador)

## AGRADECIMENTOS

**Para Ana Amélia (Don'Ana),  
Taiana e Quintino Júnior.**

**- Dedico com muito Amor.**

**A Dete e Mãe Laura,**

**Sr. Raimundinho e D. Amélia.**

**- Ofereço.**

**A Caboclo Elias (em memória).**

**- Este trabalho e outras  
ações de 'vida' fazem  
continuar seu papel de  
pai.**



Educação e do Centro de Processamento de Dados, pelo apoio e colaboração durante as etapas desta pesquisa.

Agradeço especialmente pela relação enriquecedora a todos os colegas com os quais convivi, ao longo do curso, em especial aos colegas da CEPLAC (pós-graduandos em Viçosa), juntamente com seus familiares. Mesmo sem citação nominal, a certeza de que a relação de amizade fica consolidada na mente e no coração de cada um.

A minha companheira Ana Amélia "Nair" e aos nossos filhos Taiana e Quintino Júnior, pelo Amor entre nós, e que a nossa formação nos permita irradiar a "felicidade" nos nossos ambientes de vida, prezando por justiça, paz e sabedoria.

### **AGRADECIMENTOS**

À Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira (CEPLAC) e à Universidade Federal de Viçosa (UFV), pelas condições oferecidas para realização deste curso.

Ao Professor Liovando Marciano da Costa, pela orientação e pelos ensinamentos, pela competência e sensibilidade de mestre e educador.

Pelas discussões no desenvolvimento deste trabalho, aos Professores e colegas: Eduardo S. Mendonça, Adair J. Regazzi, Luiz E.F. Fontes (conselheiros), Ivo Jucksch, Waldemar M. Filho, Reinaldo B. Cantarutti, Júlio C. Neves, Irene M. Cardoso, João Carlos C. Galvão, Hugo A. Ruiz, Elias Silva, Carlos E. Schaefer. A estes e aos demais professores que, durante o curso, proporcionaram uma rica relação de ensino-aprendizagem.

À colega Professora Marialda Jovita Silveira, da Universidade Estadual de Santa Cruz (UESC), na Bahia, pela revisão e sugestões quanto à redação deste trabalho.

Aos muitos colegas e funcionários da CEPLAC, em particular do Centro de Pesquisas do Cacau, assim como àqueles da UFV, dos Departamentos de Fitotecnia e Solos, da Unidade de Apoio

Educacional e do Centro de Processamento de Dados, pelo apoio em etapas desta pesquisa.

Pela amizade e pela relação enriquecedora a todos os colegas com os quais convivi, ao longo do curso, em especial aos colegas da CEPLAC (pós-graduandos em Viçosa), juntamente com seus familiares. Mesmo sem citação nominal, a certeza de que a relação de amizade fica consolidada na mente e no coração de cada um.

À companheira Ana Amélia "Nana" e aos nossos filhos Taiana e Quintino Júnior, pelo Amor entre nós, e que a nossa formação nos permita irradiar a 'felicidade' nos nossos ambientes de vida, prezando por justiça, paz e sabedoria.

QUINTINO REIS DE ARAUJO filho de Elias Figueiredo Araujo e Bernadette Reis de Araujo, nasceu em Bucarema, Bahia, em 21 de setembro de 1957.

Como Engenheiro Agrônomo, formado pela Universidade de Brasília (UnB), trabalhou como extensionista e chefe de Unidade Operativa pela Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural da Bahia (EMATER-BA) e como educador e diretor escolar pela Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira (CEPLAC).

Mestre em Fitotecnia/Manejo e Conservação do Solo, pela Universidade Federal de Viçosa (UFV), passou a integrar o quadro profissional do Centro de Pesquisas do Cacau da CEPLAC. Também pela UFV e na mesma área de estudos iniciou curso de doutorado em agosto de 1992.

Aprovado, em março de 1996, em concurso para Professor Auxiliar de Ensino, no Departamento de Ciências Agrárias e Ambientais, da Universidade Estadual Santa Cruz (UESC), na Bahia.



## BIOGRAFIA

QUINTINO REIS DE ARAUJO filho de Elias Figueiredo Araujo e Bernadethe Reis de Araujo, nasceu em Buerarema, Bahia, em 21 de setembro de 1957.

Como Engenheiro Agrônomo, formado pela Universidade de Brasília (UnB), trabalhou como extensionista e chefe de Unidade Operativa pela Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural da Bahia (EMATER-BA) e como educador e diretor escolar pela Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira (CEPLAC).

Mestre em Fitotecnia/Manejo e Conservação do Solo, pela Universidade Federal de Viçosa (UFV), passou a integrar o quadro profissional do Centro de Pesquisas do Cacau da CEPLAC. Também pela UFV e na mesma área de estudos, iniciou curso de doutorado em agosto de 1992.

Aprovado, em março de 1996, em concurso para Professor Auxiliar de Ensino, no Departamento de Ciências Agrárias e Ambientais, da Universidade Estadual Santa Cruz (UESC), na Bahia.

2.5.7. Capacidade de troca catiônica total e efetiva .....	14
2.5.8. Carbono mineralizável .....	14
2.6. Análises físicas do solo .....	15
2.6.1. Área de estudo .....	15
2.6.2. Densidade do solo e densidade de partícula .....	16
2.6.3. Estabilidade de agregados .....	16
2.6.4. Argila dispersa em água (ADA) .....	16
2.6.5. Índice de flocculação (GF) .....	17
2.6.6. Volume de poros (VA) .....	17
2.6.7. Curva de retenção de umidade .....	17
2.7. Análise estatística .....	18
<b>3. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	19
3.1. Análises químicas e biológicas do solo .....	19
3.1.1. pH em H <sub>2</sub> O, pH em KCl, e acidez potencial .....	19
3.1.2. Cálcio, Magnésio, Potássio e Sódio .....	19
3.1.3. Fósforo total e fósforo disponível .....	19
3.1.4. Carbono orgânico, carbono orgânico solúvel, nitrogênio total e nitrogênio mineralizável .....	19
3.1.5. Relação C/N .....	19
3.1.6. Acidez potencial, soma de bases e índice de saturação de bases .....	19
3.2. Análises físicas do solo .....	19
3.2.1. Área de estudo .....	19
3.2.2. Densidade do solo e densidade de partícula .....	19
3.2.3. Estabilidade de agregados .....	19
3.2.4. Argila dispersa em água (ADA) .....	19
3.2.5. Índice de flocculação (GF) .....	19
3.2.6. Volume de poros (VA) .....	19
3.2.7. Curva de retenção de umidade .....	19
3.3. Análises estatísticas .....	19
3.3.1. Análises químicas e biológicas do solo .....	19
3.3.2. Análises físicas do solo .....	19
3.3.3. Análises estatísticas .....	19
3.3.4. Conclusões .....	19
3.3.5. Referências .....	19
3.3.6. Anexos .....	19
3.3.7. Bibliografia .....	19
3.3.8. Índice .....	19
3.3.9. Resumo .....	19
3.3.10. Conclusões .....	19
3.3.11. Referências .....	19
3.3.12. Anexos .....	19
3.3.13. Bibliografia .....	19
3.3.14. Índice .....	19
3.3.15. Resumo .....	19
3.3.16. Conclusões .....	19
3.3.17. Referências .....	19
3.3.18. Anexos .....	19
3.3.19. Bibliografia .....	19
3.3.20. Índice .....	19
3.3.21. Resumo .....	19
3.3.22. Conclusões .....	19
3.3.23. Referências .....	19
3.3.24. Anexos .....	19
3.3.25. Bibliografia .....	19
3.3.26. Índice .....	19
3.3.27. Resumo .....	19
3.3.28. Conclusões .....	19
3.3.29. Referências .....	19
3.3.30. Anexos .....	19
3.3.31. Bibliografia .....	19
3.3.32. Índice .....	19
3.3.33. Resumo .....	19
3.3.34. Conclusões .....	19
3.3.35. Referências .....	19
3.3.36. Anexos .....	19
3.3.37. Bibliografia .....	19
3.3.38. Índice .....	19
3.3.39. Resumo .....	19
3.3.40. Conclusões .....	19
3.3.41. Referências .....	19
3.3.42. Anexos .....	19
3.3.43. Bibliografia .....	19
3.3.44. Índice .....	19
3.3.45. Resumo .....	19
3.3.46. Conclusões .....	19
3.3.47. Referências .....	19
3.3.48. Anexos .....	19
3.3.49. Bibliografia .....	19
3.3.50. Índice .....	19
3.3.51. Resumo .....	19
3.3.52. Conclusões .....	19
3.3.53. Referências .....	19
3.3.54. Anexos .....	19
3.3.55. Bibliografia .....	19
3.3.56. Índice .....	19
3.3.57. Resumo .....	19
3.3.58. Conclusões .....	19
3.3.59. Referências .....	19
3.3.60. Anexos .....	19
3.3.61. Bibliografia .....	19
3.3.62. Índice .....	19
3.3.63. Resumo .....	19
3.3.64. Conclusões .....	19
3.3.65. Referências .....	19
3.3.66. Anexos .....	19
3.3.67. Bibliografia .....	19
3.3.68. Índice .....	19
3.3.69. Resumo .....	19
3.3.70. Conclusões .....	19
3.3.71. Referências .....	19
3.3.72. Anexos .....	19
3.3.73. Bibliografia .....	19
3.3.74. Índice .....	19
3.3.75. Resumo .....	19
3.3.76. Conclusões .....	19
3.3.77. Referências .....	19
3.3.78. Anexos .....	19
3.3.79. Bibliografia .....	19
3.3.80. Índice .....	19
3.3.81. Resumo .....	19
3.3.82. Conclusões .....	19
3.3.83. Referências .....	19
3.3.84. Anexos .....	19
3.3.85. Bibliografia .....	19
3.3.86. Índice .....	19
3.3.87. Resumo .....	19
3.3.88. Conclusões .....	19
3.3.89. Referências .....	19
3.3.90. Anexos .....	19
3.3.91. Bibliografia .....	19
3.3.92. Índice .....	19
3.3.93. Resumo .....	19
3.3.94. Conclusões .....	19
3.3.95. Referências .....	19
3.3.96. Anexos .....	19
3.3.97. Bibliografia .....	19
3.3.98. Índice .....	19
3.3.99. Resumo .....	19
3.3.100. Conclusões .....	19
3.3.101. Referências .....	19
3.3.102. Anexos .....	19
3.3.103. Bibliografia .....	19
3.3.104. Índice .....	19
3.3.105. Resumo .....	19
3.3.106. Conclusões .....	19
3.3.107. Referências .....	19
3.3.108. Anexos .....	19
3.3.109. Bibliografia .....	19
3.3.110. Índice .....	19
3.3.111. Resumo .....	19
3.3.112. Conclusões .....	19
3.3.113. Referências .....	19
3.3.114. Anexos .....	19
3.3.115. Bibliografia .....	19
3.3.116. Índice .....	19
3.3.117. Resumo .....	19
3.3.118. Conclusões .....	19
3.3.119. Referências .....	19
3.3.120. Anexos .....	19
3.3.121. Bibliografia .....	19
3.3.122. Índice .....	19
3.3.123. Resumo .....	19
3.3.124. Conclusões .....	19
3.3.125. Referências .....	19
3.3.126. Anexos .....	19
3.3.127. Bibliografia .....	19
3.3.128. Índice .....	19
3.3.129. Resumo .....	19
3.3.130. Conclusões .....	19
3.3.131. Referências .....	19
3.3.132. Anexos .....	19
3.3.133. Bibliografia .....	19
3.3.134. Índice .....	19
3.3.135. Resumo .....	19
3.3.136. Conclusões .....	19
3.3.137. Referências .....	19
3.3.138. Anexos .....	19
3.3.139. Bibliografia .....	19
3.3.140. Índice .....	19
3.3.141. Resumo .....	19
3.3.142. Conclusões .....	19
3.3.143. Referências .....	19
3.3.144. Anexos .....	19
3.3.145. Bibliografia .....	19
3.3.146. Índice .....	19
3.3.147. Resumo .....	19
3.3.148. Conclusões .....	19
3.3.149. Referências .....	19
3.3.150. Anexos .....	19
3.3.151. Bibliografia .....	19
3.3.152. Índice .....	19
3.3.153. Resumo .....	19
3.3.154. Conclusões .....	19
3.3.155. Referências .....	19
3.3.156. Anexos .....	19
3.3.157. Bibliografia .....	19
3.3.158. Índice .....	19
3.3.159. Resumo .....	19
3.3.160. Conclusões .....	19
3.3.161. Referências .....	19
3.3.162. Anexos .....	19
3.3.163. Bibliografia .....	19
3.3.164. Índice .....	19
3.3.165. Resumo .....	19
3.3.166. Conclusões .....	19
3.3.167. Referências .....	19
3.3.168. Anexos .....	19
3.3.169. Bibliografia .....	19
3.3.170. Índice .....	19
3.3.171. Resumo .....	19
3.3.172. Conclusões .....	19
3.3.173. Referências .....	19
3.3.174. Anexos .....	19
3.3.175. Bibliografia .....	19
3.3.176. Índice .....	19
3.3.177. Resumo .....	19
3.3.178. Conclusões .....	19
3.3.179. Referências .....	19
3.3.180. Anexos .....	19
3.3.181. Bibliografia .....	19
3.3.182. Índice .....	19
3.3.183. Resumo .....	19
3.3.184. Conclusões .....	19
3.3.185. Referências .....	19
3.3.186. Anexos .....	19
3.3.187. Bibliografia .....	19
3.3.188. Índice .....	19
3.3.189. Resumo .....	19
3.3.190. Conclusões .....	19
3.3.191. Referências .....	19
3.3.192. Anexos .....	19
3.3.193. Bibliografia .....	19
3.3.194. Índice .....	19
3.3.195. Resumo .....	19
3.3.196. Conclusões .....	19
3.3.197. Referências .....	19
3.3.198. Anexos .....	19
3.3.199. Bibliografia .....	19
3.3.200. Índice .....	19
3.3.201. Resumo .....	19
3.3.202. Conclusões .....	19
3.3.203. Referências .....	19
3.3.204. Anexos .....	19
3.3.205. Bibliografia .....	19
3.3.206. Índice .....	19
3.3.207. Resumo .....	19
3.3.208. Conclusões .....	19
3.3.209. Referências .....	19
3.3.210. Anexos .....	19
3.3.211. Bibliografia .....	19
3.3.212. Índice .....	19
3.3.213. Resumo .....	19
3.3.214. Conclusões .....	19
3.3.215. Referências .....	19
3.3.216. Anexos .....	19
3.3.217. Bibliografia .....	19
3.3.218. Índice .....	19
3.3.219. Resumo .....	19
3.3.220. Conclusões .....	19
3.3.221. Referências .....	19
3.3.222. Anexos .....	19
3.3.223. Bibliografia .....	19
3.3.224. Índice .....	19
3.3.225. Resumo .....	19
3.3.226. Conclusões .....	19
3.3.227. Referências .....	19
3.3.228. Anexos .....	19
3.3.229. Bibliografia .....	19
3.3.230. Índice .....	19
3.3.231. Resumo .....	19
3.3.232. Conclusões .....	19
3.3.233. Referências .....	19
3.3.234. Anexos .....	19
3.3.235. Bibliografia .....	19
3.3.236. Índice .....	19
3.3.237. Resumo .....	19
3.3.238. Conclusões .....	19
3.3.239. Referências .....	19
3.3.240. Anexos .....	19
3.3.241. Bibliografia .....	19
3.3.242. Índice .....	19
3.3.243. Resumo .....	19
3.3.244. Conclusões .....	19
3.3.245. Referências .....	19
3.3.246. Anexos .....	19
3.3.247. Bibliografia .....	19
3.3.248. Índice .....	19
3.3.249. Resumo .....	19
3.3.250. Conclusões .....	19
3.3.251. Referências .....	19
3.3.252. Anexos .....	19
3.3.253. Bibliografia .....	19
3.3.254. Índice .....	19
3.3.255. Resumo .....	19
3.3.256. Conclusões .....	19
3.3.257. Referências .....	19
3.3.258. Anexos .....	19
3.3.259. Bibliografia .....	19
3.3.260. Índice .....	19
3.3.261. Resumo .....	19
3.3.262. Conclusões .....	19
3.3.263. Referências .....	19
3.3.264. Anexos .....	19
3.3.265. Bibliografia .....	19
3.3.266. Índice .....	19
3.3.267. Resumo .....	19
3.3.268. Conclusões .....	19
3.3.269. Referências .....	19
3.3.270. Anexos .....	19
3.3.271. Bibliografia .....	19
3.3.272. Índice .....	19
3.3.273. Resumo .....	19
3.3.274. Conclusões .....	19
3.3.275. Referências .....	19
3.3.276. Anexos .....	19
3.3.277. Bibliografia .....	19
3.3.278. Índice .....	19
3.3.279. Resumo .....	19
3.3.280. Conclusões .....	19
3.3.281. Referências .....	19
3.3.282. Anexos .....	19
3.3.283. Bibliografia .....	19
3.3.284. Índice .....	19
3.3.285. Resumo .....	19
3.3.286. Conclusões .....	19
3.3.287. Referências .....	19
3.3.288. Anexos .....	19
3.3.289. Bibliografia .....	19
3.3.290. Índice .....	19
3.3.291. Resumo .....	19
3.3.292. Conclusões .....	19
3.3.293. Referências .....	19
3.3.294. Anexos .....	19
3.3.295. Bibliografia .....	19
3.3.296. Índice .....	19
3.3.297. Resumo .....	19
3.3.298. Conclusões .....	19
3.3.299. Referências .....	19
3.3.300. Anexos .....	19
3.3.301. Bibliografia .....	19
3.3.302. Índice .....	19
3.3.303. Resumo .....	19
3.3.304. Conclusões .....	19
3.3.305. Referências .....	19
3.3.306. Anexos .....	19
3.3.307. Bibliografia .....	19
3.3.308. Índice .....	19
3.3.309. Resumo .....	19
3.3.310. Conclusões .....	19
3.3.311. Referências .....	19
3.3.312. Anexos .....	19
3.3.313. Bibliografia .....	19
3.3.314. Índice .....	19
3.3.315. Resumo .....	19
3.3.316. Conclusões .....	19
3.3.317. Referências .....	19
3.3.318. Anexos .....	19
3.3.319. Bibliografia .....	19
3.3.320. Índice .....	19
3.3.321. Resumo .....	19
3.3.322. Conclusões .....	19
3.3.323. Referências .....	19
3.3.324. Anexos .....	19
3.3.325. Bibliografia .....	19
3.3.326. Índice .....	19
3.3.327. Resumo .....	19
3.3.328. Conclusões .....	19
3.3.329. Referências .....	19
3.3.330. Anexos .....	19
3.3.331. Bibliografia .....	19
3.3.332. Índice .....	19
3.3.333. Resumo .....	19
3.3.334. Conclusões .....	19
3.3.335. Referências .....	19
3.3.336. Anexos .....	19
3.3.337. Bibliografia .....	19
3.3.338. Índice .....	19
3.3.339. Resumo .....	19
3.3.340. Conclusões .....	19
3.3.341. Referências .....	19
3.3.342. Anexos .....	19
3.3.343. Bibliografia .....	19
3.3.344. Índice .....	19
3.3.345. Resumo .....	19
3.3.346. Conclusões .....	19
3.3.347. Referências .....	19
3.3.348. Anexos .....	19
3.3.349. Bibliografia .....	19
3.3.350. Índice .....	19
3.3.351. Resumo .....	19
3.3.352. Conclusões .....	19
3.3.353. Referências .....	19
3.3.354. Anexos .....	19
3.3.355. Bibliografia .....	19
3.3.356. Índice .....	19
3.3.357. Resumo .....	19
3.3.358. Conclusões .....	19
3.3.359. Referências .....	19
3.3.360. Anexos .....	19
3.3.361. Bibliografia .....	



2.5.7. Capacidade de troca catiônica total e efetiva .....	14
2.5.8. Carbono mineralizável .....	14
2.6. Análises físicas do solo .....	15
2.6.1. Análise textural .....	15
2.6.2. Densidade do solo e densidade de partícula .....	16
2.6.3. Estabilidade de agregados .....	16
2.6.4. Argila dispersa em água (ADA) .....	16
2.6.5. Grau de floculação (GF) .....	17
2.6.6. Volume de poros (VA) .....	17
2.6.7. Curva de retenção de umidade .....	17
2.7. Análise estatística .....	18
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	19
3.1. Análises químicas e biológicas do solo .....	19
3.1.1. pH em H <sub>2</sub> O, pH em KCl, e acidez potencial .....	19
3.1.2. Cálcio, Magnésio, Potássio e Sódio .....	21
3.1.3. Fósforo total e fósforo disponível .....	24
3.1.4. Carbono orgânico, carbono orgânico solúvel, nitrogênio total, nitrogênio mineralizável e relação c/n .....	26
3.1.5. Carbono orgânico e nitrogênio total nas frações do solo de 2,00-1,00, 1,00-0,50, 0,50-0,053 e abaixo de 0,053 mm .....	30
3.1.6. Soma e saturação de bases e capacidade de troca catiônica .....	34
3.1.7. Carbono mineralizável .....	36
3.2. Análises físicas do solo .....	39
3.2.1. Análise textural .....	39
3.2.2. Densidades de solo e de partícula, volume de poros e umidade do solo .....	41
3.2.3. Estabilidade de agregados .....	43
3.2.4. Argila dispersa em água e grau de floculação .....	46
3.4.5. Retenção de umidade .....	48
4. RESUMO E CONCLUSÕES .....	52
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	54
APÊNDICE .....	61

## EXTRATO

ARAUJO, Quintino Reis de, D.S., Universidade Federal de Viçosa, setembro de 1996. **Coberturas vegetais e propriedades de um Podzólico Vermelho-Amarelo na região cacauqueira da Bahia.** Professor Orientador: Liovando Marciano da Costa. Professores Conselheiros: Luiz Eduardo Ferreira Fontes, Eduardo de Sá Mendonça e Adair José Regazzi.

A região cacauqueira da Bahia, localizada no sudeste do estado, vem passando por transformações de ordem política, sócio-econômica e ambiental, verificando-se uma tendência irreversível à diversificação agropecuária, após muitas décadas de monocultura do cacau (*Theobroma cacao* L.). Na medida em que outras alternativas agrícolas substituem o cacau, cultura sabidamente conservacionista, aumentam as preocupações quanto aos impactos sobre os solos. Esta pesquisa objetivou avaliar os efeitos de quatro coberturas vegetais (mata, cacau, seringal e pasto) sobre propriedades químicas, físicas e biológicas em diferentes profundidades (0-10, 10-20 e 20-40 cm) de um Podzólico Vermelho-Amarelo eutrófico, no Centro de Pesquisas do Cacau (CEPEC), na região cacauqueira da Bahia. Com base nas condições estudadas, os resultados mostraram que: as coberturas vegetais consideradas não promoveram grandes alterações nos



atributos do podzólico estudado; o histórico de uso com intensas atividades na área sob cacau e de sub-utilização, em grande parte do tempo, na área sob pasto, revelam que estas não representam os padrões de manejo adotados na região; recomenda-se o desenvolvimento de estudos semelhantes, incluindo o cacau cultivado em sistema de cabruca, e envolvendo outras potencialidades agrícolas da região como fruteiras, palmáceas, especiarias, cultivos anuais, essências florestais; como indicativo de pesquisas futuras, levanta-se a hipótese quanto às alterações sobre a agregação do solo, por influência do látex exsudado pelo sistema radicular das seringueiras durante seu crescimento; para a região em estudo, sugerem-se atividades agropecuárias baseadas em sistemas múltiplos, que mantenham a cobertura vegetal ao longo do ano, como a partir de sistemas agrossilviculturais.

region from Bahia, Brazil. Adviser: Lioevando Marciano da Costa. Advisory Committee: Luiz Eduardo Perreira Fontes, Eduardo de Sá Mendonça and Adair José Regazzi.

The cocoa (*Theobroma cacao* L.), which is the main agricultural product of the Bahia State, Brazil, is usually considered to be a "conservationist crop". However, there is now a irreversible trend to the farming diversification, associated with economical, social, political and environmental transformations in Southeast Bahia. With the adoption of alternatives crops the cocoa area, there will certainly be impacts to the soil system. This study was carried out in order to evaluate the effects of the four land uses (natural forest, cocoa tree, rubber tree and pasture) on chemical, physical and biological properties of the profile (0-10, 10-20 and 20-40 cm) of an Eutrophic Red Yellow Podzolic (Alfisol), at the Cocoa Research Center (CEPEC). In the experimental conditions, the results showed that the land uses studied have not caused significant changes in the

## ABSTRACT

ARAUJO, Quintino Reis de, D.S., Universidade Federal de Viçosa, September of 1996. **Land uses and properties of an Alfisol at the cocoa plantations region from Bahia, Brazil.** Adviser: Liovando Marciano da Costa. Advisory Committee: Luiz Eduardo Ferreira Fontes, Eduardo de Sá Mendonça and Adair José Regazzi.

The cocoa (*Theobroma cacao* L.), which is the main agricultural product of the Bahia State, Brazil, is usually considered to be a "conservationist crop". However, there is now a irreversible trend to the farming diversification, associated with economical, social, political and environmental transformations in Southeast Bahia. With the adoption of alternatives crops the cocoa tree, there will certainly be impacts to the soil system. This study was carried out in order to evaluate the effects of the four land uses (natural forest, cocoa tree, rubber tree and pasture) on chemical, physical and biological properties of the profile (0-10, 10-20 and 20-40 cm) of an Eutrophic Red Yellow Podzolic (Alfisol), at the Cocoa Research Center (CEPEC). In the experimental conditions, the results showed that: the land uses studied have not caused significant changes in the



Alfisol properties; the very intensive activities on the cocoa tree area and the subutilization on the pasture area, showed that this areas don't represent the regional management pattern; similar research will have to be carried on with others regional agricultural potentiality, including cocoa plantation in "cabruca" system, palm-tree, fruit-tree, spices, forestry and annual crop; to indicate future research, was annotate the hypothesis concerning the influences of the rubber tree roots exsudates helping the soil aggregation, during the growth of the root system; to the region was suggested agricultural activities with multicropping systems, like agroforestry systems.

A região cacoeira da Bahia, Brasil, está localizada no sudeste do estado, entre o oceano Atlântico e o meridiano de 41° 30' a oeste de Greenwich e os paralelos de 13° 00' e 15° 13' de latitude sul. Ocupa uma área de 91.819 km<sup>2</sup>, abrangendo 89 municípios, com uma população estimada em 2,0 milhões de habitantes (CENTRO DE PESQUISAS DO CACAU, s.d.).

O fluxo migratório para esta região, intensificou-se no final do século XIX e primeiras décadas do século XX, momento em que o cacau passou a se constituir em um dos mais importantes e, depois, no principal produto de exportação do estado (COMISSÃO EXECUTIVA DO PLANO DA LAVOURA, CACAUEIRA-CEPLAC/INSTITUTO INTERAMERICANO DE CIÊNCIAS AGRARIAS-IFCA, 1975).

De início, até a definição das áreas especificamente cacoeiras, o cacau fazia parte de uma policultura, quase ao nível de subsistência, ao lado de mandioca, fumo, café, arroz, cana-de-açúcar e pequenas criações de bovinos, suínos, suínos, caprinos e ovinos (CEPLAC/IFCA, 1975). Com o passar do tempo, a conformação da

## 1. INTRODUÇÃO

A região cacauera da Bahia, Brasil, está localizada no sudeste do estado, entre o oceano Atlântico e o meridiano de 41° 30' a oeste de Greenwich e os paralelos de 13° 00' e 18° 15' de latitude sul. Ocupa uma área de 91.819 km<sup>2</sup>, abrangendo 89 municípios, com uma população estimada em 2,0 milhões de habitantes (CENTRO DE PESQUISAS DO CACAU, s.d.).

O fluxo migratório para essa região, intensificou-se no final do século XIX e primeiras décadas do século XX, momento em que o cacau passou a se constituir em um dos mais importantes e, depois, no principal produto de exportação do estado (COMISSÃO EXECUTIVA DO PLANO DA LAVOURA CACAUEIRA-CEPLAC/INSTITUTO INTERAMERICANO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS-IICA, 1975).

De início, até a definição das áreas eminentemente cacaueras, o cacau fazia parte de uma policultura, quase ao nível de subsistência, ao lado da mandioca, fumo, café, arroz, cana-de-açúcar e pequenas criações de bovinos, muares, suínos, caprinos e ovinos (CEPLAC/IICA, 1975). Com o passar do tempo, a conformação da



monocultura cacaeira impulsionou economicamente a região, desviando as atenções quanto às demais potencialidades da mesma.

De modo geral, as áreas agroecológicas recomendadas e ocupadas pelo cacau, na região constituem-se em trecho da mata atlântica com remanescentes razoavelmente conservados. Isto porque a plantação de cacau apresenta um caráter conservacionista, pois, além de normalmente cultivada sob sombra, com a própria mata nativa raleada (cabruca) ou uma floresta replantada, às vezes com vários estratos, como sub-bosques, há a formação de espessa camada de material orgânico sobre o solo, que se apresenta como um *mulching*, em diferentes estádios de decomposição, oriundo de folhagens e outros materiais vegetais caídos dos cacauais e das árvores de sombra.

Como principal produto agrícola da Bahia, o cacau já significou 50% das exportações e correspondeu a 50% da composição de receitas do estado, representando hoje apenas 8% da sua arrecadação (GRAMACHO et al., 1992).

Dentre as fases cíclicas, de ascensões e quedas, pelas quais passou a cacauicultura baiana nas últimas décadas, a região vive mais recentemente uma crise que pode ser avaliada como a mais séria, com causas e efeitos nos campos econômico, social e ambiental.

Assim, alguns problemas podem ser observados: descapitalização da maior parte dos produtores rurais; baixa remuneração do produto, especialmente no mercado externo e devido à concorrência de outros países produtores; dificuldades para manutenção do quadro de trabalhadores rurais e para realização dos tratos culturais indicados para a lavoura; alto índice de desemprego na região; dificuldades para prestação de assistência técnica, por parte dos órgãos encarregados, no modelo existente; queda de produção e produtividade; êxodo rural, possivelmente representativo; forte



incidência da doença fúngica vassoura-de-bruxa (*Crinipellis perniciosa*); desmatamento desordenado em determinadas zonas; erradicação de cacauais para implantação de outras culturas ou de pastagem.

Esses problemas poderão ser solucionados por meio de medidas políticas, sociais e tecnológicas, com o adequado aproveitamento do potencial dos meios físico, biótico e antrópico da região, e a possível inserção da cacauicultura em um sistema agroindustrial mais eclético. Pode-se prever como fato irreversível a diversificação agropecuária regional, por exemplo, pela utilização de sistemas agrossilviculturais.

Esperam-se, entretanto, em decorrência do(s) sistema(s) de manejo adotado(s), certos impactos positivos ou negativos sobre o solo, principalmente para aqueles cultivados e recomendados para o cacau, dentre os quais destacam-se os solos com horizonte B-textural. Estes, juntamente com os solos B-incipiente, assentam a maior parte dos cacauais da Bahia e ocupam área aproximada de 600.000 hectares (SILVA, 1972).

Com a remoção da cobertura vegetal, diversas alterações ocorrem nas propriedades do solo principalmente nas camadas superficiais. Normalmente quando se quebra o equilíbrio natural entre nutrientes, componentes orgânicos e inorgânicos da biomassa, e aqueles encontrados no sistema solo, o que ocorre, por exemplo, com o desmatamento, a queima e o cultivo, verificam-se mudanças significativas nesse solo (SANCHEZ, 1976). Pode-se então constatar a importância da cobertura vegetal para a maioria das propriedades do solo. A mudança da vegetação altera significativamente o equilíbrio do ecossistema, sendo que as características próprias da nova vegetação influenciarão processos físico-químicos e biológicos do solo, conforme abordado por VELASCO e LOZANO (1979).



A susceptibilidade à erosão dos solos com B-textural é alta, em geral, pela presença de muita argila dispersa em água e pelo adensamento no horizonte B, diminuindo a infiltração d'água e criando condições para maior enxurrada. Esta situação pode não apenas aumentar a erosão laminar, conforme SALOMÃO (1994), como também atribuir ao podzólico características que facilitam a formação de ravinas, e até de voçorocas quando o lençol freático é atingido.

O cultivo intercalado proporciona melhoria nas condições de agregação. Os solos sob leguminosas, segundo ZAINOL e MOKHTARMDDIN (1993) apresentaram agregados maiores, com melhores características de retenção e transmissão de água. Os autores observaram que a área plantada com abacaxi e capinada mostrou os agregados maiores sendo progressivamente quebrados devido ao impacto direto das chuvas. A alta resistência à penetração, na área cultivada, foi atribuída à redistribuição das partículas finas. O estudo realizado sugere que a degradação do solo pode ser reduzida sob condições de cultivo mínimo e com sistemas que proporcionem cobertura para o solo. Recomendações no mesmo sentido são abordadas em trabalho de PEÑA VALENTI et al. (1988).

A adequada estruturação do solo previne e diminui as perdas por erosão, com base nos agregados que se formam e na maior capacidade de infiltração das águas, reduzindo a enxurrada.

Estudando a dinâmica de nutrientes em solos tropicais, por efeito do desmatamento, CUNNINGHAM (1963) verificou diminuição do teor de carbono orgânico, nitrogênio, fósforo e capacidade de troca catiônica. Isto se deveu às altas temperaturas do solo, com a aceleração da decomposição da matéria orgânica e sem sua reposição pela mata. A estabilidade da matéria orgânica é muito importante na reserva dos nutrientes (TIESSEN et al., 1984).



A cobertura morta aplicada por três anos, em uma área de Ultisol com mandioca, reduziu a temperatura do solo em torno de 3,5°C e aumentou o conteúdo de água em 6,1% (LUTALADIO et al., 1992). Foi verificado também aumento de pH, carbono orgânico, nitrogênio total, P disponível e cátions trocáveis (Ca, Mg e K).

Na região amazônica SOUSA et al. (1994), analisando o solo sob diferentes sistemas de produção, comentam que práticas de manejo e cultivo mais compatíveis com as condições edafoclimáticas da região são formas de melhorar o aproveitamento dos nutrientes disponíveis. Mencionam os sistemas agroflorestais como uma das alternativas que melhor cobrem o solo e reciclam os nutrientes, tornando eficiente a absorção diferenciada dos nutrientes.

Analisando aspectos de manejo de solos tropicais avermelhados, incluindo Alfisol, KLAMT et al. (1986) comentam que para se reduzirem os efeitos negativos do cultivo, sobre as propriedades físicas do solo, podem ser adotadas práticas de manejo como: cultivo mínimo, rotação de cultura com espécies de sistema radicular denso e profundo, incorporação da palhada, cobertura morta, manejo adequado de fertilizantes industriais ou orgânicos e calagem.

O desenvolvimento vegetal depende, em diferentes intensidades, das condições físicas do solo, destacando-se a estrutura, o potencial de água e a resistência mecânica ao crescimento radicular (BAVER et al., 1973). Técnicas de cultivo têm a capacidade de alterar atributos do perfil do solo.

A região cacauzeira da Bahia apresenta áreas aptas ao desenvolvimento de grande variedade de atividades agrícolas, incluindo fruteiras, palmáceas, especiarias, essências florestais, cultivos anuais e pecuária. Em termos de mudanças nas propriedades do solo cultivado com mata, cacau, seringal e pasto, coberturas vegetais selecionadas para esta pesquisa, algumas expectativas podem ser



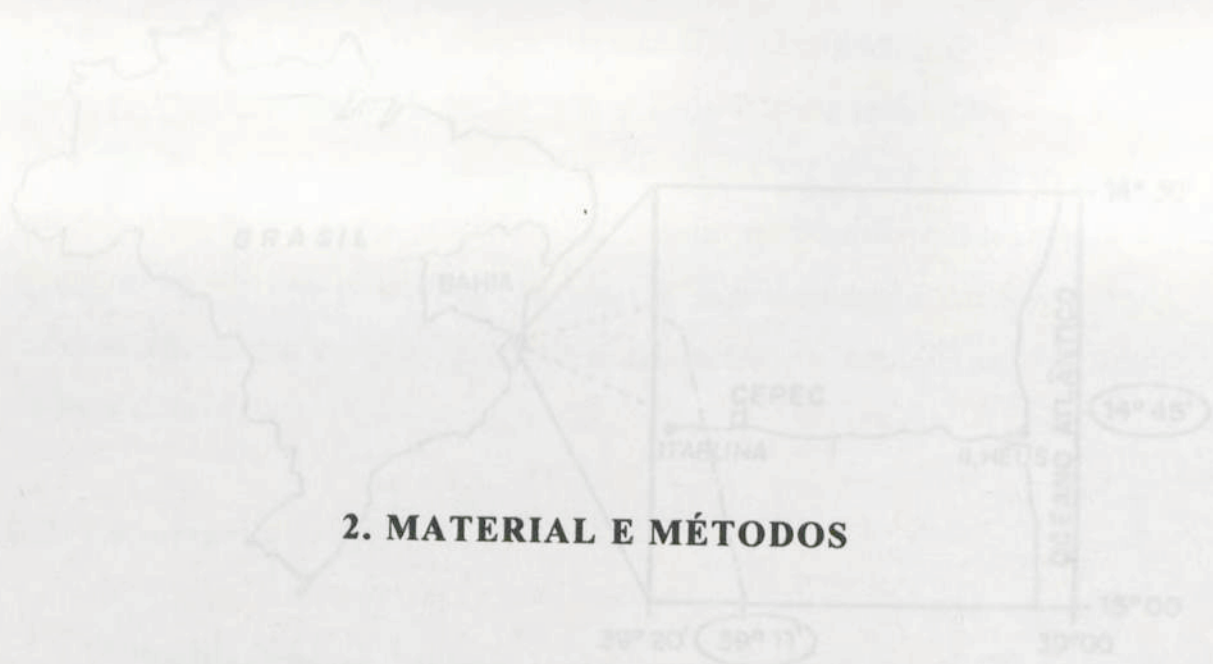
ressaltadas: que o comportamento da área sob cacau se assemelhe às condições da área sob mata; e que a área sob pasto apresente maiores problemas sobre propriedades do solo. Essas expectativas tomam como referência os padrões de manejo utilizados na região.

O caráter protecionista da lavoura do cacau tende a inibir, por razões histórico-culturais, o exercício antrópico da conservação do solo nas atividades agrícolas. Para a região cacaueira, frente à realidade atual que exige a adoção de sistemas alternativos ao cacau, seja substituindo-o ou o incluindo em consórcios, e diante das condições de solos com B-textural, sujeitos às altas pluviosidades da região, tornam-se mais intensas as preocupações quanto aos riscos de degradação dos solos.

Esta pesquisa objetivou avaliar as alterações em propriedades físicas, químicas e biológicas de um Podzólico Vermelho-Amarelo, na região cacaueira da Bahia, por influência de diferentes coberturas vegetais.

O clima local é quente e úmido, com estação seca (Ar de Köppen), com temperatura média acima de 18°C, pluviosidade superior a 1.300 mm/ano. A vegetação principal é registrada como floresta tropical perenifolia, domínio de mata atlântica (GONÇALVES, 1976).

A área situa-se no embasamento cristalino do Pré-cambriano, com predomínio de rochas granulíticas básicas, apresentando duas associações mineralógicas principais: plagioclásio-hornblenda-apatita e plagioclásio-hornblenda-clínopiroxênio-apatita (SILVA e MELO, 1976).



## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1. Área de estudo

O Centro de Pesquisas do Cacau (CEPEC) fica instalado em uma área de 761 ha, no município de Ilhéus, Bahia, localizada aproximadamente nas coordenadas 39°11' de longitude W e 14°45' de latitude S, conforme Figura 1 (SILVA e MELO, 1970).

O clima local é quente e úmido, sem estação seca (Af de Köppen), com temperatura média acima de 18°C, pluviosidade superior a 1.300 mm/ano. A vegetação primitiva é registrada como floresta tropical perenefólia, domínio de mata atlântica (GONÇALVES, 1976).

A área situa-se no embasamento cristalino do Pré-cambriano, com predomínio de rochas granulíticas básicas, apresentando duas associações mineralógicas principais: plagioclásio-hornblenda-apatita e plagioclásio-hornblenda-clino piroxênio e apatita (SILVA e MELO, 1970).



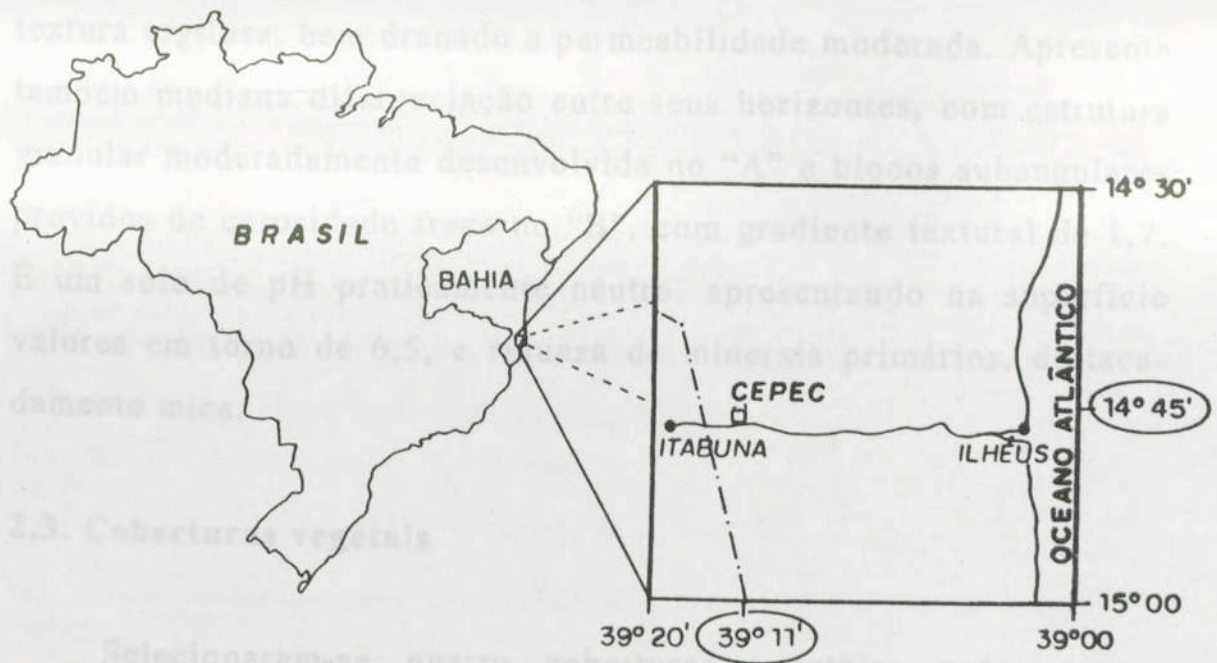


Figura 1 - Localização do Centro de Pesquisas do Cacau (CEPEC) no município de Ilhéus, Bahia, Brasil.

A geomorfologia enquadra-se no domínio das depressões interplanálticas, como remanescente do ciclo das Velhas (GONÇALVES, 1976). A área situa-se em um relevo suave-ondulado com uma altitude em torno de 60 m.

## 2.2. Solo avaliado

O Podzólico Vermelho-Amarelo eutrófico Ta (PV) selecionado para o estudo, enquadra-se no grupo dos solos com B-textural que, ao lado dos solos com B-incipiente, são indicados como aqueles mais importantes para a lavoura do cacau (*Theobroma cacao*, L.) na Bahia (SILVA, 1972).

O podzólico escolhido, conforme descrição de SILVA (1972), apresenta alta saturação de bases, argila de alta atividade, medianamente profundo, com espessura em torno de 70-80 cm,

textura argilosa, bem drenado e permeabilidade moderada. Apresenta também mediana diferenciação entre seus horizontes, com estrutura granular moderadamente desenvolvida no "A" e blocos subangulares providos de cerosidade fraca no "B", com gradiente textural de 1,7. É um solo de pH praticamente neutro, apresentando na superfície valores em torno de 6,5, e riqueza de minerais primários, destacadamente mica.

### 2.3. Coberturas vegetais

Selecionaram-se quatro coberturas vegetais: mata, cacau, seringal e pasto, todas instaladas em áreas do Podzólico Vermelho-Amarelo escolhido e, respectivamente, em glebas das Quadras D, C', F' e C do CEPEC (Figura 2). A distância máxima verificada entre estas áreas foi de 1.500 m entre o pasto e o seringal.

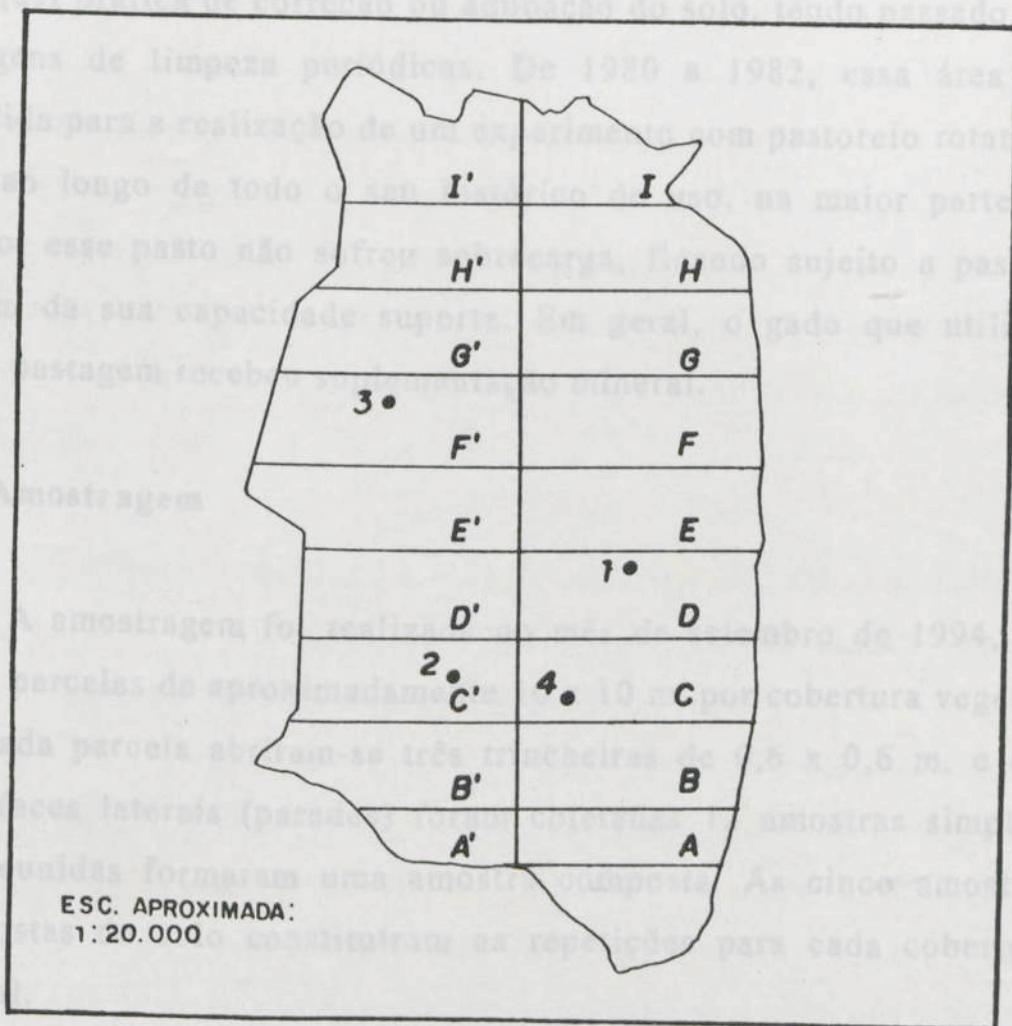
A área de mata representa um remanescente da floresta tropical perenifólia original. Constitui-se de uma mata secundária deixada para recomposição vegetal desde 1964, tendo sido anteriormente plantada com cacau empírico ou tradicional, sob a própria mata natural, ou seja, no sistema de cabruca. O termo empírico será aqui adotado conceituando a área não tecnicamente plantada

A área de cacau escolhida para o estudo teve o cacau instalado em 1983, após derruba total da vegetação anterior, plantado tecnicamente em espaçamento de 3 x 3 m, recebendo sombreamento provisório de bananeiras (*Musa acuminata*) plantadas no cruzamento entre quatro cacauzeiros, e sombreamento definitivo de eritrinas (*Erithrina glauca*), espaçadas em 24 x 24 m, com uma na diagonal, ou seja, no cruzamento entre quatro outras. Antes desse plantio, a área também possuía plantação empírica de cacau.

Quanto ao plantio atual de cacau, têm-se os seguintes registros de práticas agrícolas: no início do cultivo, calagem e aplicação do



inseticida BHC com quatro a cinco aplicações/ano, em doses de 15 kg/ha; adubação anual, entre setembro e novembro, com 200 g/planta da fórmula 11-30-17; aplicação de Cobre Sandoz, em doses médias de 250 litros/ha, 3 vezes ao ano, em março, abril e maio; e nos últimos quatro anos, aplicou-se herbicida Round-up em quatro doses por ano, com 2 litros/ha. O cacaual também foi submetido a podas de condução da copa e polinizações artificiais.



1 - Mata; 2 - Cacau; 3 - Seringal; e 4 - Pasto

Figura 2 - Localização das quadras de amostragens na área do Centro de Pesquisas do Cacau.

As seringueiras (*Hevea brasiliensis*), apesar de dispostas aproximadamente em espaçamento de 7 x 4 m, representam árvores deixadas, após desbastes, de uma área anteriormente de viveiro clonal, instalada em 1971, em substituição a um cacaual empírico e, naquela época, abandonado. As práticas realizadas nessa área constaram de roçagem manual e coroamento das árvores a cada ano.

O pasto cultivado há mais de 20 anos, apresenta predomínio de capins braquiária (principalmente *Brachiaria arrecta*, *B. radicans*), seguidos de colonião (*Panicum maximum*). A área não recebeu qualquer prática de correção ou adubação do solo, tendo passado por roçagens de limpeza periódicas. De 1980 a 1982, essa área foi dividida para a realização de um experimento com pastoreio rotativo, mas ao longo de todo o seu histórico de uso, na maior parte do tempo, esse pasto não sofreu sobrecarga, ficando sujeito a pastejo aquém da sua capacidade suporte. Em geral, o gado que utilizou desta pastagem recebeu suplementação mineral.

#### 2.4. Amostragem

A amostragem foi realizada no mês de setembro de 1994, em cinco parcelas de aproximadamente 10 x 10 m, por cobertura vegetal. Em cada parcela abriram-se três trincheiras de 0,6 x 0,6 m, e das suas faces laterais (paredes) foram coletadas 12 amostras simples, que reunidas formaram uma amostra composta. As cinco amostras compostas do solo constituíram as repetições para cada cobertura vegetal.

A amostragem foi feita em três profundidades: 0-10 cm (P1), 10-20 cm (P2) e 20-40 cm (P3). Procederam-se as análises do material do solo como terra fina seca ao ar (TFSA).



## **2.5. Análises químicas e biológicas do solo**

### **2.5.1. pH, cálcio, magnésio, alumínio e potássio**

O pH foi determinado, em H<sub>2</sub>O e em KCl 1 mol/L, em uma suspensão solo:solução de 1:2,5. Os teores de cálcio, magnésio e alumínio trocáveis foram extraídos com KCl 1 mol/L (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA-EMBRAPA, 1979); para potássio e sódio usou-se o extrator Mehlich 1 (HCl 0,05 mol/L + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,0125 mol/L) com base em DEFELIPO e RIBEIRO (1981).

### **2.5.2. Fósforo total e fósforo disponível**

O fósforo total foi obtido por meio de ataque sulfúrico (EMBRAPA, 1979), sendo expresso em P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; para o fósforo disponível usou-se o extrator de Mehlich 1 (DEFELIPO e RIBEIRO, 1981).

### **2.5.3. Carbono orgânico na TFSA e nas frações do solo de 2,00-1,00; 1,00-0,50; 0,50-0,053 e abaixo de 0,053 mm, e carbono orgânico solúvel em água**

Promoveu-se a separação a seco das frações do solo, passando-se a TFSA em vibrador/agitador mecânico com um conjunto de peneiras de 1,00; 0,50; 0,053 mm de malha, recolhendo também o material que passava por esta última. Analisou-se o carbono orgânico para a TFSA, assim como para estas frações separadas, pelo método de Walkley-Black, descrito por DEFELIPO e RIBEIRO (1981).

Para avaliação do carbono orgânico solúvel em água, uma amostra de 10 g de solo foi agitada por 30 min com 20 ml de água

deionizada, sendo a suspensão centrifugada a aproximadamente 500 G, por 30 min, filtrando-se o sobrenadante em papel de filtragem rápida, previamente lavado com 100 ml de água deionizada. O carbono orgânico solúvel em água foi determinado por colorimetria pelo método descrito por BARTLETT e ROSS (1988).

#### **2.5.4. Nitrogênio total na TFSA e nas frações do solo de 2,00-1,00; 1,00-0,50; 0,50-0,053 e abaixo de 0,053 mm, e nitrogênio mineralizável**

A separação a seco das frações do solo foi realizada conforme o mesmo procedimento descrito para o carbono orgânico. O nitrogênio total para a TFSA, assim como para as frações separadas, foi determinado pela destilação micro-Kjeldahl (EMBRAPA, 1979).

A determinação do nitrogênio mineralizável seguiu método no qual se faz incubação do solo (KEENEY, 1982) e medição de  $N-NH_4^+$  pela destilação micro-Kjeldahl (EMBRAPA, 1979).

Colocaram-se 5 g de solo, corrigidos para o equivalente em TFSE, em tubo de ensaio e adicionaram-se 15 ml de água destilada, de modo a se deixar o mínimo de ar, no interior do tubo, ao fechá-lo hermeticamente com uma rolha de borracha. O material foi levado à câmara incubadora, a 35°C por um período de 7 dias. O nitrogênio mineralizável é dado pela diferença dos valores de  $N-NH_4^+$  obtidos com e sem incubação do solo.

#### **2.5.5. Relação C/N**

A relação C/N foi calculada a partir dos valores de % carbono orgânico e % nitrogênio total.



### **2.5.6. Acidez potencial, soma de bases e índice de saturação de bases**

A acidez potencial (H + Al) foi determinada com extração por Ca (OAc)<sub>2</sub> 0,5 mol/L a pH 7,0 (EMBRAPA, 1979); a soma de bases (SB) representa a soma de Ca + Mg + K + Na; o Índice de Saturação de Bases (V) foi calculado pela expressão  $V = (SB/CTCt) \times 100$ , em que: SB = soma de bases, em cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup>, e CTCt = capacidade de troca catiônica total, em cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup>.

### **2.5.7. Capacidade de troca catiônica total e efetiva**

A capacidade de troca catiônica efetiva (CTCe), CTC a pH do solo, foi obtida por SB + Al; a capacidade de troca catiônica total (CTCt), CTC a pH 7,0, resultou de SB + (H + Al).

### **2.5.8. Carbono mineralizável**

Para determinação do carbono mineralizável adotou-se o método proposto por GRISI (1978), com modificações, no qual se mede a evolução de CO<sub>2</sub> de um certo volume de solo, em temperatura ambiente, ao longo de determinado tempo. No presente estudo, colocaram-se em vasos plásticos amostras equivalentes a 300 g de TFSE, com umidade elevada até a capacidade de campo. Enterraram-se 3 cm de uma campânula plástica com fundo removido na amostra de solo, tendo-se colocado um recipiente, contendo a solução para absorção do CO<sub>2</sub> do material do solo (NaOH 0,2 mol/L), em cima de um tripé de plástico apoiado sobre a superfície da amostra de solo (Figura 3).

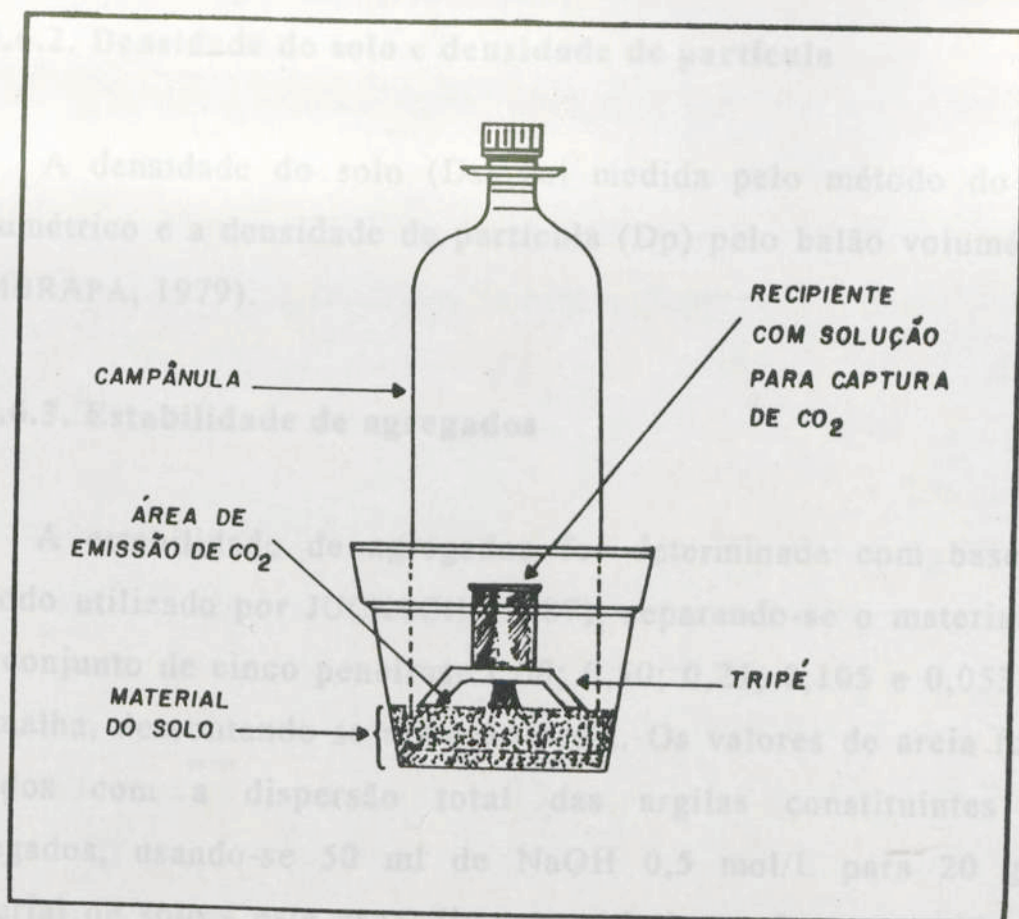


Figura 3 - Esquema de montagem dos materiais para medição do  $\text{CO}_2$  evoluído do solo.

A área de emissão de  $\text{CO}_2$  foi de  $78,5398 \text{ cm}^2$  e a de captura de  $\text{CO}_2$  de  $7,0686 \text{ cm}^2$ , ou seja, com uma relação aproximada de 11:1. As medições foram realizadas nos tempos de 24; 72; 96; 120; 168; 240; 336; 432; 552 e 720 horas.

## 2.6. Análises físicas do solo

### 2.6.1. Análise textural

Para avaliação da textura aplicou-se o método da pipeta (EMBRAPA, 1979).



### **2.6.2. Densidade do solo e densidade de partícula**

A densidade do solo ( $D_s$ ) foi medida pelo método do anel volumétrico e a densidade de partícula ( $D_p$ ) pelo balão volumétrico (EMBRAPA, 1979).

### **2.6.3. Estabilidade de agregados**

A estabilidade de agregados foi determinada com base em método utilizado por JUCKSCH (1987), separando-se o material em um conjunto de cinco peneiras: 1,00; 0,50; 0,21; 0,105 e 0,053 mm de malha, descontando-se a fração areia. Os valores de areia foram obtidos com a dispersão total das argilas constituintes dos agregados, usando-se 50 ml de NaOH 0,5 mol/L para 20 g do material de solo - este procedimento objetivou não se considerar a partícula primária como agregado.

### **2.6.4. Argila dispersa em água (ADA)**

A ADA foi determinada seguindo-se método proposto por JUCKSCH (1987), agitando-se 30 g de TFSA e 100 ml de água destilada, em 200 oscilações por minuto, por três horas, passando-se o material agitado através de peneira de 0,21 mm de malha e transferindo-o para proveta de 500 ml. Completou-se o volume da proveta com água destilada, agitou-se a suspensão, com agitador manual, por um minuto, deixando-a em repouso durante quatro horas, retirando-se após esse tempo, uma alíquota de 10 ml, à uma profundidade de 5 cm, fazendo a pesagem do material após secagem a 105°C, por 48 horas.

### 2.6.5. Grau de flocculação (GF)

O GF (em %) foi estimado pela fórmula  $GF = ((AT-ADA)/AT) \times 100$ , em que: AT = percentagem de argila obtida na análise textural; e ADA = percentagem de argila dispersa em água.

### 2.6.6. Volume de poros (VP)

O VP (em %) foi estimado a partir da fórmula  $VP = ((Dp-Ds)/Dp) \times 100$ , em que: Ds = densidade do solo, em g/cm<sup>3</sup>; e Dp = densidade de partícula, em g/cm<sup>3</sup>.

### 2.6.7. Curva de retenção de umidade

Para a curva característica de umidade utilizou-se o método do extrator de Richards com placa de cerâmica em "panela de pressão", de acordo com EMBRAPA (1979), determinando-se a umidade para as tensões de 0,01; 0,033; 0,5; 1,0 e 1,5 MPa.

Para se estimar a capacidade de água disponível (CAD), baseou-se na fórmula recomendada por BERNARDO (1987)  $CAD = (CC - PM) \times H$ , em que: CC e PM = teor de umidade na capacidade de campo e no ponto de murcha, respectivamente, em cm<sup>3</sup>/cm<sup>3</sup>; e H = altura da camada de solo considerada, em cm. O valor de CAD foi expresso em m<sup>3</sup>/ha.

Os valores de CC e PM, em umidade por volume (cm<sup>3</sup>/cm<sup>3</sup>), foram obtidos multiplicando-se a percentagem (umidade por peso) das tensões correspondentes (0,033 e 1,5 MPa) pela respectiva densidade do solo.



## 2.7. Análise estatística

Os dados foram analisados estatisticamente adotando-se o modelo inteiramente casualizado, com os tratamentos no esquema de parcelas subdivididas com cinco repetições. Quatro coberturas vegetais (mata, cacau, seringal e pasto) constituíram os tratamentos das parcelas e três profundidades (0-10, 10-20 e 20-40 cm) formaram os tratamentos das subparcelas. Na análise de variância considerou-se um nível de significância de até 10% de probabilidade, para o teste F. As médias foram comparadas pelo teste de Student-Newman-Keuls, adotando-se o nível de 5% de probabilidade.

Excetuaram-se a esse esquema a análise feita para carbono e nitrogênio, quando estudados em diferentes frações do solo separadas a seco. Para esta análise adotou-se o modelo inteiramente casualizado, com os tratamentos no esquema de parcelas subdivididas, com cinco repetições, dispondo-se como tratamentos das parcelas as quatro coberturas vegetais (mata, cacau, seringal e pasto), das subparcelas as três profundidades (0-10, 10-20 e 20-40 cm), e das sub-subparcelas as quatro frações nas quais se mediu o carbono ou o nitrogênio (2,00-1,00; 1,00-0,50; 0,50-0,053 e abaixo de 0,053).

H + Al, verificou-se uma efeito significativo ( $P < 0,05$ ) da interação entre cobertura vegetal e profundidade.

Quanto ao pH em KCl observaram-se maiores valores para a mata, em todas as camadas estudadas, e aquela sob cacau, a partir dos 10 cm de profundidade (Quadro 1). A reciclagem de nutrientes e a liberação de nutrientes da reserva mineral do solo, a partir das camadas mais profundas, provavelmente contribuíram para esta condição, na medida em que maiores concentrações de bases promovem a diminuição da atividade de  $H^+$  livre e a formação de  $H^+$  adsorvido (Quadro 2). Pode-se observar que a atividade hidrogeniônica diminuiu com o aumento das bases.

Quadro 1 - pH e acidez potencial (H<sup>+</sup> + Al) de um Podzólico Vermelho-Amarelo, sob quatro coberturas vegetais, em três profundidades

Variável	Profundidade (cm)	Cobertura Vegetal				Média
		Mata	Cacau	Seringal	Pasto	
pH em H <sub>2</sub> O	P <sub>1</sub> (0-10)	5,93	5,90	6,00	5,92	5,93
	P <sub>2</sub> (10-20)	6,20	6,08	6,12	6,07	6,11
	P <sub>3</sub> (20-40)	6,46	6,34	6,35	6,34	6,37
	Média	6,17	6,07	6,12	6,07	6,08
pH em KCl	P <sub>1</sub> (0-10)	4,73 ± A	4,71 ± A	4,75 ± B	4,72 ± B	4,74
	P <sub>2</sub> (10-20)	4,70 ± A	4,69 ± A	4,74 ± B	4,72 ± B	4,71
	P <sub>3</sub> (20-40)	4,74 ± A	4,72 ± A	4,70 ± B	4,70 ± B	4,74
	Média	4,70	4,71	4,75	4,74	4,69
H <sup>+</sup> + Al	P <sub>1</sub> (0-10)	3,72 ± A	3,68 ± A	3,84 ± A	3,63 ± A	3,73
	P <sub>2</sub> (10-20)	3,72 ± A	3,68 ± A	3,84 ± A	3,63 ± A	3,73
	P <sub>3</sub> (20-40)	3,72 ± A	3,68 ± A	3,84 ± A	3,63 ± A	3,73
	Média	3,72	3,68	3,84	3,63	3,73

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1. Análises químicas e biológicas do solo

##### 3.1.1. pH em H<sub>2</sub>O, pH em KCl e acidez potencial

Os valores de pH em H<sub>2</sub>O revelam um solo ligeiramente ácido (COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS-CFSEMG, 1989), não se registrando diferenças significativas ( $P > 0,05$ ) entre as coberturas vegetais ou as profundidades estudadas (Quadro 1). Para as variáveis pH em KCl e H + Al, verificou-se um efeito significativo ( $P < 0,05$ ) da interação entre cobertura vegetal e profundidade.

Quanto ao pH em KCl observaram-se maiores valores para a área sob cacau, em todas as camadas estudadas, e naquela sob mata, a partir dos 10 cm de profundidade (Quadro 1). A reciclagem de bases como Ca<sup>2+</sup> e Mg<sup>2+</sup> oriundas da reserva mineral do solo, a partir das camadas mais profundas, possivelmente contribui para esta condição, na medida em que maior saturação de bases promove diminuição da atividade do H<sup>+</sup>. Isto é confirmado ao se verificarem os dados de pH em KCl frente aos conteúdos de bases (Quadro 2). Pode-se observar que a atividade hidrogeniônica diminuiu nas camadas mais superficiais acompanhando o aumento das bases.



Quadro 1 - pH e acidez potencial (H + Al), de um Podzólico Vermelho-Amarelo, sob quatro coberturas vegetais, em três profundidades

Variável	Profundidade (cm)	Cobertura Vegetal				Média
		Mata	Cacau	Seringal	Pasto	
pH em H <sub>2</sub> O	P <sub>1</sub> (0-10)	5,92	5,90	6,00	5,92	5,93
	P <sub>2</sub> (10-20)	6,20	6,08	6,12	6,04	6,11
	P <sub>3</sub> (20-40)	6,46	5,94	5,98	6,14	6,13
	Média	6,19	5,97	6,03	6,03	6,05
pH em KCl	P <sub>1</sub> (0-10)	4,80 a B	5,02 a A	4,82 a B	4,72 a B	4,84
	P <sub>2</sub> (10-20)	4,86 a A	4,90 a A	4,58 b B	4,52 b B	4,71
	P <sub>3</sub> (20-40)	4,74 a A	4,72 b A	4,30 c B	4,40 b B	4,54
	Média	4,80	4,88	4,56	4,54	4,69
H + Al (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	P <sub>1</sub> (0-10)	4,38 a B	3,36 b B	5,52 a A	6,00 a A	4,81
	P <sub>2</sub> (10-20)	3,72 a A	4,08 ab A	5,04 a A	4,68 b A	4,38
	P <sub>3</sub> (20-40)	3,96 a B	4,50 a B	5,28 a A	4,68 b A	4,60
	Média	4,02	3,98	5,28	5,12	4,59

Para cada variável, médias seguidas de pelo menos uma mesma letra minúscula (na coluna) e maiúscula (na linha), não diferem entre si pelo teste de Student-Newman-Keuls a 5% de probabilidade.

Para as duas áreas de maior pH em KCl pode também ter ocorrido efeito positivo da cobertura vegetal, na camada superficial. Na mata em decorrência da diversidade de espécies, e no cacau com a presença de plantas sombreadoras incluindo leguminosa, com a formação de manta vegetal sobre o solo. Estas áreas apresentam também plantas com diferentes dimensões de sistemas radiculares, o que possibilita maior reciclagem de elementos das camadas profundas.



Conforme SPURR (1940) a reação do solo pode ser influenciada pela cobertura vegetal de maneira direta, por meio da retirada diferencial de substâncias pelas raízes, assim como pela adição de outras quando da decomposição; e de maneira indireta, pela alteração de outros aspectos físicos e químicos.

A acidez potencial, expressa basicamente os teores de  $H^+$  (Quadro 1) pois, nesse solo, não se detectou  $Al^{3+}$ . Os níveis foram altos nas áreas sob seringal e, na profundidade de 0-10 cm, sob pasto, com valores médios nas demais situações (CFSEMG, 1989). Como comportamento esperado o pH em KCl diminui com a maior acidez potencial nas áreas sobre pasto e seringal indicando, principalmente na camada superficial da área sob pasto, uma maior ocorrência de  $H^+$  dissociado.

### 3.1.2. Cálcio, magnésio, potássio e sódio

O cálcio foi encontrado em níveis altos (CFSEMG, 1989) e em maiores quantidades sob a mata (Quadro 2), como um ambiente mais adequado do ponto de vista da manutenção de uma grande e diversificada massa de materiais orgânicos, fazendo parte do sistema solo-planta. O  $Ca^{2+}$  se dispõe mais na camada superficial em função da reciclagem mais eficiente das espécies vegetais da mata, movimentando o elemento dos horizontes mais profundos para os superiores.

A área sob mata apresentou também maiores teores de magnésio, nas camadas estudadas, dividindo essa predominância, na camada de 0-10 cm, com as áreas sob cacau e seringal (Quadro 2). Os níveis de  $Mg^{2+}$  podem ser considerados altos (CFSEMG, 1989), e há uma boa distribuição do elemento em todo o perfil analisado, podendo-se notar certa tendência em aumentar com a profundidade como consequência da composição do material de origem.



Quadro 2 - Cálcio, magnésio, potássio e sódio, de um Podzólico Vermelho-Amarelo, sob quatro coberturas vegetais, em três profundidades

Variável	Profundidade (cm)	Cobertura Vegetal				Média
		Mata	Cacau	Seringal	Pasto	
Ca <sup>2+</sup> (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	P <sub>1</sub> (0-10)	12,16 a A	9,62 b B	6,98 a C	5,40 a C	8,54
	P <sub>2</sub> (10-20)	8,02 a A	6,82 ab AB	4,64 a C	5,30 b BC	6,20
	P <sub>3</sub> (20-40)	6,84 a A	6,82 a A	3,30 a B	5,12 b A	5,52
	Média	9,00	7,76	4,97	5,27	6,75
Mg <sup>2+</sup> (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	P <sub>1</sub> (0-10)	5,88 a A	5,92 a A	5,36 a A	4,42 a B	5,39
	P <sub>2</sub> (10-20)	5,86 a A	4,68 b B	4,52 b B	3,82 b C	5,34
	P <sub>3</sub> (20-40)	6,26 a A	5,54 a B	4,78 b B	4,78 a B	4,72
	Média	6,00	5,38	4,88	4,34	5,15
K <sup>+</sup> (mg/dm <sup>3</sup> )	P <sub>1</sub> (0-10)	34,80 a C	21,00 a D	48,20 a B	87,80 a A	47,95
	P <sub>2</sub> (10-20)	17,20 b B	7,80 b B	18,20 b B	30,60 b A	18,45
	P <sub>3</sub> (20-40)	9,20 b A	8,20 b A	10,40 b A	8,80 c A	9,15
	Média	20,40	12,33	25,60	42,40	25,18
Na <sup>+</sup> (mg/dm <sup>3</sup> )	P <sub>1</sub> (0-10)	38,40	22,40	22,40	94,00	44,30
	P <sub>2</sub> (10-20)	53,20	21,40	17,60	60,40	48,00
	P <sub>3</sub> (20-40)	44,80	26,80	27,20	112,40	47,75
	Média	45,47 B	23,53 C	22,40 C	88,93 A	46,68

Para cada variável, médias seguidas de pelo menos uma mesma letra minúscula (na coluna) e maiúscula (na linha), não diferem entre si pelo teste de Student-Newman-Keuls a 5% de probabilidade.

Nesse Podzólico Vermelho-Amarelo o material de origem, com reflexos diretos sobre sua mineralogia, é um componente importante para a compreensão da sua fertilidade natural. LEÃO e MELO (1988) verificaram na fração areia, no horizonte A, a presença de feldspato e biotita parcialmente intemperizados (como possíveis fontes de K, Ca, Mg, Na) e no horizonte B, predomínio também de feldspato e biotita e, em proporções menores, epidoto (Ca, Fe), anfibólio (Ca,



Mg, Na) e apatita (P, Ca, Fe, Mg). Os mesmos autores registram na argila, além de caulinita, a presença de illita ( fornecedora de K).

Os níveis de potássio foram baixos (CFSEMG, 1989), excetuando-se a área do pasto, na camada de 0-10 cm, profundidade na qual foram encontradas as maiores quantidades dentre todas as áreas (Quadro 2).

A maior concentração do  $K^+$  no solo da área sob pasto, em relação aos demais, está relacionada com algumas razões. O conteúdo do elemento é maior na biomassa de sistemas como o da mata, do cacau e do seringal, do que no pasto. Por sua vez, a área sob pasto possui grande volume de raízes, que se renovam rapidamente e, como as gramíneas têm grande exigência em  $K^+$ , ocorre maior reciclagem do elemento, com possibilidades de sua manutenção no sistema solo-planta, particularmente quando há baixa exportação do nutriente. A permeabilidade menor no horizonte B-textural também reduz sua perda por lixiviação.

Estes resultados estão de acordo com outros estudos. Em um Podzólico Vermelho-Amarelo eutrófico sob pastagem, DADALTO (1983) constatou teores de  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$  e  $K^+$  trocáveis e P disponível mais elevados do que aqueles sob condições de vegetação natural. MIRANDA (1993), por sua vez, estudando um latossolo sob mata, eucalipto e pastagem constatou valores de  $K^+$  menores nas áreas sob eucalipto, onde também se verificou uma tendência a menores valores para  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$  e  $Na^+$ . Comenta o autor que essa condição sugere a existência de maior quantidade desses elementos imobilizada na biomassa de eucalipto em relação às outras coberturas.

O sódio foi encontrado em maiores proporções na área sob pasto, o que deve estar relacionado com a sua reciclagem no sistema. Pode-se esperar que a proximidade do local do estudo para o litoral, com distância aproximada em torno de 18 km, esteja influenciando



quanto a presença do  $\text{Na}^+$ . Outra razão pode estar associada aos efeitos de sais minerais ministrados ao gado. Apesar dos cuidados na amostragem, quanto à distância de estábulo e cochos, pode-se esperar um espalhamento de resíduos dos sais minerais pelo gado, durante o pastejo e a ruminação, ao longo do pasto, após a passagem pelo cocho. Deve-se lembrar que o podzólico estudado apresenta permeabilidade mediana, o que pode reduzir a lixiviação, verificando-se (Quadro 2) tendência a maior ocorrência de  $\text{Na}^+$  de 20-40 cm, camada onde este solo B-textural inicia seu horizonte de iluviação.

A mata, que contém o segundo maior nível de  $\text{Na}^+$ , pode estar representando um ambiente conservador, pela menor exposição, diante da mobilidade  $\text{Na}^+$ , e possibilidade de sua saída do sistema.

### 3.1.3. Fósforo total e fósforo disponível

Os altos níveis verificados para fósforo total (Quadro 3) podem ser atribuídos à presença de apatita no material de origem, conforme relatado por SILVA e MELO (1970) e LEÃO e MELO (1988). As maiores quantidades foram verificadas na área sob o seringal, com distribuição regular no perfil estudado, apresentando valores mais elevados em profundidade, refletindo possivelmente as reservas minerais.

O fósforo disponível (Pd), no entanto, mostrou níveis baixos e médios (Quadro 3), com exceção do nível considerado alto (CFSEMG, 1989) na camada superficial da área sob cacau, provavelmente como efeito das adubações realizadas.

Quadro 3 - Fósforo total (Pt) e fósforo disponível (Pd), de um Podzólico Vermelho-Amarelo, sob quatro coberturas vegetais, em três profundidades

Variável	Profundidade (cm)	Cobertura Vegetal				Média
		Mata	Cacau	Seringal	Pasto	
Pt (mg/dm <sup>3</sup> )	P <sub>1</sub> (0-10)	3202,2 a B	2950,6 a C	4741,4 c A	2452,0 a D	3336,79
	P <sub>2</sub> (10-20)	2969,4 b B	2599,2 b C	5234,4 b A	2465,6 a C	3316,89
	P <sub>3</sub> (20-40)	2878,4 b B	2849,2 a B	5523,6 a A	2578,0 a C	3457,29
	Média	3016,66	2799,66	5166,46	2498,53	3370,32
Pd (mg/dm <sup>3</sup> )	P <sub>1</sub> (0-10)	6,08 a BC	13,30 a A	4,76 a C	8,08 a B	8,05
	P <sub>2</sub> (10-20)	3,40 b A	5,34 b A	3,32 a A	2,82 b A	3,72
	P <sub>3</sub> (20-40)	3,12 b A	4,82 b A	3,90 a A	4,06 b A	3,97
	Média	4,20	7,82	3,99	4,98	5,24

Para cada variável, médias seguidas de pelo menos uma mesma letra minúscula (na coluna) e maiúscula (na linha), não diferem entre si pelo teste de Student-Newman-Keuls a 5% de probabilidade.

Verificou-se, em termos globais, que o coeficiente de correlação linear simples foi  $r = -0,227$  entre Pt e Pd. Observaram-se na área sob seringal os maiores teores de Pt (Quadro 3), o que pode ser atribuído à grande reserva do elemento no material de origem do solo. O maior teor de argila promove maior adsorção de fosfatos liberados dos minerais primário, podendo resultar em um menor teor de fósforo disponível. A maior percentagem de argila apresenta relação direta com o teor de minerais ferromagnesianos, e este com o teor de apatita. Apesar da coloração escura dessas rochas máficas, os solos originados destas podem se tornar mais amarelados em decorrência da alta precipitação na região. Nesta condição a ocorrência de óxidos de ferro e goethita também levam à maior adsorção de fósforo. Deve-se considerar, ainda, que quando há impedimento da drenagem, os óxidos de ferro assumem formas mais amorfas e tem grande poder de adsorção de fósforo.



Por meio de lisímetro SHARMA (1992) mediu o P lixiviado em razão da precipitação, tendo verificado influência da quantidade de chuva e do P aplicado, assim como do conteúdo de argila. Quanto ao último aspecto, registrou-se perda de P quando o solo possuía 8,4% de argila, entretanto não houve perda quando a proporção de argila era de 23,8 e 18,4%.

#### **3.1.4. Carbono orgânico, carbono orgânico solúvel, nitrogênio total, nitrogênio mineralizável e relação C/N**

Registrou-se um comportamento previsto, para dados de carbono e nitrogênio, com maiores teores nas camadas mais superficiais (Quadro 4).

A mata e, em seguida, o pasto foram as áreas que revelaram maiores teores de carbono orgânico (Corg). Na primeira, em decorrência da MO depositada na superfície e em constante reposição. E na área sob pasto, em função das adições por parte da gramínea, tanto das folhas e principalmente das raízes, podendo-se também considerar, em pequena escala, o aporte via esterco de gado espalhado pela área.

Para a área sob pasto é provável também que a qualidade da manta orgânica, dificulte a decomposição dos resíduos, não obstante os maiores níveis de carbono orgânico solúvel (COS) e nitrogênio mineralizável ( $N_p$ ), formas mais prontamente disponíveis (Quadro 4). CANTARUTTI (1996) verificou que, no lapso de seis anos, em pasto de *Brachiaria humidicola*, houve incremento de aproximadamente 50% de carbono, na camada de 0-5 cm. Menor incremento foi registrado pelo autor, no consórcio *B. humidicola* + *Desmodium ovalifolium*, visto que a leguminosa proporciona maior decomposição.

Quadro 4 - Carbono orgânico (Corg), carbono solúvel (COS), nitrogênio total (Nt), nitrogênio mineralizável (N<sub>p</sub>) e relação C/N, de um Podzólico Vermelho-Amarelo, sob quatro coberturas vegetais, em três profundidades

Variável	Profundidade (cm)	Cobertura Vegetal				Média
		Mata	Cacau	Seringal	Pasto	
C Orgânico (mg/g)	P <sub>1</sub> (0-10)	19,6 a A	12,4 a D	14,6 a C	17,8 a B	16,1
	P <sub>2</sub> (10-20)	8,0 b A	5,5 b B	8,5 b A	8,9 b A	7,7
	P <sub>3</sub> (20-40)	5,8 c A	4,6 b A	6,6 c A	5,2 c A	5,6
	Média	11,1	7,5	9,9	10,6	9,8
COS (mg/g)	P <sub>1</sub> (0-10)	0,15 a B	0,07 a D	0,10 a C	0,18 a A	0,13
	P <sub>2</sub> (10-20)	0,04 b A	0,02 b B	0,04 b A	0,05 b A	0,04
	P <sub>3</sub> (20-40)	0,01 c C	0,02 b BC	0,02 c AB	0,03 c A	0,02
	Média	0,07	0,04	0,05	0,09	0,06
Nt (mg/g)	P <sub>1</sub> (0-10)	3,0 a A	1,9 a C	2,4 a B	2,7 a AB	2,5
	P <sub>2</sub> (10-20)	1,7 b A	1,1 b B	1,5 b A	1,6 b A	1,5
	P <sub>3</sub> (20-40)	1,1 c A	0,9 b A	1,1 c A	0,9 c A	1,0
	Média	1,9	1,3	1,7	1,7	1,6
N <sub>p</sub> (mg/g)	P <sub>1</sub> (0-10)	0,14 a B	0,09 a C	0,11 a C	0,25 a A	0,15
	P <sub>2</sub> (10-20)	0,02 b A	0,02 b A	0,03 b A	0,05 b A	0,03
	P <sub>3</sub> (20-40)	0,01 b A	0,01 b A	0,02 b A	0,01 c A	0,01
	Média	0,06	0,04	0,05	0,10	0,06
C/N	P <sub>1</sub> (0-10)	6,34	6,34	5,88	6,50	6,26
	P <sub>2</sub> (10-20)	4,72	4,74	5,66	5,34	5,11
	P <sub>3</sub> (20-40)	5,34	4,86	6,00	5,76	5,49
	Média	5,46	5,31	5,84	5,86	5,62

Para cada variável, médias seguidas de pelo menos uma mesma letra minúscula (na coluna) e maiúscula (na linha), não diferem entre si pelo teste de Student-Newman-Keuls a 5% de probabilidade.



Geralmente, as áreas cultivadas com cacau apresentam um alto grau de conservação, com base na sua composição vegetal, ou seja, pela existência de plantas de sombreamento, desde arbustivas até arbóreas, e pelos próprios cacaueiros que além de manterem a área encoberta por copas, proporcionam uma espessa manta de material orgânico em diferentes estádios de decomposição.

Para a área sob cacau, entretanto, etapas e práticas de cultivo, ao longo do seu histórico de uso, devem ter provocado a diminuição do Corg (Quadro 4). Menciona-se que esta área foi utilizada anteriormente com outra plantação empírica de cacau; não é uma plantação na qual se aproveitaram das árvores da mata original para sombreamento, mas sim foi feita com derruba total e plantio posterior de outras sombreadoras. Além disso, é uma área que recebeu anualmente grande número de práticas, como aplicações de defensivos agrícolas, incluindo o uso de herbicida; assim como pela qualidade da manta orgânica, incluindo materiais de leguminosa, e a própria fertilização, propiciando maior atividade dos microorganismos, facilitando a decomposição da MO. As razões abordadas no raciocínio desenvolvido para a área sob cacau, quanto ao Corg, podem ser aplicadas também, para os dados de COS, Nitrogênio Total (Nt) e  $N_p$ , (Quadro 4.).

Para os dados de COS, Nt e  $N_p$ , verificaram-se maiores valores nas áreas sob pasto e mata, principalmente no sentido das camadas mais superficiais. Mas, em profundidade, as desigualdades entre as coberturas vegetais foram pequenas.

Os maiores valores de COS, Nt e  $N_p$  verificados nas áreas sob mata devem estar relacionados com a reserva orgânica criada pela diversidade de espécies vegetais de vários estratos. Para a área sob pasto, também com maiores valores destes elementos, há a participação da abundante massa vegetal constantemente fornecida pela gramínea. Esta situação proporciona condições para ocorrência



de maior quantidade de carbono em forma solúvel e de nitrogênio facilmente mineralizável, presentes no solo em um estado mais prontamente disponíveis às plantas e à microbiota. O  $N_p$ , que apresentou com o  $N_t$  um coeficiente de correlação linear simples de  $r = 0,886^{**}$ , estima a capacidade de reposição de N do solo.

O carbono orgânico é um componente muito dinâmico do solo, onde sofre modificações a cada novo equilíbrio desse sistema. Em geral, ocorre diminuição do carbono com a profundidade e com a intensidade de cultivo do solo (COSTA, 1973; CARVALHO, 1984). Os maiores teores verificados na superfície do solo, decorrem da deposição e incorporação de materiais orgânicos (SALGADO, 1979). O acúmulo de carbono indica que há maior produção do que consumo. Assim, quando os solos são cultivados, o balanço é deslocado no sentido do maior consumo, para atingir novo equilíbrio. Este balanço tem relação com as condições de propriedades do solo, atividade microbiana, cobertura vegetal, clima e atividade do homem (TSYPLENKOV et al., 1974).

Os maiores níveis de Corg e COS nas áreas sob mata e sob pasto podem também ser uma razão para a ocorrência maior de elementos como  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $K^+$  e  $Na^+$ , a partir da atuação de ácidos orgânicos sobre minerais primários.

Os valores de COS e carbono orgânico correlacionaram-se positivamente, com  $r = 0,96^{**}$ , o que está de acordo com outros dados encontrados:  $r = 0,76^*$  (BURFORD e BREMNER, 1975),  $r = 0,51^*$  (MIRANDA, 1993) e  $r = 0,78^*$  (GOMES, 1995). O carbono mineralizável é considerado aquele prontamente decomponível e inclui o COS, e assim sendo, BURFORD e BREMNER (1975) assumem que a matéria orgânica solúvel estima, no mínimo, a metade da matéria orgânica prontamente decomponível dos solos por eles estudados. Como um componente solúvel presente nos poros do solo e na água (CRONAN e AIKEN, 1985), o COS é um constituinte



de substâncias orgânicas que exerce influência sobre processos como ciclagem de nutrientes e ação da microbiota.

É importante um manejo do solo tendo-se em mente a manutenção e, ou, incorporação da MO, pois o carbono orgânico do solo é um dos principais constituintes removidos pela erosão, por apresentar baixa densidade, e estar concentrado próximo à superfície do solo (LUCAS et al., 1977). Sua perda afeta seriamente este sistema, em função da importância da MO como fonte de sítios de troca de cátions e fonte de N mineral, conforme revisão apresentada por LOWRANCE e WILLIAMS (1988).

### **3.1.5. Carbono orgânico e nitrogênio total nas frações do solo de 2,00-1,00, 1,00-0,50, 0,50-0,053 e abaixo de 0,053 mm**

Para Corg e Nt nas frações do solo, houve efeito da interação cobertura vegetal x profundidade x fração, apresentando-se os desdobramentos dos dados de Corg nos Quadros 5 e 6, e de Nt nos Quadros 7 e 8. Observou-se maior distribuição destes elementos nas camadas superficiais do solo (Quadros 5 e 7).

Quanto ao Corg nas frações do solo, verificaram-se maiores teores na fração < 0,053 mm dentre aquelas analisadas. Estes dados confirmam alguns estudos (SALOMON, 1962; WEBER, 1965) nos quais se registrou uma relação inversa entre teor de MO e tamanho dos agregados. Há, porém, resultados contraditórios sobre o assunto. Outros estudos mostraram diminuição da MO com a redução do tamanho dos agregados (METZGER e HIDE, 1938; ADAMS, 1982). Por sua vez, em solo sob mata natural e pastagem, ELLIOT (1986) observou que os macroagregados (> 2,0 mm) apresentavam mais carbono orgânico, nitrogênio e fósforo que os microagregados. Em outro trabalho, ELLIOT et al. (1991) registraram concentrações de carbono total mais elevadas nos maiores e nos menores agregados, dentre as classes estudadas, em mm: < 0,02, 0,02-0,05, 0,05-0,212, 0,212-1,00 e > 1,00.



Quadro 5 - Percentagem de carbono orgânico<sup>(1)</sup> de um Podzólico Vermelho-Amarelo, sob quatro coberturas vegetais, em três profundidades, em quatro frações do solo (Fr)

Fração	Prof. <sup>(2)</sup>	Cobertura Vegetal			
		Mata	Cacau	Seringal	Pasto
Fr 2,0-1,0	P <sub>1</sub>	1,43 a	1,10 a	1,51 a	1,79 a
	P <sub>2</sub>	0,66 b	0,72 b	0,90 b	0,89 b
	P <sub>3</sub>	0,57 b	0,29 c	0,84 b	0,42 c
Fr 1,0-0,5	P <sub>1</sub>	1,63 a	1,00 a	1,44 a	1,91 a
	P <sub>2</sub>	1,12 b	0,68 b	0,96 b	0,91 b
	P <sub>3</sub>	0,60 c	0,51 b	0,96 b	0,53 c
Fr 0,5-0,053	P <sub>1</sub>	1,66 a	1,06 a	1,65 a	1,76 a
	P <sub>2</sub>	0,76 b	0,71 b	0,89 b	0,80 b
	P <sub>3</sub>	0,60 b	0,55 b	0,83 b	0,41 c
Fr <0,053	P <sub>1</sub>	1,87 a	1,42 a	1,89 a	2,02 a
	P <sub>2</sub>	1,03 b	0,85 b	0,96 b	1,23 b
	P <sub>3</sub>	0,58 c	0,67 c	0,86 b	0,58 c

<sup>(1)</sup> Comparação de médias do carbono orgânico das profundidades em cada nível de cobertura vegetal versus fração do solo.

<sup>(2)</sup> P<sub>1</sub> = 0-10 cm; P<sub>2</sub> = 10-20 cm; P<sub>3</sub> = 20-40 cm.

Dentro de cada Fração, médias seguidas de pelo menos uma mesma letra minúscula (na coluna), não diferem entre si pelo teste de Student-Newman-Keuls a 5% de probabilidade.

Entre as coberturas vegetais, os resultados de Corg nas frações acompanharam os dados de Corg analisado na TFSA, com maiores valores na área sob pasto seguida daquela sob mata. Para tal fato há a influência da ciclagem e acúmulo de MO nestas áreas. Na camada de 20-40 cm, as mais altas percentagens de Corg em todas as frações na área sob seringal, mesmo que sem diferença entre as coberturas vegetais na fração < 0,053 mm, possivelmente indica um maior teor de argila que, interagindo com a MO, estabelece uma proteção mútua contra erosão e perdas.



Quadro 6 - Percentagem de carbono orgânico<sup>(1)</sup> de um Podzólico Vermelho- Amarelo, sob quatro coberturas vegetais, em três profundidades, em quatro frações do solo (Fr)

Prof. <sup>(2)</sup>	Fração	Cobertura Vegetal			
		Mata	Cacau	Seringal	Pasto
P <sub>1</sub> (0-10)	Fr 2,0-1,0	1,43 c B	1,10 b C	1,51 c B	1,79 b A
	Fr 1,0-0,5	1,63 b B	1,00 b C	1,44 bc B	1,91 ab A
	Fr 0,5-0,053	1,66 b A	1,06 b B	1,65 b A	1,76 b A
	Fr < 0,053	1,87 a A	1,42 a B	1,89 a A	2,00 a A
P <sub>2</sub> (10-20)	Fr 2,0-1,0	0,66 b A	0,72 a A	0,90 a A	0,89 b A
	Fr 1,0-0,5	1,12 a A	0,68 a B	0,96 a AB	0,91 b AB
	Fr 0,5-0,053	0,76 b A	0,71 a A	0,89 a A	0,80 b A
	Fr < 0,053	1,03 a AB	0,85 a B	0,96 a AB	1,23 a A
P <sub>3</sub> (20-40)	Fr 2,0-1,0	0,57 a B	0,29 b B	0,84 a A	0,42 a B
	Fr 1,0-0,5	0,60 a B	0,51 a B	0,96 a A	0,53 a B
	Fr 0,5-0,053	0,60 a AB	0,55 a AB	0,83 a A	0,41 a B
	Fr < 0,053	0,58 a A	0,67 a A	0,86 a A	0,58 a A

<sup>(1)</sup> Comparação de médias do carbono orgânico das frações do solo em cada nível de cobertura vegetal versus profundidade, e das coberturas vegetais em cada nível de profundidade versus fração do solo.

Dentro de cada Profundidade, médias seguidas de pelo menos uma mesma letra minúscula (na coluna) e maiúscula (na linha), não diferem entre si pelo teste de Student-Newman-Keuls a 5% de probabilidade.

Para o Nt (Quadro 8) observaram-se, também, maiores teores na fração < 0,053 mm. As áreas sob mata e pasto revelaram percentagens mais elevadas, como consequência dos maiores teores de Corg, Nt, assim como nitrogênio mineralizável e carbono orgânico solúvel verificados na TFSA destas áreas, conforme mostrado no Quadro 4. A área sob mata manteve valores superiores às demais até a profundidade 20-40 cm.

Quadro 7 - Percentagem de nitrogênio total<sup>(1)</sup> de um Podzólico Vermelho-Amarelo, sob quatro coberturas vegetais, em três profundidades, em quatro frações do solo (Fr)

Fração	Prof. <sup>(2)</sup>	Cobertura Vegetal			
		Mata	Cacau	Seringal	Pasto
Fr 2,0-1,0	P <sub>1</sub>	0,26 a	0,21 a	0,25 a	0,28 a
	P <sub>2</sub>	0,15 b	0,12 b	0,15 b	0,13 b
	P <sub>3</sub>	0,11 c	0,09 c	0,10 c	0,08 c
Fr 1,0-0,5	P <sub>1</sub>	0,29 a	0,20 a	0,24 a	0,27 a
	P <sub>2</sub>	0,20 b	0,11 b	0,14 b	0,14 b
	P <sub>3</sub>	0,11 c	0,09 b	0,11 c	0,08 c
Fr 0,5-0,053	P <sub>1</sub>	0,29 a	0,19 a	0,24 a	0,28 a
	P <sub>2</sub>	0,14 b	0,12 b	0,15 b	0,15 b
	P <sub>3</sub>	0,10 c	0,09 c	0,11 c	0,07 c
Fr <0,053	P <sub>1</sub>	0,40 a	0,26 a	0,31 a	0,35 a
	P <sub>2</sub>	0,21 b	0,18 b	0,17 b	0,21 b
	P <sub>3</sub>	0,12 c	0,10 c	0,12 c	0,12 c

<sup>(1)</sup> Comparação de médias do nitrogênio total das profundidades em cada nível de cobertura vegetal versus fração do solo.

<sup>(2)</sup> P<sub>1</sub> = 0-10cm; P<sub>2</sub> = 10-20cm; P<sub>3</sub> = 20-40cm.

Dentro de cada Fração, médias seguidas de pelo menos uma mesma letra minúscula (na coluna), não diferem entre si pelo teste de Student-Newman-Keuls a 5% de probabilidade.

Estudando a matéria orgânica associada a argila, silte e areia, DALAL e MAYER (1986) verificaram, em cultivos de cereais por um período de 20 a 70 anos, pouca influência do cultivo sobre a matéria orgânica ligada à fração silte, perda rápida daquela ligada à areia, caindo de 26 para 12% e observaram que a fração argila exercia proteção da matéria orgânica contra a degradação por microorganismos e por enzimática do solo, aumentando o teor de carbono orgânico ligado a esta fração de 48 para 61%. Observa-se assim, que o tempo de cultivo afeta o comportamento da matéria orgânica do solo, sendo que esses fatores influenciam na proteção que as classes texturais oferecem a essa matéria orgânica, contra a ação microbiana e dos agentes erosivos.



Quadro 8 - Percentagem de nitrogênio total<sup>(1)</sup> de um Podzólico Vermelho-Amarelo, sob quatro coberturas vegetais, em três profundidades, em quatro frações do solo (Fr)

Prof. <sup>(2)</sup>	Fração	Cobertura Vegetal			
		Mata	Cacau	Seringal	Pasto
P <sub>1</sub> (0-10)	Fr 2,0-1,0	0,26 b AB	0,21 a C	0,25 a B	0,28 b A
	Fr 1,0-0,5	0,29 b A	0,20 a D	0,24 a C	0,27 b B
	Fr 0,5-0,053	0,29 b A	0,19 a C	0,24 a B	0,28 b A
	Fr < 0,053	0,40 a A	0,26 a D	0,31 a C	0,35 a B
P <sub>2</sub> (10-20)	Fr 2,0-1,0	0,15 a A	0,12 a B	0,15 a A	0,13 b AB
	Fr 1,0-0,5	0,20 a A	0,11 a B	0,14 a B	0,14 b B
	Fr 0,5-0,053	0,14 a AB	0,12 a B	0,15 a A	0,15 ab A
	Fr < 0,053	0,21 a A	0,18 a B	0,17 a B	0,21 a A
P <sub>3</sub> (20-40)	Fr 2,0-1,0	0,11 a A	0,09 a A	0,10 a A	0,08 a A
	Fr 1,0-0,5	0,11 a A	0,09 a AB	0,11 a AB	0,08 a B
	Fr 0,5-0,053	0,10 a A	0,09 a AB	0,11 a A	0,07 a B
	Fr < 0,053	0,12 a A	0,10 a A	0,12 a A	0,12 a A

<sup>(1)</sup> Nitrogênio total das frações do solo em cada nível de cobertura vegetal versus profundidade, e das coberturas vegetais em cada nível de profundidade versus fração do solo.

Dentro de cada Profundidade, médias seguidas de pelo menos uma mesma letra minúscula (na coluna) e maiúscula (na linha), não diferem entre si pelo teste de Student-Newman-Keuls a 5% de probabilidade.

### 3.1.6. Soma e saturação de bases e capacidade de troca catiônica

De modo geral, os níveis verificados foram altos (CFSEMG, 1989), revelando um solo de alta fertilidade natural (Quadro 9). Excetuam-se os valores da saturação de bases que apresentaram níveis médio, afora as áreas sob mata e cacau na camada de 0-10 cm, onde esta saturação foi alta. Os maiores valores desta camada relacionam-se com a MO e as bases presentes.



Quadro 9 - Soma de bases (SB), saturação de bases (V) e capacidade de troca catiônica total (CTCt), de um Podzólico Vermelho-Amarelo, sob quatro coberturas vegetais, em três profundidades

Variável	Prof. (cm)	Cobertura Vegetal				Média
		Mata	Cacau	Seringal	Pasto	
SB ( $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ )	P <sub>1</sub> (0-10)	18,16 a A	15,59 a B	12,64 a C	10,05 a D	14,06
	P <sub>2</sub> (10-20)	13,91 b A	11,54 b B	9,21 b B	9,17 a B	10,96
	P <sub>3</sub> (20-40)	13,09 b A	12,36 b A	7,89 c C	9,93 a B	10,82
	Média	15,05	13,16	9,85	9,72	11,94
V (%)	P <sub>1</sub> (0-10)	80,56 a A	82,24 a A	68,92 a B	62,58 b B	73,57
	P <sub>2</sub> (10-20)	78,80 a A	73,99 b A	64,12 b B	66,02 ab B	70,73
	P <sub>3</sub> (20-40)	76,70 a A	73,24 b AB	59,36 c C	68,04 a B	69,33
	Média	78,68	76,49	64,13	65,54	71,21
CTCt ( $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ )	P <sub>1</sub> (0-10)	22,54 a A	18,95 a B	17,98 a BC	16,05 a C	18,88
	P <sub>2</sub> (10-20)	17,63 b A	15,62 c B	14,25 b B	13,85 b B	15,34
	P <sub>3</sub> (20-40)	17,05 b A	16,86 b A	13,17 b B	14,61 b B	15,42
	Média	19,07	17,14	15,13	14,84	16,54

Para cada variável, médias seguidas de pelo menos uma mesma letra minúscula (na coluna) e maiúscula (na linha), não diferem entre si pelo teste de Student-Newman-Keuls a 5% de probabilidade.

Em todas as variáveis registradas, os maiores valores tendem a ocorrer nas áreas sob mata e sob cacau. Para a primeira área há influência da MO e das bases; e para a segunda pode haver também efeito de adubações. A reciclagem de elementos é um processo importante para estes resultados.

Nas áreas sob pasto, apesar de se verificar o segundo maior teor de Corg, revelaram-se menores valores de CTC, possivelmente em decorrência da presença de classes texturais maiores.

Na pesquisa em que analisou propriedades de um latossolo sob eucalipto, mata e pastagem, FONSECA (1984) verificou ser a mata muito eficiente como recicladora de nutrientes e, tendo esta como



vegetação clímax. O eucalipto e a pastagem passam a ser alteradores do ecossistema e, nessa ordem, constituem uma seqüência de empobrecimento. Conforme o autor, os teores mais elevados de P, K, Ca e Mg no solo sob pastagem, comparativamente àqueles sob eucalipto, podem ser atribuídos à distribuição diferencial dos nutrientes no solo e na biomassa. Na pastagem a biomassa detém uma menor quantidade de nutrientes, ficando a maior porção desses em solução ou adsorvido aos colóides minerais e orgânicos do solo. Por outro lado, no eucaliptal a maior parte dos nutrientes encontra-se imobilizada na biomassa. Com base no exposto, a pastagem representaria a unidade mais frágil. A imobilização de grandes quantidades de nutrientes na biomassa coloca a vegetação de floresta como conservadora por excelência.

O comportamento notado para a Capacidade de Troca Catiônica efetiva (CTCe) foi idêntico àquele para a Soma de Bases (SB), em função da ausência de  $Al^{3+}$  no solo estudado.

### **3.1.7. Carbono mineralizável**

O carbono mineralizável do solo, estimado por meio da evolução de  $CO_2$ , foi determinado cumulativamente para os tempos de incubação de 24, 72, 120, 168, 240, 336, 432, 552 e 720 horas, comparando-se o efeito das coberturas vegetais e da profundidade no perfil analisado (Figura 4).

O estudo do carbono mineralizável é uma das maneiras de se interpretar e se demonstrar a dinâmica da atividade dos microrganismos. Dentre os fatores que afetam essa atividade no solo, MELO (1994) cita: fonte de energia, relação C/N, relações de antagonismo e sinergismo, temperatura, umidade, relação água/ar, disponibilidade de nutrientes, radiação solar.

Houve pronunciada diminuição da atividade microbiana com o aprofundamento no perfil do solo, notando-se que cada camada apresenta valores aproximados correspondentes à metade da camada logo acima.

As áreas sob pasto e sob mata revelaram maiores valores de carbono mineralizável, sendo que sob mata os valores se destacaram até

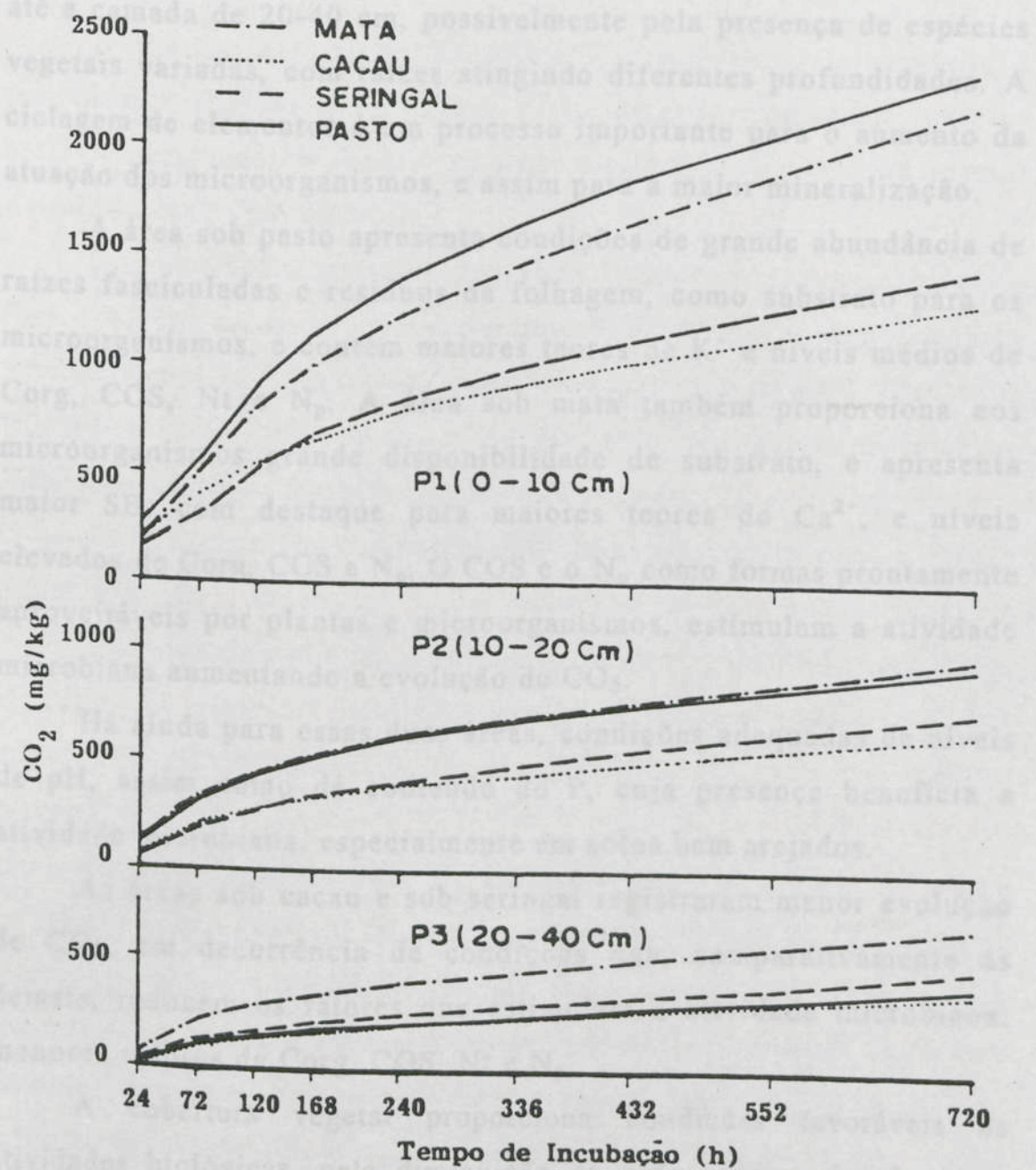


Figura 4 - Dióxido de carbono acumulado evoluído em amostras de um Podzólico Vermelho-Amarelo, sob quatro coberturas vegetais, em três profundidades.



Houve pronunciada diminuição da atividade microbiana com o aprofundamento no perfil do solo, notando-se que cada camada apresentou valores aproximados correspondentes à metade da camada logo acima.

As áreas sob pasto e sob mata revelaram maiores valores de carbono mineralizável, sendo que sob mata os mesmos se destacaram até a camada de 20-40 cm, possivelmente pela presença de espécies vegetais variadas, com raízes atingindo diferentes profundidades. A ciclagem de elementos é um processo importante para o aumento da atuação dos microorganismos, e assim para a maior mineralização.

A área sob pasto apresenta condições de grande abundância de raízes fasciculadas e resíduos da folhagem, como substrato para os microorganismos, e contém maiores teores de  $K^+$  e níveis médios de Corg, COS, Nt e  $N_p$ . A área sob mata também proporciona aos microorganismos grande disponibilidade de substrato, e apresenta maior SB, com destaque para maiores teores de  $Ca^{2+}$ , e níveis elevados de Corg, COS e  $N_p$ . O COS e o  $N_p$  como formas prontamente aproveitáveis por plantas e microorganismos, estimulam a atividade microbiana aumentando a evolução de  $CO_2$ .

Há ainda para essas duas áreas, condições adequadas de níveis de pH, assim como de conteúdo de P, cuja presença beneficia a atividade microbiana, especialmente em solos bem arejados.

As áreas sob cacau e sob seringal registraram menor evolução de  $CO_2$ , em decorrência de condições que, comparativamente às demais, reduzem os fatores que estimulam a atividade microbiana: menores valores de Corg, COS, Nt e  $N_p$ .

A cobertura vegetal proporciona condições favoráveis às atividades biológicas, pela diminuição da ação erosiva de chuvas e ventos, e redução da amplitude das variações térmicas e hídricas na superfície do solo (DOMMERMUES e MANGENOT, 1970). De modo



geral, esta foi a condição verificada para as áreas aqui estudadas, e que deve ser um dos princípios básicos no manejo dos solos.

### 3.2. Análises físicas do solo

#### 3.2.1. Análise textural

A análise textural do Podzólico Vermelho-Amarelo estudado é resumida no Quadro 10, revelando efeito da cobertura vegetal para as areias grossa, média e fina, e dos fatores principais - cobertura vegetal e profundidade - para a argila.

Para as frações texturais das areias muito grossa, grossa, média e fina, observou-se, como um comportamento geral, que há decréscimo na percentagem destas, na ordem: pasto, cacau, mata e seringal. Para estas frações a área sob pasto e aquela sob seringal apresentaram, respectivamente, as maiores e as menores percentagens.

Ao contrário do comportamento geral observado para a fração areia, a argila ocorreu em maior proporção na área sob seringal. A maior presença da argila na camada mais profunda, de 20-40 cm, reflete a participação desta fração granulométrica no horizonte genético B, que vai de 22 a 85 cm conforme SILVA e MELO (1970), para esse solo B-textural.

As maiores proporções de areia na área sob pasto, podem se relacionar com o possível fenômeno de erosão ou ainda de eluviação de argila, causando aumento relativo da fração areia, estando esta área mais exposta à ação d'água. Analisando possíveis alterações da textura de solos arenosos, nos seus primeiros 15 cm, AINA (1979) verificou aumento da areia e diminuição do silte nas áreas cultivadas em relação àquelas sob pastagens. Observou-se que as diferenças foram maiores após dez anos de cultivo, e que este fato pode estar relacionado ao provável transporte seletivo de partículas finas, pela erosão.



Quadro 10 - Análise textural de um Podzólico Vermelho-Amarelo, sob quatro coberturas vegetais, em três profundidades

Fração Textural	Prof. (cm)	Cobertura Vegetal				Média
		Mata	Cacau	Seringal	Pasto	
AMG (%)	P <sub>1</sub> (0-10)	1,00	1,00	1,00	2,20	1,30
	P <sub>2</sub> (10-20)	1,60	1,00	1,40	2,60	1,65
	P <sub>3</sub> (20-40)	1,00	2,00	1,20	2,20	1,60
	Média	1,20	1,33	1,20	2,33	1,51
AG (%)	P <sub>1</sub> (0-10)	2,00	3,20	2,00	4,40	2,90
	P <sub>2</sub> (10-20)	3,00	3,00	1,60	4,20	2,95
	P <sub>3</sub> (20-40)	2,80	3,20	1,80	4,00	2,95
	Média	2,60 C	3,13 B	1,80 D	4,20 A	2,93
AM (%)	P <sub>1</sub> (0-10)	11,00	14,00	7,20	12,80	11,25
	P <sub>2</sub> (10-20)	12,00	13,00	6,40	13,60	11,25
	P <sub>3</sub> (20-40)	10,60	10,60	6,40	13,80	10,35
	Média	11,20 B	12,53 A	6,66 C	13,40 A	10,95
AF (%)	P <sub>1</sub> (0-10)	21,00	22,60	17,20	23,20	21,00
	P <sub>2</sub> (10-20)	22,40	22,00	15,40	21,80	20,40
	P <sub>3</sub> (20-40)	20,40	19,40	14,00	19,60	18,35
	Média	21,26 A	21,33 A	15,53 B	21,53 A	19,91
AMF (%)	P <sub>1</sub> (0-10)	16,20	16,00	18,40	16,60	16,80
	P <sub>2</sub> (10-20)	18,40	17,80	19,00	14,80	17,50
	P <sub>3</sub> (20-40)	17,80	16,80	17,60	15,60	16,95
	Média	17,46	16,68	18,33	15,66	17,08
Silte (%)	P <sub>1</sub> (0-10)	19,20	14,80	13,40	8,80	14,05
	P <sub>2</sub> (10-20)	11,40	11,20	12,60	14,80	12,50
	P <sub>3</sub> (20-40)	14,80	11,00	10,60	11,00	11,85
	Média	15,13	12,33	12,20	11,53	12,80
Argila (%)	P <sub>1</sub> (0-10)	29,60	28,40	40,80	32,00	32,70 b
	P <sub>2</sub> (10-20)	31,20	32,00	43,60	28,20	33,75 b
	P <sub>3</sub> (20-40)	32,60	37,00	48,40	33,80	37,95 a
	Média	31,13 B	32,46 B	44,26 A	31,33 B	34,80

AMG = areia muito grossa; AG = areia grossa; AM = areia média; AF = areia fina; AMF = areia muito fina.

Para cada fração textural, médias seguidas de pelo menos uma mesma letra minúscula (na coluna) e maiúscula (na linha), não diferem entre si pelo teste de Student-Newman-Keuls a 5% de probabilidade.



Ao contrário dos solos com maiores teores de material félsico, onde se teria maiores percentagens de areia, a ocorrência de rochas máficas promoveria formação de argila. O maior teor de argila na área sob seringal, em relação às demais, apesar da mesma unidade de solo, pode ser atribuído às variações do material de origem do embasamento cristalino.

A textura do solo é praticamente estável, sofrendo apenas pequenas modificações em função do manejo, particularmente na camada superficial (BRADY, 1979). Em geral não se pode dizer se uma determinada textura é boa ou não apenas com base na proporção das suas frações (GAUCHER, 1971). Faz-se necessário atentar para a intensidade da influência de cada constituinte no solo, ressaltando-se que, dentre as frações granulométricas, aquela que determina de maneira mais significativa o comportamento físico-químico do solo é a fração argila. Isto é importante para o entendimento dos resultados de agregados, retenção de umidade e conteúdo de fósforo, nas áreas de estudo.

### **3.2.2. Densidades do solo e de partícula, volume de poros e umidade do solo**

Para a densidade do solo ( $D_s$ ) e a umidade do solo houve efeito da interação cobertura vegetal x profundidade, enquanto que a densidade de partícula ( $D_p$ ) e o volume de poros (VP) apresentaram influência de fatores principais - cobertura vegetal e profundidade.

Além de refletir as maiores quantidades de areia os valores de  $D_s$  mais elevados nas áreas sob pasto (Quadro 11), podem estar revelando também uma possível ação de pisoteio do gado, em anos anteriores. Quanto aos valores também mais altos das áreas sob cacau, podem estar relacionados com o histórico de uso, que abrange atividades mais intensivas, na presente plantação, de forma a provocar grande movimentação humana e de animais de carga, considerando-se a característica de mínima utilização de máquinas agrícolas na cultura.



Quadro 11 - Densidade do solo (Ds), densidade de partícula (Dp), volume de poros (VP), e umidade do solo na amostragem (UMID), de um Podzólico Vermelho-Amarelo, sob quatro coberturas vegetais, em três profundidades

Variável	Prof. (cm)	Cobertura Vegetal				Média
		Mata	Cacau	Seringal	Pasto	
Ds (g/cm <sup>3</sup> )	P <sub>1</sub> (0-10)	0,95 c B	1,21 b A	1,12 b A	1,17 c A	1,11
	P <sub>2</sub> (10-20)	1,16 b B	1,31 a A	1,22 a B	1,36 b A	1,26
	P <sub>3</sub> (20-40)	1,28 a B	1,35 a AB	1,28 a B	1,43 a A	1,34
	Média	1,13	1,29	1,21	1,32	1,23
Dp (g/cm <sup>3</sup> )	P <sub>1</sub> (0-10)	2,50	2,45	2,32	2,32	2,39
	P <sub>2</sub> (10-20)	2,46	2,56	2,36	2,40	2,44
	P <sub>3</sub> (20-40)	2,47	2,41	2,29	2,39	2,39
	Média	2,48 A	2,47 A	2,32 B	2,37 B	2,41
VP (%)	P <sub>1</sub> (0-10)	61,85	50,46	51,50	49,11	53,23 a
	P <sub>2</sub> (10-20)	52,81	48,41	48,39	43,06	48,17 b
	P <sub>3</sub> (20-40)	47,98	43,49	43,88	40,03	43,85 c
	Média	54,21 A	47,45 B	47,93 B	44,07 C	48,41
UMID (%)	P <sub>1</sub> (0-10)	45,45 a A	38,28 a B	41,16 a AB	42,38 a AB	41,82
	P <sub>2</sub> (10-20)	31,87 b A	31,86 b A	34,86 b A	30,32 b A	32,22
	P <sub>3</sub> (20-40)	29,00 b B	32,32 b AB	35,47 b A	28,70 b B	31,37
	Média	35,44	34,15	37,16	33,80	35,13

Para cada variável, médias seguidas de pelo menos uma mesma letra minúscula (na coluna) e maiúscula (na linha), não diferem entre si pelo teste de Student-Newman-Keuls a 5% de probabilidade.

Os menores valores de Ds de 0-10 cm e o seu aumento de 20-40 cm, refletem, respectivamente, a presença da MO e a indicação do início da camada de iluviação, neste podzólico.

Os maiores valores de VP tanto no solo da mata, dentre as coberturas vegetais, quanto na camada de 0-10 cm, dentre as profundidades, refletem o maior conteúdo de MO. O menor VP verificado nas áreas sob pasto, pode ser consequência da maior proporção da areia, em relação às demais áreas.



Principalmente nas condições de textura mais fina e conteúdo de água elevado, as forças externas que vêm do pisoteio animal causam mais problemas de compressão na superfície dos solos. Em áreas de pastagens (INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUÁRIO, 1985) verificou-se que, por efeito do pisoteio, a compactação atingiu profundidades entre 10 e 15 cm.

### 3.2.3. Estabilidade de agregados

Ocorreram alterações nos agregados de diâmetros 2,00-1,00 e 0,21-0,105 mm por efeito da interação cobertura vegetal x profundidade; naqueles de diâmetro 1,00-0,50 e 0,50-0,21 mm por influência tanto da cobertura vegetal quanto da profundidade; e naqueles de diâmetro 0,105-0,053 mm por efeito da cobertura vegetal ( $P < 0,05$ ).

A área sob pasto não obstante apresentar maior percentagem de areia, foi uma das áreas com maior teor de matéria orgânica provavelmente associada à presença abundante de raízes, favorecendo a formação de agregados maiores (Quadro 12). Nessas áreas pode-se observar, visualmente, uma maior presença de minhocas, dentre as áreas estudadas. Dados de campo e laboratório, permitiram a BRUSSAARD et al. (1990) concluir que a proporção de agregados estáveis em água, em Ultisols e solos fluviais, aumentou com a presença de minhocas.

Os dados obtidos estão condizentes com outros estudos. Em solos argilosos, foi verificado por SILVA e MIELNICZUK (1994) que a densidade de raízes apresentou alta correlação com a formação e estabilidade de agregados. No mesmo estudo e na área sob gramíneas perenes, os autores observaram que a densidade de raízes destas plantas e as condições por elas desenvolvidas devem ser responsáveis pela melhor agregação do solo nestas áreas. Os efeitos



Quadro 12 - Estabilidade de agregados em água para cinco classes de diâmetro (Agr.  $\emptyset$ ), de um Podzólico Vermelho-Amarelo, sob quatro coberturas vegetais, em três profundidades

Classe de Diâmetro	Prof. (cm)	Cobertura Vegetal				Média
		Mata	Cacau	Seringal	Pasto	
Agr. $\emptyset$ 2,00-1,00 mm (%)	P <sub>1</sub> (0-10)	3,31 a C	2,31 a C	8,61 a A	6,39 a B	5,15
	P <sub>2</sub> (10-20)	1,39 b BC	0,78 a C	2,90 b AB	4,47 b A	2,38
	P <sub>3</sub> (20-40)	0,82 b A	0,90 a A	1,56 b A	2,23 c A	1,38
	Média	1,84	1,33	4,36	4,36	2,97
Agr. $\emptyset$ 1,00-0,50 mm (%)	P <sub>1</sub> (0-10)	3,94	3,03	5,36	4,10	4,11 a
	P <sub>2</sub> (10-20)	2,74	0,91	3,40	3,86	2,73 b
	P <sub>3</sub> (20-40)	1,66	0,63	2,22	2,49	1,75 c
	Média	2,78 B	1,52 C	3,66 A	3,48 A	2,86
Agr. $\emptyset$ 0,50-0,21 mm (%)	P <sub>1</sub> (0-10)	6,96	5,12	4,37	5,38	5,46 a
	P <sub>2</sub> (10-20)	5,55	2,47	4,25	4,45	4,18 b
	P <sub>3</sub> (20-40)	3,93	2,20	3,90	3,77	3,45 c
	Média	5,48 A	3,26 C	4,17 B	4,53 B	4,36
Agr. $\emptyset$ 0,21-0,105 mm (%)	P <sub>1</sub> (0-10)	3,97 a AB	4,67 a A	2,10 b B	4,03 a AB	3,69
	P <sub>2</sub> (10-20)	4,41 a A	4,69 a A	2,34 b B	1,88 b B	3,33
	P <sub>3</sub> (20-40)	3,01 a A	4,71 a A	4,78 a A	1,21 b B	3,43
	Média	3,80	4,69	3,07	2,37	3,48
Agr. $\emptyset$ 0,105-0,053 mm (%)	P <sub>1</sub> (0-10)	3,04	4,07	0,84	2,56	2,63
	P <sub>2</sub> (10-20)	1,76	2,65	0,88	0,66	2,09
	P <sub>3</sub> (20-40)	1,98	2,96	1,53	1,89	1,49
	Média	2,26 B	3,22 A	1,08 C	1,70 BC	2,06

Para cada classe de diâmetro, médias seguidas de pelo menos uma mesma letra minúscula (na coluna) e maiúscula (na linha), não diferem entre si pelo teste de Student-Newman-Keuls a 5% de probabilidade.

das gramíneas sobre a agregação decorrem da adição de carbono e ação do sistema radicular (aproximação entre partículas por variação de umidade e pressão de crescimento, exsudação e microorganismos associados), conforme dados de TESTA (1989) e PALADINI e MIELNICZUK (1991).



A área sob seringal, também com maior percentagem de agregados maiores, foi aquela que apresentou maior teor de argila, podendo-se considerar nesta área a hipótese quanto à ação de exsudatos radiculares de *Euphorbiaceae*, como a seringueira, atuando sobre a agregação de solo. O látex é, segundo RAWITSCHER (1976), um exemplo de substância que é secretada e excretada quando do ferimento do vegetal, inclusive das raízes, e que se apresenta em forma de emulsão composta de gotículas de resina, goma e gordura dispersas em uma solução aquosa. Em contato com o ar, o látex se coagula. Constatou-se visualmente escoamento de grande volume de látex, a partir das raízes das seringueiras, ao longo da parede da trincheira aberta para amostragem do solo. As raízes eram relativamente abundantes. Como ocorrem fermentos nas raízes, durante o seu crescimento no interior do solo, com possível exsudação de látex e outros compostos orgânicos, levanta-se a hipótese de que o látex pode alterar a agregação do solo.

Para os menores agregados medidos (0,105-0,053 mm) a percentagem cresceu na ordem seringal, pasto, mata e cacau; esta ordem se inverteu para os agregados maiores (2,00-1,00 mm).

Observando-se o comportamento dos agregados em relação à profundidade do solo, notou-se que a ocorrência daqueles maiores na camada de 0-10 cm, pode decorrer da maior quantidade de matéria orgânica, representada pelos teores de carbono orgânico e nitrogênio, criando melhores condições para atuação dos microorganismos.

Os danos sobre a estrutura, pelo fracionamento dos agregados maiores e conseqüente diminuição dos macroporos e aumento dos microporos e da densidade do solo, decorrem, de maneira mais nociva, dos sistemas de manejo que adotam revolvimento intensivo do solo e não proporcionam adições de matéria orgânica (CARPENEDO e MIELNICZUK, 1990). A vegetação e seus resíduos



protegem os agregados da superfície do solo contra a desagregação pelo impacto das gotas de chuva e evitando variações bruscas de umidade e temperatura.

#### 3.2.4. Argila dispersa em água e grau de floculação

Os dados da argila dispersa em água (ADA) e do grau de floculação (GF) estão apresentados no Quadro 13, e revelam efeitos da interação cobertura vegetal x profundidade ( $P < 0,05$ ).

A área sob seringal superou as demais quanto a percentagem de ADA, seguida daquela sob cacau. Deve-se notar que nesta ordem, estas áreas também apresentaram mais argila total (Quadro 9). Para todas as coberturas vegetais, à medida que se aprofundou no perfil estudado, houve um aumento da ADA, a exemplo do que ocorreu com a argila total.

O GF do solo expressa a diferença entre a argila total e a ADA, em relação à argila total. Principalmente para a camada 0-10 cm, as condições que poderiam estar criando um ambiente de maior floculação, como no caso das áreas sob mata, principalmente, relacionam-se com a maior presença de bases. Para as áreas sob pasto, o maior GF pode ser explicado com base na tendência aos valores menores de pH e mais elevados de  $H + Al$ . Com aumento do pH e conseqüente aumento das cargas negativas, eleva-se o potencial eletrocinético das partículas, verificando-se aumento da dispersão.

Analisando-se o GF na camada 20-40 cm, observou-se uma inversão, passando a área sob cacau, principalmente, a apresentar maiores valores, seguida daquela área sob seringal. Nota-se que estas duas áreas têm maior percentagem de argila total. Além disso, sob o cacau particularmente, verificou-se menor ADA.



Quadro 13 - Argila dispersa em água (ADA) e grau de flocculação (GF), de um Podzólico Vermelho-Amarelo, sob quatro coberturas vegetais, em três profundidades

Variável	Prof. (cm)	Cobertura Vegetal				Média
		Mata	Cacau	Seringal	Pasto	
ADA (%)	P <sub>1</sub> (0-10)	6,18 c B	10,12 a A	13,04 b A	6,47 c B	8,95
	P <sub>2</sub> (10-20)	12,02 b B	11,55 a B	18,31 a A	11,71 b B	13,39
	P <sub>3</sub> (20-40)	15,72 a B	10,65 a C	21,11 a A	18,99 a AB	16,61
	Média	11,30	10,77	17,48	12,39	12,98
GF (%)	P <sub>1</sub> (0-10)	78,80 a A	63,78 a B	67,38 a B	79,74 a A	72,42
	P <sub>2</sub> (10-20)	62,05 b A	63,33 a A	57,52 a A	58,49 b A	60,33
	P <sub>3</sub> (20-40)	51,60 c BC	71,15 a A	56,49 a B	42,63 c C	55,45
	Média	64,14	66,08	60,45	60,27	62,73

Para cada variável, médias seguidas de pelo menos uma mesma letra minúscula (na coluna) e maiúscula (na linha), não diferem entre si pelo teste de Student-Newman-Keuls a 5% de probabilidade.

Com exceção da área sob cacau, mesmo sem haver diferença estatística, notou-se um comportamento crescente dos valores de GF no sentido das camadas mais superficiais. Esta situação reflete a presença de bases e, provavelmente, também a crescente tendência da acidez potencial no sentido da superfície.

Observando-se os valores médios de GF, verificou-se uma tendência inversa ao comportamento esperado em relação aos teores de Na<sup>+</sup>.

O Na<sup>+</sup> ao promover a dispersão de partículas, criaria condições indesejáveis, ao contrário da presença de Al<sup>3+</sup>, Fe<sup>3+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup> e H<sup>+</sup> que tenderiam a estimular o fenômeno de flocculação (COSTA, 1985). Deve-se entender, no entanto, que flocculação não é granulação, por não proporcionar a estabilização dos agregados; a granulação vem, na seqüência da estabilização, com ação da MO e outros agentes cimentantes.



A dispersão é favorecida pela presença de cátions monovalentes de grande raio de hidratação, como o  $\text{Na}^+$ , podendo ser a água de chuvas um veículo deste elemento. Esta situação pode ser agravada em solos com gradiente textural (OLIVEIRA, 1992) nos quais a estrutura é descrita como fraca nos horizontes superficiais. Nestes a substituição da vegetação natural por culturas, vem intensificar os ciclos de umedecimento e secagem, o que altera o pedoclima, levando a alterações físico-químicas com conseqüente dispersão e movimentação de argilas. Criam-se, então, condições para a compactação do solo.

Dentre as práticas de manejo que podem provocar prejuízos para a estrutura do solo, KIEHL (1979) cita o efeito de fertilizantes que deixam como resíduos cátions dispersantes da argila. Os resultados observados para área sob cacau, única a receber adubação química dentre as estudadas, não confirmam o mencionado efeito.

O menor GF significa uma menor estabilidade de agregados, daí a necessidade da adoção de práticas que aumentem a proteção do solo, com vistas à manutenção de condições físicas favoráveis.

### 3.2.5. Retenção de umidade

Na avaliação da curva de retenção de umidade por efeito das coberturas vegetais, verificaram-se na camada  $P_1$  (0-10 cm) maiores valores para as áreas sob mata e seringal (Figura 5). Na mata, isto está associado possivelmente a um maior conteúdo de MO e menor percentagem da areia, enquanto que sob o seringal o solo contém maiores percentagens de argila e de agregados maiores (2,00-1,00 mm).

Na sequência, o solo sob pasto, que revelou maiores quantidades de argila, apresentou menor retenção de umidade. Por último, a área sob cacau que, além de possuir a segunda maior porcentagem de argila, apresentou a menor proporção dos agregados

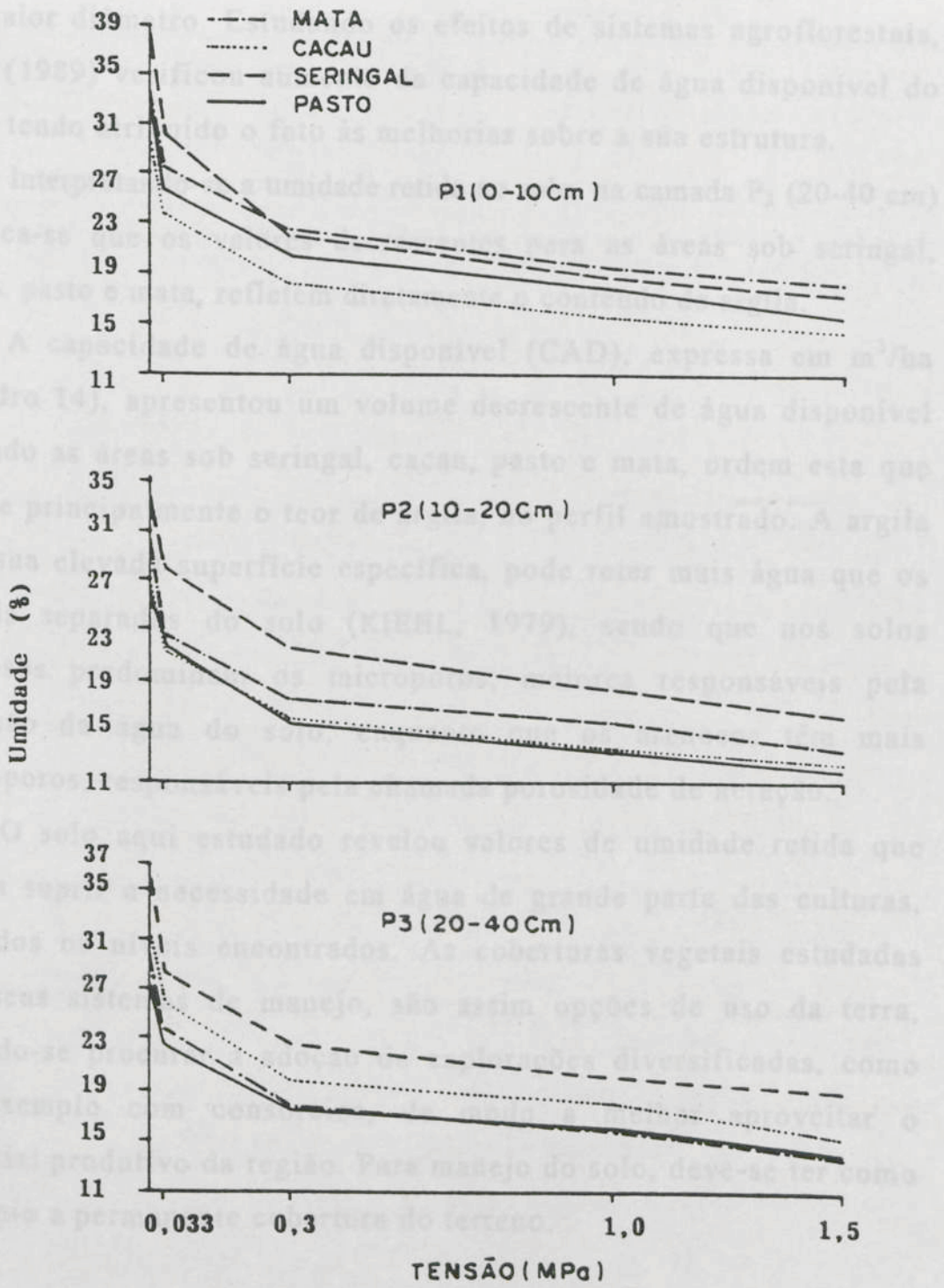


Figura 5 - Curvas de retenção de umidade (% em relação ao peso seco), de um Podzólico Vermelho-Amarelo, sob quatro coberturas vegetais, em três profundidades.



Na seqüência, o solo sob pasto, que revelou maiores quantidades de areia, apresentou menor retenção de umidade. Por último, a área sob cacau que, além de possuir a segunda maior percentagem de areia, apresentou a menor proporção dos agregados de maior diâmetro. Estudando os efeitos de sistemas agroflorestais, LAL (1989) verificou aumento da capacidade de água disponível do solo, tendo atribuído o fato às melhorias sobre a sua estrutura.

Interpretando-se a umidade retida no solo, na camada P<sub>3</sub> (20-40 cm) verifica-se que os valores decrescentes para as áreas sob seringal, cacau, pasto e mata, refletem diretamente o conteúdo de argila.

A capacidade de água disponível (CAD), expressa em m<sup>3</sup>/ha (Quadro 14), apresentou um volume decrescente de água disponível segundo as áreas sob seringal, cacau, pasto e mata, ordem esta que reflete principalmente o teor de argila, no perfil amostrado. A argila pela sua elevada superfície específica, pode reter mais água que os demais separados do solo (KIEHL, 1979), sendo que nos solos argilosos predominam os microporos, maiores responsáveis pela retenção da água do solo, enquanto que os arenosos têm mais macroporos, responsáveis pela chamada porosidade de aeração.

O solo aqui estudado revelou valores de umidade retida que podem suprir a necessidade em água de grande parte das culturas, mantidos os níveis encontrados. As coberturas vegetais estudadas com seus sistemas de manejo, são assim opções de uso da terra, devendo-se procurar a adoção de explorações diversificadas, como por exemplo com consórcios, de modo a melhor aproveitar o potencial produtivo da região. Para manejo do solo, deve-se ter como princípio a permanente cobertura do terreno.

**Quadro 14 - Capacidade de água disponível (CAD), de um Podzólico Vermelho-Amarelo, sob quatro coberturas vegetais, em três profundidades**

Variável	Prof. (cm)	Cobertura Vegetal				Média
		Mata	Cacau	Seringal	Pasto	
CAD (m <sup>3</sup> /ha)	P <sub>1</sub> (0-10)	90,29	119,40	143,19	118,18	117,77 b
	P <sub>2</sub> (10-20)	110,36	119,48	134,95	133,63	124,61 b
	P <sub>3</sub> (20-40)	256,44	282,14	251,27	246,14	259,00 a
	Média	152,36 b	173,68 a	176,47 a	165,98 ab	167,12

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra minúscula (na coluna) e maiúscula (na linha), não diferem entre si pelo teste de Student-Newman-Keuls a 5% de probabilidade.

Os principais solos indicados para a cacauicultura incluem aqueles com B-textural. Na região sudeste da Bahia, assim como em outras produtoras de cacau, os solos têm sido conservados com base na própria estrutura da lavoura, com existência de diferentes estratos vegetais, como plantas de sombreamento. A medida que, por diversas razões, essas regiões passam por mudanças, entre as quais se inclui a substituição, total ou parcial, das plantações de cacau, por outras explorações agropecuárias, em parte são expostas do terreno, aumentando as preocupações quanto à conservação dos solos.

Esta pesquisa objetivou avaliar os efeitos de quatro coberturas vegetais (mata, cacau, seringal e pasto) sobre propriedades químicas, físicas e biológicas no perfil (0-10, 10-20 e 20-40 cm) de um Podzólico Vermelho-Amarelo eutrófico, no Centro de Pesquisas do Cacau (CEPEC), na região cacauceira da Bahia, Brasil.

Com base nas condições estudadas, os resultados mostraram que:

- As coberturas vegetais consideradas não promoveram grandes alterações nos atributos do podzólico estudado;



#### 4. RESUMO E CONCLUSÕES

Os principais solos indicados para a cacauicultura incluem aqueles com B-textural. Na região sudeste da Bahia, assim como em outras produtoras de cacau, os solos têm sido conservados com base na própria estrutura da lavoura, com existência de diferentes estratos vegetais, como plantas de sombreamento. À medida que, por diversas razões, essas regiões passam por mudanças, dentre as quais se inclui a substituição, total ou parcial, das plantações de cacau, por outras explorações agropecuárias, em geral mais expositoras do terreno, aumentam as preocupações quanto à conservação dos solos.

Esta pesquisa objetivou avaliar os efeitos de quatro coberturas vegetais (mata, cacau, seringal e pasto) sobre propriedades químicas, físicas e biológicas no perfil (0-10, 10-20 e 20-40 cm) de um Podzólico Vermelho-Amarelo eutrófico, no Centro de Pesquisas do Cacau (CEPEC), na região cacaueira da Bahia, Brasil.

Com base nas condições estudadas, os resultados mostraram que:

- As coberturas vegetais consideradas não promoveram grandes alterações nos atributos do podzólico estudado;

- O histórico de uso com intensas atividades na área sob cacau e de sub-utilização, em grande parte do tempo, na área sob pasto, revela que estas áreas não representam os padrões dos sistemas de manejo adotados na região;
- Como indicativo de pesquisas futuras, levanta-se a hipótese quanto às alterações sobre a agregação do solo, por influência do látex das seringueiras, exsudado pelo sistema radicular durante seu crescimento;
- Podem-se sugerir, para a região, atividades agropecuárias baseadas em sistemas múltiplos, que se utilizem de cobertura vegetal, ao longo do ano, como a partir de sistemas agrossilvipastoris; e
- Recomenda-se o desenvolvimento de estudos semelhantes incluindo o cacau cultivado em sistema de cabruca, e envolvendo outras potencialidades agrícolas da região como fruteiras, palmáceas, especiarias, cultivos anuais, silvicultura.

BARTLETT, R. J., ROSS, S. D. Colorimetric determination of oxidizable carbon in soil solution. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, Madison, v. 32, n. 4, p. 1191-1192, 1968.

BAVER, L. A., GARDNER, W. H., GARDNER, W. R. Física de solos. *Bol. Agros. Centro Regional de Ayuda Técnica*, 1973. 519p.

BERNARDO, S. Manual de irrigação. Viçosa, MG: UPV, 1987. 487p.

BRADY, N. C. *Naturaleza e propriedades dos solos*. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1979. 647p.

BRUSSAARD, L., COLEMAN, D. C., CROSSLEY JR., D. A. et al. Impacts of earthworms on soil aggregate stability. *Agric. Ecosyst. Environ.*, Amsterdam, v. 30, n. 1/2, p. 45-52, 1990. (Abstract).



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BLUFORD, F. R., BREMNER, J. M. Relationships between the denitrification capacities of soils and total, water-soluble and organic (composabl) soil organic matter. *Soil Biol. Biochem.*, Oxford, v.7, n.5, p.349-394, 1975.
- CANTARUTTI, R. B. Dinâmica do nitrogênio em pastagens de *Brachiaria humidicola* em monocultivo e consorciada com *Desmodium ovalifolium*, cv. Itabela, no sul da Bahia. Viçosa, MG. 83p. Dissertação (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas), Universidade Federal de Viçosa, 1996.
- CARPENEDO, V., MELNICZUK, J.M. Estado de apogeados e qualidade de solos de pastagens de *Brachiaria humidicola* e *Desmodium ovalifolium*. *Revista de Agricultura*, Campinas, v.4, n.1, p.99-105, 1990.
- CARVALHO, L. J. M. Efeito de sistemas de manejo sobre algumas propriedades físicas e químicas de um Podzólico Vermelho.
- ADAMS, T.M. The effects of agronomy on C and N distribution in soil organo-mineral fractions. *J. Agric. Sci., Cambridge*, v.98, n.2, p.335-342, 1982.
- AINA, P.O. Soil changes resulting from long-term management practices in Wester Nigeria. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, Madison, v.43, n.1, p.173-177, 1979.
- BARTLETT, R. J., ROSS, S. D. Colorimetric determination of oxidizable carbon in soil solution. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, Madison, v.52, n.4, p.1191-1192, 1988.
- BAVER, L.A., GARDNER, W.H., GARDNER, W.R. **Física de solos**. Buenos Aires: Centro Regional de Ayuda Técnica, 1973. 519p.
- BERNARDO, S. **Manual de irrigação**. Viçosa, MG: UFV, 1987. 487p.
- BRADY, N. C. **Natureza e propriedades dos solos**. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1979. 647p.
- BRUSSAARD, L., COLEMAN, D.C., CROSSLEY Jr., D.A. et al. Impacts of earthworms on soil aggregate stability. *Agric. Ecosyst. Environ.*, Amsterdam. v.30, n.1/2, p.45-52, 1990. (Abstract).

- BURFORD, F. R., BREMNER, J. M. Relationships between the denitrification capacities of soils and total, water-soluble and readily decomposable soil organic matter. *Soil Biol. Biochem.*, Oxford, v.7, n.6, p.389-394, 1975.
- CANTARUTTI, R. B. **Dinâmica do nitrogênio em pastagens de *Brachiaria humidicola* em monocultivo e consorciada com *Desmodium ovalifolium*, cv. Itabela, no sul da Bahia.** Viçosa, MG. 83p. Dissertação (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas). Universidade Federal de Viçosa, 1996.
- CARPENEDO, V., MIELNICZUK, J.M. Estado de agregados e qualidade de agregados de latossolos roxos, submetidos a diferentes sistemas de manejo. *Rev. Bras. Ci. Solo*, Campinas, v.4, n.1, p.99-105, 1990.
- CARVALHO, E. J. M. **Efeito de sistemas de manejo sobre algumas propriedades físicas e químicas de um Podzólico Vermelho-Amarelo Câmbico Distrófico, fase terraço e sobre a produção de soja.** Viçosa, MG. 73p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa, 1984.
- CENTRO DE PESQUISAS DO CACAU. **Diversificação agropecuária. Programa regional de pesquisa : pecuária.** Ilhéus: CEPLAC, s.d. 50p.
- COMISSÃO EXECUTIVA DO PLANO DA LAVOURA CACAUEIRA -CEPLAC. INSTITUTO INTERAMERICANO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS - IICA. **Histórico econômico e social da região cacaueira.** Ilhéus, 1975. 147p. (Diagnóstico sócio-econômico da região cacaueira, 8).
- COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS - CFSEMG. **Recomendação para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. 4. Aproximação.** Lavras: ESAL, EPAMIG, 1989.176p.
- COSTA, J.B. **Caracterização e constituição do solo.** 3. ed. Lisboa: Calouste Gulbenkian, 1985. 526p.
- COSTA, L. M. **Caracterização das propriedades físicas e químicas dos solos de terraços fluviais, na região de Viçosa, e sua interpretação para uso agrícola.** Viçosa, MG. 55p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 1973.



- CRONAN, C. S., AIKEN, G. R. Chemistry and transport of soluble humic substances in forested watershed of the Adirondack Park, New York. *Goechim. Cosmochim. Acta.*, New York, v.49, n.9, p.1697-1705, 1985.
- CUNNINGHAM, R.K. The effect of clearing a tropical forest soil. *J. Soil Sci.*, Oxford, v.14, n.2, p.334-45, 1963.
- DADALTO, G. C. **Alterações em características físicas e químicas em uma área de caatinga hipoxerófila no município de Sebastião Laranjeiras, Bahia.** Viçosa, MG. 89p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa, 1983.
- DALAL, R.C., MAYER, R.J. Long-term trends in fertility of soils under continuous cultivation and cereal cropping in Southern Queensland. III. Distribution and kinetics of soil organic carbon in particle-size fractions. *Austr. J. Soil Sci. Res.*, Victoria, v.24, n.2, p.293-300. 1986.
- DEFELIPO, B. V., RIBEIRO, A.. C. **Análise química do solo.** Viçosa, MG: UFV, 1981. (Boletim de extensão, 19).
- DOMMERGUES, Y., MANGENOT, F. **Ecologie microbiene du sol.** Paris: Masson , 1970. 797p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos - EMBRAPA-SNLCS. **Manual de métodos de análise do solo.** Rio de Janeiro, 1979. n.p.
- ELLIOT, E.T., PALM, C.A., REUSS, D.E., MONZ, C.A. Organic matter contained in soil aggregates from a tropical chronosequence: correction for sand and light fraction. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, Amsterdam, v.37, n.1/4, p.443-451. 1991.
- FONSECA, S. **Propriedades físicas, químicas e microbiológicas de um Latossolo Vermelho-Amarelo sob eucalipto, mata natural e pastagem.** Viçosa, MG.. 78p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa, 1984.
- GAUCHER, G. **El suelo e sus características agronômicas.** Barcelona: Omega, 1971. 647p.



- GIANELLO, C., BREMNER, J.M. A simple chemical method of assessing potentially available organic nitrogen in soil. *Commum. Soil Sci. Plant Anal.*, New York, v.17, n.2, p.195-214, 1986.
- GILLMAN, G.P. The influence of net charge on water dispersible clay and sorbed sulphate. *Austr. J. Soil Res.*, Victoria, v.12, n.2, p.173-176, 1974.
- GOMES, J. B. V. **Caracterização, gênese e uso de solos de três sítios de restinga sob diferentes coberturas vegetais no Estado do Rio de Janeiro.** Viçosa, MG. 158p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa, 1995.
- GONÇALVES, E. **Geologia econômica e recursos minerais.** Ilhéus: IICA, CEPLAC, 1976. 137p. (Diagnóstico sócio-econômico da região cacauzeira, 6).
- GRAMACHO, I. C. P., MAGNO, A. E. S., MANDARINO, E. P. et al. **Cultivo e beneficiamento do cacau na Bahia.** Ilhéus: CEPLAC, 1992. 124p.
- GRISI, B. M. Método químico de medição da respiração edáfica: alguns aspectos técnicos. *Ciênc. Cult.*, São Paulo, v.30, n.1, p.82-88, 1978.
- INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO. **Informe de progreso. Programa de suelos.** Florência Caquetá: Macagual, 1985. 197p.
- JUCKSCH, I. **Calagem e dispersão de argila em amostras de um Latossolo Vermelho-Escuro.** Viçosa, MG. 37p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa, 1987.
- KEENEY, D.R. Nitrogen-availability index. In: PAGE, A.L., MILLER, R.H., KEENEY, D.R. **Methods of soil analysis. II - Chemical and microbiological properties.** 2 ed. Madison: Am. Soc. Agronomy, 1982. p.711-733.
- KIEHL, E.J. **Manual de edafologia.** São Paulo:Ceres, 1979. 264p.
- KLAMT, E., MIELNICZUK, J., SCHNEIDER, P. Degradation of properties of red brazilian subtropical soils by management. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON RED SOILS, 1983, Nanfing, China, **Proceedings...** Beijing, China: Science Press, 1986.p. 523-542. (Abstract).



- LAL, R. Agroforestry systems and soil surface management of a tropical alfisol: IV. Effects on soil physical and mechanical properties. *Agrofor. Syst.*, Dordrecht, v.8, n.3, p.197-215, 1989.
- LEÃO, A.C., MELO, A.A.O. Morfologia, mineralogia e características físico-químicas dos principais solos de cacau da Bahia, Brasil. *Rev. Theobroma. Ilhéus*, v.18, n.1, p.1-17, 1988.
- LOWRANCE, R., WILLIAMS, R.G. Carbon movement in runoff and erosion under simulated rainfall conditions. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, Madison, v.52, n.5, p.1445-1448, 1988.
- LUCAS, R.E., HOLTMAN, J.B., CONNOR, L.J. Soil carbon dynamics and cropping practices. In: LOCKERETZ, W. (Ed.) *Agriculture and energy*. New York: Academic Press, 1977. p.333-351
- LUTALADIO, N.B., WAHUA, T.A.T., HAHN, S.K. Effects of mulch on soil properties and on the performance of late season cassava (*Manihot esculenta* Crantz) on an acid Ultisol in Southwestern Zaire. *Tropicultura*, Brussels, v.10, n.1, p.20-26. 1992.
- MELO, W.J. Manejo visando à recuperação e conservação dos solos altamente susceptíveis à erosão: aspectos biológicos. In: PEREIRA, V.P. (Ed.). *Solos altamente susceptíveis à erosão*. Jaboticabal: FCAV, UNESP, SBCS, 1994. p.123-148.
- METZGER, W.H. & HIDE, J.C. Effects of certain and soil treatments on soil aggregation and the distribution of organic carbon in relation to aggregate size. *Am. Soc. Agron. J.*, Madsion, v.30, n.10, p.833-843. 1938.
- MIRANDA, J. **Caracterização da solução do solo e das propriedades físicas e químicas de um Latossolo Vermelho-Amarelo sob diferentes coberturas vegetais**. Viçosa, MG. 65p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa, 1993.
- OLIVEIRA, T.S. **Efeitos dos ciclos de umedecimento e secagem sobre propriedades físicas e químicas de quatro latossolos brasileiros**. Viçosa, MG. 104p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 1992.
- PALADINI, F.L.S., MIELNICZUK, J. Distribuição de tamanho de agregados de um Podzólico Vermelho-Escuro afetado por sistemas de culturas. *Rev. Bras. Ci. Solo*, Campinas, v. 15, n. 2, p.135-140, 1991.



- PEÑA VALENTI, F., VASILIEV, G.I., PEÑA MARTÍNEZ, J.L. et al. La erosión bajo diferentes usos de la tierra. I. Efectos más generales del escurrimiento superficial. *Ci. Agric.*, Habana, v.34/35, p.123-129, 1988.
- RAWITSCHER, F. **Elementos básicos de botânica**. 7. ed. São Paulo: Nacional, 1976. 382p.
- SALGADO, J. S. **Efeito de sistemas de aradura e de manejo da palhada do milho em propriedades físicas e químicas do solo e em características das plantas**. Viçosa, MG. 61p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa, 1979.
- SALOMÃO, F.X.T. Solos do arenito Bauru. In: PEREIRA, V. P., FERREIRA, M. E., CRUZ, M. C. P. **Solos altamente susceptíveis à erosão**. Jaboticabal: FCAV, UNESP, SBCS, 1994. p.51-68.
- SALOMON, N. Soil aggregation-organic matter relationships in Redtop potato rotations. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, Madison, v.26, n.1, p.51-54, 1962.
- SANCHEZ, P.A. **Properties and management of soil in the tropics**. New York: John Wiley & Sons, 1976. 617p.
- SHARMA, U.C. Effect of soil texture and precipitation on phosphorus leaching in Alfisols of Maghalaya. *J. Indian Soc. Soil Sci.*, New Delhi, v.40, n.3, p.415-519, 1992.
- SILVA, I.F., MIELNICZUK, J. Ação do sistema radicular de plantas na formação e estabilização de agregados do solo. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 10, 1994, Florianópolis. *Anais...* Florianópolis: SBCS, 1994. p.250-251.
- SILVA, L.F. Classificação dos principais solos de cacau da Bahia. *Rev. Theobroma*, Ilhéus, v.2, n.1, p.17-25, 1972.
- SILVA, L.F., MELO, A.A.O. **Levantamento detalhado dos solos do Centro de Pesquisas do Cacau**. Itabuna: CEPLAC, 1970. 89p. (Boletim técnico, 1).
- SOUSA, G.F., SOUSA, N.R., LOURENÇO, J.N.P. Manejo de solo em sistemas de produção para pequenos produtores de terra firme no Estado do Amazonas. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 10, 1994, Florianópolis. *Anais...* Florianópolis: SBCS, 1994. p.188-189.



- SPURR, S.H. The influence of two *Juniperus* species on soil reaction. **Soil Sci**, Baltimore, v.50, p.289-294, 1940.
- TESTA, V.M. **Características químicas de um Podzólico Vermelho-Escuro, nutrição e rendimento de milho afetado por sistemas de culturas**. Porto Alegre. 134p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1989.
- TIESSEN, H., STEWART, J.W.B., HURT, H.W. Concepts of soil organic matter transformation in relation to organo-mineral particle size fractions. **Plant Soil**, The Hague, v.76, n.3, p.287-295, 1984.
- TSYPLENKOV, V.P., TERESHENKOVA, I.A., RASTVOROVA, O.G. Transformation of organic matter in forest soils. **Soviet Soil Sci.**, Madison, v.6, n.1, p.13-17, 1974.
- VELASCO, F.P., LOZANO, J.M. Cambios sinecológicos de la microflora telurica asociada a los repoblaciones florestales con especies exóticas. **Anales Edafo. Agrobio.**, Madrid, v.37, n.9, p.871-878, 1979.
- WEBER, L.R. Soil polysaccharides and aggregation in crop sequences. **Soil Sci. Soc. Am. Proc.**, Madison, v.29, n.1, p.39-42. 1965.
- ZAINOL, E., MOKHTARUDDIN, A.M. Effects of intercropping systems on surface processes in an acid Ultisol. 1. Short-term changes in soil physical properties. **J. Natural Rubber Res.**, Kuala Lumpur, v.8, n.1, p.57-67, 1993.

## APÊNDICE

Quadro 1A - Estatística de análise de variância dos dados de propriedades químicas, N no Podzólico Vermelho-Amarelo, sob quatro tratamentos gerais (T), em três profundidades (P)

TV	GL	Quantidade Médias <sup>(1)</sup>					
		CO <sub>2</sub>	Corg	CO <sub>3</sub>	Nr	Np	
Col. Vegetal (T)	3	12,374	10,277	0,3091*	2,7661**	0,0391*	1,19416**
Res. A	16	0,291	0,000	0,000	0,1010*	0,0011	0,01141
Profund. (P)	2	0,0774	0,0000	0,0000**	0,0000**	0,0017**	0,0010**
T x P	6	0,007	0,0000	0,0000**	0,0000**	0,0027**	0,001120**
Res. B	30	0,0000	0,0000	0,0000	0,0010*	0,0001	0,00117
CV (a)		11,40	11,40	0,00	10,70	10,00	11,00
CV (b)		10,0	10,0	0,00	10,10	10,0	10,00

TV	GL	Quantidade Médias <sup>(1)</sup>					
		CO <sub>2</sub>	Corg	CO <sub>3</sub>	Nr	Mg	
Col. Vegetal (T)	3	12,374	10,277	0,3091**	2,7661***	0,0391**	1,19417
Res. A	16	0,291	0,000	0,0000*	0,1010*	0,0011	0,01141
Profund. (P)	2	0,0774	0,0000	0,0000**	0,0000**	0,0017**	0,0010**
T x P	6	0,0070	0,0000	0,0000**	0,0000**	0,0027**	0,001120**
Res. B	30	0,0000	0,0000	0,0000*	0,0010*	0,0001	0,00117
CV (a)		11,40	11,40	0,00	10,70	10,00	11,00
CV (b)		11,40	10,00	0,00	10,10	10,00	10,00

Continuar...



FV	GL	Quadrados Médios <sup>(1)</sup>					
		H + Al	SB	CTCc	CV(b)	V	Nz
Cob.Vegetal (T)	3	7,3279*	102,703*	191,223*	15,703*	370,2512*	1,5610*
Res. a	16	1,2108	1,6641	1,2101	3,768*	60,7796	1923,3175
Profund. (P)	2	3,3463	27,376*	64,947*	23,292*	22,3445	1011,2401
T x P	6	1,2044*	1,1031**	4,9547**	1,242*	27,4136*	241,2609
Res. b	32	0,2417	0,7417	0,7735	0,2175	20,7977	176,9214
CV (a)		21,87	31,95		11,79	71,84	79,34
CV (b)		12,82	7,30	7,71	4,38	4,11	47,76

**APÊNDICE**

Significância: # (P<0,10); \* (P<0,05); \*\* (P<0,01) pelo teste F.

CV(a), CV(b) = coeficiente de variação de parcelas e subparcelas, respectivamente, em %.

**Quadro 1A - Resumo da análise de variância dos dados de propriedades químicas, de um Podzólico Vermelho-Amarelo, sob quatro coberturas vegetais (T), em três profundidades (P)**

FV	GL	Quadrados Médios <sup>(1)</sup>					
		pH-H <sub>2</sub> O	pH-KCl	Corg	COS	Nt	Np
Cob.Vegetal (T)	3	0,1335	0,4183*	0,3883*	0,74x10 <sup>-4</sup> **	0,0091*	1,10x10 <sup>4</sup> **
Res. A	16	0,1261	0,0300	0,0220	0,10x10 <sup>-5</sup>	0,0011	467,1541
Profund. (P)	2	0,2301	0,4541*	6,1636**	0,0006**	0,1217**	1,13x10 <sup>5</sup> **
T x P	6	0,0895	0,0490*	0,1409**	0,29x10 <sup>-4</sup> **	0,0027**	7046,7580**
Res. B	32	0,0947	0,0140	0,0169	0,85x10 <sup>-6</sup>	0,0003	295,4377
CV (a)		5,86	3,69	15,11	16,70	20,22	33,88
CV (b)		5,07	2,52	13,26	15,15	9,52	26,94

FV	GL	Quadrados Médios <sup>(1)</sup>					
		C/N	Pd	Pt	K	Ca	Mg
Cob.Vegetal (T)	3	1,1486	46,7796*	2,21x10 <sup>7</sup> **	2422,9490*	57,2484*	7,5041*
Res. a	16	1,4821	4,7064	7,09x10 <sup>4</sup>	146,3833	4,2814	0,5539
Profund. (P)	2	6,8791	118,3435*	1,15x10 <sup>5</sup>	8207,2660**	50,1946**	2,8101#
T x P	6	0,7684	16,1292**	3,31x10 <sup>5</sup> **	1082,3330**	6,4177**	0,5208#
Res. b	32	0,7549	2,0049	2,06x10 <sup>4</sup>	61,0455	0,3707	0,1664
CV (a)		21,65	41,32	7,90	48,04	30,64	14,45
CV (b)		11,45	26,97	4,25	31,02	9,01	7,87

Continua...

Quadro 1A, Cont.

FV	GL	Quadrados Médios <sup>(1)</sup>					
		H + Al	SB	CTCe	CTCt	V	Na
Cob.Vegetal (T)	3	7,2679 <sup>#</sup>	102,4792*	101,9233*	58,3454*	829,8318*	1,4x10 <sup>4</sup> *
Res. a	16	1,3109	5,8041	5,7151	5,763	68,7396	1082,3170
Profund. (P)	2	0,9464	67,3966*	66,9477*	81,6915*	93,3445	1011,2480
T x P	6	1,4884*	7,1034**	6,9947**	5,3438*	67,4126*	941,9609
Res. b	32	0,3479	0,7617	0,7729	0,8532	10,9077	376,9214
CV (a)		24,89	32,99	20,00	13,88	11,64	70,54
CV (b)		12,82	7,30	7,35	5,58	4,63	43,06

Significância: # (P<0,10); \* (P<0,05); \*\* (P<0,01) pelo teste F.

CV(a), CV(b) = coeficiente de variação de parcelas e subparcelas, respectivamente - em %.

<sup>(1)</sup> Corg = Carbono orgânico; COS = carbono orgânico solúvel; Nt = nitrogênio total; V = índice de saturação de bases — em %.

Np = nitrogênio mineralizável — em  $\mu\text{gN-NH}_4^+$ /g.

Pd = fósforo disponível; Pt = fósforo total ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ); K = potássio trocável; Na = sódio trocável — em  $\text{mg}/\text{dm}^3$ .

Ca = cálcio trocável; Mg = magnésio trocável; H + Al = acidez potencial; SB = soma de bases; CTCe = capacidade de troca catiônica efetiva; CTCt = capacidade de troca catiônica total — em  $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ .

Significância: \* (P<0,05); \*\* (P<0,01) pelo teste F.

CV(a), CV(b), CV(c) = coeficiente de variação de parcelas, subparcelas e sub-subparcelas, respectivamente - em %.

<sup>(2)</sup> Frações de solo separadas a 200, 100, 50, 25, 12,5 e 6,25  $\mu\text{m}$ ; Fr 2,00-1,00  $\mu\text{m}$ ; Fr 1,00-0,50  $\mu\text{m}$ ; Fr 0,50-0,25  $\mu\text{m}$ ; Fr < 0,25  $\mu\text{m}$ .



Quadro 2A - Resumo da análise de variância dos dados de carbono orgânico (Corg, em %) e nitrogênio total (Nt, em %) de um Podzólico Vermelho-Amarelo, sob quatro coberturas vegetais (T), em três profundidades (P) e em quatro frações<sup>(1)</sup> do solo (Fr)

FV	GL	Quadrados Médios		FV	GL	Quadrados Médios	
		Corg				Nt	
Cob. Vegetal(T)	3	0,2773 x 10 <sup>-1**</sup>		Cob. Vegetal(T)	3	1,4408*	
Res. a	16	0,6954 x 10 <sup>-3</sup>		Res. a	16	0,1585	
Profundidade (P)	2	0,5961**		Profundidade (P)	2	19,5675**	
P x T	6	0,8025 x 10 <sup>-2**</sup>		P x T	6	0,6240**	
Res. b	32	0,4444 x 10 <sup>-3</sup>		Res. b	32	0,6045 x 10 <sup>-1</sup>	
Fração (Fr)	3	0,3785 x 10 <sup>-1**</sup>		Fração (Fr)	3	0,6244**	
T x Fr	9	0,1125 x 10 <sup>-2**</sup>		T x Fr	9	0,4709 x 10 <sup>-1**</sup>	
P x Fr	6	0,4359 x 10 <sup>-2**</sup>		P x Fr	6	0,9075 x 10 <sup>-1**</sup>	
T x P x Fr	18	0,9476 x 10 <sup>-3**</sup>		T x P x Fr	18	0,4908 x 10 <sup>-1**</sup>	
Res. c	144	0,2781 x 10 <sup>-3</sup>		Res. C	144	0,1774 x 10 <sup>-1</sup>	
CV (a)		14,80		CV (a)		15,47	
CV (b)		11,83		CV (b)		23,99	
CV (c)		9,36		CV (c)		13,00	

Significância: \* (P<0,05); \*\* (P<0,01) pelo teste F.

CV(a), CV(b), CV(c) = coeficiente de variação de parcelas, subparcelas e sub-subparcelas, respectivamente - em %.

<sup>(1)</sup> Frações do solo separadas a seco: Fr 2,00-1,00 mm; Fr 1,00-0,50 mm; Fr 0,50-0,053 mm; Fr < 0,053 mm.

Quadro 3A - Resumo da análise de variância dos dados de algumas propriedades físicas de um Podzólico Vermelho-Amarelo, sob quatro coberturas vegetais (T), em três profundidades (P)

FV	GL	Quadrados Médios <sup>(1)</sup>						
		ARG	SIL	AMF	AF	AM	AG	AMG
Cob.Vegetal (T)	3	602,6223**	38,1333	18,8166	128,2833*	134,5944*	15,2000*	4,5055
Res. a	16	12,5666	33,7000	13,9250	6,9833	10,9416	1,6750	1,0500
Profundidade (P)	2	154,3500#	25,5500	2,7166	38,6166	5,4000	0,0160	0,7166
T x P	6	21,6388	43,4166	4,7833	3,4833	4,9777	0,6166	0,6722
Res. b	32	16,0041	48,7000	3,7875	4,2458	2,6041	0,4874	0,6000
CV (a)		10,18	45,35	21,84	13,26	30,20	44,12	67,56
CV (b)		11,49	54,52	11,39	10,34	14,73	23,80	51,07

FV	GL	Quadrados Médios <sup>(2)</sup>			
		Ds	Dp	VP	GF
Cob.Vegetal (T)	3	0,1113*	0,0863#	268,4331*	121,9998
Res. a	16	0,0090	0,0159	10,4364	44,1396
Profundidade (P)	2	0,2640*	0,0176	441,4626*	1525,5690*
T x P	6	0,0095#	0,0100	16,9963	475,7327**
Res. b	32	0,0029	0,0067	8,9487	64,3865
CV (a)		7,67	5,22	6,67	17,83
CV (b)		4,34	3,39	6,17	21,54

Significância: # (P<0,10); \* (P<0,05); \*\* (P<0,01) pelo teste F.

CV(a), CV(b) = coeficiente de variação de parcelas e subparcelas, respectivamente - em %.

(1) Dados de análise textural (em %): ARG = argila; SIL = silte; AMF = areia muito fina; AF = areia fina; AM = areia média; AG = areia grossa; AMG = areia muito grossa.

(2) Ds = densidade do solo (g/cm<sup>3</sup>); Dp = densidade de partícula (g/cm<sup>3</sup>); VP = volume total de poros (%); GF = grau de floculação (%).

Significância: # (P<0,10); \* (P<0,05); \*\* (P<0,01) pelo teste F.

CV(a), CV(b) = coeficiente de variação de parcelas e subparcelas, respectivamente - em %.



**Quadro 4A - Resumo da análise de variância dos dados de estabilidade de agregados em água, para cinco classes de agregados e argila dispersa em água (ADA), de um Podzólico Vermelho-Amarelo, sob quatro coberturas vegetais (T), em três profundidades (P)**

FV	GL	Quadrados Médios					
		Classes de Agregados					
		2,00-1,00	1,00-0,50	0,50-0,21	0,21-0,105	0,105-0,053	ADA
Cob.Vegetal (T)	3	39,1752*	14,0665*	12,6078 <sup>#</sup>	14,7633 <sup>#</sup>	12,4142 <sup>#</sup>	141,4268*
Res. a	16	2,4237	1,0275	1,9411	1,9683	0,6822	8,9369
Profund. (P)	2	76,3779*	28,0523*	20,6115*	0,6929	6,5214	296,1570*
T x P	6	9,1508*	1,1331	2,4660	7,8938*	1,3423	34,5387*
Res. b	32	1,4063	0,6292	0,9864	1,6418	0,8820	6,8652
CV (a)		52,31	35,37	31,91	40,21	39,88	23,01
CV (b)		39,84	27,67	22,74	36,72	45,33	20,16

Significância: # (P<0,10); \* (P<0,05); \*\* (P<0,01) pelo teste F.

CV(a), CV(b) = coeficiente de variação de parcelas e subparcelas, respectivamente - em %.

**Quadro 5A - Resumo da análise de variância dos dados de curva de retenção de umidade, em seis pontos de tensão, e capacidade de água disponível (CAD), de um Podzólico Vermelho-Amarelo, sob quatro coberturas vegetais (T), em três profundidades (P)**

FV	GL	Quadrados Médios						
		Tensões (MPa)						CAD
		0,01	0,033	0,1	0,3	1,0	1,5	
Cob.Vegetal (T)	3	162,0026**	95,9506**	60,9677**	53,7367*	30,8208*	47,1981*	1747,9140*
Res. a	16	4,6654	3,2814	2,4355	2,5030	2,1063	2,8928	421,8521
Profundidade (P)	2	113,1653*	62,2362*	49,0529*	50,6564*	30,5345*	43,9138*	1,26x10 <sup>3</sup> **
T x P	6	15,2090*	9,4981*	15,6489**	14,8809**	10,6153**	10,3457**	1283,8490
Res. b	32	2,2651	1,4363	1,4901	0,9951	0,5513	0,3887	477,7529
CV (a)		6,80	7,21	7,27	8,16	8,58	11,25	12,29
CV (b)		4,74	4,76	5,68	5,14	4,39	4,12	13,07

Significância: # (P<0,10); \* (P<0,05); \*\* (P<0,01) pelo teste F.

CV(a), CV(b) = coeficiente de variação de parcelas e subparcelas, respectivamente - em %.



Quadro 6A - Umidade retida (% em relação ao peso seco) em um Podzólico Vermelho-Amarelo, sob quatro coberturas vegetais, em três profundidades, em seis tensões

Tensão	Profundidade (cm)	Cobertura Vegetal				Média
		Mata	Cacau	Seringal	Pasto	
0,01 MPa	P <sub>1</sub> (0 -10)	34,55 a B	30,14 a C	38,80 a A	33,56 a B	34,26
	P <sub>2</sub> (10-20)	30,24 b B	27,27 b C	34,42 b A	26,27 b C	29,55
	P <sub>3</sub> (20-40)	30,24 b B	31,80 a B	35,68 b A	27,14 b C	31,34
	Média	31,83	29,73	36,30	28,99	31,71
0,033 Mpa	P <sub>1</sub> (0 -10)	27,53 a B	23,90 b C	30,27 a A	25,63 a C	26,83
	P <sub>2</sub> (10-20)	22,77 b B	21,23 c B	27,54 b A	21,71 b B	23,31
	P <sub>3</sub> (20-40)	23,70 b C	25,99 a B	28,69 b A	22,66 b C	25,26
	Média	24,67	23,70	28,83	23,33	25,13
0,1 Mpa	P <sub>1</sub> (0 -10)	24,29 a A	19,97 b B	24,73 a A	23,11 a A	23,03
	P <sub>2</sub> (10-20)	19,81 b B	18,31 c BC	23,80 a A	17,66 b C	19,89
	P <sub>3</sub> (20-40)	19,81 b C	22,44 a B	24,58 a A	19,15 b C	21,49
	Média	21,30	20,24	24,37	19,97	21,47
0,3 Mpa	P <sub>1</sub> (0 -10)	22,45 a A	18,02 b B	22,06 a A	20,72 a A	20,81
	P <sub>2</sub> (10-20)	17,32 b B	16,13 c B	21,38 a A	15,84 c B	17,66
	P <sub>3</sub> (20-40)	17,90 b C	20,34 a B	22,88 a A	17,53 b C	19,66
	Média	19,22	18,16	22,10	18,03	19,37
1,0 Mpa	P <sub>1</sub> (0 -10)	19,25 a A	15,54 b B	18,72 b A	17,53 b C	17,79
	P <sub>2</sub> (10-20)	15,87 b B	13,99 c C	18,30 b A	13,83 c C	15,50
	P <sub>3</sub> (20-40)	15,71 b C	18,05 a B	19,75 a A	17,53 b C	17,44
	Média	16,94	15,86	18,92	15,91	16,91
1,5 Mpa	P <sub>1</sub> (0 -10)	18,07 a A	14,03 b C	17,54 b A	15,60 a B	16,31
	P <sub>2</sub> (10-20)	13,29 b B	12,18 c B	16,46 c A	11,89 c B	13,45
	P <sub>3</sub> (20-40)	13,69 b C	15,60 a B	18,98 a A	14,10 b C	15,59
	Média	15,01	13,93	17,66	13,86	15,11

Para cada tensão, médias seguidas de pelo menos uma mesma letra minúscula (na coluna) e maiúscula (na linha), não diferem entre si pelo teste de Student-Newman-Keuls a 5% de probabilidade.



Quadro 7A - Resumo da análise de variância dos dados de dióxido de carbono acumulado (mg/kg) evoluído de um Podzólico Vermelho Amarelo, sob quatro coberturas vegetais (T), em três profundidades (P) até o tempo de 720 horas de incubação.

FV	GL	Quadrados Médios				
		Tempos de Incubação (h)				
		24	72	96	120	168
Cob. Vegetal (T)	3	9482,5780*	7,60x10 <sup>4</sup> **	1,1x10 <sup>5</sup> **	1,6x10 <sup>5</sup> **	2,4x10 <sup>5</sup> **
Res. a	16	753,6272	1825,9200	2436,7230	2973,3720	3842,0210
Profund. (P)	2	1,6x10 <sup>5</sup> **	5,1x10 <sup>5</sup> **	9,4x10 <sup>5</sup> **	1,3x10 <sup>6</sup> **	2,1x10 <sup>6</sup> **
T x P	6	3919,6590*	1,56x10 <sup>4</sup> **	2,47x10 <sup>4</sup> **	4,08x10 <sup>4</sup> **	6,67x10 <sup>4</sup> **
Res. b	32	617,0073	1629,7110	2862,4200	3711,3130	4773,8790
CV (a)		23,24	15,07	14,01	13,27	12,30
CV (b)		21,03	14,24	15,18	14,82	13,70
		240	336	432	552	720
Cob. Vegetal (T)	3	3,5x10 <sup>5</sup> **	4,7x10 <sup>5</sup> **	5,8x10 <sup>5</sup> **	7,2x10 <sup>5</sup> **	9,5x10 <sup>5</sup> **
Res. a	16	4827,6520	6409,1880	7716,9800	9959,9300	1,19x10 <sup>4</sup>
Profund. (P)	2	3,3x10 <sup>6</sup> **	4,7x10 <sup>6</sup> **	5,9x10 <sup>6</sup> **	7,5x10 <sup>6</sup> **	9,7x10 <sup>6</sup> **
T x P	6	1,0x10 <sup>5</sup> **	1,5x10 <sup>5</sup> **	1,9x10 <sup>5</sup> **	2,4x10 <sup>5</sup> **	3,2x10 <sup>5</sup> **
Res. b	32	6609,6600	8853,6330	1,05x10 <sup>4</sup>	1,32x10 <sup>4</sup>	1,56x10 <sup>4</sup>
CV (a)		11,49	11,39	11,13	11,23	10,65
CV (b)		13,44	13,38	12,98	12,94	12,18

Significância: # (P<0,10); \* (P<0,05); \*\* (P<0,01) pelo teste F.

CV(a), CV(b) = coeficiente de variação de parcelas e subparcelas, respectivamente - em %.

Média	619,72	782,06	803,12	782,06	804,04
P <sub>1</sub> (0-10)	1326,17a B	793,43 a C	843,07 a C	839,01 a A	1051,63
P <sub>2</sub> (10-20)	807,43a A	782,06 a B	806,75 a B	843,07 a A	912,69
P <sub>3</sub> (20-40)	186,33a A	194,47 a B	257,39 a B	302,03 a B	243,06
Média	748,07	814,03	890,74	933,47	884,16

Continua...

Quadro 8A - Dióxido de carbono acumulado (mg/kg) evoluído de um Podzólico Vermelho-Amarelo, sob quatro coberturas vegetais, em três profundidades, em dez tempos de incubação (TI)

Tempo de Incubação	Prof. (cm)	Cobertura Vegetal				Média
		Mata	Cacau	Seringal	Pasto	
TI= 24 h	P <sub>1</sub> (0 -10)	208,99 a B	214,27 a B	167,20 a C	272,79 a A	215,81
	P <sub>2</sub> (10-20)	132,43 b A	69,07 b B	74,79 b B	131,99 b A	102,07
	P <sub>3</sub> (20-40)	64,67 c A	25,96 c A	30,36 c A	24,64 c A	36,40
	Média	135,37	103,10	90,78	143,14	118,09
TI= 72 h	P <sub>1</sub> (0 -10)	516,11 a B	404,79 a C	318,99 a D	571,99 a A	452,97
	P <sub>2</sub> (10-20)	338,79 b A	209,87 b B	195,35 b B	315,47 b A	264,87
	P <sub>3</sub> (20-40)	217,35 c A	88,43 c B	120,99 c B	103,39 c B	132,54
	Média	357,42	234,37	211,78	330,29	283,46
TI= 96 h	P <sub>1</sub> (0 -10)	672,75 a B	480,47 a C	443,51 a C	747,55 a A	586,07
	P <sub>2</sub> (10-20)	392,47 b A	251,23 b B	237,59 b B	373,11 b A	313,60
	P <sub>3</sub> (20-40)	252,79 c A	109,56 c B	146,51 c B	123,20 c B	157,51
	Média	438,67	280,42	275,87	414,62	352,39
TI= 120 h	P <sub>1</sub> (0 -10)	803,87 a B	541,19 a C	518,75 a C	900,23 a A	691,01
	P <sub>2</sub> (10-20)	444,83 b A	283,79 b B	278,95 b B	431,63 b A	359,80
	P <sub>3</sub> (20-40)	285,99 c A	129,35 c B	168,51 c B	143,43 c B	181,82
	Média	511,57	318,11	332,07	491,77	410,87
TI= 168 h	P <sub>1</sub> (0 -10)	1004,07a B	649,87 a C	674,51 a C	1133,87 a A	865,58
	P <sub>2</sub> (10-20)	519,63b A	333,95 b B	338,79 b B	522,27 b A	428,66
	P <sub>3</sub> (20-40)	333,95c A	163,35 c B	202,83 c B	172,47 c B	217,90
	Média	619,22	382,06	405,38	382,06	504,04
TI= 240 h	P <sub>1</sub> (0 -10)	1226,27a B	781,43 a C	825,87 a C	1393,03 a A	1054,65
	P <sub>2</sub> (10-20)	607,63b A	388,95 b B	408,75 b B	605,43 b A	502,69
	P <sub>3</sub> (20-40)	386,31c A	194,47 c B	237,59 c B	201,95 c B	255,08
	Média	740,07	454,95	490,74	733,47	604,14

Continua...



Quadro 8A, Cont.

Tempo de Incubação	Prof. (cm)	Cobertura Vegetal				Média
		Mata	Cacau	Seringal	Pasto	
TI= 336 h	P <sub>1</sub> (0 -10)	1448,47a B	896,27 a C	980,75 a C	1634,59 a A	1240,02
	P <sub>2</sub> (10-20)	693,43b A	433,83 b B	481,35 b B	685,51 b A	573,53
	P <sub>3</sub> (20-40)	435,15c A	230,11 c B	281,59 c B	235,39 c B	295,56
	Média	859,02	520,07	581,23	851,83	703,03
TI= 432 h	P <sub>1</sub> (0 -10)	1645,15a B	997,91 a C	1095,59 a C	1831,71 a A	1392,59
	P <sub>2</sub> (10-20)	766,03b A	488,83 b B	550,43 b B	749,31 b A	638,65
	P <sub>3</sub> (20-40)	486,63c A	263,11 c B	321,63 c B	274,11 c B	336,37
	Média	965,94	583,29	655,89	951,71	789,20
TI= 552 h	P <sub>1</sub> (0 -10)	1869,99a B	1118,03 a C	1245,19 a C	2049,95 a A	1570,79
	P <sub>2</sub> (10-20)	847,43b A	549,99 b B	626,11 b B	823,23 b A	711,69
	P <sub>3</sub> (20-40)	549,55c A	298,75 c B	369,59 c B	315,91 c B	383,45
	Média	1088,99	655,59	746,97	1063,03	888,64
TI= 720 h	P <sub>1</sub> (0 -10)	2183,71a A	1277,75 a B	1428,23 a B	2330,23 a A	1804,98
	P <sub>2</sub> (10-20)	973,27b A	634,03 b B	725,99 b B	923,99 b A	814,32
	P <sub>3</sub> (20-40)	641,95c A	351,55 c B	454,95 c B	391,59 c B	460,01
	Média	1266,31	754,45	869,73	1215,77	1026,43

Para cada tempo de incubação, médias seguidas de pelo menos uma mesma letra minúscula (na coluna) e maiúscula (na linha), não diferem entre si pelo teste de Student-Newman-Keuls a 5% de probabilidade.