

**RESISTÊNCIA À PENETRAÇÃO DO SOLO EM SISTEMAS DE PLANTIO DE
TECTONA GRANDIS L. L (TECA) NO CERRADO DO ESTADO DE MINAS
GERAIS.**

Jozebio Esteves Gomes

Prof. FAEF/Garça – engenharia@faef.br

Renato Luiz Grisi Macedo

Prof.DCF/UFLA – rlgrisi@ufla.br

Nelson Venturin

Prof. DCF/UFLA – venturim@ufla.br

Verlândia de Medeiros Morais

Pós Graduanda DCF/UFLA – verlandiam@bol.com.br

Bruno Grandi Salgado

Pós-graduando – DCF/UFLA – bsgrandi@bol.com.br

Carlos Eduardo Inácio Júnior

Prof. FAEF/Garça – c.inacio.quimica@uol.com.br

Eduardo Carvalho

Prof. FAEF/Garça – edufaef@bol.com.br

RESUMO

O objetivo do presente trabalho foi avaliar a resistência à penetração do solo em sistemas de manejo do *Tectona grandis* L. f. (teca), submetida a 5 espaçamentos de plantio (3 x 2m, 6 x 2m, 6 x 3m, 6 x 4m e 12 x 2,5m), na região de cerrado do município de Paracatu – MG. Utilizou-se o delineamento de blocos casualizados com 5 repetições; avaliou-se os efeitos da compactação nas profundidades 0-5cm, 5-10cm, 15-20cm, 20-25cm, 25-30cm 30-35cm, 35-40cm, 40-45cm, 45-50cm, 50-55cm, 55-60cm e 60-65cm, aos 36 meses após o plantio da teca, por meio do uso do penetrômetro de impacto. Os resultados obtidos foram submetidos às análises de variância e ao teste de médias de Scott-Knott. Constatou-se que, no latossolo-vermelho-amarelo: a) para todos

os espaçamentos e profundidades, níveis de compactação compreendidos nas classes moderadas a altas, restritivas ao crescimento do sistema radicular; b) maiores índices de compactação foram observados nas profundidades compreendidas entre 15-40cm, nos espaçamentos de plantio de teca de 6 x 2m, 6 x 3m, 6 x 4m e 12 x 2,5m.; c) o menor índice de compactação foi observado no espaçamento de plantio de 3 x 2m, nas profundidades compreendidas entre 0-25cm e, d) o preparo de solo com arado de disco e grade contribuiu para a redução da resistência à penetração do solo nas camadas superficiais (0-15cm), tornando-se necessária à prática de subsolagem para as demais camadas.

Palavras-chave: Compactação do solo, teca, densidade de plantio, espaçamento de plantio.

ABSTRACT

The objective of the present work was to evaluate the resistance to soil penetration in system of planting of *Tectona grandis* L. F (teca) submitted to five planting spacings (3 x 2m, 6 x 2m, 6 x 3m, 6 x 4m and 12 x 2.5m) in the region of cerrado of the town of Paracatú – MG. The randomized block design with five replicates was utilized, the effects of compaction at the depths of 0-5cm, 5-10 cm, 10-15 cm, 15-20 cm, 20-25 cm, 25-30 cm, 30-35 cm, 35- 40 cm, 40-45 cm, 45-50cm , 50-55cm, 55-60cm and 60-65cm at 36 months after planting of teca by the means of the use of a impact penetrometer were evaluated. The results obtained were submitted to the analyses of variance and to Scott-Knott's means test. It was found that in the Red-Yellow Latosol for all the spacings and depths, compaction levels comprehended in the moderate to high classes, restrictions to the root system growth; greater compaction indices were observed at the depths situated between 15-40cm, at the spacings of teca planting of 6 x 2 m, 6 x 3 m, 6 x 4m and 12 x 12 m, c) the smallest compaction index was observed at the planting spacing of 3 x 2m at the depths comprehended between 0-25cm and d) soil tillage with disk plow and harrow contributed to reduced resistance to soil penetration in the surface layers (0-15cm), the practice of subsoiling becoming necessary for the other layers.

Key words: soil compaction, teca, planting density, planting spacing

1. Introdução

A teca (*Tectona grandis* L.f.) é uma espécie arbórea decídua da floresta tropical, pertencente à família Verbenaceae (Kaosa-Ard, 1983). Esta espécie, em sua região de origem, pode possuir indivíduos com até 60 metros de altura, dotados ou não de raízes tabulares (Higuchi, 1979)

A teca produz uma madeira excepcional, muito valorizada e procurada no comércio mundial por representar a combinação de beleza, estabilidade, durabilidade e resistência. É muito utilizada na construção naval, na carpintaria e marcenaria em geral, mas, especialmente, na produção de peças de usos nobres e móveis finos.

A madeira de teca alcança no momento bons preços no mercado, qualquer que seja sua finalidade de uso. No entanto, na indústria naval seu preço não é igualado por qualquer outra madeira indicada para substituí-la.

A distribuição natural da teca é polêmica e os autores que tratam desse assunto fazem as colocações mais variadas. Muitos países e regiões são citados como áreas de distribuição natural dessa espécie.

Kaosa-Ard (1983) cita que a teca ocorre naturalmente apenas na Índia, Birmânia, Tailândia e Laos. Na Indonésia, especialmente na ilha de Java, a espécie foi introduzida de procedência da Índia, cerca de 400 a 600 anos atrás.

A região de ocorrência natural da teca apresenta uma grande variação de condições climáticas, abrangendo desde regiões muito secas, com precipitações pluviométricas abaixo de 500 mm, até regiões muito úmidas com precipitações anuais superiores a 5.000 mm.

O tamanho e o desenvolvimento da teca são máximos em um clima tropical quente e úmido, com uma precipitação pluviométrica anual variando entre 1.270 e 3.800 mm (FAO, 1959). Kaosa-Ard (1983) ratifica esta afirmação e conclui que, para produzir madeira de boa qualidade, a teca requer um período marcadamente seco de 3 a 5 meses por ano.

A teca é favorecida por solos profundos e férteis, com textura variando do franco arenoso ao franco. Solos argilosos pesados não servem para o cultivo desta espécie (Kaufman, 1968).

A teca é altamente sensível ao arejamento do solo, sendo suas raízes sensíveis às deficiências de oxigênio. O relevo tem importância em seu desenvolvimento somente à proporção em que afeta a drenagem e a profundidade do solo.

A teca deve sua importância e valor tanto às propriedades físico-mecânicas desejáveis de sua madeira, quanto pelas suas características ecológicas agressivas, sua robustez e seu bom desenvolvimento (FAO, 1959). Não necessita de tratamentos culturais complexos; a manutenção do terreno limpo no primeiro ano é suficiente para que se tenha um bom crescimento (Esalq/Ds, 1970).

O crescimento da teca cultivada é muito rápido, quando não há competição com plantas daninhas e quando conta com um amplo espaço lateral. É uma espécie resistente ao fogo e, mesmo que este lhe provoque a morte da copa, pode regenerar-se por meio, de brotações vigorosas que emergem da parte do caule em contato com o solo (Chaves & Fonseca, 1991).

De acordo com FAO (1977), a teca cultivada tem ritmo de crescimento e rendimento superiores aos da teca nativa. Em virtude deste fato, é considerada como uma importante espécie para cultivo, na região asiática e em outras partes do mundo, como espécie florestal exótica.

A teca é uma das espécies exóticas de maior potencial econômico para a América Tropical. Porém, convém analisar as condições climáticas e edáficas dos locais onde se origina e dois locais onde tem sido introduzida para que se possam estabelecer condições ideais de solo e clima para sua implantação e para seu crescimento (Salazar & Albertini, 1974).

De acordo com as características da espécie e condições ambientais adequadas, a teca tem potencial para plantio em Mato Grosso, Goiás, Maranhão, Bahia e Minas Gerais (Golfari et al., 1978).

O manejo inadequado do solo pode trazer consequências diretas. Dentre elas, destaca-se a compactação do solo, o que proporciona a redução da produtividade e a perda da sustentabilidade do mesmo.

Como exemplo pode se citar o sistema de manejo convencional, que é o mais utilizado. Nesse sistema, o solo é preparado por meio de inúmeras arações e gradagens, a fim de deixá-lo em boas condições de receber a semente ou a muda, favorecendo

assim o crescimento e o desenvolvimento das plantas. Muitas vezes, este tipo de manejo tem causado a deterioração das propriedades do solo, quando intensamente cultivado.

Com isso, questionamentos têm sido feitos a respeito do uso intensivo das máquinas e dos implementos agrícolas e florestais no preparo das áreas e de suas implicações sobre as propriedades físicas do solo.

Vários estudos têm buscado a minimização destas conseqüências, tornando-se necessário o monitoramento da qualidade do solo por meio da quantificação de atributos indicadores desta. Tais indicadores devem ser sensíveis às variações de manejo ao qual este solo está sendo submetido. Brady (1989) considera a resistência a penetração do solo um parâmetro muito importante na determinação de sua utilização e manejo, atrelada ao monitoramento de sua qualidade.

Outros estudos também vem sendo realizados na área florestal para a quantificação dos efeitos da compactação no desenvolvimento das plantas. Estes efeitos da compactação no crescimento das árvores têm sido mensurados logo após as práticas de desbastes em plantios comerciais e após o manejo de talhões multiâneos.

Nesse sentido, é especialmente importante para uma espécie exótica, como a teca submetida a diferentes espaçamentos, a análise do seu comportamento em relação à compactação do solo. Essa análise pode ser feita por meio da avaliação da resistência à penetração do solo e suas influências sobre o estabelecimento, crescimento e desenvolvimento da espécie.

A resistência à penetração, analogamente à densidade do solo, varia espacialmente, no sentido vertical e horizontal, sendo dependente da evolução e intensidade dos usos do solo a que o local foi submetido. Sands et al. (1979), citados por Castro, (2001) verificaram ainda que a resistência à penetração foi afetada pelo conteúdo de matéria orgânica e não pelo conteúdo de umidade.

A produtividade de manejo é comprometida pelo excesso ou pela inadequação de práticas de manejo a que o solo é submetido, do preparo à colheita. Centurion e Demattê (1985) destacam dentre os fatores relacionados com o preparo do solo que podem causar modificações no perfil, a intensidade de revolvimento, o tipo de equipamento, o manejo de resíduos vegetais e a umidade do solo no momento do trabalho.

Silva (2000) realizou estudos em Latossolo-Vermelho-Amarelo distrófico sob vegetação de cerrado. Verificou que o preparo convencional, utilizando grade pesada seguida de grade destorroadora, provocou a deterioração de suas propriedades físicas, detectadas pelo aumento de sua densidade aparente e da microporosidade, com o tempo de uso do solo, enquanto a porosidade total e a macroporosidade diminuíram. Os agregados da classe de diâmetro 0,105-0,053 mm aumentaram em detrimento das classes de 2,000-1,000; 1,000-0,500; 0,500-0,250; 0,250-0,105 mm de diâmetro. Foi identificado também o surgimento de camada adensada, na profundidade de 10-20 cm, relacionada com a translocação de partículas finas de horizontes superiores, reduzindo a porosidade total.

Os implementos que revolvem o solo promovem o aumento temporário da porosidade que, logo após o cultivo, tende ao encrostamento, provocado pela dispersão e reorganização das partículas em forma de camadas adensadas (Borges, 1986). Portanto as operações agrícolas alteram os atributos químicos e físicos dos solos, promovendo modificações substanciais sobre a estrutura dos agregados.

A compactação do solo também afeta a disponibilidade de nutrientes pelas plantas, já que os mecanismos de fluxo de massa e difusão, responsáveis pelo transporte de nutrientes até as raízes, são processos dependentes da estrutura do solo. Bacchi, (1976) afirma que além de modificar os mecanismos pelos quais os nutrientes são transportados no solo, a compactação pode alterar a quantidade de nutrientes disponíveis, a medida em que se altera também a mineralização de compostos orgânicos, por afetar a aeração e a umidade do solo.

Uma das formas de mensuração da resistência a penetração do solo é o por meio do uso do penetrômetro. Segundo Voorhess et al. (1978), citados por Seixas, (1997), as leituras do penetrômetro, refletem a resistência a penetração do solo de forma mais sensíveis a compactação do solo do que a densidade do mesmo, uma vez que as medições por meio desse equipamento possuem a vantagem de maior facilidade de coleta no campo, o que possibilita grande número de pontos de amostragem. As desvantagens incluem a influência da presença de raiz e pedras no solo e os efeitos da umidade do solo nas leituras, o aumento da umidade geralmente implica a diminuição da resistência ao penetrômetro.

Contudo a resistência do solo à penetração de raízes difere muito da resistência obtida com o penetrômetro. Freitag (1971) observou que as raízes podem crescer através dos poros das linhas de fraqueza, que são pontos de menor resistência à penetração, enquanto o penetrômetro avalia uma resistência média oferecida pelo solo. No entanto, pode-se ter alguma correlação se o objetivo for testar plantas com capacidade de vencer alta resistência oferecida pelo solo.

Portanto o uso de indicadores da qualidade do solo relacionado à compactação é importantes estratégias para avaliação e previsão da sustentabilidade dos sistemas de uso e manejo nos quais o solo está sendo submetido. Nesse sentido Soil Survey Staff (1993), propôs sete classes de resistência à penetração do solo, que são as seguintes: Extremamente baixa ($< 0,01$); Muito baixa ($0,01 - 0,1$); Baixa ($0,1 - 1,0$); Moderada ($1,0 - 2,2$); Alta ($2,0 - 4,0$); Muito Alta ($4,0 - 8,0$) e Extremamente Alta ($> 8,0$).

Inserido neste contexto, o objetivo do presente trabalho foi avaliar a resistência à penetração do solo em sistemas de manejo do *Tectona grandis* L. f. (teca), submetida a 5 espaçamentos de plantio (3 x 2m, 6 x 2m, 6 x 3m, 6 x 4m e 12 x 2,5m), na região de cerrado do município de Paracatu – MG.

2. Material e Métodos

O presente estudo foi conduzido em uma área experimental de 4,00 há, na Fazenda Riacho, pertencente à Companhia Mineira de Metais S.A., do Grupo Votorantim. Essa área localiza-se no município de Paracatu, na região noroeste do estado de Minas Gerais, nas coordenadas geográficas $17^{\circ} 36' S$ e $46^{\circ} 42' W$, apresentando uma altitude aproximada de 550m.

O clima da região é tropical úmido de savana, com inverno seco e verão chuvoso, portanto, do tipo Aw na classificação de Köppen. A temperatura média anual é de $22,6^{\circ}C$, tendo uma média mensal de $18^{\circ}C$ na estação mais fria e $29,1^{\circ}C$ na mais quente. A precipitação média anual é de 1.400mm, apresentando nos meses mais secos precipitações médias mensais inferiores a 60mm (Antunes, 1996).

A vegetação da região é constituída por cerrados, representada por seus vários tipos, desde campos a cerradões e florestas ciliares subperenifolias, principalmente nas proximidades dos rios, desenvolvida sobre solos derivados de basalto (Golfari, 1975).

Os solos da região em estudo são classificados como Latossolo-Vermelho-Amarelo.

O experimento foi avaliado segundo o delineamento de blocos casualizados com cinco tratamentos correspondentes aos espaçamentos de plantio (3 x 2m; 6 x 2m; 6 x 3m; 6 x 4m; e 12 x 2,5m.) e cinco repetições.

Observou-se o efeito da compactação nas profundidades 0-5 cm, 5-10 cm, 10-15 cm, 15-20 cm, 20-25 cm, 25-30 cm, 30-35 cm, 35-40 cm, 40-45 cm, 45-50 cm, 50-55 cm, 55-60 cm e 60-65 cm. Foi utilizado o delineamento de blocos casualizados com 5 repetições. As parcelas tinham tamanho de 756 m², 720 m², 720 m², 720 m² e 1260 m², respectivamente em relação aos espaçamentos, e áreas úteis de 300 m², 288 m², 324 m², 288 m² e 300 m², respectivamente em relação ao tamanho das parcelas.

O modelo estatístico que descreveu as observações do experimento, sobre os diferentes espaçamentos e profundidades foi o que se segue:

$$Y_{ijk} = u + t_i + b_j + e_{ij} + P_k + e_{jk} + tP_{ik} + e_{ijk}$$

Em que:

Y_{ijk} :efeito dos tratamentos (espaçamentos) i na profundidade k, no bloco j;

u :constante;

t_i : efeito dos tratamentos (espaçamentos) i, i = 1, 2, 3, 4, 5;

b_j : efeito do bloco j, j = 1, 2, 3, 4, 5;

e_{ij} : erro da interação dos tratamentos (espaçamentos) i com os blocos j

P_k : efeito da profundidade k, k = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13;

e_{jk} : erro da interação das profundidades k com os blocos j

tP_{ik} : efeito da interação dos tratamentos (espaçamentos) i com a profundidade k;

E_{ijk} : erro experimental

A resistência à penetração do solo foi avaliada aos 36 meses após o plantio da teca e determinada por meio do uso do penetrômetro de impacto (modelo IAA/PLANALSUCAR – STOLF), segundo metodologia preconizada por Stolf et al. (1983). Coletaram-se no campo 6 pontos à profundidades de 0 a 65 cm em cada uma das 5 repetições de cada um dos 5 espaçamentos, respeitando-se os critérios de amostragem e utilizando-se somente a área útil de cada parcela. Com apoio do programa computacional de Stolf (1991) “PENETROM”, foram realizados os cálculos, sendo os valores, obtidos em Kgf cm^{-2} , multiplicados pela constante 0,098 para transformação em unidades MPa.

Os dados obtidos para a variável Resistência à Penetração do Solo foram submetidos à análise de variância, aplicando-se, às médias dos tratamentos, o teste de Scott-Knott, a 5 % de probabilidade, para os efeitos significativos, utilizando-se o programa de sistema de análise de variância (SISVAR) (Ferreira, 2000).

3. Resultados e Discussão

Pela análise de variância dos dados referentes à resistência à penetração do solo verifica-se que houve diferença altamente significativa a 5% de probabilidade para a fonte de variação profundidades no solo e sua interação com os espaçamentos (Tabela 1).

A análise do desdobramento da interação de espaçamentos dentro de cada nível de profundidade revelou diferença significativa quanto à resistência a penetração do solo para as profundidades de 0-5 cm, 5-10 cm, 10-15 cm, 15-20 cm, 20-25 cm, 25-30 cm e 30-35 cm. Nos demais níveis de profundidades, não foram detectadas diferenças significativas entre os espaçamentos (Tabela 2).

TABELA 1: Resumo da análise de variância dos dados referentes à resistência a penetração do solo sob diferentes espaçamentos no cultivo da teca (*Tectona grandis* L.f.).Paracatu-MG, 2001.

Fontes de Variação	GL	Quadrados Médios
--------------------	----	------------------

Espaçamentos	4	3,006697
Blocos	4	2,175770
Resíduo “A” (Espaçamentos x Blocos)	16	1,226723
Profundidades no Solo	12	1,573694*
Resíduo “B” (Profundidades no Solo x Blocos)	48	0,182142
Espaçamentos x Profundidades no Solo	48	0,289093*
Resíduo “C” (Experimental)	192	0,110497

Coefficiente de variação (%) = 41,56; GL = Graus de liberdade ; * = Significativo pelo teste F, a 5% de probabilidade.

TABELA 2: Resumo da análise do desdobramento da resistência à penetração do solo de espaçamentos dentro de cada nível de profundidade no solo. Paracatu-MG, 2001.

Fontes de Variação	Graus de Liberdade	Quadrados Médios
Espaçamentos/0-5 cm	4	0.736479*
Espaçamentos/5-10 cm	4	0.738323*
Espaçamentos/10-15 cm	4	0.894741*
Espaçamentos/15-20 cm	4	1.520144*
Espaçamentos/20-25 cm	4	1.193272*
Espaçamentos/25-30 cm	4	0.651628*
Espaçamentos/30-35 cm	4	0.258882*
Espaçamentos/35-40 cm	4	0.044611
Espaçamentos/40-45 cm	4	0.068736
Espaçamentos/45-50 cm	4	0.074715
Espaçamentos/50-55 cm	4	0.076252
Espaçamentos/55-60 cm	4	0.123776
Espaçamentos/60-65 cm	4	0.094259
Resíduo	256	0.193695

* = Significativo a 5% de probabilidade.

As médias de resistência à penetração do solo para cada espaçamento, em cada uma das profundidades avaliadas são apresentadas na Tabela 3.

O espaçamento 3 x 2 m apresentou os menores valores de resistência à penetração do solo, diferindo significativamente dos demais espaçamentos cujos valores de resistência a penetração do solo, foram estatisticamente iguais entre si. No espaçamento 3 x 2m, os menores valores de resistência à penetração do solo foram encontrados nas faixas de profundidades compreendidas entre 0 – 25cm. Os valores de resistência à penetração do solo, 1,92 Mpa, observados para o espaçamento 3 x 2m, até a profundidade de 20 cm estão compreendidos na classe moderada, de acordo com a classificação de Soil Survey Staff (1993). Este comportamento deve-se, possivelmente, ao fato de ser esta a faixa limite de trabalho dos implementos utilizados no preparo do solo.

Para o espaçamento 3 x 2 m dos 20-65cm de profundidade e para os demais espaçamentos, tanto nas camadas superficiais quanto nas subsuperficiais, os valores de resistência a penetração do solo estão compreendidos na classe alta (Soil Survey Staff, 1993). Portanto, são restritivos ao crescimento do sistema radicular conforme Grant e Lanfond (1993) e Arshad et al, (1996).

TABELA 3: Médias de resistência à penetração (MPa) do latossolo vermelho-amarelo em sistema de manejo com teca, sob diferentes espaçamentos. Paracatu-MG, 2001.

Profundidades (cm)	Espaçamentos da <i>Tectona grandis</i> L.f.					Médias Gerais
	3 x 2 m	2.56 aB	6 x 3 m	6 x 4 m	12 x 2,5 m	
0-5 cm	1.92 aA	2.56 aB	2.86 bB	2.86 bB	2.56 aB	2.56b
5-10 cm	1.92 aA	2.58 aB	2.86 bB	2.86 bB	2.56 aB	2.56 b
10-15 cm	1.92 aA	2.92 bB	2.91 bB	2.99 bB	2.58 aB	2.62b
15-20 cm	1.92 aA	3.08 bB	3.09 bB	3.38 bB	2.92 bB	2.85c
20-25 cm	2.08 aA	3.10 bB	3.09 bB	3.21 bB	3.08 bB	2.94c
25-30 cm	2.32 bA	3.11 bB	3.07 bB	3.17 bB	3.10 bB	2.96c
30-35 cm	2.65 bA	2.99 bA	3.27 bB	3.06 bB	3.11 bB	3.03c
35-40 cm	2.73 bA	2.74 bA	2.90 bA	2.89 bA	2.99 bA	2.87c

40-45 cm	2.76 bA	2.47 aA	2.66 aA	2.48 aA	2.74 bA	2.67b
45-50 cm	2.57 bA	2.29 aA	2.51 aA	2.36 aA	2.47 aA	2.52b
50-55 cm	2.36 bA	2.16 aA	2.45 aA	2.24 aA	2.29 aA	2.37a
55-60 cm	2.27 bA	2.15 aA	2.35 aA	2.22 aA	2.16 aA	2.31a
60-65 cm	2.31 bA	2.51 aA	2.35 aA	2.24 aA	2.15 aA	2.31a
Médias Gerais	2.29 A	2.79B	2.79B	2.76B	2.67B	2.66

Médias seguidas de mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

Este comportamento pode ser atribuído principalmente ao preparo de solo. No espaçamento 3 x 2 m, as linhas de plantios com os camalhões foram feitas mais próximas uma das outras, o que, aliado às operações de preparo do solo com arado de disco e grade, contribui para diminuir a resistência à penetração do solo em toda a área da parcela. Contrariamente ao ocorrido no espaçamento 3 x 2 m, para os demais espaçamentos, em que as linhas de plantio com os camalhões foram feitas mais afastadas uma das outras, as operações de preparo de solo com arado de disco e grade provavelmente não contribuíram para minimizar a resistência a penetração do solo completamente em toda a extensão de cada parcela.

Beutler et al. (2001), comparou a resistência à penetração dos sistemas de manejo convencional, no qual são executadas as operações de preparo do solo com arado de discos e grade, em relação ao sistema de manejo de plantio direto em que ocorre a minimização das operações de preparo do solo. Os autores constataram que o segundo apresentou maiores valores de resistência à penetração do que o primeiro. Resultados esses atribuídos ao tráfego de máquinas realizando operações de preparo do solo, minimizadas com ação escarificadora dos sulcadores das semeadoras, os quais não contribuíram para reduzir a resistência à penetração no sistema de plantio direto.

Pela análise do desdobramento de profundidade no solo dentro de cada espaçamento, encontrou-se diferença significativa para todos os espaçamentos (Tabela 4).

TABELA 4: Resumo da análise do desdobramento da resistência à penetração do solo das profundidades dentro de cada nível de espaçamentos. Paracatu-MG, 2002.

Fontes de Variação	Graus de Liberdade	Quadrados Médios
Profundidades / 3 x 2 m	4	0.509053*
Profundidades / 6 x 2 m	4	0.305054*
Profundidades / 6 x 3 m	4	0.467006*
Profundidades / 6 x 4 m	4	0.834935*
Profundidades / 12 x 2,5 m	4	0.614020*
Resíduo	256	0.193695

* = Significativo a 5% de probabilidade.

As médias de resistência a penetração do solo para cada profundidade dentro de cada espaçamento são apresentadas na Tabela 3. O espaçamento 3 x 2 m novamente se destaca nesta análise por ter sido o único espaçamento a apresentar um valor de resistência a penetração moderada de acordo com a classificação de Soil Survey Staff (1993), nas profundidades iniciais 0-5 cm, 5-10 cm, 10-15 cm e 15-20 cm, as quais não diferiram entre si com um valor médio de resistência a penetração na ordem de 1,92 Mpa. Porém, Grant e Lanfond (1993), consideraram estes valores restritivos ao crescimento do sistema radicular.

Este fato também foi constatado por Castro (2001), ao estudar a resistência a penetração do latossolo vermelho-amarelo sob diferentes sistemas de manejo, inclusive a teca no espaçamento 3 x 2 m, este autor atribuiu este comportamento aos valores de carbono orgânico encontrado nas profundidades de 5-20 cm, os quais foram superiores aos das demais profundidades.

Outro fator que pode ter contribuído para este comportamento é o teor de umidade, como relatado também anteriormente por Castro, (2001). O autor constatou valores, intermediários para as profundidades superficiais de 0-5 cm e subsuperficiais de 5-20 cm e 20-40 cm do solo sob manejo da teca no espaçamento 3 x 2 m, encontrando valores na ordem de 19 %, 22% e 23% respectivamente para as citadas profundidades. Perumpral, (1987), citado por Castro (2001) também afirma que estudos experimentais

têm mostrado que a resistência do solo à penetração (índice de cone) aumenta com a elevação da densidade e diminui com a elevação do teor de água do solo.

Nos espaçamentos 6 x 3 m e 6 x 4 m os maiores valores de resistência a penetração do solo, foram observados até 40 cm de profundidade, variando de 2,85 a 3,38 MPa, (Tabela 3). Estes valores estão na classe alta, de acordo com a classificação de Soil Survey Staff (1993), podendo prejudicar o crescimento do sistema radicular segundo Grant e Lanfond (1993) e Arshad et al, (1996).

Para o espaçamento 6 x 2 m, os maiores valores de resistência à penetração do solo concentraram-se na profundidade de 15-30 cm, as quais diferiram significativamente das demais profundidades. Todos os valores de resistência à penetração do solo observados para este espaçamento variaram de 2,51 a 3,27 Mpa (Tabela 3). Mantiveram-se, pois na classe alta de acordo com a classificação de Soil Survey Staff (1993), sendo restritivos ao crescimento do sistema radicular conforme Grant e Lanfond (1993) e Arshad et al, (1996).

Para o espaçamento 12 x 2,5 m, os valores observados de resistência à penetração para as profundidades 0-5 cm, 5-10 cm, 10-15cm, 45-50 cm, 50-55 cm, 55-60 cm e 60-65 cm, foram menores que os observados para as demais profundidades. Os mesmos variaram de 2,14 a 2,57Mpa enquanto que as das demais profundidades variaram de 2,92 a 3.11 Mpa (Tabela 3). Porém, todos os valores observados estavam na classe alta de acordo com a classificação de Soil Survey Staff (1993) , sendo considerados restritivos ao crescimento do sistema radicular conforme Grant e Lanfond (1993) e Arshad et al, (1996).

De maneira geral, a profundidade de 15 a 40 cm apresentou os maiores valores de resistência à penetração no solo para todos os espaçamentos.

4. Conclusões

- Em todos os espaçamentos e profundidades foram constatados níveis de compactação no latossolo-vermelho-amarelo, compreendidos nas classes moderadas a altas, as quais são restritivas ao crescimento do sistema radicular.

- O menor índice de compactação para o latossolo-vermelho-amarelo foi constatado para a profundidade de 0 – 25cm, no espaçamento de plantio de teca de 3 x 2m, classificado no nível moderado.
- Os maiores índices de compactação para o latossolo-vermelho-amarelo foram constatados na profundidade de 15 – 40cm, nos espaçamentos de plantio de teca de 6 x 2m, 6 x 3 m, 6 x 4m e 12 x 2,5m.
- O preparo do solo com arado de disco e grade pode contribuir para a redução da resistência à penetração do solo somente nas camadas superficiais (0-15 cm), tornando-se necessária a prática de subsolagem para as demais camadas.

5. Referências Bibliográficas

ANTUNES, F.Z. Caracterização climática do Estado de Minas Gerais: Climatologia agrícola. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 12, n. 138, p. 9-13, jun. 1986.

ARSHAD, M.A.; LOWEERY, B.; GROSSMAN, B. Physical tests for monitoring soil quality. In: DORAN, J. W.; JONES, A.J., eds. *Methods for assessing soil quality*. Madison, **Soil Science Society of America**, 1996, p. 123-141 (SSSA Special Publication 49).

BACCHI, O.O.S. **Efeito da compactação sobre o sistema solo-planta em cultura de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*)** Piracicaba: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 1976. 65p. (Dissertação-Mestrado)

BORGES, E.N. **Resposta da soja e do eucalipto a camadas compactadas de solo**. Viçosa: UFV, 1986, 74p. (Dissertação –Mestrado)

BRADY, N.C. **Natureza e propriedade dos solos**. 7.ed. Trad. Antônio B. Neiva Figueiredo Filho. Rio de Janeiro: 1989. 878p.

BEUTLER, A.N.; SILVA, M.L.N.; CURI, N.; FERREIRA, M.M.; CRUZ, J.C. & PEREIRA FILHO, I.A. Resistência à penetração e permeabilidade de latossolo vermelho distrófico típico sob sistemas de manejo na região dos cerrados. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, 25:167-177, 2001. Viçosa, n.1, jan/mar.

CASTRO, A.R. de. **Resistência à penetração do solo em sistema agrossilvipastoril, na região de cerrado do noroeste de minas gerais**. Lavras, UFLA, 2001, 47p.: il. (Monografia).

CENTURION, J.F. & DEMATTÊ, J.L.I. Efeitos de sistemas de preparo nas propriedades físicas de um solo sob cerrado cultivado com soja. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, 9:263-266, 1985.

CHAVES, E. & FONSECA, W. **Teca - *Tectona grandis* L.f. espécie de arbol de uso multiple en America Central**. Turrialba, CATIE, 1991. 47p.(Serie técnica - Informe Técnico nº 179).

ESALQ/DS . **Cultura da teca**. Piracicaba, 1970. 5p.

FERREIRA, D.F. **Sistema de Análises de Variância (Sisvar)**. CAPES, CNPq. UFLA/DEX. Lavras – MG. 2000.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Elaboración de una tabla de volumen y un estudio de incremento para teca (*Tectona grandis*) en El Salvador**. FAO, FO.DP ELS 173/004, 1977. 53p. (Documento de trabajo nº14).

____Eleccion de especies arboreas para plantación – Estudios de silvicultura y productos forestales. **Silvicultura Tropical**. Roma, 1959. 1(13): 76-88.

FREITAG, G.R. Methods of measuring soil compaction. In: BARNES, K.K.; CARLETON, W.M.; TAYLOR, H.M.; THROCKMORTON, R.I.; VANDENBERG, G.E. (org) **Compaction of Agricultural Soil**. St. Joseph, ASAE, 1971, Cap.2, p.47-103.

GOLFARI, L.; CASER, R.L. ; MOURA, V.P.G. **Zoneamento Ecológico Esquemático para Reflorestamento no Brasil**. PNUD/ FAO/ IBDF/ BRA-45 (2^a aproximação). Série Técnica/ IBDF. Brasília, 1978.

GRANT, C.A. & LAFOND, G.P. The effects of tillage systems and crop sequences on soil bulk density and penetration resistance on a clay soil in southern Saskatchewan. **Canadian Journal of Soil Science**, Ottawa n.2, May, 73:223-232, 1993.

HIGUCHI, N. **Informações básicas para o manejo florestal da *Tectona grandis* (teca) introduzida no Alto Jauru**. Fundação Universidade Federal de Mato Grosso/ Departamento de Engenharia Florestal. Cuiabá, 1979. 92p. (mimeografado).

KAOSA-ARD, A. (*Tectona grandis* L.F.) **natural distribution and related factors**. Silvicultura. São Paulo, 1983. 30(2):173-179.

KAUFMAN, C.M. Teak productions and culture in Thailand. **Journal of forestry** Washington, 1968. **66** (5): 396-399.

SALAZAR, R.F. & ALBERTIN, W. **Requerimientos edaficos y climaticos para *Tectona grandis* L**. Turrialba, 1974. 24(1):66-71

SOIL SURVEY STAFF. **Soil survey manual**. Washington, USDASCS. U.S. Gov. Print. Office, 1993. 437p.(Handbook, 18).

STOLF, R. FERNANDES, J., FURLANI NETO, V.L. Recomendação para uso do penetrômetro de impacto modelo IAA/PLANAL SUCAR – STOLF. **Série Penetrômetro de Impacto**, p. 1-9. 1983. (Boletim Técnico, 1)

STOLF, R. Teoria e teste experimental de fórmulas de transformação dos dados de penetrômetro de impacto em resistência do solo. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, 15:229-235, 1991.

SEIXAS, F. **Avaliação da compactação do solo devido as atividades de colheita de madeira**, Piracicaba: 1997. 22p.

SILVA, M.L.N.; CURI, N. & BLANCANEUX, P. Sistemas de manejo e qualidade estrutural de Latossolo Roxo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** Brasília, 35:2485-2492, 2000.