

DESENVOLVIMENTO INICIAL DE *Tectona grandis* L.f. (TECA) EM ÁREA DE CERRADO SOB DIFERENTES ESPAÇAMENTOS

JOZÉBIO ESTEVES GOMES

2002

57397
MEMO 49043

JOZÉBIO ESTEVES GOMES

**DESENVOLVIMENTO INICIAL DE *Tectona grandis*
L.f. (TECA) EM ÁREA DE CERRADO SOB
DIFERENTES ESPAÇAMENTOS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Curso de Mestrado em Engenharia Florestal, área de concentração em Florestas de Produção, para obtenção do título de "Mestre".

Orientador

Prof. Dr. Renato Luiz Grisi Macedo

LAVRAS
MINAS GERAIS –BRASIL
2002



**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca Central da UFLA**

Gomes, Jozébio Esteves

Desenvolvimento inicial de *tectona grandis* l.f. (teca) em área de cerrado sob diferentes espaçamentos / Jozébio Esteves Gomes. -- Lavras : UFLA, 2002.

76 p. : il.

Orientador: Renato Luiz Grisi Macedo.

Dissertação (Mestrado) – UFLA.

Bibliografia.

I. Teca. 2. Cultivo. 3. Cerrado. 4. Nutrição mineral. 5. Plantio. 6. Espaçamento. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

**CDD- 583.88
- 634.97388**

JOZÉBIO ESTEVES GOMES

**DESENVOLVIMENTO INICIAL DE *Tectona grandis*
L.f. (TECA) INTRODUZIDA EM ÁREA DE
CERRADO SOB DIFERENTES ESPAÇAMENTOS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Curso de Mestrado em Engenharia Florestal, área de concentração em Florestas de Produção, para obtenção do título de “Mestre”.

Aprovada em 31 de julho de 2002

Prof. Nelson Venturin

UFLA

Prof.a Soraya Alvarenga Botelho

UFLA


Prof. Dr. Renato Luiz Grisi Macedo

UFLA

(Orientador)

LAVRAS
MINAS GERAIS –BRASIL
2002

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho única e exclusivamente à minha companheira Selma, por ter me ajudado a recomeçar uma vida nova e esquecer as lembranças ruins do passado, vendo a leveza das coisas com humor, por meio de um amor sólido, sincero, puro e grandioso.

AGRADECIMENTOS

Ao ser superior (Deus), o meu primeiro e eterno mestre.

Aos meus pais, Matheus e Nilla e aos meus irmãos e irmãs (Delma, Dalmo, Ednalva, Marluza, Lunalva, Zenildo, Genilson, Giuliana, Maria Olímpia, Toninho, Manoel, Matheus, Denilton).

Aos meus filhos, Ingrid e Igor, por terem me mostrado o lado bom de ser pai.

Ao Professor Renato Grisi, pela orientação, amizade e companheirismo, paciência e incentivo que teve para comigo nesta jornada.

Ao Professor Nelson Venturim, pelo apoio irrestrito aos meus passos na minha carreira acadêmica.

A dona Dinha e ao seu Pedro (pais da Selma), pelo incentivo e confiança.

Aos amigos de fé: Warley (Grilo), Vagner (Morcegão), Cláudio, Milena, Carla, Tadário, Frederico (Fredão), Sidney (Sidão), Renato (Urso), Douglas (Bebê), Vagner (Maga), Emílio (Japonês), João (Lafon), Luiz Carlos (Cal), Presuntinho, Zaroni e Cleber (prefeitos do alojamento estudantil), Saulo (Cantina da UFLA), Lígia, Elisana, Lilian, Bodinho, Edmilson, Cabacinha, Alvinho, Adriana, Thais, Lilian Telles, Nilo, Ana Cecília, Mazinho (Mercearia Nova Lavras), Isabel (FAEPE), Bruno, Gláucia e Terezinha (Secretárias), Murilo, Adelson, Leticia, Márcia, Joema, Anderson (100%), Lucas Guida, Elizete, Ilma (esposa do Grisi), Rodrigoão, Tuka, Viviane, Lu Branca, Meio Baiano, Pará, Gislene (Gigi), Silvia e Marcelo (irmão da Selma) Chico (Localiza), Amilton (Cantina do Brejão), Cleber (Baianinho), Antonio Marcos, Bruno (Brunão), Dimas (Dimão) e José Fábio (Zigoto).

Aos professores e funcionários do Departamento de Ciências Florestais

A todas as pessoas que contribuíram de alguma forma para o desenvolvimento deste trabalho.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	1
ABSTRACT	3
1 INTRODUÇÃO	1
2 REFERENCIAL TEÓRICO	3
2.1 Importância da teca (<i>Tectona grandis</i> L. f.)	3
2.2 Distribuição natural da teca	4
2.3 Necessidades climáticas da teca	4
2.4 Solos e nutrição mineral da teca	5
2.5 Algumas características ecológicas da teca	7
2.6 Perspectivas de cultivo e mercado para a teca no mundo	8
2.7 Perspectivas da teca para o Brasil	8
2.8 Resistência à penetração do solo	10
2.9 Espaçamento de plantio	18
3 MATERIAL E MÉTODOS	30
3.1 Caracterização da área experimental	30
3.2 Experimento de espaçamentos de plantio de teca	31
3.3 Avaliações do experimento de espaçamentos de plantio de teca	32
3.3.1 Diâmetro a altura do peito (DAP)	33
3.3.2 Altura total das plantas (HT)	33
3.3.3 Porcentagem de sobrevivência (stand)	33
3.3.4 Volume por planta (V/P)	33
3.3.5 Volume por hectare (V/Ha)	34
3.3.6 Área basal por planta (G/p)	34
3.3.7 Área basal por hectare (G/ha)	35
3.3.8 Incremento corrente anual do diâmetro a altura do peito (ICADAP)	35
3.3.9 Incremento corrente anual da altura total (ICAHT)	35
3.3.10 Incremento corrente anual do volume por planta (ICAVp)	35
3.3.11 Incremento corrente anual do volume por hectare (ICAVha)	36
3.3.12 Incremento corrente anual da área basal por planta (ICAGp)	36
3.3.13 Incremento corrente anual da área basal por hectare (ICAGha)	36
3.4 Análises estatísticas do experimento de plantio de teca	36
3.5 Experimento de Resistência a Penetração do Solo	37
3.6 Avaliações do experimento de resistência à penetração do solo	38
3.7 Análises estatísticas do experimento de resistência à penetração do solo	38
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	39
4.1 Resistência à penetração do solo	39
4.2 Espaçamento de plantio	48
4.2.1 Primeira avaliação (24 meses pós-plantio)	48
4.2.2 Segunda avaliação (36 meses pós-plantio)	54
5 CONCLUSÕES	61
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	63
ANEXOS	73

RESUMO

GOMES, Jozébio Esteves. “Desenvolvimento inicial de *Tectona grandis* L.f. (TECA) em área de cerrado sob diferentes espaçamentos.”

O presente trabalho teve o intuito de avaliar o potencial de crescimento inicial de *Tectona grandis* L.f. (TECA) na região noroeste do estado de Minas Gerais sob diferentes espaçamentos. Para tanto, o referido trabalho consistiu em dois experimentos. Um foi de avaliação da resistência à penetração do solo com teca 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; o outro de avaliação do efeito dos espaçamentos de plantio 3 x 2 m; 6 x 2 m; 6 x 3 m; 6 x 4 m; e 12 x 2,5m sobre o crescimento da teca. Pôde-se observar que o espaçamento 3 x 2m apresentou os menores valores de resistência à penetração do solo, desde a superfície até a profundidade de 30-35cm em relação aos demais espaçamentos. Foi também o único espaçamento a apresentar valores de resistência à penetração na classe moderada, de acordo com a classificação de Soil Survey Staff (1993). Com relação à avaliação do crescimento, observaram-se efeitos significativos somente para o volume e a área basal por hectare aos 24 e 36 meses pós-plantio. O espaçamento 3 x 2m apresentou os maiores valores, diferindo assim dos demais espaçamentos. Em todos os espaçamentos e profundidades foram constatados níveis de compactação no solo, compreendidos nas classes moderadas e altas, os quais são restritivos ao crescimento do sistema radicular. Os principais fatores que limitaram o crescimento inicial da teca na região foram o extenso período de insuficiência e as irregularidades de precipitações pluviométricas associadas ao nível alto de compactação do solo.

Comitê Orientador: Renato Luiz Grisi Macedo – UFLA (Orientador); Nelson Venturin – UFLA (Co-orientador) e José Roberto Soares Scolforo (Co-orientador).

ABSTRACT

GOMES, Jozébio Esteves. “*Tectona grandis* L.f. (TEAK) initial development in the savanna under different spacings.”

This study evaluated the potential initial growth of *Tectona grandis* L.f. (TEAK) in the northwestern region of Minas Gerais State under different spacings. This study consisted of two experiments, one evaluating soil penetration resistance by teak at the depths of 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 and 60-65 cm, and the other evaluating the effect of planting spacings 3 x 2 m, 6 x 2 m, 6 x 3 m, 6 x 4 m and 12 x 2.5m on teak growth. It was observed that the spacing 3 x 2m presented the smallest soil penetration resistance until 30-35cm depth in relation to the other spacings, and was the only one that also presented penetration resistance values in the moderate class, according to the Soil Survey Staff (1993) classification. In relation to growth evaluation, significant effects were observed only for volume and basal area per hectare at 24 and 36 months after planting, while the spacing 3 x 2m presented greatest values, thus differing from all other spacings. In all spacings and depths levels of soil, compaction was observed, within the classes moderate and elevated, which are restrictive to root system growth. The major limiting factors for teak initial growth in the region were: the extended lacking rainfall and its irregularity, associated with the elevated soil compaction level.

Guidance Committee: Renato Luiz Grisi Macedo - UFLA(Supervisor); Nelson Venturin - UFLA (Co-supervisor); José Roberto Soares Scolforo - UFLA (Co-supervisor).

1 INTRODUÇÃO

Ultimamente, com a grande necessidade de se buscar alternativas para produção de madeira serrada de qualidade para usos nobres, muitas empresas do setor florestal têm procurado a introdução de novas espécies potenciais para obtenção de produtos e subprodutos para estes fins.

Neste contexto, diversas empresas florestais, além de concentrar esforços e tecnologia para produção de florestas energéticas, nos últimos anos, têm direcionado suas atividades também para a diversificação de produção e produtos, por meio da introdução de novas espécies potenciais para produção de madeira serrada para fins nobres. Uma das alternativas encontradas por estas empresas florestais é o direcionamento de parte dos reflorestamentos à produção de madeira em ciclos longos. Isso é possível por meio da escolha de espécies potenciais e de espaçamentos adequados, de forma a proporcionar a cada indivíduo o espaço suficiente para se obter crescimento máximo e, ao mesmo tempo obter produtos e subprodutos com melhor qualidade, menor custo e, conseqüentemente, um preço competitivo.

Dentre as várias opções de espécies florestais potenciais para a produção de madeira serrada para uso nobre, algumas empresas têm optado também pela introdução da *Tectona grandis* L.f. (TECA). Trata-se de uma espécie arbórea de grande porte, de rápido crescimento, produtora de madeira nobre e com um elevado valor de mercado.

Para tanto, nos últimos anos, têm sido realizados inúmeros testes de introdução da *Tectona grandis* L.f. (TECA), com a finalidade de analisar a sua viabilidade técnica e econômica de estabelecimento, crescimento e produção de madeira, sob diferentes espaçamentos nas mais diversas regiões do país.

A crescente preocupação destas empresas florestais com a diversificação e qualidade da produção, por meio da introdução de novas espécies potenciais, justifica-se por dois aspectos principais. O primeiro são as reiteradas exigências de um mercado consumidor cada vez mais atento aos produtos que adquire. Isso, de maneira geral, força as indústrias e, conseqüentemente, os fornecedores de matérias-primas a um aprimoramento constante, que torne possível colocar no mercado produtos compatíveis com as necessidades e exigências dos consumidores.

Sendo assim, este trabalho é resultado de uma parceria da Companhia Mineira de Metais com a Universidade Federal de Lavras. Pôr meio do seu Departamento de Ciências Florestais, a UFLA vem, ao longo dos últimos cinco anos, desenvolvendo trabalhos que têm por objetivo fornecer embasamento teórico e subsídios técnico-científicos para viabilizar a introdução de novas espécies florestais potenciais para produção de madeira serrada para uso nobre, bem como a definição do espaçamento adequado para as mesmas, no noroeste do estado de Minas Gerais.

Portanto, o presente trabalho teve como objetivo geral avaliar o potencial de crescimento inicial de *Tectona grandis* L.f. (TECA) implantada na região noroeste do estado de Minas Gerais, em diferentes espaçamentos. Como objetivos específicos, tem os seguintes pontos:

- a) avaliar a resistência de latossolo-vermelho-amarelo à penetração em sistema de manejo com *Tectona grandis* L.f. (Teca);
- b) avaliar o efeito do espaçamento de plantio sobre o crescimento inicial da *Tectona grandis* L.f. (Teca).

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Importância da teca (*Tectona grandis* L. f.)

A teca (*Tectona grandis* L.) 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).

Diversos autores, como Banijbhatana (1957), Mello (1963), Decamps (1969), Esalq/Ds (1970), Torres & Silverborg (1972), Jacobs (1973), Ramakrishna (1978), Sanchez (1978), Kaosa-Ard (1983), IBDF (1984) e Mello (s.d.), comentam sobre a importância econômica da teca e sobre suas qualidades, propriedades físico-mecânicas e possibilidades de uso de sua madeira. Em linhas gerais, são ressaltados seu valor comercial elevado, suas características e propriedades desejáveis, como: durabilidade, estabilidade dimensional, leveza, resistência mecânica, resistência a fungos e cupins, beleza, facilidades de serragem, lavragem, laminação e secagem.

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 da 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.

2.2 Distribuição natural da teca

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.

Para o autor, toda a polêmica em torno da distribuição natural da teca, que é nativa do sudoeste asiático, está associada ao padrão de distribuição dessa espécie dentro da Índia, Birmânia, Tailândia e Laos. Nestes países, a distribuição da teca não é contínua. Existem muitos fatores controlando a sua distribuição, daí a descontinuidade e, por conseqüência, os conflitos de opiniões sobre a geografia de sua ocorrência natural.

2.3 Necessidades climáticas da teca

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.

Banijbhatana (1957) afirma que na Tailândia a teca prevalece em climas de savana, onde duas estações, uma seca e, outra chuvosa são distintas. Nessa

região, onde o clima é caracteristicamente monstônico, as chuvas são mais ou menos periódicas, variando de 900 a 2500 mm anuais, com 52 a 211 dias chuvosos por ano.

Segundo Kaosa-Ard (1983), a temperatura é um dos mais importantes fatores que controlam a distribuição e o crescimento da teca. Ao analisar alguns trabalhos, este autor observa que esta espécie ocorre naturalmente em localidades onde as temperaturas podem ser de até 48°C no mês mais quente e inferior a 2°C no mês mais frio. No entanto, as temperaturas ideais para a teca giram em torno de 13°C (média mensal mínima) e 40°C (média mensal máxima).

A teca é uma espécie que não suporta sombreamento, mesmo no período juvenil. Esta espécie é intolerante à sombra, razão pela qual, nos locais de climas equatoriais, com precipitações uniformemente distribuídas durante o ano todo, ela não se desenvolve bem. Se a estação seca bem definida não ocorrer, a teca tende a ser dominada por espécies folhosas não caducifólias (ESALQ/DS, 1970).

2.4 Solos e nutrição mineral da teca

Qureshi & Yadav (1967) citam que esta espécie ocorre sob uma grande variedade de formações geológicas. Contudo, a profundidade, a drenagem, a umidade e a fertilidade dos solos originados influenciam grandemente o desenvolvimento da teca.

Puri (1951) cita que a teca desenvolve-se melhor em áreas de basalto preto em relação às rochas cristalinas, considerando o fato do basalto originar solos que possuem grande capacidade de retenção de umidade, que possibilita com suficiência o crescimento desta espécie mesmo após o período chuvoso. O

mesmo não ocorre com os solos derivados de rochas cristalinas, que são porosos em demasia e incapazes de reter umidade suficiente para a teca.

Qureshi & Yadav (1967) citam que a teca tem crescimento deficiente sobre arenito metamorfoseado duro ou quartzito que se desintegra com facilidade. O mesmo ocorre sobre a laterita, onde a teca também não prospera, exceto nos locais onde a laterita é altamente desintegrada e misturada com outras rochas.

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 (ESALQ/DS, 1970).

Kulkarni (1951) relata que a teca, em condições naturais, ocorria predominantemente em solos com pH variando entre 6,5 a 7,5. Nos solos com pH inferior a 6,0 ela estava totalmente ausente e sua qualidade era inferior em solos muito alcalinos dotados de pH entre 7,5 e 8,5.

Segundo Takle & Mujundar (1957), citados por Matricardi (1989), diversos estudos identificam a teca como uma espécie calcícola, mostrando que ela necessita de uma quantidade relativamente grande de cálcio para seu crescimento e desenvolvimento.

Puri (1951) afirma que a teca tem melhor crescimento em solos que possuem grandes quantidades de cálcio em forma solúvel e elevados valores de pH. O cálcio funciona como fator limitante para o crescimento da teca, tendo influência linear sobre o seu crescimento. Laurie (1931) estudou a disponibilidade de cálcio, potássio, fósforo e pH, em quatro localidades da Índia. Verificou que, de modo geral, os valores destes atributos dos solos observados

para regiões com ocorrência natural de teca foram, em média, superiores àqueles das regiões onde a teca não ocorria. Este e outros fatos semelhantes parecem demonstrar que a teca é uma espécie exigente nutricionalmente, pelo menos em relação a determinados nutrientes como o cálcio e o pH.

2.5 Algumas características ecológicas da teca

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 de cultivo é suficiente para que 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. Uma vez estabelecida, o seu crescimento é vigoroso (Fao, 1959).

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).

Segundo Torres & Silverborg (1972) e CATIE (1991), a teca é relativamente resistente a pragas e doenças. Não há relato desse tipo de ocorrência, tanto em condições naturais quanto em plantios.

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.

2.6 Perspectivas de cultivo e mercado para a teca no mundo

Keogh (1980) cita que são extensos os cultivos da teca fora de sua área de distribuição natural. De modo geral, existem cultivos em todos os países da América Central, em várias ilhas do Caribe, México e vários países da América do Sul. Este mesmo autor estima, para o Caribe, uma área com cerca de 14.000 ha cultivada em teca. Calcula-se também que esta área tem aumentado num ritmo de 300 a 400 ha por ano.

A teca está entre as espécies exóticas produtoras de madeira que mais se sobressaem no México (Sanchez, 1978). Para este autor, a espécie é considerada de rápido crescimento, e no México, estão sendo estudados métodos adequados para sua implantação desde 1972.

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 dos 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).

2.7 Perspectivas da teca para o Brasil

As perspectivas para o cultivo da teca no Brasil já haviam sido indicadas por Sampaio (1930). Naquele ano, este autor citava plantios de “teca-da-Índia” feitos no Jardim Botânico do Rio de Janeiro e no Horto Florestal de Rio Claro-SP, comentando que os mesmos indicavam boas perspectivas para seu cultivo no país.

Mello (s.d.) e Esalq/Ds (1970) relatam o promissor cultivo experimental de teca feito em Piracicaba-SP e revelam que o desenvolvimento desta espécie foi bastante superior ao das espécies nativas produtoras de madeira de elevado

valor comercial. Os mesmos autores comentam ainda que o “excelente” desenvolvimento da teca, constatado para as condições reinantes em Piracicaba-SP, indicam boas perspectivas para o seu cultivo no país.

No Brasil, existem diversos plantios de teca com idades variando de alguns meses a quase um século e em quantidades que variam de algumas árvores há milhões de árvores. Além dos mencionados plantios de Piracicaba-SP, Jardim Botânico do Rio de Janeiro e no Horto Florestal de Rio Claro-SP, esta espécie foi também cultivada na Usina Tamoio, em Araraquara-SP; na Aracruz Florestal S/A, em Aracruz-ES, na Jari Florestal, em M. Dourado-PA; na CEPLAC, em Porto Seguro-BA; no sítio Castiçal do Jauru, na fazenda Teca do Jauru, na fazenda Paraguatuba e na chácara Junco, na região da Grande Cáceres-MT.

Golfari et al. (1978) citam que os melhores, os mais extensos e os mais bem sucedidos plantios de teca no Brasil, com idade variando entre alguns meses a 17 anos, encontram-se na Grande Cáceres-MT e são propriedades da Serraria Cáceres S/A.

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

A esse respeito, ESALQ/DS (1970) comenta que, sendo ela uma espécie originária de regiões tropicais, poderá constituir um excelente material para reflorestamento, mesmo nas condições reinantes no estado de São Paulo. Com a atual escassez de madeiras nativas nobres, a teca desponta como uma das raras espécies folhosas tropicais produtoras de madeira de alto valor comercial, que poderá responder pela demanda deste segmento do setor madeireiro no país, em um futuro não muito distante.

2.8 Resistência à penetração do solo

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

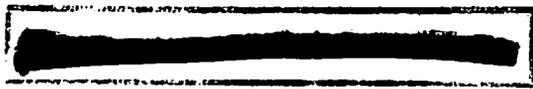
Como exemplo pode-se citar o sistema de manejo convencional, que é o mais utilizado. Nesse sistema, o solo é preparado por meio de inúmeras arações e gradagens, a fim de deixá-lo em boas condições de receber a semente ou a muda, favorecendo assim o crescimento e o desenvolvimento das plantas. Muitas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

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

Outros estudos também vêm 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.

As modificações das propriedades físico-químicas dos solos são resultantes das diversas operações mecanizadas dentro dos povoamentos,



podendo ainda cortar e prejudicar o sistema radicular das árvores adjacentes aos locais de trânsito. O prejuízo será tanto maior quanto mais superficiais estiverem as raízes.

Considerando a complexidade das interações que ocorrem, torna-se necessário obter mais dados sobre os efeitos da compactação no crescimento das árvores, para se determinar quais seriam os limites convenientes de medidas curativas e preventivas (Greacen e Sands, 1980, citados por Chiaranda, 1989).

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.

De acordo com Doran & Parkin, (1994), o monitoramento da qualidade do solo pôr meio dos atributos físicos é importante para a manutenção e avaliação da sustentabilidade dos sistemas de produção. Este monitoramento contribui para melhor qualidade dos produtos, pôr meio de uma mecanização consciente, propiciando um ambiente mais sadio para o homem e racionalizando o uso de matérias-primas e de recursos naturais, reduzindo-se assim a degradação ambiental.

Segundo ainda estes mesmos autores, estes atributos, basicamente, devem ser sensíveis às variações do manejo ao qual está sendo submetido. Devem estar incluídos em um banco de dados para que possa ser possível realizar comparações temporais. Sendo assim, torna-se necessária a existência de padrões de comparação com valores críticos bem definidos para as várias classes de solo, climas e sistemas de manejo e que sejam, de preferência, quantitativos.

Outros autores, tais como Islam & Weil (2000), consideram importantes na avaliação da qualidade do solo três grupos de atributos. Dentre eles,

destacam-se o grupo dos atributos intermediários, os quais são alterados com o manejo após alguns anos, como exemplo a resistência à penetração do solo.

Doran & Parkin (1994) destacam também que a qualidade do solo é definida como a capacidade do solo em manter uma produtividade sustentável, melhorando o ambiente, a planta, o animal e o homem. Neste sentido Karlen & Stott (1994) destacaram uma série de atributos de solo para avaliar sua qualidade, dentre eles, a resistência à penetração.

A resistência à penetração corresponde a uma força de ação contrária ao crescimento e à ação de penetração das raízes no solo. Densidade do solo acima de $1,40 \text{ Mg m}^3$ para solos argilosos é restritiva ao crescimento das raízes (Arshad et al., 1996).

Em solos compactados, em que as partículas ficam mais próximas entre si e sua resistência à deformação aumenta, espera-se uma maior resistência ou dificuldade à penetração das raízes. Wiersum (1957), citado por Goss & Russel (1980), verificou que, quando as elongações das raízes sofriam restrições por meio de pressões externas, seus diâmetros geralmente aumentavam, descartam-se assim as possibilidades de as raízes superarem a resistência do solo e penetrar em poros de diâmetros menores que o seu próprio, exercendo pressão suficiente para expandi-lo ou por diminuir seu diâmetro para penetrá-lo. Para Goss & Russel (1980), adentrar esses poros depende da expansão das raízes contra uma pressão de resistência à penetração. Segundo Greacen & Sands, (1980), quando a resistência à penetração do solo aumenta e a macroporosidade reduz, ocorre também a redução da taxa de elongação das raízes. Esta relação ocorre de maneira exponencial, até atingir um valor crítico de resistência à penetração do solo, acima do qual a penetração das raízes cessa.

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.

As raízes geralmente procuram penetrar locais onde a resistência para tal é baixa ou onde haja fragilidades estruturais como fissuras, interfaces, etc. Kimber (1974) verificou que as raízes de *Eucalyptus marginata* penetram uma camada de laterita através de suas fissuras e interfaces, criando um sistema radicular auxiliar na camada de argila caulinitica, logo abaixo da camada de laterita. Sands, et al. (1979) verificaram este fato para raízes de *Pinus radiata* em bolsas de solo de baixa resistência à penetração (citados por Castro, 2001)

O grau pelo qual a compactação afeta as raízes depende da espécie, tipo de solo e magnitude do efeito compactativo. Desse modo, o crescimento das raízes pode ser inibido em solos de textura fina, pobremente drenados, compactados e com deficiência de oxigênio. Quando o solo não apresenta carência de oxigênio e água, o crescimento das raízes pode ser inibido pela resistência à penetração (Zisa et al., 1980).

Zisa et al. (1980), trabalhando com solos franco-siltosos, verificaram que um aumento de densidade do solo de 1,2 para 1,8 g cm⁻³ acarretou diminuição da macroporosidade e microporosidade e conseqüente aumento da resistência à penetração de 1,4 para 9,4 bars. Observaram, ainda, para solos franco-siltosos, que o mesmo aumento da densidade determinou semelhante diminuição da macroporosidade e microporosidade, com conseqüente aumento do valor da resistência à penetração de 0,6 para 3,4 bars. Portanto, além do rearranjo dos poros, a resistência depende também da composição granulométrica do solo, assim como de sua umidade.

As alterações das propriedades físicas dos solos são resultantes das inúmeras operações mecanizadas dentro dos plantios florestais. São também responsáveis pelos danos causados ao sistema radicular das árvores próximas dos locais de maior trânsito, sendo o maior prejuízo proporcional à

superficialidade das raízes no solo. Este efeito da compactação no crescimento e desenvolvimento das plantas na idade adulta vem sendo mensurado logo após as operações de desbastes em povoamentos comerciais e após o manejo de povoamentos multiâneos.

Moehing e Rawls (1970), citados por Castro (2001), criaram uma série de processos compactadores do solo, passando um trator seis vezes próximo às árvores, variando o número de lados atingidos de cada árvore teste. Após cinco anos, o volume de crescimento foi mensurado. Quando a compactação foi limitada a um dos lados da árvore, o crescimento em volume foi levemente afetado. Mas, quando as árvores-teste tiveram dois, três ou quatro lados compactados, elas apresentaram volumes 13,17%; 36,3% e 43,4% menores que o volume das árvores controle.

A produtividade geralmente 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.

Andrade (2000), ao analisar a compactação do solo na entrelinha onde não houve tráfego de máquinas durante a colheita e na entrelinha trafegada, evidenciou uma diferença significativa sobre a resistência do solo. Este autor ainda afirma que tal fato significava que, neste nível, o tráfego de máquinas durante a colheita de madeira na área estudada aumentou a resistência do solo, isto é, causou sua compactação até uma profundidade máxima de 50 cm.

Outro fator importante é a presença de animais. Schneider (1978) concluiu que o pisoteio constante de animais na floresta provoca um acentuado desnudamento da superfície do solo, destruindo as raízes superficiais autotróficas e micotróficas, que são as responsáveis pela absorção de nutrientes.

Em consequência, as árvores não se desenvolvem normalmente. O autor ressalta ainda que a compactação causada pelo pisoteio pode modificar a estrutura, diminuir a porosidade do solo, prejudicar o enraizamento das árvores e a infiltração de água, aumentar o deflúvio superficial com consequente erosão, podendo o arraste do solo superficial causar diminuição da matéria-prima disponível à nutrição das plantas, prejudicando o crescimento das árvores e, em consequência, a produtividade das florestas.

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 a 0,053 mm aumentaram em detrimento das classes de 2,000 a 1,000; 1,000-0,500; 0,500 a 0,250; 0,250 a 0,105 mm de diâmetro. Foi identificado também o surgimento de camada adensada, na profundidade de 10 a 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.

Borges (1986) cita que diversos autores têm comparado os diferentes tipos de cultivos a que pode ser submetido um solo, em busca daquele cultivo que causa menor prejuízo às suas propriedades físicas. Assim, o autor verificou que o sistema de cultivo convencional, em decorrência do intenso trânsito de

máquinas e implementos agrícolas, fornece condições adequadas para que ocorra a compactação do solo.

Vieira & Muzilli (1984) fizeram observação semelhante, onde encontraram aumento de densidade do solo nas faixas sob as rodas do trator. Esses aumentos foram na ordem de 41,2%, 17,2% e 2,9%, respectivamente, nas profundidades de 0 a 6 cm, 12 a 20 cm e de 22 a 28 cm, no plantio convencional, enquanto no plantio direto os valores foram de 7,4% 1,7% e 0,9%, respectivamente, para as mesmas profundidades.

Os efeitos da compactação em solos florestais são diferentes dos ocorridos em solos agrícolas, em virtude das espécies, dos ciclos das culturas e das máquinas utilizadas. Porém, as forças causadoras da compactação nos dois tipos de solos ocorrem por causa do intenso uso de máquinas (Greacen e Sands, 1980).

A compactação do solo também afeta a disponibilidade de nutrientes para as 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, à 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 por meio do uso do penetrômetro. Segundo Voorhess et al. (1978), citados por Seixas, (1997), as leituras do penetrômetro refletem a resistência à penetração do solo de forma mais sensível à compactação do solo do que a densidade do mesmo. Isso porque 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. Taylor & Ratliff (1969) observaram que quando a resistência ao penetrômetro era próxima de zero MPa, a elongação de raízes de amendoim era de $2,77 \text{ mm h}^{-1}$, com o penetrômetro acusando uma resistência de 1,47 MPa e taxa de elongação caindo para $1,5 \text{ mm h}^{-1}$, já para uma resistência de 2,94 MPa, a elongação atingiu somente $0,8 \text{ mm h}^{-1}$. O conteúdo de água entre 7,0% e 3,8% em peso não afetou a elongação de raízes em comparação à resistência oferecida pelo solo neste experimento.

O tipo de raiz da espécie vegetal também deve ser levado em consideração no processo de penetração em solos compactados. Raízes pivotantes de grande diâmetro são menos eficientes na penetração de solos com alta densidade. Desse modo, Cintra e Mielniczuck (1983) observaram que a colza e o tremoço apresentaram alguma penetração de raízes em solos com densidade de $1,30 \text{ g cm}^{-3}$, enquanto a soja, por possuir raiz pivotante de maior diâmetro, não apresentou penetração nessa densidade.

A resistência do solo à penetração aumenta com a compactação do solo. Ela é restritiva ao crescimento radicular acima de certos valores, que variam de 1,5 a 3,0 MPa, conforme Grant e Lanfond (1993); e de 2,0 a 4,0 MPa, segundo Arshad et al. (1996), sendo admitidos valores superiores em plantio direto, na ordem de 5,0 MPa, observados por Ehlers et al. (1983). Este aspecto está relacionado com a permanência da continuidade dos poros, resultante da

decomposição das raízes, liberação de exsudatos radiculares, atividade biológica do solo mais efetiva, propiciando maior estabilidade dos agregados (Tisdall e Oades, 1979, 1982).

Segundo Beltrame et al. (1981), o aumento na resistência à penetração decorrente da maior coesão entre partículas ocorre em função da redução do teor de água no solo, dificultando comparações entre sistemas de manejo. Arshad et al. (1996) afirmam que este aspecto pode ser corrigido quando são realizadas medições na capacidade de campo do solo. Baldisseri et al. (1994) compararam o efeito dos sistemas convencionais de manejo do solo e o plantio direto, sendo a testemunha a mata nativa. Constataram que a resistência a penetração no solo, no sistema convencional, foi da ordem de 1,14 e 1,24 MPa, seguida do plantio direto, na ordem de 0,34 e 0,31 MPa, respectivamente, para as profundidades de 0 a 15 e 15 a 30 cm.

Portanto, o uso de indicadores da qualidade do solo relacionados à compactação é uma importante estratégia 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 – 2,0); alta (2,0 – 4,0); muito alta (4,0 – 8,0) e extremamente alta (> 8,0).

2.9 Espaçamento de plantio

Botelho (1998) considera que um dos pontos principais dentro do planejamento de implantação de uma floresta é a definição do espaçamento de plantio. Ou seja, a escolha do espaçamento adequado tem como objetivo proporcionar para cada indivíduo o espaço suficiente para se obter o crescimento máximo com melhor qualidade e menor custo. Entretanto, outro aspecto a ser

considerado é com relação à proteção do solo, que depende do tempo necessário para o fechamento do dossel. Com o fechamento mais rápido do dossel, a proteção do solo é obtida mais cedo, diminuindo os riscos de degradação, principalmente naqueles locais onde a declividade, o tipo de solo e o clima favorecem a deterioração do solo.

Na definição do espaçamento de plantio, deve-se avaliar o espaço necessário para o crescimento ótimo e proteção do solo, considerando-se a melhor relação custo/benefício.

O espaçamento de plantio tem uma série de implicações do ponto de vista silvicultural, tecnológico e econômico.

Segundo Patiño-Valera (1986), o espaçamento ótimo é aquele capaz de fornecer o maior volume de produto em tamanho, forma e qualidade desejáveis, sendo função do sítio, da espécie e do potencial do material genético utilizado.

Vários autores (Chable, 1967; Bell, 1993; Bauer, 1982; CATIE, 1986; FAO, 1977 & Hernandez, 1989) consideram que o espaçamento utilizado para a Teca depende principalmente do tipo de produto que se espera obter (madeira serrada, lenha ou carvão) e também da declividade do terreno. Neste sentido, citam que os espaçamentos variam de 1,5m x 1,5m até 3,0m x 6,0m; utilizando-se de maiores densidades de plantio para a obtenção de lenha e carvão em sítios planos.

Para a produção de madeira de teca, Chaves & Fonseca (1991) citam que o espaçamento de 3,0 m x 3,0 m favorece o estabelecimento de um sub-bosque para proteção do solo e dispensa a realização de desbaste precoce.

No Brasil, especialmente no estado de Mato Grosso, os espaçamentos mais utilizados no plantio da teca são os de 3,0 m x 3,0 m ou 3,0 m x 2,0 m (Rondon Neto et al., 1998).

Em parcelas de introdução e de acompanhamento fenológico de teca, implantadas na Universidade Federal de Lavras, MG, no espaçamento de 3,0 m x 2,0 m, Macedo et al. (2000) observaram que até a idade de três anos, as plantas de teca apresentavam crescimento regular, com estados fitossanitários/nutricional e vigor vegetativo excelentes. Portanto, até a data em questão, as mesmas não estavam sofrendo competição intra-específica.

Se o povoamento é muito denso, o espaço para o crescimento de cada árvore é reduzido, o crescimento e o desenvolvimento da planta são retardados e podem comprometer o desenvolvimento radicial e da copa. Conseqüentemente, a quantidade e qualidade da produção são afetadas. Por outro lado, espaçamentos muito amplos podem também afetar a qualidade e comprometer a produção.

A recomendação de espaçamento não pode ser generalizada. Deve-se levar em consideração a qualidade do sítio, as características da espécie, os objetivos de manejo e condições de mercado, bem como os métodos de colheita da madeira e/ou outros produtos.

A densidade do povoamento é influenciada pelos fatores bióticos e abióticos do meio, pois eles controlam a disponibilidade dos fatores produtivos como água, luz e nutrientes. A qualidade do sítio influencia a sobrevivência, o crescimento e o vigor das plantas.

Durante a fase inicial de crescimento, a demanda de uma planta é, principalmente, por umidade e calor em disponibilidade. Se estes estão presentes em quantidade adequada, qualquer sítio é capaz de suportar o crescimento inicial de um povoamento, mesmo com alta densidade. Entretanto, após alguns anos de crescimento, há um aumento na demanda e as plantas entram em competição por água, nutrientes, luz e pelo espaço para crescimento da copa e do sistema radicial. A velocidade de crescimento é dependente da qualidade do sítio e da espécie e, poderá influenciar a época de início da competição.

Em geral, se recomenda o plantio em maiores espaçamentos (menor densidade) nos sítios melhores, que apresentam maior ritmo de crescimento e o fechamento do dossel e a competição ocorrem mais cedo. Portanto, nos sítios de pior qualidade, o espaçamento pode ser menor. Entretanto, segundo Lacerda e Couto (1993), para os sítios de alta produtividade, os espaçamentos podem ser menores que para os sítios de baixa produtividade, mostrando que, quanto maior a disponibilidade de recursos, maior a lotação de árvores por unidade de área.

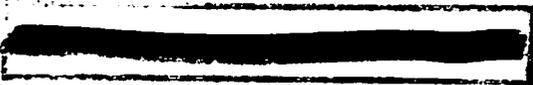
Com relação aos sítios muito pobres, deve-se considerar que, havendo uma baixa disponibilidade dos fatores produtivos, principalmente água, a capacidade de suporte do sítio será menor. Portanto, deve-se usar um menor número de plantas por área, ou seja, um espaçamento maior. É o caso, por exemplo, da champion, que utiliza o espaçamento de 3 x 2m nos melhores sítios e 3 x 2,5m nos sítios de areia quartzosa e com déficit hídrico (Chanflora, 1994).

O hábito de crescimento de uma espécie também é um fator importante na determinação do espaçamento. O ritmo de crescimento das espécies, normalmente associado ao grupo ecológico ao qual pertencem, pode determinar o tempo necessário para o início da competição ou fechamento do dossel.

Normalmente, as espécies de rápido crescimento juvenil, pertencentes aos estádios sucessionais iniciais, podem ser plantadas em espaçamentos maiores do que as de crescimento lento.

Espaçamentos menores são necessários para espécies que apresentam tendência a produzir galhos laterais inclinados e grossos.

Bernardo (1995), analisou o crescimento em altura e diâmetro, a produção de biomassa e eficiência nutricional de *E. camaldulensis*, *E. pellita* e *E. urophylla* nos espaçamentos 4,0 x 3,0; 3,0 x 3,0; e 3,0 x 1,5 m, aos 41 meses. Esse, verificou que as três espécies apresentaram respostas diferenciadas quanto aos parâmetros avaliados. O *E. urophylla* apresentou maior altura no menor



espaçamento, *E. camaldulensis* no maior espaçamento e o *E. pellita* não apresentou diferenças.

Um outro aspecto a ser observado, segundo Zobel et al. (1987), é com relação à utilização de material genético melhorado. Segundo os autores, o uso de alta densidade inicial para material não melhorado é preferido, pois, deste modo, os indivíduos de baixa qualidade podem ser removidos nos desbastes para deixar apenas árvores de alta qualidade para a colheita final. O uso de material genético melhorado resulta em povoamentos mais uniformes, reduzindo a necessidade de seleção e retirada de material de baixa qualidade nos desbastes iniciais.

Os objetivos de manejo e condições de mercado são também decisivos na definição do espaçamento, visto que a qualidade e tipo do material produzido são muito afetados pela densidade do povoamento.

Portanto, a densidade inicial varia com o sítio, espécie e com o produto final desejado. Um estoque inicial muito alto produz o máximo de madeira em rotações curtas, produzindo, portanto, madeira de pequenas dimensões. As madeiras de alto valor comercial (maiores dimensões) são obtidas com plantio em baixa densidade inicial por meio de regime de desbastes.

Segundo Shonau (1984), citado por Shonau e Coetzee (1989), quando o objetivo do manejo é a obtenção de madeira para serraria ou postes, o espaçamento de plantio não deve ser menor do que 3,0 x 2,5 m. O autor sugere densidade inicial de 1.200 a 2.000 plantas/ha.

Deve-se também considerar que a colheita é a operação mais cara da produção florestal; as demais operações, sempre que possível, devem ser planejadas de maneira a reduzir o custo da colheita.

Na definição do espaçamento, deve-se observar não somente a densidade de plantas, mas também a sua distribuição espacial ou formato, de

modo a permitir a circulação dos equipamentos nas operações de desbaste e colheita final.

O espaçamento de plantio também influencia, para a mesma espécie e mesmo sítio, o número de tratos culturais a serem efetuados, a taxa de crescimento, o volume de madeira produzido, o sortimento de madeira, a taxa de mortalidade e dominância, a idade de estagnação do crescimento, as práticas de implantação, manejo e exploração, a qualidade da madeira, o volume da copa, a frutificação e os custos de produção, dentre outros aspectos.

Comparando para a mesma espécie e mesmo sítio, e considerando o mesmo método de preparo inicial do solo, a necessidade de tratos culturais será menor quanto menor for o espaçamento.

Em um povoamento com maior densidade, a cobertura do solo e o sombreamento, ou seja, o “fechamento” do povoamento, ocorrerão mais rapidamente diminuindo o crescimento das plantas invasoras e a necessidade de tratos culturais.

A redução do custo de manutenção no espaçamento menor deve ser considerada dentro da composição dos custos, para definição do espaçamento adequado, junto com as outras características a serem analisadas.

A porcentagem de plantas dominadas e mortas cresce com a idade, ou seja, com o aumento da competição. Isto ocorre com maior intensidade e mais precocemente nos espaçamentos menores, podendo refletir negativamente no volume de madeira produzido e até reduzir o incremento médio anual (IMA).

Deve-se observar que a taxa de mortalidade e a dominância apresentam variação em relação à espécie. Em função da sua tolerância, as espécies mais tolerantes irão suportar espaçamentos menores, apresentando menores taxas de mortalidade e dominância, visto que, apresentam maior capacidade para suportar menor intensidade de luz e alta competição radicular.

Na avaliação do experimento de espaçamentos de plantio de teca, aos sete anos de idade, Diaz et al. (1993) obtiveram porcentagens de sobrevivência de 64%, 67%, 87% e 77%, respectivamente, para os espaçamentos de 2,0 x 2,0m, 2,5 x 2,5m, 3,0 x 3,0m e 3,5 x 3,5m.

O efeito do espaçamento sobre o volume de madeira tem que ser analisado em função dos efeitos sobre o diâmetro e altura das árvores. Deve-se avaliar o volume total e o volume comercial produzido, considerando-se, que é o objetivo final da floresta que define as dimensões adequadas da madeira a ser produzida. A conicidade do fuste é uma característica que pode ser influenciada pelo espaçamento e, conseqüentemente apresentar influência na produção real de madeira, pelo seu efeito, principalmente, sobre a altura comercial.

De modo geral, os resultados das pesquisas e plantios comerciais têm mostrado que o diâmetro é uma das características altamente dependente dos espaçamentos, enquanto que os efeitos sobre a altura apresentam resultados controversos. Ocorrem casos em que a altura média das plantas aumenta com o aumento dos espaçamentos, e outros onde os resultados são inversos.

Muitos experimentos têm mostrado uma tendência de aumento do crescimento em altura, à medida que se diminui o espaçamento. Segundo Patiño-Valera (1986), isto pode ser explicado em função de que, nos espaçamentos mais reduzidos, a competição entre plantas em busca de luz é muito mais intensa em função da necessidade da árvore de ampliar ao máximo a superfície foliar e suprir sua necessidade de fotoassimilados, estimulando-se, dessa forma, o crescimento em altura.

Entretanto deve-se considerar que o aumento da competição com a idade do povoamento tende a reduzir a taxa de crescimento. Conseqüentemente, pode ocorrer uma redução no crescimento da altura nos menores espaçamentos. Coelho et al. (1970), analisando o comportamento de espécies de eucalipto em diferentes espaçamentos, consideram que, se existe correlação entre diâmetro e

altura, os espaçamentos mais amplos favorecem também uma maior altura das árvores, resultando em altura média mais elevada.

O aumento do crescimento em altura com o aumento do espaçamento foi verificado para *E. pyrocarpa*, nos espaçamentos 2,0 x 1,5m; 3,0 x 1,5m e 3,0 x 2,0m (Gorgulho et al, 1991); para *E. grandis*, *E. saligna*, *E. alba* e *E. propinqua*, nos espaçamentos 3,0 x 2,0m e 3,0 x 2,5m, aos 4 anos (Coelho et al, 1970).

Os resultados até hoje obtidos indicam que ocorre um aumento do diâmetro com o aumento do espaçamento. Esta tendência é bastante clara e tem um efeito direto na produção volumétrica do povoamento.

Diaz et al. (1993) não encontraram diferenças significativas para *Tectona grandis* L.f. (Teca), ao compararem o crescimento, em altura e diâmetro, em quatro espaçamentos estudados, os quais são apresentados na Tabela 1.

TABELA 1: Crescimento em altura e diâmetro da *Tectona grandis* L.f. (Teca) em quatro espaçamentos, aos 7 anos. [^]
(Adaptado de Díaz et al, 1993).

Espaçamentos	2,0 x 2,0m	2,5 x 2,5m	3,0 x 3,0m	3,5 x 3,5m
ALTURA	4,79	5,50	6,72	5,67
DAP	5,89	7,10	8,84	7,59

Diferenças expressivas foram apresentadas por Leles (1995) que, testando diferentes espaçamentos, na região do cerrado, verificou que no espaçamento 9 x 9m, aos 52 meses, todas as árvores apresentaram DAP maior que 10 cm. Enquanto que nos espaçamentos 3x1 e 3x1,5m mais de 65% das árvores de *E.camaldulensis* e mais de 55% de *E. pellita* apresentaram DAP menor do que 10 cm.

Vários autores, como Guimarães (1960); Rezende et al. (1980); Coelho et al. (1970); Simões & França (1980) e Silveira (1999), mencionam que o

crescimento em diâmetro segue a tendência de apresentar maiores crescimentos nos espaçamentos maiores, ou seja, espaçamentos maiores correspondem a diâmetros médios maiores.

De acordo com a maioria dos resultados obtidos, a produção em volume total de madeira é maior nos espaçamentos menores. O maior volume total nos plantios mais densos deve-se à maior área basal em função do maior número de plantas. Por outro lado, nos espaçamentos mais amplos obtêm-se árvores de maior volume individual.

Portanto, se comparar a produção total e comercial, irá obter, no menor espaçamento, um maior volume total de madeira. Entretanto com um menor volume aproveitável para determinado uso. Enquanto que, no maior espaçamento, obtém um menor volume total por área, porém, podemos obter mais renda devido às maiores dimensões das árvores e seu melhor aproveitamento e maior valor de mercado.

Campos et al. (1990) verificaram que, para *E. grandis*, no espaçamento 3 x 1,5m os diâmetros e as alturas foram menores enquanto as áreas basais foram maiores, em relação ao espaçamento 3 x 2,0m.

O espaçamento apresenta também grande influência sobre a idade de corte da floresta. A idade de estagnação do crescimento e, portanto, a exploração ou desbaste será tanto mais precoce e freqüente quanto maior a densidade populacional, para uma mesma espécie e sítio.

Com a alta competição por luz, água e nutrientes, nos espaçamentos menores, as árvores alcançam o crescimento máximo suportado pelo sítio mais cedo. Ou seja, a estagnação do crescimento ocorre mais cedo, a manutenção da floresta com o crescimento estagnado não é economicamente lucrativa; conseqüentemente o ciclo de corte será menor ou será necessário fazer desbaste mais cedo e com mais freqüência, implicando na produção de madeira de menor porte com menor preço de mercado.

É importante observar que ciclos de corte muitos pequenos podem exportar quantidades excessivas de nutrientes, diminuindo a fertilidade e comprometendo o sucesso das futuras rotações.

As rotações mais longas permitem o retorno de nutrientes ao solo por meio da maior deposição de serapilheira, resultando em menor exportação de nutrientes do sistema.

Com relação aos efeitos dos espaçamentos sobre a qualidade, podem ser observados: tamanho dos nós, retibilidade do tronco, conicidade e densidade básica.

O efeito do espaçamento sobre a densidade básica da madeira não é tão bem definido. Segundo alguns trabalhos, a densidade básica mostra tendências de diminuir com aumento do espaçamento, em função da maior proporção de madeira juvenil.

A madeira juvenil, formada durante a fase de maior taxa de crescimento, apresenta geralmente uma menor densidade. Em espaçamentos menores reduz-se a quantidade de madeira juvenil, o que pode reduzir a porção de madeira com menor densidade.

Analisando-se o efeito sobre a retibilidade, os espaçamentos muito amplos podem apresentar efeito negativo, em que podem ocorrer árvores tortas com ramificações grossas.

O tamanho e a quantidade de nós na madeira serrada dependem de sua posição na tora e das características da tora que, por sua vez, dependem de fatores genéticos, do espaçamento da floresta e do manejo a que foi submetida.

Com relação ao tamanho dos nós, verifica-se que, no caso de eucalipto, a desrama natural ocorre mais rapidamente em espaçamentos menores. Portanto, os nós formados são menores (galhos morrem mais finos) e ficam restritos a um menor diâmetro dentro do tronco. Nas coníferas, que não apresentam desrama natural nos espaçamentos menores, os galhos perdem sua função mais

rapidamente (com um menor diâmetro) e produzem nó menor. Os problemas com os nós nos espaçamentos maiores podem ser corrigidos por meio de poda artificial.

Considerando-se a forma do tronco, verifica-se que, nos espaçamentos menores, as árvores tendem a ser mais cilíndricas. Segundo Larson (1962), citado por Daniel et al. (1982), a maior conicidade nos espaçamentos maiores deve-se à manutenção de uma maior altura da copa e, conseqüentemente, um maior crescimento do diâmetro na base da copa. Nos espaçamentos menores ocorre, devido à competição, uma diminuição gradativa da altura de copa, em função da desrama ou morte dos galhos inferiores. Portanto, a base da copa, onde se concentra o crescimento, vai sendo alterada e o crescimento do diâmetro ocorre de forma mais distribuída ao longo do tronco.

O espaçamento influi também na forma e volume da copa, bem como no desenvolvimento do sistema radicular.

O crescimento em altura não é muito influenciado dentro dos limites normais de densidade. Entretanto, se a densidade é muito alta, o crescimento em diâmetro, o tamanho da copa e o desenvolvimento radicial são prejudicados, resultando em árvores suprimidas, instáveis, que podem ser facilmente quebradas ou derrubadas pelo vento.

O menor espaçamento influi na forma da copa e estimula a desrama natural, característica desejada para determinadas espécies. Entretanto, a redução excessiva no tamanho da copa relaciona-se com competição e conseqüentemente com a redução no crescimento em diâmetro e altura.

O espaçamento utilizado também irá influenciar no custo de produção da madeira, uma vez que vários componentes do custo são variáveis em função do mesmo.

Dentre as variáveis que afetam o custo, podem considerar: operações de preparo do solo, número de mudas, quantidade de fertilizante, mão-de-obra e

produtos para controle de ervas daninhas, custo/receita de desbastes pré-comerciais e preço do produto final.

O aumento do espaçamento diminui os gastos com preparo do solo (sulcamento), mudas e fertilizantes, entretanto, pode significar um aumento no custo da manutenção.

Em espaçamentos pequenos, a necessidade de desbastes muito precoces, com produção de material de baixo valor comercial, associada ao maior custo com preparo do solo, mudas e fertilizantes, podem gerar um custo de produção muito alto se comparado com espaçamentos maiores.

Estudos mais recentes têm demonstrado que os custos envolvidos na implantação dos povoamentos mais densos, a necessidade de desbastes precoces e o decréscimo no crescimento com a competição geram um menor lucro nos menores espaçamentos quanto comparados com os espaçamentos mais amplos.

Entretanto, deve-se considerar que, às vezes, espaçamentos menores são recomendados em função de seu benefício sobre a qualidade da madeira.

Para tanto, na definição do espaçamento adequado, deve-se levar em consideração o custo de produção associado com o valor de mercado do produto obtido.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização da área experimental

O presente estudo foi conduzido em uma área experimental de 4,00 ha, 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° 36' S e 46°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 Koppen. A temperatura média anual é de 22,6°C, tendo uma média mensal de 18°C na estação mais fria e 29,1°C na mais quente. A precipitação média anual é de 1.400mm, apresentando nos meses mais secos precipitações médias mensais inferiores a 60mm (Antunes, 1986).

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

Os solos ocorrentes na região são classificados como Latossolo Vermelho-Escuro (nas margens dos rios Grande e Parnaíba), Latossolos Vermelho-Amarelo, Areia Quartzosas e solos Aluviais (Brasil, 1962). O solo predominante na área experimental é do tipo Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico.

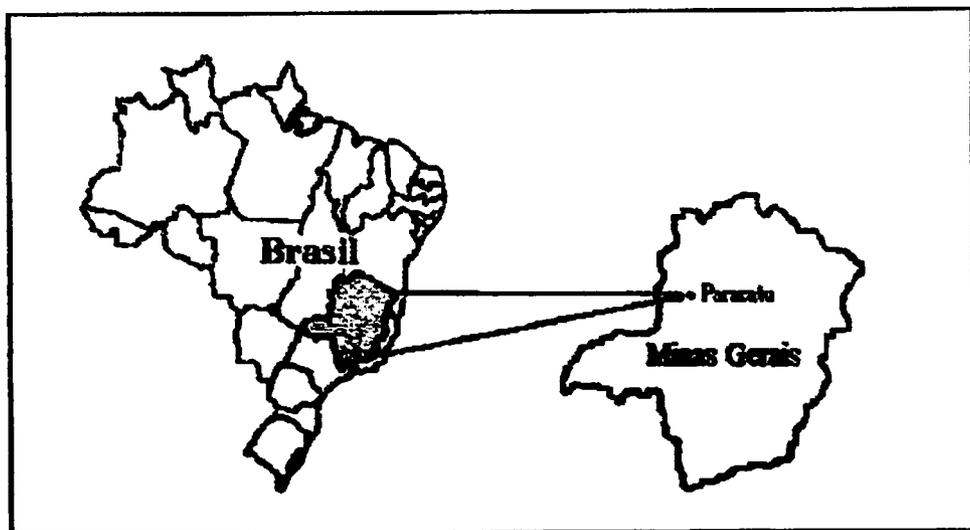


FIGURA 1: Localização geográfica da área de estudo no município de Paracatu, MG.

3.2 Experimento de espaçamentos de plantio de teca

O experimento de espaçamentos para a teca foi instalado em dezembro de 1997, no município de Paracatu, na Fazenda Riacho, da Companhia Mineira de Metais (C.M.M.) em meados da estação chuvosa. Anteriormente, a área havia sido utilizada com pastagens para rebanho bovino. Foram utilizadas mudas de teca de toco de raiz nua, provenientes de sementes originadas do estado de Mato Grosso. O plantio foi realizado em camalhões de aproximadamente 40cm de altura, em covas com bacias para favorecer a captação de água. Houve irrigação somente no ato do plantio, com cerca de dois litros de água por planta.

A correção do solo, adubação química de plantio e de manutenção, assim como os tratos culturais para teca, foram realizados conforme as análises de solo e as recomendações propostas por Chaves & Fonseca (1991) e Rondon et al. (1998).

O experimento consistiu na implantação da teca em cinco espaçamentos: 3 x 2 m; 6 x 2 m; 6 x 3 m; 6 x 4 m; e 12 x 2,5m. Foi utilizado o delineamento de

blocos casualizados com cinco 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 foi o que se segue:

$$Y_{ij} = u + t_i + b_j + e_{ij}$$

em que:

Y_{ij} : efeito dos tratamentos (espaçamentos) i , 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 , ou seja, é o erro experimental.

3.3 Avaliações do experimento de espaçamentos de plantio de teca

No transcorrer da experimentação, foram avaliados, aos 24 e 36 meses pós-plantio as variáveis: diâmetro à altura do peito (DAP), altura total da planta (HT), e porcentagem de sobrevivência (stand); foram calculados, volume por planta (m³), volume por hectare (m³), área basal por planta (m²), área basal por hectare (m²), incremento corrente anual do DAP, incremento corrente anual da altura, incremento corrente anual do volume por planta, incremento corrente anual do volume por hectare, incremento corrente anual da área basal por planta, incremento corrente anual da área basal por hectare.

3.3.1 Diâmetro a altura do peito (DAP)

Mediu-se o diâmetro à altura do peito de todas as plantas encontradas na área útil de cada parcela, com o auxílio de uma fita diamétrica com precisão em milímetros. Assim, foram desprezados os indivíduos de bordaduras.

3.3.2 Altura total das plantas (HT)

As alturas totais das plantas, em metros, medidas do nível do solo até o topo das árvores, foram determinadas com o auxílio de vara telescópica graduada, com precisão em centímetros. Para cada parcela (unidade experimental), mediu-se a altura total de forma direta, de todos os indivíduos encontrados na área útil da mesma, desprezando-se os que se encontravam nas bordaduras.

3.3.3 Porcentagem de sobrevivência (stand)

A porcentagem de sobrevivência foi determinada com base na contagem das plantas vivas, estabelecendo-se uma proporção em relação ao número total de plantas da área útil da parcela, obtendo-se assim a porcentagem de plantas remanescentes. Os resultados de porcentagem de sobrevivência das mudas de teca foram transformados para arco-seno $\sqrt{\frac{x}{100}}$.

3.3.4 Volume por planta (V/P)

O volume por planta dos indivíduos da área útil de cada parcela, foi obtido por meio da expressão a seguir:

$$V = \frac{\pi \cdot DAP^2 \cdot H \cdot f}{40000}$$

em que:

V = volume em m³

π = constante (3,14)

DAP = diâmetro à altura do peito;

H = altura das árvores;

f = fator de forma (0,43).

3.3.5 Volume por hectare (V/Ha)

Para obtenção do volume por hectare, somaram-se os volumes dos indivíduos da área útil de cada parcela, achando-se o volume por parcela útil. Estes volumes por parcelas úteis foram transformados em volumes por hectare mediante a utilização de proporcionalidade de unidades de área, expressos em m³ por hectare.

3.3.6 Área basal por planta (G/p)

A área basal por planta dos indivíduos da área útil de cada parcela foi obtido por meio da expressão a seguir:

$$G = \frac{\pi \cdot DAP^2}{40000}$$

em que:

G = área basal em m²

π = constante (3,14)

DAP = diâmetro à altura do peito;

3.3.7 Área basal por hectare (G/ha)

Para obtenção da área basal por hectare, somaram-se as áreas basais dos indivíduos da área útil de cada parcela achando-se a área basal por parcela útil. Estas áreas basais por parcelas úteis foram transformadas em áreas basais e, por hectare, mediante a utilização de proporcionalidade de unidades de área foram expressos em m² por hectare.

3.3.8 Incremento corrente anual do diâmetro a altura do peito (ICADAP)

O incremento corrente anual do DAP foi calculado por meio da diferença de crescimento do DAP, entre as avaliações aos 24 e 36 meses pós-plantio e foi expresso em centímetros.

3.3.9 Incremento corrente anual da altura total (ICAHT)

O incremento corrente anual da altura total foi calculado por meio da diferença de crescimento da altura total, entre as avaliações aos 24 e 36 meses pós-plantio e foi expresso em metros.

3.3.10 Incremento corrente anual do volume por planta (ICAVp)

O incremento corrente anual do volume por planta foi calculado por meio da diferença de crescimento do volume por planta, entre as avaliações aos 24 e 36 meses pós-plantio e, foi expresso em metros cúbicos.

3.3.11 Incremento corrente anual do volume por hectare (ICAVha)

O incremento corrente anual do volume por hectare foi calculado por meio da diferença de crescimento do volume por hectare, entre as avaliações aos 24 e 36 meses pós-plantio e, foi expresso em metros cúbicos.

3.3.12 Incremento corrente anual da área basal por planta (ICAGp)

O incremento corrente anual da área basal por planta foi calculado por meio da diferença de crescimento da área basal por planta, entre as avaliações aos 24 e 36 meses pós-plantio e foi expresso em metros quadrados.

3.3.13 Incremento corrente anual da área basal por hectare (ICAGha)

O Incremento Corrente Anual da área basal por hectare, foi calculado por meio da diferença de crescimento da área basal por hectare, entre as avaliações aos 24 e 36 meses pós-plantio.

3.4 Análises estatísticas do experimento de plantio de teca

Os dados obtidos para todas as variáveis avaliadas 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, Utilizou-se o programa estatístico de sistema de análise de variância (SISVAR) (Ferreira, 2000).

3.5 Experimento de Resistência a Penetração do Solo

O experimento consistiu na implantação da teca em cinco espaçamentos: 3 x 2 m; 6 x 2 m; 6 x 3 m; 6 x 4 m; e 12 x 2,5m, que corresponderam aos tratamentos experimentais. 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

3.6 Avaliações do experimento de resistência à penetração do solo

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 seis pontos, à profundidades de 0 a 65 cm em cada uma das cinco repetições de cada um dos cinco 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.

3.7 Análises estatísticas do experimento de resistência à penetração do solo

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).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Resistência à penetração do solo

Pela análise de variância dos dados referentes à resistência à penetração do solo verifica-se que houve diferença significativa a 5% de probabilidade para a fonte de variação profundidade 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 a 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 à 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 = Grau 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 2m 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 semelhantes 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 – 25 cm. Os valores de resistência à penetração do solo, de 1,92 MPa, observados para o espaçamento 3 x 2 m, 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 20-65 cm de profundidade, e para os demais espaçamentos, tanto nas camadas superficiais quanto nas subsuperficiais, os valores de resistência à 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 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 2m	6 x 2m	6 x 3m	6 x 4m	12x 2,5m	
0-5 cm	1.92 aA	2.63 Ab	2.86 bB	2.86 bB	2.56 aB	2.56 b
5-10 cm	1.92 aA	2.64 aB	2.86 bB	2.86 bB	2.56 aB	2.56 b
10-15 cm	1.92 aA	2.70 aB	2.91 bB	2.99 bB	2.58 aB	2.62 b
15-20 cm	1.92 aA	2.94 bB	3.09 bB	3.38 bB	2.92 bB	2.85 c
20-25 cm	2.08 aA	3.27 bB	3.09 bB	3.21 bB	3.08 bB	2.94 c
25-30 cm	2.32 bA	3.14 bB	3.07 bB	3.17 bB	3.10 bB	2.96 c
30-35 cm	2.65 bA	3.08 bB	3.27 bB	3.06 bB	3.11 bB	3.03 c
35-40 cm	2.73 bA	2.85 aA	2.90 bA	2.89 bA	2.99 bA	2.87 c
40-45 cm	2.76 bA	2.73 aA	2.66 aA	2.48 aA	2.74 bA	2.67 b
45-50 cm	2.57 bA	2.69 aA	2.51 aA	2.36 aA	2.47 aA	2.52 b
50-55 cm	2.36 bA	2.54 aA	2.45 aA	2.24 aA	2.29 aA	2.37 a
55-60 cm	2.27 bA	2.56 aA	2.35 aA	2.22 aA	2.16 aA	2.31 a
60-65 cm	2.31 bA	2.51 aA	2.35 aA	2.24 aA	2.15 aA	2.31 a
Médias Gerais	2.29 A	2.79 B	2.79 B	2.76 B	2.67 B	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 (Anexos, Figura 1A). 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 do 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. Atribuíram estes resultados 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, 2001.

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 à penetração do solo para cada profundidade dentro de cada espaçamento são apresentadas na Tabela 3. O espaçamento 3 x 2 m novamente se destacou nesta análise, por ter sido o único a apresentar um

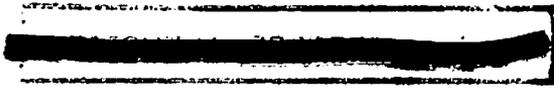
valor de resistência à penetração moderada, de acordo com a classificação de Soil Survey Staff (1993), nas profundidades iniciais 0-5 cm, 5-10 cm, 10-15 cm e 15-20 cm, as quais não diferiram entre si, com um valor médio de resistência à penetração na ordem de 1,92 MPa. Porém, Grant e Lanfond (1993), consideram estes valores ainda restritivos ao crescimento do sistema radicular.

Este fato também foi constatado por Castro (2001), ao estudar a resistência à penetração do latossolo vermelho-amarelo sob diferentes sistemas de manejo, inclusive a teca, no espaçamento 3 x 2 m. Esse autor atribuiu tal comportamento aos valores de carbono orgânico encontrados nas profundidades de 5-20 cm, os quais foram superiores aos das demais profundidades e são apresentados nos anexos (Tabela 1A).

Outro fator que pode ter contribuído para este comportamento é o teor de umidade, como relatado também anteriormente por Castro (2001). O autor constatou neste experimento de teca 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 às citadas profundidades (Tabela 2A). 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 à penetração do solo foram observados até 40 cm de profundidade, variando de 2,86 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 os espaçamento 6 x 2 m, os maiores valores de resistência a penetração do solo concentraram-se na profundidades 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 os 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.

Nas Figuras 2, 3, 4, 5, 6 e 7 são apresentados os comportamentos médio da resistência à penetração do Latossolo-Vermelho-Amarelo em sistema de manejo com teca, sob diferentes espaçamentos.

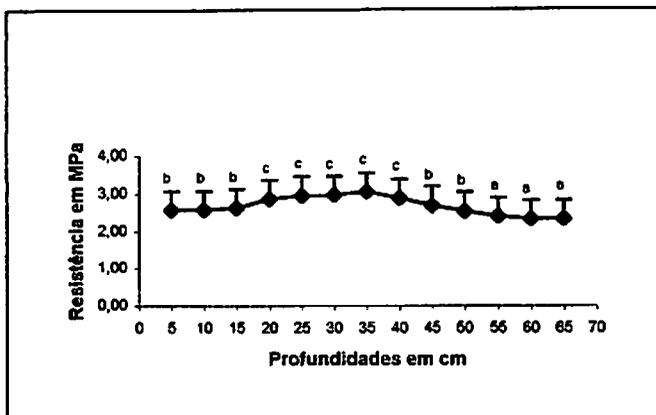


FIGURA 2 Comportamento Médio da Resistência a Penetração do Latossolo-Vermelho-Amarelo com Teca, Sob Diferentes Espaçamentos.

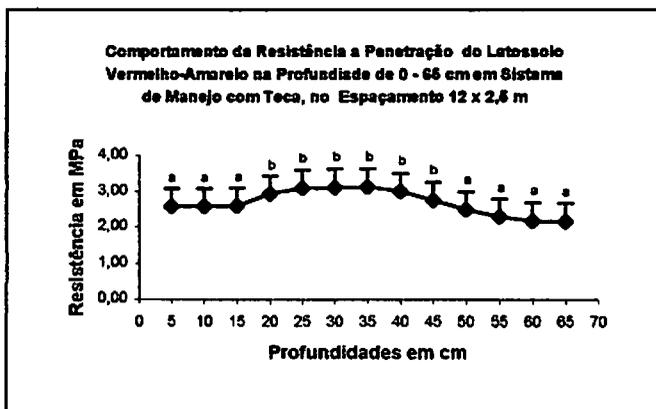


FIGURA 3 Comportamento da Resistência a Penetração do Latossolo Vermelho-Amarelo na Profundidade de 0 - 65 cm em Sistema de Manejo com Teca, no Espaçamento 12 x 2,5 m.

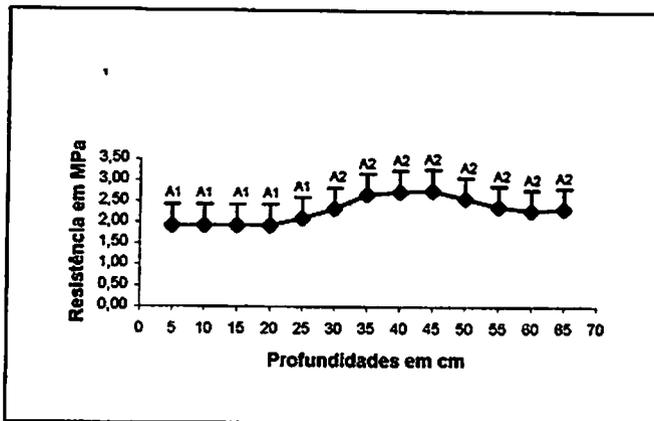


FIGURA 4 Comportamento da Resistência a Penetração do Latossolo Vermelho-Amarelo Profundidade de 0 - 65 cm com Teca, no Espaçamento 3 x 2 m.

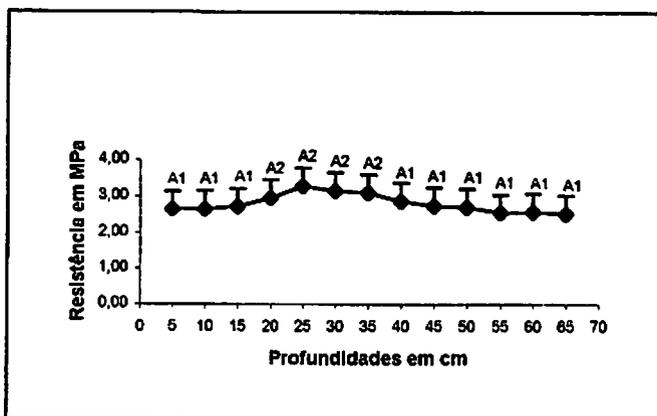


FIGURA 5 Comportamento da Resistência a Penetração do Latossolo Vermelho-Amarelo na Profundidade de 0 - 65 cm com Teca, no Espaçamento 6 x 2 m.

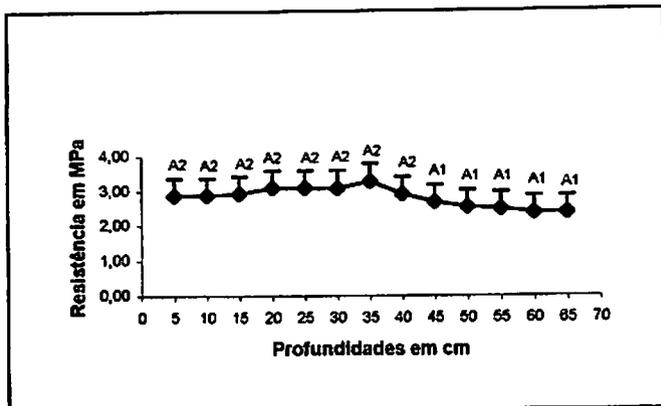


FIGURA 6 Comportamento da Resistência a Penetração do Latossolo Vermelho-Amarelo na Profundidade de 0 - 65 cm com Teca, no Espaçamento 6 x 3 m.

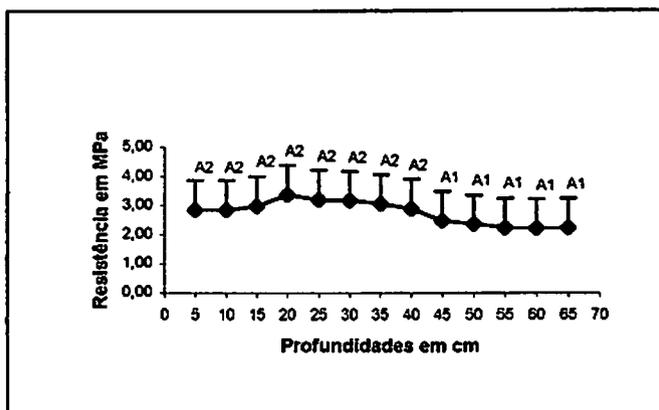


FIGURA 7 Comportamento da Resistência a Penetração do Latossolo Vermelho-Amarelo na Profundidade de 0 - 65 cm com Teca, no Espaçamento 6 x 4 m.

Os altos valores de resistência à penetração nas camadas subsuperficiais de 15-40 cm podem estar relacionados aos altos teores de argila e a mineralogia caulínica deste solo. Castro (2001), ao estudar a granulometria de latossolo-vermelho-amarelo em sete sistemas de manejo, inclusive neste experimento de teca, encontrou 73% de argila na profundidade de 20-40 cm, (Tabela 3A). Este autor também encontrou valores altos de resistência à penetração do solo para as camadas subsuperficiais de 20-65 cm.

Ainda segundo Castro, (2001), estes atributos mineralógicos conferem um arranjo face a face das estruturas do tipo bloco, aumentando a densidade do solo, reduzindo a macroporosidade e, conseqüentemente, aumentando a resistência do solo à penetração.

4.2 Espaçamento de plantio

4.2.1 Primeira avaliação (24 meses pós-plantio)

O resumo da análise de variância para as variáveis estudadas aos 24 meses pós-plantio é apresentado na Tabela 5.

A análise de variância mostrou diferenças significativas, a 5% de probabilidade, somente para o efeito dos espaçamentos sobre o volume e a área basal por hectare, das plantas de *Tectona grandis* L.f., avaliadas aos 24 meses pós-plantio. Os elevados valores dos coeficientes de variação para as variáveis volume por planta e volume por hectare, provavelmente expressam a grande variabilidade fenotípica observada nas mudas de teca no campo, decorrente do fato de as mesmas terem advindo de sementes. Isso demonstra o seu potencial para ser utilizado em futuros programas de melhoramento genético da espécie.

TABELA 05 Resumo da análise de variância aos 24 meses pós-plantio, para as variáveis, diâmetro à altura do peito (DAP), altura total da planta (HT), porcentagem de sobrevivência (stand), volume por planta (Vp), volume por hectare (Vha), área basal por planta (Gp), área basal por hectare (Gha) da *Tectona grandis* L.f. introduzida na região noroeste do estado de Minas Gerais, sob diferentes espaçamentos. Paracatu, MG, 2002.

Fontes de Variação	G	Quadrados Médios						
		L	DAP	HT	stand	Vp	Vha	Gp
Espaçamentos	4	0,31	0,31	0,0007	2,04 ⁻⁰⁰⁰⁷	2,74*	6,06 ⁻⁰⁰⁰⁸	1,66*
Blocos	4	0,15	0,17	0,001	4,96 ⁻⁰⁰⁰⁸	0,03	2,56 ⁻⁰⁰⁰⁸	0,02
Resíduo	16	0,50	0,27	0,0008	2,69 ⁻⁰⁰⁰⁷	0,20	1,21 ⁻⁰⁰⁰⁷	0,08
CV (%)		23,0	21,8	2,96	59,8	60,2	45,1	45,7

GL = Grau de Liberdade, * = Significativo a 5% de probabilidade e CV = Coeficiente de Variação em %.

Na Tabela 6 são apresentados os valores médios de diâmetro à altura do peito (DAP), altura total da planta (HT), porcentagem de sobrevivência (stand), volume por planta (Vp), volume por hectare (Vha), área basal por planta (Gp), área basal por hectare (Gha).

TABELA 06 Valores médios aos 24 meses pós-plantio para as variáveis diâmetro à altura do peito (DAP), altura total da planta (HT), porcentagem de sobrevivência (stand), volume por planta (Vp), volume por hectare (Vha), área basal por planta (Gp), área basal por hectare (Gha) da *Tectona grandis* L.f. introduzida na região noroeste do estado de Minas Gerais, sob diferentes espaçamentos. Paracatu, MG, 2002.

Espaçamentos	Variáveis						
	DAP (cm)	HT (m)	Stand (%)	Vp (m ³)	Vha (m ³)	Gp (m ²)	Gha (m ²)
3 x 2 m	3,50 a	2,8 a	70,4 a	0,001 a	2,0 a	0,0009 a	1,6 a
6 x 2 m	2,91 a	2,3 a	70,0 a	0,0007 a	0,6 b	0,0007 a	0,5 b
6 x 3 m	3,09 a	2,4 a	69,7 a	0,0008 a	0,4 b	0,0007 a	0,4 b
6 x 4 m	3,00 a	2,3 a	67,5 a	0,0007 a	0,3 b	0,0007 a	0,3 b
12 x 2, 5 m	2,89 a	2,1 a	69,8 a	0,0007 a	0,2 b	0,0007 a	0,2 b

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

Em relação ao volume e a área basal por hectare, observou-se que o espaçamento 3 x 2 m foi o único tratamento que diferiu dos demais, apresentando-se com os maiores valores, na ordem de 2,0 m³/ha e 1,6 m²/há, respectivamente (Tabela 6).

Estes resultados podem estar correlacionados com a menor compactação do solo encontrada neste espaçamento, o que pode ter contribuído para o pleno desenvolvimento das plantas de teca após o seu estabelecimento no mesmo.

Um outro fator que pode ter influenciado estes resultados é a competição intra-específica por luz, verificada nas linhas de plantio dispostas no sentido leste-oeste, a qual favoreceu o crescimento ortotrópico em detrimento à emissão de brotos plagiotrópicos. Também contribuíram o melhor aproveitamento da adubação padrão utilizada e à menor incidência de biodiversidade de plantas invasoras observadas nestas parcelas, decorrente do

maior adensamento de plantio e melhor otimização dos fatores de produção (Anexos, Figura 2A). Patiño (1995) realça que a competição por luz, umidade e nutrientes se dá em função da quantidade de troncos existentes por unidade de superfície e da interação do ambiente com os fatores genéticos, fazendo com que o desenvolvimento das árvores seja mais intenso, por otimização dos fatores de produção.

De modo geral, verificou-se, para todas as variáveis analisadas, que os seus valores apresentaram-se de forma inversamente proporcional à área útil disponível para cada planta, correspondente aos seus respectivos espaçamentos de plantio. Ou seja, a medida que aumentou-se o espaçamento ocorreu uma diminuição dos valores das variáveis analisadas.

Os valores de DAP, HT, stand, Vp e GP, estatisticamente não apresentaram variações entre os espaçamentos testados.

Segundo Patiño, (1995), o aumento do diâmetro se dá em função do aumento do espaçamento entre as árvores, o que tem sido comprovado por numerosos trabalhos experimentais desenvolvidos nas mais diversas regiões do mundo. Porém, em relação a altura existem casos onde a altura média aumenta proporcionalmente com o espaçamento, outros, onde o resultado é inverso e alguns onde não existem diferenças.

Para área basal e para o volume por planta, os resultados do presente trabalho não corroboram com o afirmado por Balloni e Simões (1980) e Silveira, (1999). Para estes autores, espaçamentos que proporcionam uma maior área por planta conferem um maior volume individual, ou seja, os espaçamentos maiores produzem um número maior de árvores com maior volume individual.

Balloni e Simões, (1980); Patiño, (1995) e Silveira, (1999); citam que, sendo a área basal função do diâmetro, existe uma relação inversa entre ela e o espaçamento e, normalmente, se obtém maior área basal em plantios densos especialmente em sítios pobres. Ou seja, nos espaçamentos mais reduzidos,

encontra-se maior volume de madeira por área do que naqueles espaçamentos mais amplos. O que era de se esperar, em decorrência do maior número de árvores por hectare.

A porcentagem média de sobrevivência das mudas de teca no campo, avaliada aos 24 meses após o plantio, variou de 67,5% a 70,4%.

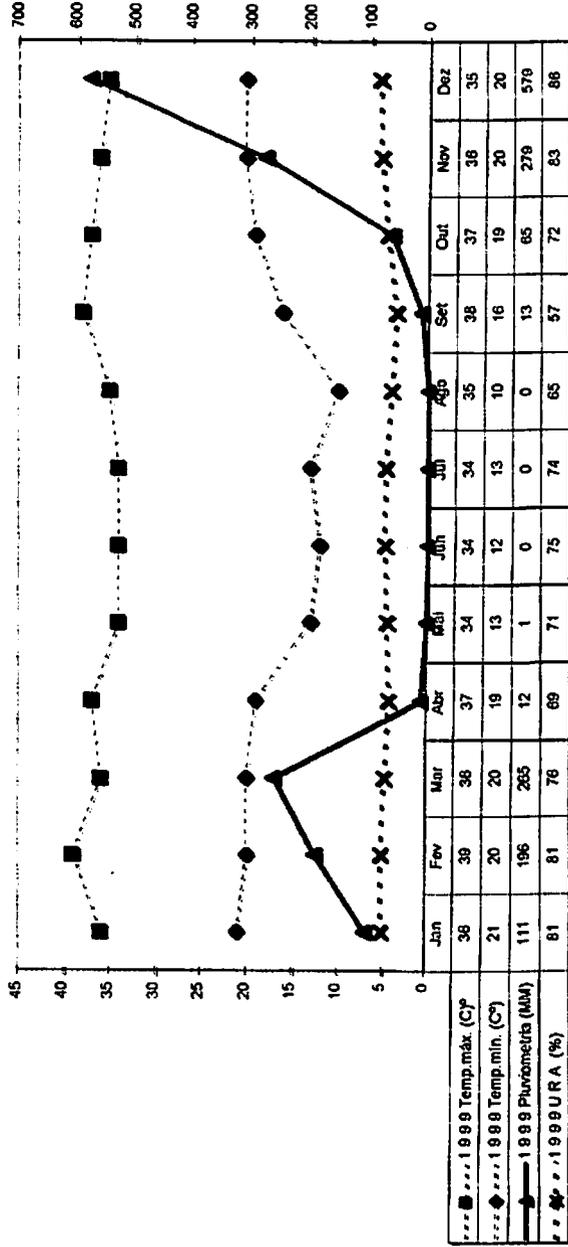
Estes resultados indicam que a teca encontrou, durante este período, fatores limitantes ao seu crescimento e sobrevivência. Os quais podem estar relacionados com a restrição do crescimento do sistema radicular a partir da faixa de 30–35 cm de profundidade no solo, onde todos os espaçamentos apresentaram um pico de compactação do solo com valores variando de 2,65 a 3,27 Mpa (Tabela 3), sendo esta a faixa limite de alcance dos implementos agrícolas no ato do preparo do solo.

Um outro fator que pode ter influenciado a porcentagem de sobrevivência, foi a ocorrência de um acentuado déficit hídrico durante o período de experimento. Foram registrados 6 meses de seca contraposto a 6 meses com precipitação pluviométrica abaixo dos índices exigidos pela cultura. Estes resultados podem ser observados no climatograma (Figura 8), o qual apresenta os comportamentos da temperatura máxima, temperatura mínima, pluviometria e umidade relativa.

Souza (1995) afirma que os efeitos iniciais do espaçamento interferem significativamente na formação das árvores e no seu crescimento, repercutindo no seu diâmetro e na sua sobrevivência independentemente do seu genótipo.

Comportamento dos Indicadores Climatológicos para a Região de Paracatu-MG em 1999

Temp. Máx; Temp Min. em C; Pluv. em mm e URA em %



Meses

FIGURA 08 Climatograma da região noroeste do estado de Minas Gerais em 1999.

Diaz et al. (1993), citam que a mortalidade e o espaçamento estão relacionados. Como regra geral, pode-se dizer que, quanto menor o espaçamento maior será a mortalidade e, que esta relação é afetada principalmente pela idade, a espécie e as condições de sítio.

Balloni e Simões (1980), consideram que a exigência das espécies por espaço para crescer, se manifesta no aumento do número de indivíduos mortos e ou dominados na população. Quando se utilizam espaçamentos mais amplos estas exigências desaparecem.

4.2.2 Segunda avaliação (36 meses pós-plantio)

O resumo da análise de variância para as variáveis estudadas aos 36 meses pós-plantio é apresentado na Tabela 7 e as suas respectivas médias são apresentadas na Tabela 8.

A análise de variância apresentou comportamento semelhante aos 24 meses pós-plantio, revelando diferenças significativas somente para o volume e área basal por hectare e para os seus respectivos incrementos.

A porcentagem de sobrevivência (stand) avaliada aos 36 meses pós-plantio apresentou-se com os mesmo valores obtidos aos 24 meses (Tabela 8). Até mesmo porque, as condições climáticas neste período apresentaram similaridades de comportamento em relação aos 24 meses pós-plantio, os quais podem ser observados na Figura 9, que apresenta os valores de temperatura máxima, temperatura mínima, pluviometria e umidade relativa.

Considerando-se todos os tratamentos, a porcentagem média de sobrevivência aos 36 meses após o plantio foi de 69,5%. Este valor indica que, independente do espaçamento utilizado, as mudas de teca apresentaram potencial de estabelecimento na região.

Este resultado indica que houve uma seleção positiva para as plantas remanescentes, que apresentaram de alguma forma, potencial de sobrevivência frente às condições adversas do sítio em questão (Tabela 8).

MACEDO et. al. (2000) consideram que o potencial de estabelecimento de espécies florestais, avaliado através da porcentagem de sobrevivência, expressa a capacidade de adaptação e o vigor das mudas, frente as reais condições ecológicas observadas no campo, pós-plantio definitivo. Pois, são sob as diferentes condições de campo que, normalmente, as mudas de espécies florestais diferem em suas expressões fenotípicas; as quais, retratam fielmente, as magnitudes e efeitos das interações genótipo / ambiente.

Em pesquisas realizadas por MACEDO (1999a) e GOMES e MACEDO et. al. (1999) sobre análise preliminar do crescimento e fenologia de *Tectona grandis* L.f introduzidas em parcelas de observação em Lavras-MG, obtiveram 100% de sobrevivência, respectivamente, aos 9 e 13 meses pós-plantio das mudas no campo.

Em Brasilândia-MG, em experimentos para se avaliar os efeitos de calagem e da fosfatagem sobre o estabelecimento da teca e, em outro, para se avaliar espaçamentos/derrama/desbastes (futuros), MACEDO et. al (1999) obtiveram-se, respectivamente, 64% e 54% de sobrevivência para as mudas de teca, avaliadas três meses após o plantio definitivo no campo. MACEDO (1999b), avaliando o efeito do tempo de embebição em água e da profundidade de plantio sobre o estabelecimento de mudas de teco de raiz nua de teca, introduzidas em Brasilândia-MG, observaram que, a porcentagem média de sobrevivência das mudas de teca, considerando-se todos os tratamentos, avaliados três meses após sua instalação no campo, foi de 42,52%.

Segundo MACEDO et al. (2002), os resultados de sobrevivência das mudas de teca obtidos nas pesquisas realizadas em Brasilândia-MG, considerando-se as particularidades inerentes de cada um dos experimentos citados anteriormente, foram atribuídos ao tipo de muda utilizada, associado a problemas relacionados a irregularidades na precipitação pluviométrica, ocorrência de verânicos pós-plantio no campo e irrigação insuficiente para atender a demanda de água exigida nessa fase de estabelecimento.

TABELA 07 Resumo da análise de variância aos 36 meses pós-plantio, para as variáveis diâmetro à altura do Peito (DAP), altura total da planta (HT), porcentagem de sobrevivência (stand), volume por planta (Vp), volume por hectare (Vha), área basal por planta (Gp), área basal por hectare (Gha), incremento corrente anual do diâmetro à altura do peito (ICADAP), incremento corrente anual da altura (ICAHT), incremento corrente anual do volume por planta (ICAVp), incremento corrente anual do volume por hectare (ICAVha), incremento corrente anual da área basal por planta (ICAGp), incremento corrente anual da área basal por hectare (ICAVha) da *Tectona grandis* L.f. introduzida na região noroeste do estado de Minas Gerais, sob diferentes espaçamentos, Paracatu, MG, 2002.

Fontes de Variação	Quadrados Médios													
	L	DAP	HT	stand	Vp	Vha	Gp	Gha	ICA DAP	ICA HT	ICA Vp	ICA Vha	ICA Gp	ICA Gha
Espaçamentos	4	0,26	0,5	0,0007	4,4 ⁻⁰⁰⁰⁷	8,60*	7,4	3,01*	0,07	0,09	1,8	1,6*	2,5	0,21*
Blocos	4	0,62	0,2	0,001	4,3 ⁻⁰⁰⁰⁷	0,26	1,7	0,05	0,28	0,03	2,8	0,1	1,02	0,03
Resíduo	16	1,09	0,7	0,0008	2x10 ⁻⁶	1,24	3,9	0,24	0,16	0,2	6,7	0,4	9,4	0,05
CV (%)		27,7	28	2,96	73,3	77,3	53,2	52,5	59,3	65,3	93	82	76,8	78,4

GL = Grau de Liberdade, * = Significativo a 5% de probabilidade e CV = Coeficiente de Variação em %.

TABELA 08 Valores médios aos 36 meses pós-plantio, para as mesmas variáveis.

Espaçamentos	Variáveis												
	DAP (cm)	HT (m)	stand (%)	Vp (m ³)	Vha (m ³)	Gp (m ²)	Gha (m ²)	ICA DAP (cm)	ICA HT (m)	ICA Vp (m ³)	ICA Vha (m ³)	ICA Gp (m ²)	ICA Gha (m ²)
3 x 2 m	4,1 a	3,6 a	70,4 a	0,002 a	3,7 a	0,001 a	2,2 a	0,6 a	0,7 a	0,001 a	1,6 a	0,0003 a	0,6 a
6 x 2 m	3,6 a	3,0 a	70,0 a	0,001 a	1,3 b	0,001 a	0,9 b	0,7 a	0,6 a	0,0009 a	0,7 b	0,0004 a	0,3 a
6 x 3 m	3,6 a	2,9 a	69,7 a	0,001 a	0,8 b	0,001 a	0,6 b	0,5 a	0,5 a	0,0006 a	0,3 b	0,0003 a	0,1 a
6 x 4 m	3,8 a	3,1 a	67,5 a	0,001 a	0,7 b	0,001 a	0,5 b	0,8 a	0,8 a	0,001 a	0,4 b	0,0005 a	0,2 a
12 x 2, 5 m	3,5 a	2,8 a	69,8 a	0,001 a	0,5 b	0,001 a	0,3 b	0,6 a	0,6 a	0,0007 a	0,2 b	0,0003 a	0,1 a

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

Comportamento dos Indicadores Climatológicos para a Região de Paracatu-MG em 2000

Temp. Máx; Temp Min. em C; Pluv. em mm e URA em %

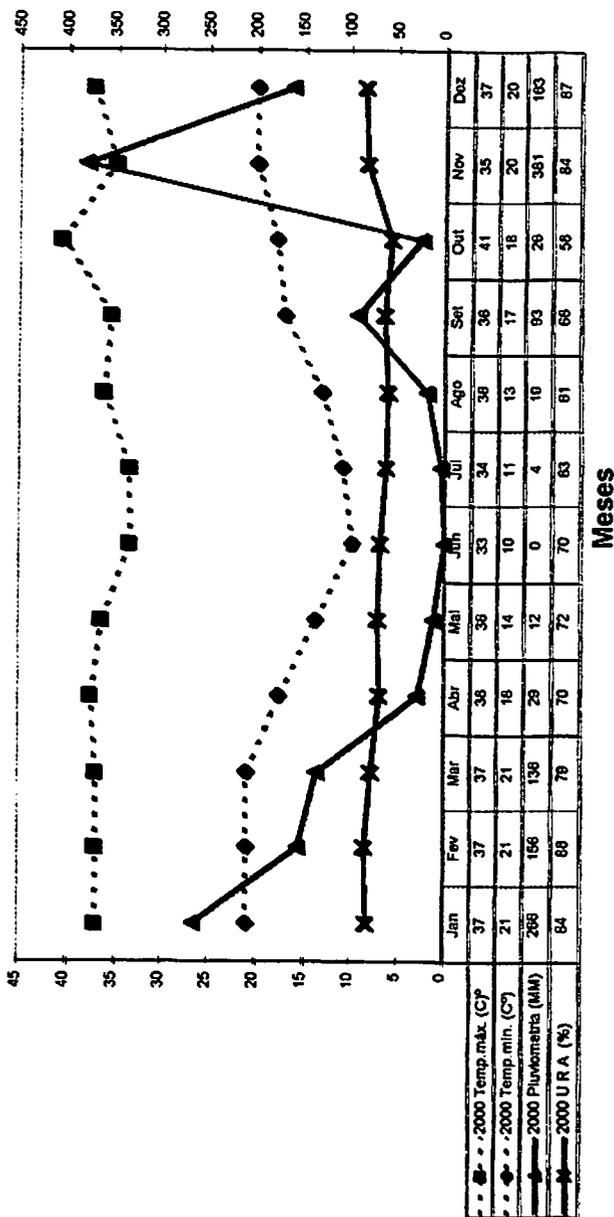


FIGURA 09: Climatograma da região noroeste do estado de Minas Gerais em 2000

vegetação no tempo e no espaço, o tipo de práticas silviculturais a ser adotado, a forma de aproveitamento e demais implicações econômicas de cada um dos fatores enumerados e do efeito de suas possíveis interações.

5 CONCLUSÕES

As observações práticas de campo e as análises preliminares das avaliações realizadas aos 24 e 36 meses pós-plantio permitiram concluir que:

1 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.

2 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 2 m.

3 Os maiores índices de compactação para o latossolo-vermelho-amarelo foram constatados na profundidade de 15 – 40 cm, nos espaçamentos de plantio de teca de 6 x 2 m, 6 x 3 m, 6 x 4 m e 12 x 2,5 m.

4 O tipo de preparo do solo, executado na área experimental, promoveu um nível de compactação moderada para o latossolo vermelho-amarelo, no espaçamento 3 x 2 m, na profundidade 0-20 cm.

5 O preparo do solo com arado de disco e grade contribuiu para a redução da resistência à penetração do solo somente nas camadas superficiais (0-15 cm), tornando-se necessária à prática de subsolagem para as demais camadas.

6 A teca apresentou potencial de estabelecimento em área de cerrado, no município de Paracatu – Minas Gerais.

7 Até a data em questão, a teca apresentou maior crescimento no espaçamento de plantio de 3 x 2 m.

8 Os principais fatores que limitaram o crescimento inicial da teca na região foram: o extenso período de insuficiência e as irregularidades de precipitações pluviométricas associadas ao nível alto de compactação do solo.

9 Até a data em questão, não se evidenciaram efeitos competitivos intra-específicos para os espaçamentos utilizado.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, S. da C.; SOUZA, A. P. de; SILVA, E.; NASCIMENTO, A. G. do; MACHADO, C. C.; LEITE, H. G.; MINETTI, L. J. Análise dos efeitos da compactação do solo sobre a regeneração da cepas de eucalipto. *Revista Árvore*, Viçosa, MG, v. 24, n. 3, p. 261-286, jul./set. 2000.

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 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*). 1976. 65 p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, SP.

BALDISSERI, I. T.; VEIGA, M.; TESTA, V. M.; JUCKS, I.; BUO, I. L. Z. Características físicas em solos de Santa Catarina sob diferentes sistemas de manejo. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 10., 1994, Florianópolis. *Resumos...* Florianópolis: Sociedade Brasileira de Ciências do Solo, 1994. p. 416-417.

BALLONI, E. A.; SIMÕES, J. W. O espaçamento de plantio e suas implicações silviculturais. *Série Técnica*. IPEF, Piracicaba, 1980. 1 (3): 1 – 16.

BALLONI, E. A.; SIMÕES, J. W. *Implantação de povoamentos florestais com espécies do gênero Eucalyptus*. Piracicaba: IPEF, 1980. 20 p. (Circular Técnica, 160).

BANIJBHATHANA, D. Teak forest of Thailand. *Tropical Silviculture*, Rome, v. 13, n. 2, p. 193-205, 1957.

BAUER, J. *Espécies com potencial para la reforestación em Honduras*. Tegucigalpa, Honduras: COHDEFOR-CATIE, 1992. 42 p.

BELL, T. Erosión de las plantaciones de teca em Trinidad. **Boletín Instituto Forestal Latino-Americano de Investigación y Capacitación**, Maracay, v. 44/45, p3-14, 1993.

BELTRAME, L. F. C.; GODIM, L. A. P.; TAYLOR, F. C. Estrutura e compactação na permeabilidade de solos do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 5. N. 3, p. 145-149, set./dez. 1981.

BERNARDO, A. L. Crescimento, eficiência nutricional de *Eucalyptus spp.* sob diferentes espaçamentos na região de cerrado de Minas Gerais. 1995. 102 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

BEUTER, A. N.; SILVA, M. L. N.; CURTI, 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**, Viçosa, v. 25, n. 1, p. 167-177, jan./mar. 2001.

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

BOTELHO, S. A. Espaçamento. In: SCOLFORO, J. R. S. **Manejo florestal**. Lavras: UFLA/FAEPE, 1998. p. 381-406.

BRADY, N. C. **Natureza e propriedade dos solos**. 7. ed. Trad. Antônio B. Neiva Figueiredo Filho. Rio de Janeiro, 1998. 878 p.

BRASIL. Centro Nacional de Ensino e Pesquisa Agronômica. Comissão de Solos. **Levantamento de reconhecimento dos solos da região sob influência do reservatório de Furnas: contribuição à carta de solos**. Rio de Janeiro, 1962. 462 p. (Boletim do Serviço Nacional de Pesquisa Agronômica, 12).

CÁCERES FLORESTAL S/A. **Iniciação ao florestamento da teca: orientação técnica para a germinação das sementes, formação de mudas, plantio e condução**. Cáceres: Cáceres Florestal, 1996. 19 p.

CAMPOS, J. C. C.; LEITE, H. G.; SOUZA, R. N.; VITAL, B. R. Relações entre espaçamentos, volume e peso de madeira em plantações de eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 14, n. 2, p. 119-133, 1990.

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

CENTRO AGRONÔMICO TROPICAL DE INVESTICACION Y ENSEÑANZA. **Plagas y enfermedades forestales en América Central.** Turrialba: CATIE, 1991. 280 p.

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**, Campinas v. 9, n. 3, p. 263-266, set./dez. 1985.

CHABLE, A. C. Reforestation in the republic of Honduras, Central América. **Ceiba**, Tegucigalpa, v. 13, n. 2, p. 1-56, dec. 1967.

CHANFLORA. **Informações gerais florestais.** Mogi-Guaçu: Champion Papel e Celulose, 1994. 27 p.

CHAVES, E.; FONSECA, W. **Teça – *tectona grandis* L. F. espécie de arbol de uso multiple en América Central.** Turrialba: CATIE, 1991. 47 p. (Serie Tecnica – Informe Tecnico, 179).

CHIARANDA, R. **Efeito da compactação do solo em mudas de *Eucalyptus torelliana* F. Muell. E de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden.** Piracicaba: ESALQ, 1989. 118 p.

CINTRA, F. L. D.; MIELNICZUK, J. Potencial de algumas espécies vegetais para recuperação de solos com propriedades físicas degradadas. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, Campinas, v. 7, n. 3, p. 323-327, set./dez. 1983.

COELHO, A. S. R.; MELLO, H. A.; SIMÕES, J. M. Comportamento de espécies de eucaliptos face o espaçamento. IPEF, Piracicaba, n. 1, p. 29-55, 1970.

DANIEL, T. W.; HELMS, J. A.; BACKER, F. S. **Princípios de silvicultura.** 2. ed. México: Macgrow-Hill, 1982. 487 p.

DECAMPS, A. A Exploração da Teca no Sião. **Anuário Brasileiro de Economia Florestal**, Rio de Janeiro, v. 11, n. 11, p. 134-145, 1969.

[REDACTED]

DIAZ, M. E. R. A.; CASTILLO, V. J. C.; JIMÉNEZ, C. J. M. Informe Técnico sobre el desarrollo de plantaciones forestales de *Tectona grandis* (Teca), en el C.E. Ing. Eduardo Sangri Serrano (El Tormento), en Escárcega. Campeche, 1993. 10 p. (Informe Interno no publicado).

DORAN, J. W.; PARKIN, T. B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J. W.; COLEMAN, D. C.; BEZDICEK, D. F.; STEWART, B. A. **Defining soil quality for a sustainable environment**. Madison: Soil Science Society of América, 1994. p. 3-21. (SSSA special Publication, 35).

EHLERS, W.; KOPKE, V.; HESSE, F.; BOHM, W. Penetration resistance and root growth of oats in tilled and untilled loes soil. **Soil Tillage Research**, Amsterdam, v. 3, n. 3, p. 261-275, 1983.

ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA "LUIZ DE QUEIROZ". Cultura da teca. Piracicaba, 1970. 5 p.

FERREIRA, D. F. SISVAR. **Sistema de análise de variância**. Suporte econômico CAPES, CNPq. Lavras: UFLA/DEX, 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. 53 P. (Documento de trabajo, 14).

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. Eleccion de espécies arboreas para plantación - Estudios de silvicultura y productos forestales. **Silvicultura Tropical**, Rome, v. 1, n. 13, p. 76-88, 1959.

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. **Zoneamento ecológico do Estado de Minas Gerais para reflorestamento**. Belo Horizonte: Centro de Pesquisa Florestal da Região do Cerrado, 1975. 65 p. (Série Técnica, 3).

GOMES, J. E.; MACEDO, R.L.G. Fenologia e crescimento da *Tectona grandis* L. F. (Teca) implantada em Lavras-MG. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UFLA-CICESAL, 12.; SEMINÁRIO DE AVALIAÇÃO DO

PIBIC/CNPq, 7.; SEMINÁRIO DE AVALIAÇÃO DO PIBIC/FAPEMIG, 1., 1999, Lavras. Anais... Lavras: UFLA, 1999.p. 177. (Resumos).

GORGULHO, E. P.; RAMALHO, M. P.; SOARES, A. R. Avaliação de progênies de *Eucalyptus pyrocarpa* L. Johnson e B. Laxel em diferentes espaçamentos de plantio. *Revista Árvore*, Viçosa, v. 15, n. 3, p. 207-216, set./dez. 1991.

GOSS, M. J.; RUSSEL, R. S. Effects of mechanical impedance on root growth in barleu (*Hodeum vulgare* L.). *Journal of Experimental Botany*, London, v. 31, n. 124, p.577-588, Sept. 1980.

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

GREACEN E. L.; SANDS, R. Compaction of forest soil: a review. *Australian Journal of soil Research*, Melbourne, v. 18, n. 2, p. 163-189, 1980.

GUIMARÃES, R. F. Ensaio de espaçamentos em *Eucalyptus saligna* Smith para produção de lenha. 2. ed. Rio Claro: CPEF, 1960. 42 p. (Boletim, n. 6).

HERNANDEZ, A. Manejo de plantaciones de teca (*Tectona grandis*) em El Salvador. In: *Manejo y aprovechamiento de plantaciones forestales com espécies de uso múltiple*. Guatemala: IUFRO, 1989. Actas... Turrialba: CATIE/IUFRO, 1989. p. 305-311.

HIGUCHI, N. Informações básicas para o manejo florestal da *Tectona grandis* (Teca) introduzida na Alto Jauru. Cuiabá: Fundação Universidade Federal de Mato Grosso/Departamento de Engenharia Florestal, 1979. 92 p. Mimeografado.

IBDF. *Diagnóstico do setor florestal no estado de Mato Grosso*. Brasília: Departamento de Engenharia Florestal/IBDF, 1984. 354 p.

ISLAM, K. R.; WELL, R. R. Soil quality indicator properties in mid-Atlantic soils as influenced by conservation management. *Journal of Soil Water Conservation*, Ankeny, v. 55, p. 69-78, 2000.

JACOBS, M. R. *Desenvolvimento e Pesquisa Florestal na Brasil*. Rio de Janeiro: PNUD/FAO/IBDF/BRA-45, 1973. 150 p. (Série Técnica/IBDF).

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

KARLEN, D. L.; STOTT, D. E. A framework for evaluating physical and chemical indicators of soil quality. In: DORAN, J. W.; COLEMAN, D. C.; BEZDICEK, D. F.; STEWART, B. A. (Ed.). **Defining soil quality for a sustainable environment**. Madison: Soil Science Society of America, 1994. p. 53-72. (SSSA Special Publication, 35).

KAUFMAN, C. M. Teak production and culture in Thailand. *Journal of Forestry*, Washington, v. 66, n. 5, p. 396-399, May 1968.

KEOGH, R. M. Teca (*Tectona grandis* Linn. F.) procedencias del Caribe, Centro America, Venezuela y Colombia. In: IUFRO/MAB/Servicio forestal. **Produccion de madera en los neotropicos via plantaciones**. Rio Piedras, 1980. p. 356-372.

KULKARNI, D. H. Distribution of Teak (*Tectona grandis*) on the northern slopes of the Satpurus, with special relation to geology. In: SILVICULTURAL CONFERENCE, 8., 1951, Dehra Dun. **Proceedings...** Dhera Dun, 1951. p. 254-263.

LACERDA, J. L.; COUTO, H. T. Z. O uso da lei do autodesbaste na definição do espaçamento para plantas de *Eucalyptus*. Piracicaba: IPEF, 1993. 7 p. (Circular Técnica, 182).

LAURIE, M. V. Teak and its Lime Requirements. *Indian Forester*, Dhera Dun, v. 67, n. 8, p. 337-381, Aug. 1931.

LEITE, A. P. Avaliação silvicultural e econômica da vegetação de cerrado e eucalipto submetida a diferentes regimes de manejo na região Noroeste de Minas Gerais. 1998. 99 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

LELES, P. S. S. Crescimento, alocação de biomassa e distribuição de nutrientes e uso de água em *E. camaldulensis* e *E. pellita* sob diferentes espaçamentos. 1995. 133 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

MACEDO, R. L. G.; BOTELHO, S. A.; SCOLFORO, J. R. Considerações preliminares sobre o estabelecimento da *Tectona Grandis* L. F. (Teca),

introduzida na região noroeste do Estado de Minas Gerais. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE ECOSSISTEMAS FLORESTAIS, 5., 1999, Curitiba. Anais... Rio de Janeiro: Biosfera, 1999. 4 p. (CD-ROM-BIO 1199).

MACEDO, R. L. G.; GOMES, J. E.; TSUKAMOTO FILHO, A. de A. Análise preliminar do crescimento e fenologia da *Tectona Grandis* L. F. (Teca), implantada em parcela de observação na região de Lavras-MG. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE ECOSSISTEMAS FLORESTAIS, 5., 1999, Curitiba. Anais... Rio de Janeiro: Biosfera, 1999. 4 p. (CD-ROM-BIO 1200).

MACEDO, R. L. G.; TSUKAMOTO FILHO, A. de A.; SCOLFORO, J. R. S.; RONDON NETO, R. M. Efeito do tempo de embebição em água e da profundidade de plantio no estabelecimento de mudas de toco de raiz nua de *Tectona Grandis* L. F. (TECA) introduzida na Região Noroeste de Estado de Minas Gerais. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE ECOSSISTEMAS FLORESTAIS, 5.; 1999, Curitiba. Anais... Rio de Janeiro: Biosfera, 1999. 4 p. (CD-ROM-BIO 1225).

MACEDO, R. L. G.; VENTURIN, N.; GOMES, J. E.; LIMA, E. M. G. Potencial de estabelecimento de clones de *Hevea brasiliensis* Muell. Arg. (seringueira) introduzidos em sistemas agroflorestal com *Bertholletia excelsa* Humb & Bompf (Castanheira do Brasil), em Lavras-MG. In: CONGRESSO INTERNACIONAL SOBRE FLORESTA, 2000, Porto Seguro, BA. Anais...Rio de Janeiro: Biosfera, 2000. p. 159-161.

MACEDO, R. L. G.; VENTURIN, N.; GOMES, J. E.; OLIVEIRA, T. K. Dinâmica de estabelecimento de *Tectona Grandis* L. F. (Teca) introduzida em cafezal na região de Lavras – Minas Gerais. *O Brasil Florestal*, Brasília, n. 73, p. 31-38, 2002.

MATRICARDI, W. A. T. Efeitos dos fatores do solo sobre o desenvolvimento da Teca (*Tectona Grandis*) L. F.) cultivada na grande Cáceres – Mato Grosso. 1989. 135 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, SP.

MELLO, H. do A. Teca: rainha das madeiras para a construção naval. Piracicaba: ESALQ/USP, s.d. 3p.Mimeografado.

MELLO, H. do A.; COELHO, A. S. R.; NETO, A. C. et al. A influência da espécie, do espaçamento e da idade no custo de produção de madeira industrial. IPEF, Piracicaba, n. 4, p. 17-32, 1972.

PATIÑO-VALERA, F. El espaciamento en plantaciones forestales. *Revista Ciência Florestal en México*, México, v. 20, n. 77, p. 67-99, 1995.

PATIÑO-VALERA, F. **Varição genética em progênies de *Eucalyptus saligna* Smith e sua interação com o espaçamento.** 1986. 192 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, SP.

PURI, G. S. Advances in the ecology of teak (*Tectona Grandis* Linn. F.) in India. In: SILVICULTURAL CONFERENCE, 8., 1951, Dhera Dun. Proceedings... Dhera Dun, 1951. p. 242-249.

QUERESHI, I. M.; YADAV, J. S. Results of some studies on the forest soils of India and their practical importance. *Van Vigyan*, Dhera Dun, v. 5, n. 1/2, p. 7-17, 1967.

RAMAKRISHNA, A. Farewell to teak. *Indian Forester*, Dhera Dun, v. 104, n. 9, p. 646-647, 1978.

REZENDE, G. C.; SUITER, W.; MENDES, C. J. Novas técnicas de espaçamentos para *Eucalyptus* spp. In: **SIMPÓSIO SOBRE PRODUÇÃO E USO DE ENERGIA NO MEIO AMBIENTE**, 1., 1980, Campinas. **Anais...** Águas de São Pedro: IUFRO, 1980. 11 p.

RONDON NETO, R. M.; MACEDO, R. L. G.; TSUKAMOTO FILHO, A. A. Formação de povoamentos florestais com *Tectonia Grandis* L. F. (Teca). Lavras: UFLA, 1998. 29 p. (Boletim Técnico. Série Extensão, 33).

SALAZAR, R. F.; ALBERTIN, W. Requerimientos edaficos y climaticos para *Tectona Grandis* L. *Turrialba*, San José, v. 24, n. 1, p.66-71, jan./mar. 1974.

SAMPAIO, A. J. de. A teca da Índia e a do Brasil. *Revista Florestal*, Rio de Janeiro, v. 1, n. 9, p. 7-10, 1930.

SANCHEZ, O. C. **Espécies tropicales de rápido crecimiento. Algunas experiencias de investigacion en los campos experimentales forestales.** México: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, 1978. p. 27-37. (Publicacion Especial, n. 12).

SCHNEIDER, P. R. Influência do pisoteio de bovinos em áreas florestadas. *Revista Florestal*, Curitiba, v. 9, p. 19-23, jun. 1978.

SCHONAU, A. P. G.; COETZEE, J. Initial spacings, stand density and thinning in eucalypt plantations. *Forest Ecology and Management*, Amsterdam, v. 29, n. 4, p. 245-266, Dec. 1989.

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

SILVA, M. L. N.; CURI, N.; BLANCANEUX, P. Sistemas de manejo e qualidade estrutural de Latossolo Roxo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 35, n. 12, p. 2485-2492, dez. 2000.

SILVEIRA, V. **Comportamento de clones de Eucaliptus em diversos ambientes definidos pela qualidade de sítio e espaçamento.** 1999. 124 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

SIMÕES, J. W.; Y SPINA-FRANÇA. Produção de madeira em florestas energéticas sob diferentes práticas silviculturais. In: SIMPÓSIO ENERGIA DE BIOMASSA FLORESTAL. São Paulo: CESP, 1983. p. 1-36.

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

SOUZA, D. R. de. **Efeito do espaçamento na produtividade volumétrica da madeira em povoamentos de *Pinus oocarpa* e *Pinus caribaea* var. *hondurensis* até os 16 anos de idade.** 1995. 80 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, SP.

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*, Campinas, v. 15, n. 3, p. 229-235, set./dez. 1991.

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

TAYLOR, H. M.; RATLIFF, L. F. Root elongation rates of cotton and peanuts as function of soil strength and soil water content. *Soil Science*, Baltimore, v. 108, n. 2, p. 113-119, Aug. 1969.

TISDALL, J. M.; OADES, J. M. Organic matter and water-stable aggregates in soils. *Journal of Soil Science*, Oxford, v. 33, n. 2, p. 141-163, June 1982.

TISDALL, J. M.; OADES, J. M. Stabilization of soil aggregates by the root system of ryegrass. *Australian Journal Soil Research*, Melbourne, v. 17, n. 3, p. 429-441, 199.

TORRES, L.; SILVERBORG, S. B. Estudio sobre la durabilidad natural de la teca (*Tectona Grandis* L. F.) mediante ensayos acelerados de soil-blocks, realizados en el laboratorio Nacional de Productos Forestales en Merida Venezuela. Merida: Instituto Florestal Latino-Americano de Investigacion y capacitacion, 1972. p. 63-70. (Boletin, 4142).

VIEIRA, M. J.; MUZILLI, O. Características físicas de um Latossolo Vermelho-escuro sob diferentes sistemas de manejo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 19, n. 8, p. 873-882, ago. 1984.

ZISA, R. P.; HAVERSON, H. G.; STOUT, B. B. Establishment and early growth of conifers on compact soil in urban areas. Washington: USDA, 1980. p. 1-8. For the Service. Northeastern Forest Experiment Station Research Paper, Brooman (NE-45).

ZOBEL, B. J.; VAN WYK, G. V.; STAHL. *Growing exotic forest*. New York: John Wiley e Sons, 1987. 508 p.

ANEXOS

ANEXO A

Página

TABELA 1A Carbono orgânico em Latossolo Vermelho-Amarelo sob sistema de manejo com <i>Tectona grandis</i> L.f. (Adaptado de Castro, 2001)	74
TABELA 2A Teor de umidade em Latossolo Vermelho-Amarelo sob sistema de manejo com <i>Tectona grandis</i> L.f. (Adaptado de Castro, 2001)	74
TABELA 3A Distribuição granulométrica do Latossolo Vermelho-Amarelo sob sistema de manejo com <i>Tectona grandis</i> L.f. (Adaptado de Castro, 2001).....	74
FIGURA 1A Detalhes da implantação do experimento de <i>Tectona grandis</i> L.f (camalhões), na região noroeste do estado de Minas Gerais, em dezembro de 1997.	75
FIGURA 2 A Detalhes do experimento de <i>Tectona grandis</i> L.f. aos 24 meses pós-plantio, na região noroeste do estado de Minas Gerais.	76
FIGURA 3A Detalhes do experimento de <i>Tectona grandis</i> L.f. aos 36 meses pós-plantio, na região noroeste do estado de Minas Gerais.	76

TABELA 1A Carbono orgânico em Latossolo Vermelho-Amarelo sob sistema de manejo com *Tectona grandis* L.f. (Adaptado de Castro, 2001)

Sistema	Profundidade (cm)		
	0 - 5	5 - 20	20 - 40
	g kg ⁻¹		
<i>Tectona grandis</i> L.f.	23 aA	23 aA	23 aA

Fonte: Castro (2001)

TABELA 2A Teor de umidade em Latossolo Vermelho-Amarelo sob sistema de manejo com *Tectona grandis* L.f. (Adaptado de Castro, 2001)

Sistema	Profundidade (cm)		
	0 - 5	5 - 20	20 - 40
	g kg ⁻¹		
<i>Tectona grandis</i> L.f.	23 aA	23 aA	23 aA

Fonte: Castro (2001)

TABELA 3A: Distribuição granulométrica do Latossolo Vermelho-Amarelo sob sistema de manejo com *Tectona grandis* L.f. (Adaptado de Castro, 2001)

Profundidade (cm)	Granulometria		
	Argila	Silte	Areia
	g kg ⁻¹		
0 - 5	683	152	165
5 - 20	685	160	155
20 - 40	730	125	145

Fonte: Castro (2001)

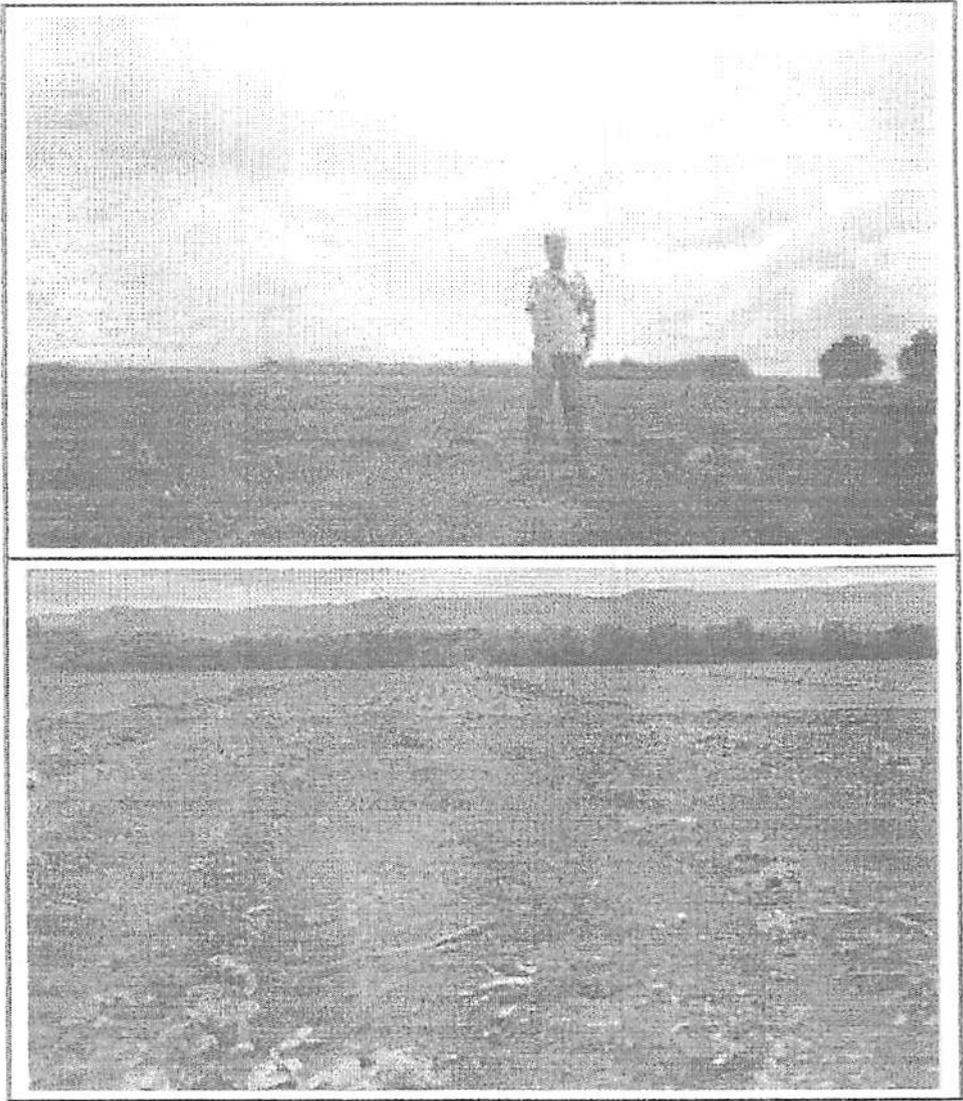


FIGURA 1A Detalhes da implantação do experimento de *Tectona grandis* L.f (camalhões), na região noroeste do estado de Minas Gerais, em dezembro de 1997.



FIGURA 2 A Detalhes do experimento de *Tectona grandis* L.f. aos 24 meses pós-plantio, na região noroeste do estado de Minas Gerais.

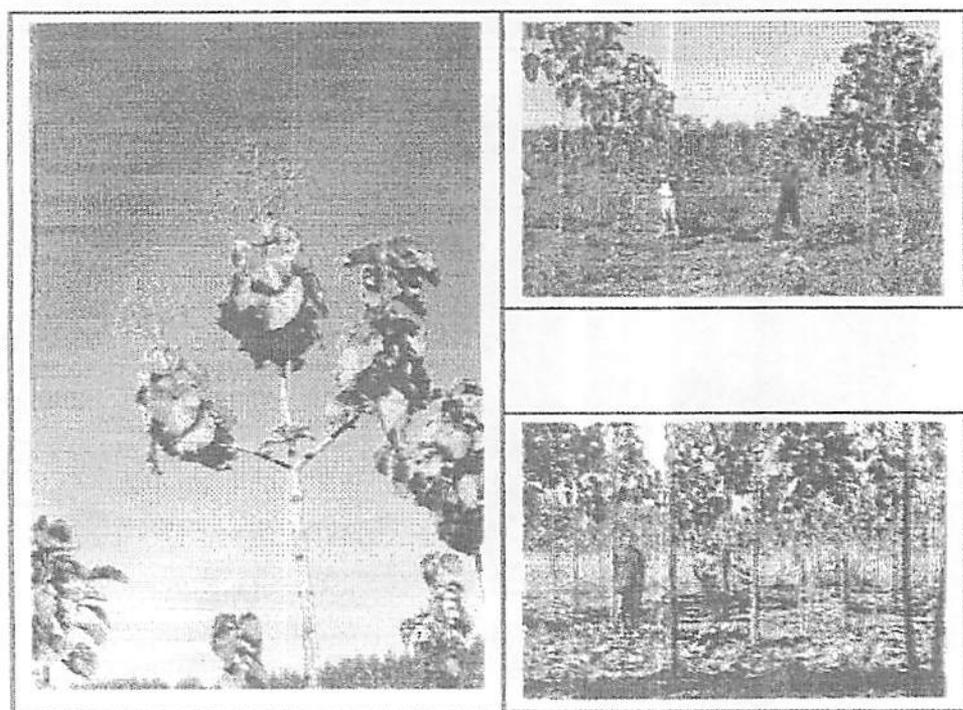


FIGURA 3A Detalhes do experimento de *Tectona grandis* L.f. aos 36 meses pós-plantio, na região noroeste do estado de Minas Gerais.