

AFILAMENTO E FORMA DO TRONCO DE ÁRVORES DE *Eucalyptus grandis* E *Eucalyptus saligna* E SUAS VARIÇÕES COM A ADUBAÇÃO

Carlos Alberto Ferreira¹

Helton Damin da Silva²

RESUMO

Este trabalho analisa possíveis alterações no afilamento médio e fator de forma de árvores de *Eucalyptus saligna* e *Eucalyptus grandis* pelo efeito de aplicação de fertilizantes no momento de plantio e parcelada durante a rotação. Os experimentos de adubação, com estas espécies foram implantados na região dos cerrados, nos municípios de Brotas e Altinópolis, Estado de São Paulo. Os tratamentos foram selecionados devido à elevada resposta à adubação obtida ao final da rotação. Os resultados obtidos para afilamento médio e fator de forma, de parcelas e árvores adubadas e não adubadas, possibilitaram as seguintes conclusões: a) O afilamento médio das parcelas diminuiu do quarto para o sexto ano e posteriormente aumentou para o oitavo ano. Aparentemente, estas variações deveram-se a uma redução na taxa de crescimento em altura e um aumento na taxa de crescimento em diâmetro, durante o mesmo período. b) A adubação melhorou levemente a forma das árvores do *Eucalyptus grandis*, e este efeito está indiretamente relacionado com as diferentes quantidades de fertilizantes devido ao seu efeito no crescimento em altura das árvores. c) As variações no afilamento médio das árvores podem ser atribuídas às alterações nos padrões de crescimento em altura e diâmetro. Variáveis diferentes que alteram a conicidade das árvores, devem ser

¹ Engenheiro-agrônomo, Doutor, Pesquisador da *Embrapa Florestas*. calberto@cnpf.embrapa.br

² Engenheiro Florestal, Doutor, Pesquisador da *Embrapa Florestas*. helton@cnpf.embrapa.br

primeiramente analisadas em relação à sua influência no crescimento em altura e diâmetro, antes de serem consideradas como fatores isolados. d) Nenhuma alteração foi verificada, na relação entre o diâmetro à altura do peito e na metade da altura da árvore, que pudesse ser atribuída às doses ou métodos de aplicação de fertilizantes. e) Não foi possível obter-se uma regressão precisa para estimar fatores de forma baseada nas variáveis estudadas neste trabalho

PALAVRAS CHAVE: Fertilizantes, afilamento médio, fator de forma.

VARIATION OF TREE TAPER AND FORM AND THEIR RELATION TO FERTILIZATION IN *Eucalyptus grandis* AND *Eucalyptus saligna*

ABSTRACT

This paper discusses the results of possible alterations in average taper and form factor resulting of the application of fertilizers at planting and along the rotation. The experiments were established in poor soils of the "cerrados" region, municipalities of Brotas and Altinópolis, in the state of São Paulo. From the analyses of the data for average taper and form factors of fertilized and control plots and trees of *Eucalyptus saligna* and *Eucalyptus grandis*, the following conclusions could be drawn: a) The average taper of the trees decreased from the fourth to the sixth year, and then increased to the eighth year. This was apparently due to a drastic reduction in height growth and an increase in the diameter growth during the same period. b) Fertilization slightly improved the form of *Eucalyptus grandis* trees, and this is indirectly related to the fertilizer amounts, due to their effects on average height. c) Variations in average taper may be explained by variations in height: diameter growth patterns. Different variables affecting taper, must be firstly analyzed in relation to their influence on diameter and height

growth, before being considered as isolated factors. d) No change was found in the relationship between diameter at breast height and diameter at half-total height that could be attributed to rates or methods of application of fertilizers. e) It was not possible develop a precise regression model to estimate form factors based on the variables used in this paper.

KEY WORDS: Fertilizer, average taper, form factor.

1. INTRODUÇÃO

Os termos usados para descrever a forma das árvores, por exemplo, afilamento, forma e fator de forma, têm uma grande variedade de significados na literatura florestal (Larson, 1963). A conformação do tronco pode ser caracterizada por dois componentes: forma, uma expressão da conformação em termos relativos, e afilamento médio, que descreve o grau de alongamento da conformação básica ou forma (Snowdon & Waring, 1984). Especificamente a forma é a relação entre diâmetro e a sua distância do topo da árvore quando ambas são expressas em termos relativos. Esta relação é expressa comumente por uma função de forma:

$$(d/D)^2 = f(h/H)$$

d - diâmetros na altura h do tronco (cm);

D - é o diâmetro na base do tronco (cm);

h - são distâncias fixadas a partir do topo da árvore (m);

H - é o comprimento total do tronco (m);

f - é uma função matemática (geralmente uma série polinomial).

A forma do tronco de uma árvore é expressa como um sólido geométrico, por uma equação parabólica, como proposto por Kozak et al. (1969) ou por funções polinomiais quadráticas, por curvas de potência (Ahrens, 1982, Pellico Netto, 1982, Silva, 1982, Guimarães, 1982) ou ainda funções "spline" (Figueiredo Filho, 1999).

O fator de forma nada mais é do que a integração da expressão a seguir e o afilamento é a taxa de alteração no diâmetro com uma unidade de incremento em altura:

$$d' = D/H \int_1 (h/H)$$

O afilamento médio (T) é definido simplesmente pela relação D/H. O fator de forma é comumente substituído pelo fator de forma à altura do peito, ou seja a razão entre o volume do tronco da árvore e o volume do cilindro de mesma altura e área basal. Entretanto essa simplificação tem algumas limitações, devendo ser salientado que: i) troncos com fatores de forma idênticos podem apresentar funções de forma diferentes, ii) troncos com forma distinta, ou seja com diferentes funções de forma, devem diferir também com relação ao afilamento e iii) troncos com funções de forma idênticas podem diferir quanto ao afilamento se o afilamento médio (D/H) for diferente (Snowdon et al., 1981).

A principal diferença na forma dos troncos de árvores crescendo isoladas em comparação com árvores em povoamentos é o decréscimo no afilamento associado com o decréscimo do comprimento da copa. Tal fato é estreitamente relacionado ao grau de competição entre as árvores. Dentre outros fatores, o comprimento da copa pode, também, explicar o decréscimo do afilamento com o aumento do crescimento das árvores em povoamentos, isto porque árvores jovens têm relativamente mais copa que árvores adultas. Ocorrendo o fechamento das copas, os ramos mais baixos morrem e progressivamente um fuste mais longo e limpo é produzido, resultando em decréscimo do afilamento. Portanto há uma tendência para a forma das árvores tornar-se mais cilíndrica com a idade em povoamentos fechados (Larson, 1963). Esta tendência é devida ao incremento relativamente maior em altura que em diâmetro, promovido pela competição. Assim, o decréscimo no afilamento, com relação a idade da árvore, é um efeito aditivo do crescimento continuado em altura (Burger, 1951 citado por Larson, 1963).

Tanto o afilamento quanto a forma continuam sofrendo alterações à medida que a árvore cresce. Conseqüentemente, deve-se tomar cuidado quando árvores de diferentes tamanhos são comparadas para que efeitos causados por uma prática silvicultural, como a aplicação de fertilizantes, não sejam confundidos com alterações causadas por diferenças no tamanho das árvores. As características que apresentam alterações de acordo com o estágio de desenvolvimento da árvore parecerão ter sido alterados pelos fertilizantes, desde que as árvores tratadas e a testemunha sejam comparadas na mesma idade. Portanto, como o fator de forma de muitas espécies aumenta nos anos que antecedem o pico de máximo incremento anual em volume, a adubação neste momento parecerá alterar a forma da árvore (Hummel & Christie, 1953; Snowdon & Waring, 1984). Mesmo após o ponto de máximo incremento anual, as alterações podem ocorrer devido à supressão associada ao crescimento das árvores dominantes e codominantes, e ao conseqüente decréscimo na competição (Miller & Cooper, 1973).

Quando da aplicação de fertilizantes em povoamentos já estabelecidos, o crescimento adicional a ser obtido pode ser distribuído desuniformemente ao longo do tronco, produzindo alterações na sua conformação. Alterações dessa natureza têm sido descritas para várias espécies. Pegg (1966) relata um significativo aumento no fator de forma de Girard (razão entre o diâmetro sem casca a 5,2 m de altura e o diâmetro com casca a 1,4 m de altura no tronco) após aplicação de fertilizantes em *Pinus elliotii* var. *elliotii*. Miller & Cooper (1973) encontraram alterações no afilamento médio da árvore, mas não no fator de forma, após aplicação de fertilizantes em *Pinus nigra* subsp. *laricio*. Wollons & Will (1975) concluíram que as respostas à adubação foram mais pronunciadas na porção mais alta do tronco em árvores de *Pinus radiata* entre os treze e quatorze anos de idade. Entretanto, Mead & Gadgil (1978) relataram que após três estações de crescimento, embora tenham ocorrido diferenças significativas no volume individual de árvores de *Pinus radiata*, não ocorreram alterações na forma das árvores.

Há evidências que a adubação em plantações de *Pinus radiata*, por ocasião do primeiro desbaste, pode ter um significativo efeito na forma do tronco, e também que grandes respostas em crescimento obtidas para *Pinus radiata* e *Pinus taeda*, por adubações na ocasião do plantio, pode ser acompanhada por alterações no afilamento médio da árvore (Snowdon et al., 1981; Snowdon & Waring, 1984). Os mesmos autores demonstraram que o afilamento médio da árvore não depende apenas do tamanho da árvore, mas também de práticas de plantio. Comparando-se

árvores de tamanho igual mas de idades diferentes, concluíram que o afilamento médio de árvores adubadas pode ser significativamente maior do que as árvores testemunha. Efeitos semelhantes foram obtidos com o controle das ervas daninhas.

Aumentos estatisticamente significativos no fator de forma foram constatados em árvores adubadas de *Picea sitchensis* por Arabatzoglou (1983). O mesmo autor também demonstrou que as diferenças ocorreram no meio e nas partes mais altas do fuste. O incremento diamétrico em intervalos relativos à altura da árvore diferiu, com razoável consistência, entre árvores adubadas e não adubadas, em praticamente oitenta por cento do fuste, em um plantio de *Pinus radiata* recém desbastado e com 15 anos de idade (Hunter et al., 1985). O incremento em diâmetro resultante da adubação foi mais acentuado à altura do peito e, em locais mais altos no interior da copa verde, mas relativamente pouca variação ao longo do fuste.

As árvores respondem diferentemente à aplicação de fertilizantes de acordo com a sua posição no dossel do povoamento. As árvores dominantes e codominantes aparentemente respondem mais rapidamente, causando uma supressão acelerada das árvores dominadas (Arabatzoglou, 1983; Pegg 1966). Miller & Cooper (1973) relataram que a alteração proporcional no crescimento relativo, devido à aplicação de fertilizantes, era o mesmo para todas as classes de tamanho, tendo como consequência um aumento da amplitude de tamanhos na população de *Pinus nigra* sbsp *laricio*. Segundo aqueles autores, ainda, árvores de pequenas dimensões e dominadas têm tipicamente fatores de forma maiores do que a média e, na ausência de desbastes, a adubação aumentará a proporção destas árvores no povoamento.

O efeito da adubação é explicado pela aceleração do crescimento que pode ocasionar. Como a proporção de árvores dominadas é relacionada com a altura das maiores árvores e, é a mesma para a mesma altura independentemente da idade, a aplicação de fertilizantes que resulte no aumento da altura das árvores indiretamente aumentará a proporção de árvores dominadas. A aparente alteração na forma das árvores devido a uma resposta maior à adubação, em algum ponto da árvore, do que a resposta observada à altura do peito, pode também ser explicada pela aceleração do crescimento como sugerido por Miller & Cooper (1973), Miller et al., (1977) e Miller (1981).

Quando se espera que os fertilizantes tenham um efeito pronunciado no crescimento da área basal pode-se prever alterações na forma das árvores e estas devem ser quantificadas (Gordon & Graham, 1986). Neste trabalho são discutidos resultados obtidos para fator de forma e afilamento médio de árvores adubadas e não adubadas pertencentes a experimentos de adubação de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna*.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Neste trabalho foram analisadas possíveis alterações no afilamento médio e no fator de forma de árvores adubadas e não adubadas de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna*, provenientes de experimentos de adubação implantados na região dos cerrados, nos municípios de Brotas e Altinópolis, do Estado de São Paulo.

Os experimentos constaram da aplicação de doses crescentes de adubos da formulação NPK (10:34:06) no plantio e parcelada ao longo da rotação. No caso do *Eucalyptus grandis*, foram aplicadas doses crescentes de 0 a 350g/planta, ao longo dos sulcos no momento do plantio. Doses de 0 a 400g/planta foram aplicadas no momento do plantio (em sulcos) e parceladas ao longo da rotação (nas entre linhas) de *Eucalyptus saligna*. O objetivo destes experimentos foi determinar o efeito da aplicação de várias doses de adubação, aplicadas tanto no plantio como ao longo da rotação, no crescimento, custos e qualidade da madeira produzida, em solos arenosos de baixa fertilidade natural. Maiores detalhes sobre os experimentos originais, bem como discussão detalhada do efeito da adubação fundamental e parcelada ao longo da rotação são apresentados por Ferreira (1989). Tratamentos cujos dados demonstraram elevadas respostas à adubação foram selecionados para as análises efetuadas neste trabalho.

O afilamento médio das árvores de cada parcela foi estimado pela relação entre o diâmetro à altura do peito (1,30m) e a altura total das árvores menos 1,30m. A correção foi necessária para normalizar o valor do afilamento médio uma vez que todos os diâmetros foram medidos à altura do peito (1,30m). O fator de forma adotado neste trabalho foi calculado pela relação entre o volume real da árvore estimado pelo método de Smallian e o volume do cilindro de mesma área basal (a altura do peito) e altura das árvores amostradas. O afilamento médio da tora entre a altura do peito e metade da altura total da árvore, denominada de tora central

neste trabalho, foi determinado por diferença entre o diâmetro à altura do peito e o diâmetro na metade da altura total da árvore. A diferença entre os diâmetros foi dividida por metade da altura total da árvore menos 1,30m correspondendo à altura do DAP. Outras variáveis, como altura total e comprimento da copa viva também foram medidas e relacionadas com o fator de forma.

O procedimento estatístico consistiu de análise de regressão múltipla, sendo o afilamento médio a variável dependente. As variáveis discretas, idade e doses de fertilizante foram incluídas no modelo geral e sua significância avaliada como variáveis “dummy”. A eleição das variáveis para composição do modelo foi baseada na matriz de correlação entre as variáveis e no método de regressão passo a passo para avaliação da contribuição das variáveis, discretas ou contínuas, no modelo explicativo das variações para o afilamento e o fator de forma.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Variação no afilamento médio

Na matriz de correlação apresentada na Tabela 1, pode-se observar correlações significativas entre o afilamento médio e o diâmetro à altura do peito. Esta variável foi portanto a primeira selecionada para compor uma tentativa de modelo explicativo das variações no afilamento médio.

Tabela 1. Matriz de correlação linear simples entre variáveis de crescimento, doses de fertilizante e afilamento médio de árvores de *Eucalyptus saligna*.

	Diâmetro	Altura	Dose Fertil	Idade
Afilamento	0,4559 (0,999)	-0,0071 (0,060)	0,0089 (0,007)	0,2251 (0,981)
Diâmetro		0,8848 (0,999)	0,3210 (0,999)	0,7568 (0,999)
Altura			0,3622 (0,999)	0,7302 (0,999)

() valor entre parênteses indica nível de probabilidade de que os coeficientes difiram de zero.

Outras correlações igualmente importantes e significativas referem-se ao afilamento médio e idade, dose de fertilizantes e altura e ainda dose de fertilizante e diâmetro.

Estas correlações são importantes para explicar as relações entre as variáveis e sua contribuição em possíveis modelos.

Como pode ser constatado na Tabela 2, o diâmetro somente pode explicar uma pequena parte da variação. A altura contribui para aumentar a precisão após a inclusão do diâmetro, mas nenhuma melhora foi possível incluindo-se outras variáveis. Praticamente, as mesmas conclusões podem ser destacadas para dados de *Eucalyptus grandis* (Tabela 3), com exceção do uso de fertilizantes. As doses de fertilizantes quando consideradas no modelo, na ausência da altura, e nas doses de 200, 250 e 300 g/árvore decresceram significativamente o afilamento médio. A altura tem um efeito de confundimento sobre as doses de fertilizantes.

Diferenças em afilamento médio relacionadas ao diâmetro são também relatados por Snowdon et al. (1981) e Snowdon & Waring (1984), em *Pinus radiata*. Os mesmos autores sugeriram que os efeitos devidos à altura foram negligenciáveis. Entretanto, não obtiveram respostas à adubação em termos de crescimento em altura e as alterações no volume foram pequenas em termos relativos, nesses mesmos experimentos.

Tabela 2. Coeficientes de regressão múltipla, erros padrão, coeficientes de determinação, e variáveis. Resultados da seleção de variáveis por regressão passo a passo para dados de afilamento médio de *Eucalyptus saligna*.

Variável independente	Erro padrão	R ²
diâmetro (cm)	0,0578	0,200
diâmetro, altura (m)	0,0082	0,984
diâmetro, altura, idade*	0,0082	0,984
diâmetro, altura, dose fert**	0,0083	0,983
diâmetro, altura, idade, dose fert	0,0083	0,983

*idade (anos) e **doses de fertilizantes (g/árvore) analisadas como variáveis "dummy"

Regressão selecionada :

$$T = 0,9253 + 0,0780 \cdot \text{diâmetro} - 0,0662 \cdot \text{altura}$$

A análise dos dados deste trabalho mostraram respostas à aplicação de fertilizantes tanto em altura quanto em diâmetro (ver Tabela 5 e Ferreira, 1989). Assim, quando o diâmetro e altura são alterados pela ação de tratamentos com fertilizantes, não é recomendável usar-se a mesma função hipsométrica, ou fator de correção para todas as parcelas independentemente da quantidade de fertilizantes aplicados.

Como o afilamento médio é a relação entre o diâmetro à altura do peito e a altura da árvore, se estas variáveis mantiverem uma relação constante, para o mesmo diâmetro dever-se-ia esperar o mesmo valor de afilamento médio, para várias espécies, idades e condições de crescimento. Entretanto, isso não ocorre, como demonstrado nas Tabelas 2 e 3 e discutido por Clutter et al. (1983). Embora o *Eucalyptus grandis* e o *Eucalyptus saligna* sejam muito semelhantes, apresentam afilamentos médios diferentes, para parcelas com o mesmo diâmetro médio à altura do peito. O *Eucalyptus grandis*, por estes dados, parece menos adelgado que o *Eucalyptus saligna*. Isto significa que as relações entre altura e diâmetro variam com a espécie e também de acordo com o estágio de crescimento da árvore, como pode ser observado nas Tabelas 4 e 5.

Tabela 3. Coeficientes de regressão múltipla, erros padrão, coeficientes de determinação, e variáveis independentes. Resultados da seleção de variáveis por regressão passo a passo para dados de afilamento médio do tronco de *Eucalyptus grandis*.

Variável independente	Erro padrão	R ²
diâmetro (cm)	0,0422	0,457
diâmetro, altura (m)	0,0052	0,992
diâmetro, altura, idade*	0,0052	0,992
diâmetro, altura, dose fert**	0,0052	0,992
diâmetro, altura, idade, dose fert	0,0052	0,992

*idade (anos) e **doses de fertilizantes (g/árvore) analisadas como variáveis "dummy"

Regressão selecionada :

$$T = 0,7369 + 0,0656 \cdot \text{diâmetro} - 0,0446 \cdot \text{altura}$$

De acordo com Larson (1963), o afilamento médio deveria decrescer com a idade na medida em que as árvores tornam-se mais cilíndricas. A variação do afilamento médio em relação à idade parece ser consistente (ver Figuras 1 e 2). O afilamento médio claramente decresce do quarto para o sexto ano e depois aumenta do sexto para o oitavo ano. Esta variação com a idade está relacionada a diferentes padrões de crescimento em altura e diâmetro dependentes da idade (Tabela 5). O aumento da altura do quarto para o sexto ano para *Eucalyptus saligna*, e como consequência o decréscimo do afilamento médio concorda com observações relatadas por Burger (1951), citado por Larson (1963). Entretanto, o aumento do afilamento médio do sexto para o oitavo ano é inesperado, embora esta variação possa ser explicada pelo pequeno incremento em altura e o aumento no diâmetro observados no mesmo período e possivelmente causados por ocorrência de geadas, com danos às copas no sexto ano (Tabela 5).

Dessa forma, o afilamento médio pode ser modificado por fatores que influenciam o crescimento em altura e diâmetro. Quando condições fisiológicas ou biofísicas são mais favoráveis ao crescimento em altura que ao crescimento em diâmetro, o afilamento decresce, caso contrário cresce. Parece que as variáveis como idade e práticas silviculturais como desbastes, adubação, práticas de plantio, entre outras, devem ser primeiro analisadas com relação à sua influência nos crescimentos em altura e diâmetro, antes de serem consideradas como potencialmente influenciadores do afilamento e da forma das árvores. Esta atitude pode ajudar a explicar o efeito aparentemente contraditório de algumas variáveis, como a idade, na forma das árvores.

Tabela 4. Afilamento médio, dose de fertilizantes no plantio e idade de plantios de *Eucalyptus saligna*.

Dose fert. (g/árvore)	0			300		
	4	6	8	4	6	8
Média	0,857	0,776	0,857	0,829	0,780	0,890
D. Pad (1)	0,068	0,040	0,040	0,031	0,037	0,038
E.P.M. (2)	0,021	0,012	0,013	0,010	0,011	0,012
Máximo	0,981	0,830	0,926	0,871	0,837	0,951
Mínimo	0,786	0,693	0,773	0,760	0,720	0,825

(1) Desvio Padrão

(2) Erro Padrão da Média

Tabela 5. Altura média, diâmetro médio à altura do peito, incrementos corrente anuais em altura e diâmetro para parcelas sem adubo e adubadas no plantio (*Eucalyptus saligna*).

Dose fert. (g/árvore)	0			300		
Idade (anos)	4	6	8	4	6	8
Altura (m)	10,6	13,1	14,2	12,5	15,0	15,8
IMA altura	2,7	2,2	1,8	3,1	2,5	1,9
ICA altura		1,2	0,5		1,2	0,4
Diâmetro(cm)	7,8	9,1	11,0	9,3	10,7	12,8
IMA diam	2,0	1,5	1,4	2,3	1,8	1,6
ICA diam		0,6	0,9		0,7	1,0

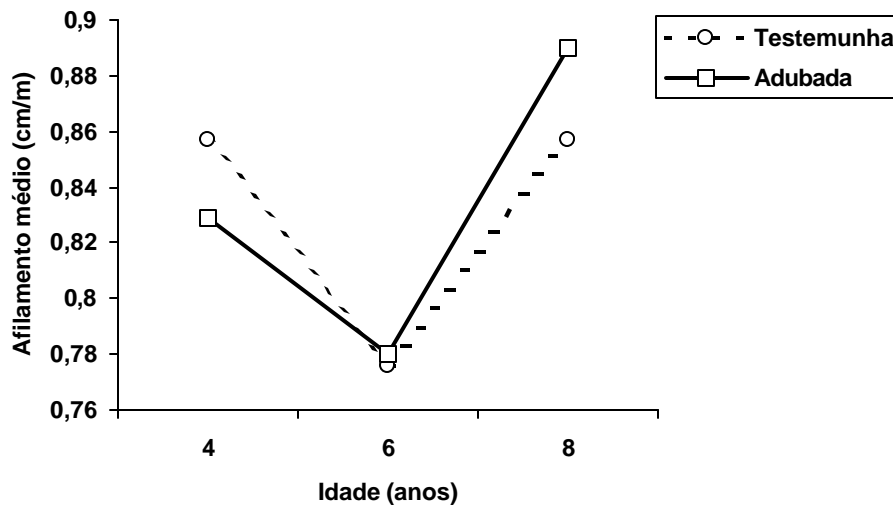


Figura 1. Afilamento médio em relação à idade e doses de fertilizantes – *Eucalyptus saligna*.

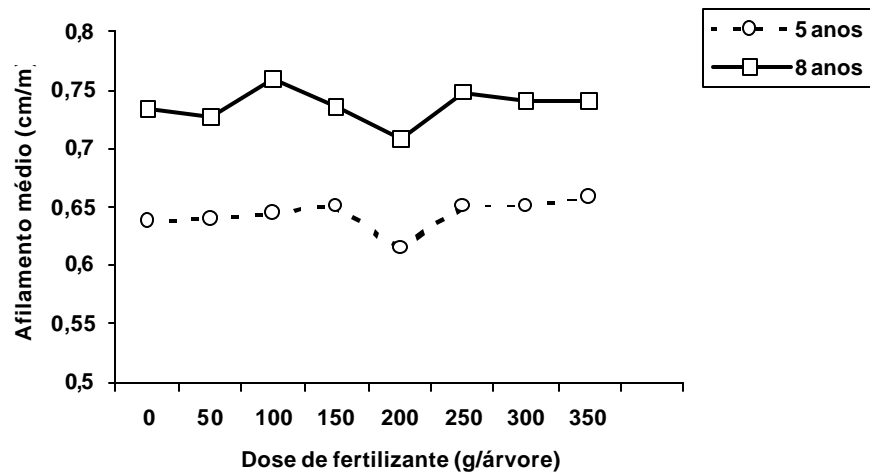


Figura 2.. Afilamento médio em relação à idade e doses de fertilizantes – *Eucalyptus grandis*.

Como pode ser observado na Figura 1, as parcelas adubadas têm afilamento médio menor aos quatro anos e mais elevado aos oito anos que as parcelas testemunha (não adubadas). Isto pode também ser interpretado como uma antecipação do efeito da idade pela aceleração do crescimento devido à adubação. Aparentemente, a variação na forma da árvore, que ocorreria com o desenvolvimento da mesma com a idade, é acelerada pela aplicação dos fertilizantes. O aumento do afilamento médio do sexto para o oitavo ano de idade também foi observado para *Eucalyptus grandis* (Figura 2).

3.2 Variação no fator de forma

Para esta análise foram selecionadas árvores dos estratos dominantes e codominantes uma vez que as maiores respostas à adubação ocorrem nestes estratos (Arabatzoglou, 1983; Pegg, 1966). Da mesma forma, Miller & Cooper (1973) demonstraram haver consistentemente uma resposta mais lenta, tanto em área basal como em altura pelas árvores menores.

Os resultados para o fator de forma apresentados na Tabela 6, permitem concluir que eles são muito mais influenciados pelo diâmetro na metade da altura total da

árvore, do que pelas outras variáveis testadas. O melhor modelo ajustado por procedimentos "passo a passo", inclui o afilamento médio (T) e o afilamento da tora central (t) (desde a altura do peito até metade da altura total). Outras variáveis como: comprimento da copa viva, diâmetro à altura do peito e doses de fertilizantes não contribuíram significativamente para o modelo final. Entretanto, a regressão final obtida tem precisão relativamente pouco elevada para a estimativa de fatores de forma (observar Tabela 6 : R^2 0,70 e erro padrão da estimativa de 0,03).

A distribuição de resíduos em relação às variáveis independentes (não incluída neste trabalho) não mostrou qualquer tendenciosidade, e a eliminação de valores discrepantes pela técnica de comparação de valores de eliminação, como descrito por Kleinbaum et al. (1988), não melhorou significativamente a precisão da regressão.

Não foi possível constatar alterações na relação entre o diâmetro à altura do peito e o diâmetro na metade da altura total, que pudesse ser relacionada com as diferentes doses de fertilizantes e métodos de aplicação. Os resultados permitem concluir pela ausência de uma resposta diferenciada aos fertilizantes ao longo do fuste com base nas observações obtidas na metade do mesmo. Diâmetros maiores à altura do peito são diretamente proporcionais a diâmetros maiores na metade da altura total da árvore, independentemente, da dose de fertilizante aplicada. Aparentemente, a resposta a fertilizantes é distribuída uniformemente no fuste. A mesma conclusão foi relatada por Hunter (1985), para *Pinus radiata*. Entretanto, conclusões diferentes foram relatadas por Arabatzoglou (1983) para *Picea sitchensis* por Pegg (1966), para *Pinus elliottii* por Wollons & Will (1975) para *Pinus radiata*. Estes autores concluíram que a resposta a fertilizantes é desuniformemente distribuída e, que alterações ocorreram do meio para as partes mais altas do fuste das árvores.

Tabela 6. Coeficientes de regressão múltipla, erros padrão, coeficientes de determinação, e variáveis independentes. Resultados da seleção de variáveis pela técnica “passo a passo” para determinação do fator de forma em *E. grandis*.

Variáveis independentes	Erro padrão	R ²
(1) (2) (3) (4) (5) (6) (7)	0,0247	0,684
(1) (2) (3) (4) (5) (6)	0,0245	0,689
(1) (2) (3) (6) (7)	0,0243	0,694
(2) (3) (6) (7)	0,0241	0,698
(3) (6) (7)	0,0240	0,700
(6) (7)	0,0239	0,703

- (1) quantidade de fertilizantes (g/árvore)
 (2) altura (m)
 (3) comprimento da copa viva (m)
 (4) diâmetro a 1,30 m (cm)
 (5) diâmetro na metade da altura total (cm)
 (6) afilamento médio $T = (4)/(2)$
 (7) afilamento da tora central $t = (4)/(5)$

Regressão selecionada :

$$\text{Fator de forma} = 0,7369 + 0,0656 * T - 0,0446 * t$$

R² refere-se ao valor ajustado para os graus de liberdade.

Tabela 7. Análise de regressão múltipla para diâmetro à altura do peito e diâmetro na metade da altura total e doses de fertilizantes em *Eucalyptus saligna*.

Fonte de variação	G.L	S.Q	Q.M.	F
Modelo	2	65,49	32,74	62,96**
Resíduo	26	13,71	0,52	
Total	28	79,20		

Variável independente	Coeficientes	Erro padrão	t
Constante	1,71327	0,85508	2,00
diâmetro (d)	0,60949	0,05932	10,27**
dose fertiliz	-0,03901	0,12054	-0,32

R²(Aj) = 0,814 Erro padrão = 0,7261

**P < 0,001

*P < 0,05

4. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos para afilamento médio e fator de forma de parcelas e árvores adubadas e não adubadas *Eucalyptus saligna* e *Eucalyptus grandis*, possibilitaram as seguintes conclusões:

- O afilamento médio das árvores diminuiu do quarto para o sexto ano e posteriormente aumentou para o oitavo ano. Aparentemente, estas variações deveram-se a uma redução na taxa de crescimento em altura e um aumento na taxa de crescimento em diâmetro, durante o mesmo período.
- A adubação melhorou levemente a forma das árvores do *Eucalyptus grandis*, e este efeito está indiretamente relacionado com as diferentes quantidades de fertilizantes devido ao seu efeito no crescimento em altura das árvores.
- As variações no afilamento médio das árvores podem ser atribuídas às alterações nos padrões de crescimento em altura e diâmetro. Variáveis que alterem a conicidade das árvores, devem ser primeiramente analisadas em relação à sua influência no crescimento em altura e diâmetro, antes de serem consideradas como fatores isolados.
- Nenhuma alteração foi verificada, na relação entre o diâmetro a altura do peito e na metade da altura da árvore, que pudesse ser atribuída às doses ou métodos de aplicação de fertilizantes.
- Não foi possível obter-se uma regressão precisa para estimar fatores de forma baseada nas variáveis estudadas neste trabalho.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AHRENS, S. A. Funções de forma: sua conceituação e utilidade. In: SEMINÁRIO SOBRE ATUALIDADES E PERSPECTIVAS FLORESTAIS: O Uso de Funções de Forma de Tronco em Estudos de Volumetria de Espécies Florestais, 5., 1981, Curitiba. **Anais...** Curitiba: Embrapa-URPFCS, 1981. p. 7-14. (Embrapa-URPFCS. Documentos, 9).

ARABATZOGLOU, L. **The effect of fertilization on stem characteristics of pole stage Sitka Spruce**. 1983. 239 f. Thesis (PhD) - University of Edinburgh, Dept. of Forestry and Natural Resources, Edinburgh.

CLUTTER, J. L.; FORTSON, J. C.; PIENAAR, L. V.; BRISTER, G. H.; BAILEY, R. L. **Timber management: a quantitative approach**. New York: J. Willey, 1983. 333 p.

FERREIRA C. A. **Nutritional aspects of the management of *Eucalyptus* plantations on poor sandy soils of the Brazilian cerrado region**. 1989. 193 f. Thesis (Doctor of Philosophy) - Green College, Oxford.

FIGUEIREDO FILHO, A. **Influência da resinagem no crescimento de *Pinus elliotii* var. *elliotii* e sua avaliação econômica**. 1991. 138 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Florestal, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

GORDON, A.; GRAHAM, J. D. Changes in *Pinus radiata* stem form in response to nitrogen and phosphorus fertilizer. **New Zealand Journal of Forest Science**, v. 16, n. 1, p. 41-54, 1986.

GUIMARÃES, D. P. **Uso de curva de potência na determinação de séries relativas contínuas de forma para espécies florestais**. Planaltina: Embrapa-CPAC, 1982. 21 p. (Embrapa-CPAC. Boletim de Pesquisa, 14).

HUMMEL, F. C.; CHRISTIE, J. Revised yield tables for Conifers in Britain. **Forest-Record, Forestry-Commission**, London, n. 24, 1953. Texto extraído da introdução.

HUNTER, I. R., GRAHAM, J. D., CALVERT, K. T. Effects of nitrogen fertilizer on radiata pine growing on pumice soils. **New Zealand Journal of Forestry**, v. 30, n. 1, p. 102-114, 1985.

KLEINBAUM, D. G.; KUPPER, L. L.; MULLER, K. E. **Applied regression analysis and other multivariable methods**. Boston: PWS: Kent Publ. Co., 1988. 718 p.

KOZAK, A.; MUNRO, D. D.; SMITH, J. H. G. Taper functions and their application in forest inventory. **Forestry Chronicle**, v. 45, n. 4, p. 278-283, 1969.

LARSON, P. R. **Stem form development of forest trees**. Washington: [s.n.], 1963. 42 p. (Forest Science Monography, 5).

MEAD, D. J., GADGIL, R. L. Fertilizer use in established radiata pine stands in New Zealand. **New Zealand Journal of Forestry Science**, v. 8, n. 1, p. 105-134, 1978.

MILLER, H. G., COOPER, J. M. Changes in amount and distribution of stem growth in pole-stage Corsican pine following application of nitrogen fertilizer. **Forestry**, n. 46, p. 157-190, 1973.

MILLER, H. G., MILLER, J. D.; BINNS, W. O. Growth of Scots pine under nutritional and climatic stress. **Plant and Soil**, n. 48, p. 103-114, 1977.

MILLER, H. G. Forest fertilization: some guiding concepts. **Forestry**, v. 54, n. 2, p. 157-167, 1981.

MILLER, H. G. Nutrient cycles in forest plantations, their change with age and the consequence for fertilizer practice. In: AUSTRALIAN FOREST NUTRITION WORKSHOP, 1981, Canberra. **Productivity in perpetuity**: proceedings. Canberra: CSIRO, 1981. p. 187-199.

PELLICO NETTO, S. Estimativa volumétrica de árvores individuais: síntese teórica. In: SEMINARIO SOBRE ATUALIDADES E PERSPECTIVAS FLORESTAIS: O Uso de Funções de Forma de Tronco em Estudos de Volumetria de Espécies Florestais, 5., 1981, Curitiba. **Anais...** Curitiba: Embrapa-URPFCS, 1982. p. 15-28. (Embrapa-URPFCS. Documentos, 9).

PEGG, R. E. Stem form of fertilized loblolly pine. **Journal of Forestry**, v. 65, p. 19-20, 1966.

SILVA, J. A. Funções de forma dos troncos do *Pinus taeda*, *Picea excelsa*, *Abies alba* e *Pinus silvestres*. In: SEMINARIO SOBRE ATUALIDADES E PERSPECTIVAS FLORESTAIS: O Uso de Funções de Forma de Tronco em Estudos de Volumetria de Espécies Florestais, 5., 1981, Curitiba. **Anais...** Curitiba: Embrapa-URPFCS, 1982. p. 29-46. (Embrapa-URPFCS. Documentos, 9).

SNOWDON, P. Estimation of height from diameter measurements in fertilizer trials. **Australian Forestry Research**, n. 11, p. 223-230, 1981.

SNOWDON, P.; WARING, H. D.; WOLLONS, R. C. Effect of fertilizer and weed control on stem form and average taper in plantation grown pines. **Australian Forestry Research**, n. 11, p. 209-221, 1981.

SNOWDON, P.; WARING, H. D.; GREY, D. C.; SCHONAU, A. P. G.; SCHUTZ, C. J. Long term responses obtained to fertilizer and weed control applied at planting and their consequences for forest management. In: IUFRO SYMPOSIUM ON SITE AND PRODUCTIVITY OF FAST GROWING PLANTATIONS, 1984, Pretoria. **Proceedings...** Pretoria: South African Forest Research Institute, 1984. v. 2, p. 701-711.

VEIGA, A. A. **Glossário em dasonomia**. São Paulo: Instituto Florestal, Coordenadoria da Pesquisa de Recursos Naturais: Secretaria de Agricultura e Abastecimento, 1983. 110 p. (Publicação IF, 14).

WOOLLONS, R.C., WILL, G.M. Increasing growth in high production radiata pine stands by nitrogen fertilizers. **New Zealand Journal of Forestry**, v. 20, p. 243-253, 1975.

