

## DETERMINAÇÃO DE EQUAÇÕES DA PRODUÇÃO DE TANINO DE ACÁCIA- NEGRA, *Acacia mearnsii* De Wild.

### DETERMINATION OF TANNIN PRODUCTION EQUATIONS OF ACACIA-NEGRA, *Acacia mearnsii* De Wild.

Paulo Renato Schneider<sup>1</sup>      Shirlei Beti de Aguiar Camillo<sup>2</sup>  
César Augusto G. Finger<sup>3</sup>      Sonia Maria Bitencurt Frizzo<sup>4</sup>

#### RESUMO

O presente trabalho foi desenvolvido com o objetivo de determinar funções para estimar a produção de tanino de *Acacia mearnsii* De Wild, em quilogramas por árvore e por hectare. Para tanto, foram levantadas informações dendrométricas em 32 unidades amostrais, estratificadas por idade de 3,5 aos 8,5 anos, em classes de sítio bom, médio e ruim, e cobrindo diferentes espaçamentos. A determinação do teor de tanino foi realizada com base em 64 árvores das quais, 32 foram tomadas entre as de diâmetro médio e 32 entre as de altura dominante. Os resultados obtidos permitiram concluir que: a) a produção de tanino por árvore em quilograma (PTA) pode ser estimada em função do diâmetro (d), expresso em cm; altura (h), em metros e do espaço médio entre as árvores (EM), em metros, através de uma das equações:  $\ln PTA = - 6,0141145 + 2,43202867 \cdot \ln d + 1,0413106 \cdot \ln EM$ ;  $\ln PTA = - 5,853512 + 1,53029074 \cdot \ln d + 0,38185298 \cdot \ln (d^2h)$ ; b) a produção de tanino em quilogramas por hectare (PT) foi expressa em função da área basal (G), expressa em m<sup>2</sup>/ha, e da altura dominante (h<sub>o</sub>) em metros, podendo ser estimada pela equação:  $\ln PT = 3,5222278 + 1,1417977 \cdot \ln G + 0,2031873 \cdot \ln h_o$ .

**Palavras-chave:** produção, tanino, *Acacia mearnsii*., acácia-negra.

#### ABSTRACT

The present work was established with the objective to determine functions to estimate the production of tannin of Acacia-negra, *Acacia mearnsii* De Wild in kilograms per tree and hectare. Thus dendrometrical information was collected in 32 experimental plots, stratified by the age of 3.5 up to 8.5 years, on good and poor sites with different spacings. Tannin content was measured on the basis of 64 trees, 32 trees with medium diameter and 32 trees with dominant height. The results obtained allow the following conclusions: a) The production of tannin (PTA) in kilograms per tree

1. Engenheiro Florestal, Dr. Professor Titular do Departamento de Ciências Florestais. Centro de Ciências Rurais. Universidade Federal de Santa Maria. CEP: 97105-900. Santa Maria. RS.
2. Química, M.Sc. Professora Assistente do Departamento de Química. Centro de Ciências Naturais e Exatas. Universidade Federal de Santa Maria. CEP: 97105-900. Santa Maria. RS.
3. Engenheiro Florestal, Dr. Professor Adjunto do Departamento de Ciências Florestais. Centro de Ciências Rurais. Universidade Federal de Santa Maria. CEP: 97105-900. Santa Maria. RS.
4. Engenheira Florestal, M.Sc. Professora Adjunta do Departamento de Química. Centro de Ciências Naturais e Exatas. Universidade Federal de Santa Maria. CEP: 97105-900. Santa Maria. RS.

can be estimated in function of diameter (d) in cm, height (h) and medium distance between the trees in meters after one of the following equations:  $\ln PTA = - 6.0141145 + 2.43202867 \cdot \ln d + 1.0413106 \cdot \ln EM$ ;  $\ln PTA = - 5.853512 + 1.53029074 \cdot \ln d + 0.38185298 \cdot \ln (d^2h)$  b) The production of tannin in kilograms per hectare (PT) can be expressed in dependance of basal area (G) in m<sup>2</sup>/ha and dominant height (h<sub>o</sub>) in meters, and estimated with the equation:  $\ln PT = 3.5222278 + 1.1417977 \cdot \ln G + 0.2031873 \cdot \ln h_o$

**Key words:** yield, tannin, *Acacia mearnsii.*, acácia-negra.

## INTRODUÇÃO

A *Acacia mearnsii*, vulgarmente conhecida como acácia-negra, foi introduzida no Rio Grande do Sul, em 1918, por Alexandre Bleckmann. Atualmente, é largamente empregada no reflorestamento na região da Depressão Central, Encosta Inferior do Nordeste e Encosta do Sudeste deste Estado, mais precisamente nas proximidades dos grandes centros consumidores de madeira e casca.

Em 1926, Júlio C. Lohmann realizou os primeiros plantios com objetivos comerciais, no município de Estrela (OLIVEIRA, 1968).

A rentabilidade do cultivo da acácia-negra é superior ao de muitas essências, embora o rendimento quantitativo da madeira seja inferior. Esta maior rentabilidade deve-se à comercialização da casca, que representa o objetivo principal do cultivo desta espécie, e da madeira utilizada para a fabricação de papel, chapas de aglomerados e lenha para a queima em fornos e fabricação de carvão. O tanino extraído da casca é utilizado nas indústrias farmacêutica e coureira, entre outras.

O Brasil, que importava grande quantidade de extratos vegetais curtientes, em 1954 passou a ser auto-suficiente no produto. Atualmente, o país exporta seus excedentes, participando ativamente no mercado mundial outrora dominado pelo monopólio da “Florestal Land Timber and Railways Limited” de Londres.

A acacicultura no Rio Grande do Sul é uma sólida atividade econômica, que ao longo de quarenta e seis anos tem trazido consideráveis benefícios e prosperidade para vários municípios gaúchos. A expansão dessa fonte de riqueza permitiu melhor aproveitar áreas, antes pouco aproveitadas. Isto é reforçado por dados do Anuário Estatístico Brasileiro, que estima em mais de 25.000 o número de famílias que, de um ou de outro modo, viviam do cultivo da acácia-negra e de sua industrialização. Não há exemplo de que outra cultura tenha em tão pouco tempo proporcionado tal transformação social e econômica para uma região (MINISTÉRIO DO INTERIOR, 1980).

Um dos grandes problemas do manejo e avaliação dos povoamentos da acácia-negra reside na dificuldade de quantificar a concentração, produção de tanino por hectare e a sua projeção no tempo. Este componente da produção dos povoamentos da espécie deve ser considerado em avaliações e na determinação da idade de maximização econômica.

Visando a preencher esta lacuna, o presente trabalho teve por objetivo estudar a produção de

tanino em quilograma por árvore e por hectare, expressando-as através de equações de regressão com base no sítio, idade, espaço médio entre as árvores, área basal e altura dominante.

## REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A *Acacia mearnsii* é natural da Austrália e caracteriza-se por ser uma árvore de folhagem verde escura, atinge entre 10 a 30 metros de altura, crescendo em qualquer tipo de solo. Suas folhas compostas, bipenadas, são semelhantes às da *Acacia decurrens*, de coloração verde escuro, sendo os folíolos individuais considerados mais curtos em relação a sua largura. Por outro lado, a *Acacia decurrens* diferencia-se da *Acacia mearnsii* por possuir os folíolos mais estreitos. Esta espécie distribui-se no sudeste da Austrália Continental e ocorre abundantemente também na Tasmânia. Na África do Sul, é plantada em larga escala para produção de tanino (SHERRY, 1971).

Luckhoff apud SHERRY (1971) fez um estudo histórico da acácia-negra de diferentes regiões da África do Sul e encontrou diferenças marcantes entre elas, quanto à concentração de tanino na casca.

Estudos similares feito por Sidey apud SHERRY (1971) com material autêntico da acácia-negra, recolhido em diferentes regiões da África do Sul, encontrou tanino presente em todos os órgãos da planta. As cascas de algumas espécies do gênero *Acacia australiana*, estão entre os vegetais mais ricos em taninos, com mais de 30% de tanino do seu peso seco.

Devido a isto, Maiden apud SHERRY (1971) considerou a acácia-negra como sendo a melhor espécie em termos de quantidade de produção em relação a sua qualidade e coloração do tanino.

SHERRY (1971), estudando a concentração de tanino de acácia-negra ao nível do DAP, encontrou correlação negativa entre esta grandeza e a precipitação média anual do local do povoamento. No mesmo estudo, concluiu que a produção de madeira e casca por hectare é proporcional a densidade do povoamento, qualidade do sítio e idade.

A concentração de tanino ao nível do DAP é correlacionado positivamente com a espessura de casca ao DAP e negativamente com altura média e índice de sítio. Por outro lado, a produção de tanino por hectare é positivamente correlacionada com o sítio, altura média, diâmetro médio, espessura média da casca, idade e densidade do povoamento (SCHOENAU, 1969a).

POSENATO (1977) estudando a produção de casca e madeira de acácia-negra com espaçamento variando de 3,38 a 10,0 m<sup>2</sup>, constatou aos 7 anos que quanto menor o espaçamento maior é a produção de casca e madeira por hectare, e que, a produção média de tanino é diretamente proporcional ao aumento de espaço vital entre árvores. Encontrou diferenças estatisticamente significativas nos rendimentos de casca, com diferenças médias entre espaçamentos de 1244 kg/ha.

SILVA & FRIZZO (1985) estudaram o teor de tanino na casca de *Acacia mearnsii*, em diferentes alturas do tronco, desde as raízes até à extremidade superior do tronco, correspondente à altura comercial. Constataram que o teor de tanino variou significativamente ao longo da altura de uma mesma árvore.

PEREIRA *et al.* (1985) divulgaram os resultados preliminares de um estudo para verificar a influência do anelamento basal das árvores sobre o teor de tanino na casca de *Acacia mearnsii*. O trabalho foi realizado devido às evidências de que a deficiência de água no solo contribui para o aumento do teor de tanino, o que poderia ser também exercido pelo efeito do anelamento das árvores, pela redução da disponibilidade de água em decorrência da desativação do sistema radicular. Da mesma forma a interrupção do floema tende a impedir a translocação dos compostos fenólicos, precursores do tanino, da copa para as raízes fornecendo um maior acúmulo na parte aérea. Constataram que o teor de tanino por árvore anelada, avaliado através de amostras compostas, foi de 26,17%, e nas testemunhas 20,55%, resultando numa diferença de 5,62%, ou seja, um incremento de 27% em decorrência do anelamento basal das árvores.

Em estudo realizado na África do Sul, com *Acacia mearnsii*, foi constatado que o conteúdo de tanino é altamente correlacionado com o índice de sítio, altura média e espessura de casca. Os resultados foram expressos numa equação de regressão múltipla dada por:  $CT = 37,56 + 2,14.E - 0,155.h$ , sendo: CT = conteúdo de tanino; E = espessura média de casca ao DAP; h = altura média. Esta equação explicou 53,3% da variação total na variável dependente. Além da prevalência na equação, a espessura de casca é importante do ponto de vista experimental e econômico, pois é um dos principais critérios para determinação do peso da casca em muitos países, portanto, é uma das características principais para a seleção numa floresta de acácia-negra (SCHOENAU, 1969a).

No mesmo sentido, SCHOENAU (1969b) definiu uma regressão múltipla para expressar o conteúdo médio de tanino de um povoamento (CMT) como uma função do conteúdo de tanino do diâmetro (CTD) e altura média (h) e outra função cuja variável dependente foi apenas o CTD. Estas apresentaram coeficientes de determinação de 0,88 e 0,87, respectivamente, sendo expressas por:  $CMT = 4,5537 + 0,8898 \cdot CTD - 0,04954 \cdot h$  e  $CMT = - 0,9987 + 0,9542 \cdot CTD$ .

Por outro lado, SCHOENAU (1969a) definiu que a produção de tanino pode ser estimada pela equação múltipla, expressa por:  $PT = - 26,81 + 0,566.d + 6,37.\log N + 0,0439.h + 0,101.CT + 0,26.E + 0,0563.t$ . Sendo: PT = produção de tanino por acre; d = diâmetro médio em polegadas; N = número de árvores por acre; CT = conteúdo de tanino em percentagem da árvore média; h = altura média em pés; E = espessura média de casca em polegadas; t = idade. Esta equação explicou 96,6% da variação total na produção de tanino.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Espécie e local do estudo

O trabalho foi desenvolvido com árvores de acácia-negra, *Acacia mearnsii* De Wild. Os povoamentos selecionados estavam localizados nos municípios das microrregiões homogêneas 308, 309 e 315, ou seja, Porto Alegre, Colonial Encosta da Serra Geral e Vale do Rio Jacuí, respectivamente (MINISTÉRIO DO INTERIOR, 1986).

A concentração fundiária desta região é baixa, as propriedades têm até 20 ha, e representam, aproximadamente, 75% do total das propriedades e, aproximadamente, 40% do total da área dos

municípios (MINISTÉRIO DO INTERIOR, 1986).

### **Geomorfologia**

Os povoamentos florestais estavam localizados nas unidades geomorfológicas Serra Geral, Patamares da Serra Geral, Depressão do Rio Jacuí, Planaltos Residuais Canguçu-Caçapava do Sul e Planalto Rebaixado Marginal (MINISTÉRIO DO INTERIOR, 1986).

Na unidade geomorfológica Serra Geral salienta-se expressiva parcela de terras na unidade de capacidade de uso da subclasse Silvater de relevo, com uso modal para silvicultura e preservação. Na unidade Patamares da Serra Geral predominam as subclasses por relevo Masater, Agroester e Agriter, alterando-se solos de alta fertilidade como a terra roxa estruturada eutrófica com podzólicos álicos.

A unidade Depressão do Rio Jacuí apresenta relevos sem grandes variações altimétricas, com paisagem dominada por coxilhas. Os solos geralmente são profundos, podzólicos, brunizen e planossolos.

Nas unidades geomorfológicas Planaltos Residuais Canguçu-Caçapava do Sul e Planalto Rebaixado Marginal, ocorrem solos podzólicos, planossolos e litólicos distróficos.

### **Climatologia**

O clima da região é super-úmido a úmido, ocorrendo em Canela e Gramado. Já o úmido engloba a quase totalidade da área restante, ocorrendo, ainda, áreas diminutas com o clima úmido a sub-úmido (MINISTÉRIO DO INTERIOR, 1986).

Na região não ocorre déficit hídrico, mas há excedentes de até 870 mm nas regiões mais altas. As chuvas distribuem-se uniformemente durante o ano todo. A precipitação média anual varia de 1395 mm, em Taquara, a 1977 mm, em Gramado (MINISTÉRIO DO INTERIOR, 1986).

As geadas são freqüentes nos meses mais frios aumentando o número de ocorrência com a altitude, variando de 3 a 21 ocorrências anuais (MORENO, 1961).

A temperatura média anual varia de 19,9°C em Taquara e 15,3°C em Canela (MINISTÉRIO DO INTERIOR, 1986).

### **Levantamento de dados**

A amostragem de casca para determinação da concentração de tanino foi estratificada por idade, levando em consideração a variação do sítio e densidade.

Os sítios foram definidos com o auxílio da classificação elaborada por SCHNEIDER & SILVA(1980). Estes índices de sítio foram agrupados em classes de sítio: bom, médio e ruim, representando o local onde foi feita a amostragem de casca.

Para levantamento das variáveis de produção de tanino da acácia-negra foi utilizada a amostragem aleatória estratificada. As unidades amostrais tiveram a forma quadrada, com

comprimento e largura adequadas ao espaçamento inicial existente entre as árvores do povoamento.

As unidades amostrais foram tomadas por idade e classe de sítio do povoamento. Foram amostradas 32 unidades, tomadas proporcionalmente dos 3,5 aos 8,5 anos, em classes de sítio bom, médio e ruim, além da abrangência dos espaçamentos. Nestas foram levantados os dados referentes a idade, DAP, altura comercial e espessura da casca ao DAP de todas as árvores da amostra.

Para a amostragem de casca foram abatidas 64 árvores, distribuídas proporcionalmente em árvores de diâmetro média e dominantes. As amostras da casca foram tomadas em diferentes alturas do fuste: na base, no DAP, a 25, 75 e 100% da altura comercial. Esta foi considerada até a altura onde o diâmetro foi igual a 4 cm com casca. Nestas posições foram retirados discos de aproximadamente 2,5 cm de espessura. As amostras foram acondicionadas em sacos plásticos, devidamente etiquetados e remetidas ao laboratório, onde foram secas ao ar até alcançar o equilíbrio higroscópico (10 a 20% de umidade). Posteriormente, foram moídas, homogeneizadas e pesadas.

### **Tratamento das amostras de casca**

O peso da casca absolutamente seca foi determinado, uma vez que, devido à oscilação do teor de umidade sofrido pelo material fibroso, é impraticável relacionar os resultados com o peso do material seco ao ar.

A determinação do teor de umidade foi feita de acordo com a norma ABVPM2/71.

### **Extração do tanino**

A uma amostra de 2 g de casca seca moída, foram adicionadas aproximadamente 100 ml de água desionizada e submetidas a extração em autoclave a 0,6 atm de pressão, correspondendo a uma temperatura de 112 °C, por quatro horas, segundo SILVA & FRIZZO (1985).

Após tal extração, os extratos frios foram filtrados para balão volumétrico de 500 ml, completando-se o volume com água desionizada.

O tanino foi determinado por espectrofotometria visível no comprimento de onda 670 nm.

### **Reagentes e soluções**

Todos os reagentes usados na determinação da concentração dos taninos foram de grau analítico e a água desionizada com condutividade inferior a 5  $\mu$ S/cm.

Para a confecção da curva de calibração, usou-se, como padrão, uma solução de ácido tânico p. a. (para amostra) 0,01 g% (m/v) e para as determinações da quantidade de tanino presente nas amostras o reativo de Folin-Ciocalteau (R.F.C.). Este reagente, segundo FOLIN & CIOCALTEAU (1927), consiste de uma mistura aquosa de ácidos fosfomolibdico e fosfotúngstico que no presente trabalho foi utilizado mediante diluição de 1:5 (v/v), ou seja 1 parte do reagente para 4 de água.

No ajuste do pH ideal (pH = 9,0) para a ocorrência de reação entre os grupos fenólicos e o

reagente de Folin-Ciocalteu, utilizou-se solução de carbonato de sódio a 10% (m/v).

### Modelagem da produção de tanino

A produção de tanino total, em quilogramas, foi modelada em função das variáveis diâmetro (d), altura total (h), espaço médio entre as árvores (EM), na forma simples, quadrática e combinada, todas na forma logarítmica. Para isto, foi testada a hipótese genérica do modelo:

$$\ln \text{PTA} = f (\ln d, \ln h, \ln (d.h), \ln \text{EM}, \ln (d^2), \ln (h^2), \ln(d^2h), \ln(d^2h^2) )$$

A produção de tanino em quilograma por hectare foi também modelada em função de variáveis que expressam a densidade, a variação da produção no tempo e a capacidade da produção do solo. Para isto, foi testada a hipótese genérica do modelo:

$$\ln \text{PTA} = f ( \ln t, \ln d, \ln h_0, \ln G)$$

Sendo: PTA = produção de tanino, em quilograma por hectare; t = idade em anos;  $h_0$  = altura dominante de Assmann, em metros; G = área basal, em  $\text{m}^2/\text{ha}$ .

Os dados amostrais foram processados em computador e as regressões foram processadas no pacote estatístico SAS.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na Tabela 1 encontram-se os resultados estatísticos da seleção da equação, feita através de regressão “stepwise”, na opção “forward”, considerando como variável dependente o logaritmo da produção de tanino em função das variáveis independentes logarítmicas.

No passo 1, a equação de regressão encontrada para o logaritmo da produção de tanino em quilograma foi em função do logaritmo do diâmetro. O teste de significância para os parâmetros da equação foi altamente significativo ao nível de 99,9% de probabilidade de confiança, sendo que para o coeficiente angular  $b_1$  o valor de F' foi igual a 444,02, com probabilidade maior que 0,0001.

No passo 2, foi incluída a variável independente logaritmo do espaço médio entre as árvores (EM). O valor do teste de F' do parâmetro  $b_2$ , vinculado à variável espaço médio entre as árvores, foi igual a 4,8, também significativo ao nível de 99,9% de probabilidade de confiança.

No passo 3, a inclusão de mais uma variável independente no modelo, não foi possível para um nível de 0,5% de tolerância. Desta forma, a equação de regressão para estimar a produção de tanino das árvores em quilograma ficou sendo expressa por:

$$\ln \text{PTA} = - 6,0141145 + 2,43202867 \cdot \ln d + 1,0413106 \cdot \ln \text{EM}$$

TABELA 1: Parâmetros estatísticos obtidos na modelagem da equação de produção de tanino por árvore, em quilogramas, em função do diâmetro e do espaço médio entre as árvores.

Passo Nº	Regressões	Parâmetros Estatísticos					R <sup>2</sup>	S <sub>yx</sub>	F
		B <sub>j</sub>	Valor	S <sub>yx</sub> B <sub>j</sub>	F'	Prob>F			
01	lnPTA= b <sub>0</sub> +b <sub>1</sub> .ln d	B <sub>0</sub>	-5,296509	0,30195	307,6	0,0001	0,944	0,1686	444,0
		B <sub>1</sub>	2,492308	0,11827	444,0	0,0001			
		B <sub>0</sub>	-6,014114	0,51344	137,2	0,0001			
02	lnPTA= b <sub>0</sub> +b <sub>1</sub> .ln d+b <sub>2</sub> .ln EM	B <sub>1</sub>	2,432029	0,11960	413,4	0,0001	0,952	0,1628	239,5
		B <sub>2</sub>	1,041311	0,61326	4,8	0,0119			

Sendo: PTA = produção de tanino por árvore, em quilograma; d = diâmetro a altura do peito, em centímetros; EM = espaço médio entre as árvores, em metros; B<sub>j</sub> = parâmetros das equações; S<sub>yx</sub>B<sub>j</sub> = erro padrão dos parâmetros estimados B<sub>j</sub>; F' = valor de F calculado para teste de hipótese dos parâmetros; Prob > F = probabilidade maior que o valor de F calculado; R<sup>2</sup> = coeficiente de determinação; S<sub>yx</sub> = erro padrão da estimativa, expresso em logaritmo de kg; F = valor de F da equação.

Esta equação de regressão apresentou um erro padrão da estimativa igual a 0,1628, expresso em logaritmo de quilogramas, e um coeficiente de determinação igual a 0,95, indicando uma excelente precisão estatística e ótimo ajuste.

Devido a modelagem ter indicado uma equação para estimar a produção de tanino das árvores em quilograma em função do diâmetro e espaço médio entre as árvores, e sendo esta última variável não muito prática, pois para a sua obtenção, é necessário conhecer o número de árvores por hectare, para obtenção do espaço médio entre as árvores, foi modelado uma segunda equação excluindo-se esta variável do modelo máximo, cujos resultados estatísticos encontram-se na Tabela 2.

TABELA 2: Parâmetros estatísticos obtidos na modelagem da equação de produção de tanino por árvore, em quilogramas, considerando o diâmetro e altura das árvores.

Passo Nº	Regressões	Parâmetros Estatísticos					R <sup>2</sup>	S <sub>yx</sub>	F
		B <sub>j</sub>	Valor	S <sub>yx</sub> B <sub>j</sub>	F'	Prob>F			
01	ln PTA=b <sub>0</sub> +b <sub>1</sub> . ln d	B <sub>0</sub>	-5,296509	0,30195	307,7	0,0001	0,944	0,1686	444,0
		b <sub>1</sub>	2,492308	0,11827	444,0	0,0001			
		B <sub>0</sub>	-5,853512	0,53841	118,2	0,0001			
02	ln PTA=b <sub>0</sub> +b <sub>1</sub> .ln d+b <sub>2</sub> . ln d <sup>2</sup> h	b <sub>1</sub>	1,530291	0,78234	13,4	0,0001	0,950	0,1668	227,4
		B <sub>2</sub>	0,381853	0,30703	4,6	0,0110			

PTA = Produção de tanino por árvore, em quilograma; d = diâmetro a altura do peito, em centímetros; h = altura total, em metros; B<sub>j</sub> = parâmetros das equações; S<sub>yx</sub>B<sub>j</sub> = erro padrão dos parâmetros estimados B<sub>j</sub>; F' = valor de F calculado para teste de hipótese dos parâmetros; Prob > F = probabilidade maior que o valor de F calculado; R<sup>2</sup> = coeficiente de determinação; S<sub>yx</sub> = erro padrão da estimativa, expresso em logaritmo de kg; F = valor de F da equação.

Observa-se neste procedimento, que no passo 1 foi incluída a variável independente logarítmica do diâmetro (d) e, no passo 2 o logaritmo da variável combinada d<sup>2</sup>h. O teste de significância F' para o coeficiente angular b<sub>2</sub>, vinculado à variável combinada d<sup>2</sup>h, foi igual a 4,6, significativo ao nível de 99,9% de probabilidade de confiança.



A inclusão de mais uma variável independente no modelo, não foi possível para um nível de 0,5 % de tolerância. Assim, a equação de regressão para estimar a produção de tanino das árvores também pode ser expressa por:

$$\ln \text{PTA} = - 5,853512 + 1,53029074 \cdot \ln d + 0,38185298 \cdot \ln d^2h$$

Como a equação anterior, que tinha como variável independente o espaço médio entre as árvores esta também foi altamente precisa, pois apresentou um erro padrão da estimativa igual a 0,1668 e um coeficiente de determinação igual a 0,95. A precisão obtida indica que esta, também, pode ser utilizada para estimar a produção de tanino das árvores em quilogramas, com a vantagem de se necessitar somente medir o diâmetro e altura das árvores, portanto, mais prática que o modelo anterior.

Na Tabela 3 são apresentados os resultados estatísticos da modelagem da equação da produção de tanino em quilograma por hectare em função de variáveis dendrométricas expressas pela idade, altura dominante e área basal. Estas variáveis foram utilizadas por representar o desenvolvimento da produção de tanino em quilogramas por hectare no tempo, em função da idade, da qualidade do sítio, em função da altura dominante, e a densidade da população, expressa pela área basal.

TABELA 3: Parâmetros estatísticos obtidos na modelagem da equação de produção de tanino, em quilogramas por hectare.

Passo Nº	Regressões	Parâmetros Estatísticos					R <sup>2</sup>	S <sub>yx</sub>	F
		B <sub>j</sub>	Valor	S <sub>yx</sub> B <sub>j</sub>	F'	Prob>F			
01	ln PT=b <sub>0</sub> +b <sub>1</sub> .ln G	b <sub>0</sub>	3,851644	0,07546	2604,7	0,0001	0,994	0,0291	2203,8
		B <sub>1</sub>	1,228478	0,02616	2203,8	0,0001			
		b <sub>0</sub>	3,522227	0,08120	1881,4	0,0001			
02	lnPT=b <sub>0</sub> +b <sub>1</sub> .ln +b <sub>2</sub> .lnh <sub>0</sub>	B <sub>1</sub>	1,141797	0,02361	2338,3	0,0001	0,998	0,0172	3181,4
		B <sub>2</sub>	0,203183	0,04189	23,5	0,0005			
		b <sub>0</sub>	3,511781	0,07606	2131,2	0,0001			
03	lnPT=b <sub>0</sub> +b <sub>1</sub> .lnG+b <sub>2</sub> .lnh <sub>0</sub> + B <sub>3</sub> .lnd	B <sub>1</sub>	1,111063	0,02907	1460,0	0,0001	0,998	0,0160	2435,2
		B <sub>2</sub>	0,137874	0,05616	6,03	0,0340			
		B <sub>3</sub>	0,103017	0,06357	2,63	0,1362			

PT = Produção de tanino por árvore, em quilograma; d = diâmetro a altura do peito, em centímetros; h<sub>0</sub> = altura dominante de Assmann, em metros; G = área basal, em metros quadrados por hectare; B<sub>j</sub> = parâmetros das equações; S<sub>yx</sub>B<sub>j</sub> = erro padrão dos parâmetros estimados B<sub>j</sub>; F' = valor de F calculado para teste de hipótese dos parâmetros; Prob > F = probabilidade maior que o valor de F calculado; R<sup>2</sup> = coeficiente de determinação; S<sub>yx</sub> = erro padrão da estimativa, expresso em logaritmo de kg; F = valor de F da equação.

No passo 1, a variável selecionada foi a área basal (G) por ter apresentado uma maior correlação simples, igual a 0,99, com a produção de tanino por hectare. O teste F' dos parâmetros da equação foi altamente significativo, sendo que para o coeficiente angular b<sub>1</sub> o F' foi igual a 2203,8, altamente significativo, com probabilidade maior que 0,0001.

No passo 2, foi selecionada a variável independente logaritmo da altura dominante (h<sub>0</sub>) por apresentar maior correlação parcial em relação ao modelo definido no passo anterior. O teste F' dos

parâmetros da equação foi altamente significativo, sendo que para o coeficiente  $b_2$  o valor de  $F'$  foi igual a 23,5, significativo, com probabilidade maior que 0,0005.

No passo 3, foi incluída a variável independente expressa pelo logarítmico do diâmetro médio dominante ( $d$ ). O teste  $F'$  para o coeficiente  $b_3$ , associado a variável logarítmico do diâmetro médio dominante, foi igual a 2,63, não significativo, com probabilidade maior que 0,1362.

Com este procedimento estatístico chegou-se ao modelo definitivo para estimar a produção de tanino em quilograma por hectare (PT) em função das variáveis área basal por hectare ( $G$ ) e da altura dominante em metros ( $h_o$ ), sendo expressa por:

$$\ln PT = 3,5222278 + 1,1417977 \cdot \ln G + 0,2031873 \cdot \ln h_o$$

Esta equação apresentou coeficiente de determinação igual a 0,998, indicando excelente ajuste, e um erro padrão da estimativa igual a 0,0172, expresso em logaritmo de quilogramas por hectare.

## CONCLUSÕES

Os resultados obtidos no presente trabalho permitem concluir que:

a) A produção de tanino por árvore em quilograma (PTA) pode ser estimada em função do diâmetro ( $d$ ) e altura ( $h$ ) ou diâmetro e espaço médio entre as árvores (EM), através de uma das seguintes equações:

$$\ln PTA = - 6,0141145 + 2,43202867 \cdot \ln d + 1,0413106 \cdot \ln EM$$

$$\ln PTA = - 5,853512 + 1,53029074 \cdot \ln d + 0,38185298 \cdot \ln (d^2h);$$

b) A produção de tanino em quilograma por hectare (PT) em função da área basal ( $G$ ) e altura dominante ( $h_o$ ), pode ser estimada pela equação:

$$\ln PT = 3,5222278 + 1,1417977 \cdot \ln G + 0,2031873 \cdot \ln h_o$$

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

FOLIN, O. & CIOCALTEAU, V. On Tyrosine on Tryptophane determinations in proteins. **J. Biol. Chem.**, v.73, n.2, p.627-651. 1927.

MINISTÉRIO DO INTERIOR. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Divisão do Brasil em Microregiões Homogêneas**, Rio de Janeiro, 1986.

---. **IX Recenseamento Geral do Brasil**. Rio de Janeiro, v. 2, t. 3, n. 22, 1ª e 2ª parte. 1980.

MORENO, J. A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Oficinas Gráficas da Secretaria da Agricultura - RS, 1961. 34p.

- OLIVEIRA, H. A. **Acácia-negra e tanino no Rio Grande do Sul**. Canoas: La Salle, 1968. V.2, 121p.
- PEREIRA, J. C. D.; MAETRI, R.; LAVORATI, O. J. **O efeito do anelamento basal na produção de tanino em acácia-negra**. Curitiba: Embrapa-Centro Nacional de Pesquisa de Florestas, 1985. 3p.
- POSENATO, R. E. Ensaio de espaçamento em acácia-negra. **Roessleria**, Porto Alegre, v.1, n.1, p.125-130, 1977.
- SHERRY, S.P. **The Black Wattle (*Acacia mearnsii*)**. Pietermoritzburg: University of Natal Press, 1971. 402p.
- SCHNEIDER, P. R. & SILVA, J.A. Índice de sítio para acácia-negra, *Acacia mearnsii* De Wild. **Brasil Florestal**, Santa Maria, v. 36, p.58-82, 1980.
- SILVA, M.G. & FIZZO, S.M. Determinação de tanino na casca de *Acacia mearnsii* De Wild. em diferentes altura do tronco. Santa Maria, **Ciência e Natura**, n.7, 57-61. 1985.
- SCHOENAU, A. P. G. A site evolution study in Black Wattle (*Acacia mearnsii* De Wild.). **Ann. Univ. von Stellenbosh**, Stellenbosh, v.44, n.2A, p.214, 1969a.
- . Bark sampling at brast heigt to estimate mean tannin and a moisture content in wattle stands. Pietermoritzburg: **Wattle Research Institute Report**, 1969b. p.64-69.