

TRABALHO DE PESQUISA / RESEARCH PAPER

**ESTUDO DAS INTERRELAÇÕES ENTRE MASSA ESPECÍFICA,
RETRATIBILIDADE E UMIDADE DA MADEIRA DO *Pinus caribaea*
var. *hondurensis* AOS 8 ANOS DE IDADE**

Marcos Antonio de Rezende¹
José Roberto Corrêa Saglietti 1
Ivan Amaral Guerrini 1

ABSTRACT - Some physical properties of *Pinus caribaea* var. *hondurensis* wood were studied, showing some relationships among them. Specific gravities employing gamma ray attenuation technique in growing rings analysis. The shrinkage was determinate in function of the moisture content, considering several structural directions of the wood. Relationships between maximum volumetric shrinkage and specific gravities of wood were determined. Emphasis were given to the importance of these parameters on studying wood quality, reinforcing the existent anisotropy in their dimensional variations.

RESUMO - Foram estudadas algumas das propriedades físicas da madeira do *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, aos oito anos de idade, estabelecendo-se interrelações entre elas. Através de análises dos anéis de crescimento pela técnica de radiação gama do Amerício 241 foram obtidas as variações da massa específica a 0% e densidade básica no sentido radial. A retratibilidade, nas diversas direções estruturais da madeira, foi determinada em função da umidade, estabelecendo-se correlações entre a retratibilidade total e a massa específica da madeira. Procurou-se enfatizar ainda a importância desses parâmetros no estudo da qualidade da madeira, destacando a anisotropia existente nas suas variações dimensionais.

INTRODUÇÃO

O estudo do comportamento das variações dimensionais da madeira é essencial para sua utilização industrial, tanto na construção civil como na confecção de móveis. As relações existentes entre massa específica, umidade, retratibilidade e expansão da madeira, são de fundamental importância para sua correta utilização.

Constatou-se na literatura, uma escassez de trabalhos nesta área, principalmente com relação ao conhecimento das interações das propriedades físicas das madeiras mais utilizadas no Brasil.

Muito embora a umidade não seja uma característica intrínseca da madeira, seu estudo é indispensável por se tratar de um parâmetro que afeta o comportamento do material durante as fases de processamento, secagem e preservação.

Além de ser diferente entre as espécies, o teor de umidade varia significativamente dentro de uma mesma árvore. Este fato pode ser comprovado durante a secagem, onde para

¹ Professores do Departamento de Física e Biofísica / IB / UNESP / Campus de Botucatu, Caixa Postal 510 - 18618-000 - Botucatu, SP.

uma mesma tora de madeira, são verificadas velocidades diferentes na secagem das diversas posições, o que mostra a existência de gradientes de umidades.

Assim como o teor de umidade, as alterações dimensionais na madeira não são isotrópicas (GALVÃO; JANKOVSKY, 1985; PARAYNO, 1984), comportando-se diferentemente nas direções radial, longitudinal e tangencial. Essas alterações são responsáveis pelos principais defeitos de secagem como empenamentos, rachaduras etc. As variações dimensionais, aliadas às características anisotrópicas, são indesejáveis do ponto de vista prático, e vários pesquisadores têm tentado minimizá-las através de tratamentos químicos ou físicos.

A massa específica da madeira está intimamente ligada ao seu teor de umidade por consequência das variações de massa e de volume. Portanto, para determinação dessa propriedade física, é necessário também o conhecimento da retração e expansão volumétrica da madeira. Sabe-se também, que a retratibilidade total da madeira aumenta com sua massa específica (KOLLMAN; CÔTÉ, 1968), sendo importante relacionar essas duas propriedades. A massa específica por sua vez, é uma das propriedades da madeira que, quando analisada em função da espécie, variedade, povoamento, idade, árvore, e até mesmo dentro de uma amostra ou disco, apresenta diferentes valores.

Isto enfatiza o grau de complexibilidade e a gama de informações diferenciadas que se pode extrair desta linha de pesquisa para diferentes povoamentos florestais.

Tendo-se em vista estas observações, procurou-se desenvolver a pesquisa, que envolve dados teóricos e experimentais, estabelecendo correlações entre as principais propriedades físicas para a madeira do **Pinus caribaea** var. **hondurensis**, proveniente de árvores com 8 anos de idade.

MATERIAL E MÉTODOS

Determinação da retratibilidade da madeira

Para determinação da retratibilidade utilizaram-se amostras de 15 árvores de **Pinus caribaea** var. **hondurensis** com 8 anos de idade. Para cada disco coletado na região do DAP preparou-se uma amostra com dimensões de 2 x 2 x 3 cm, em forma de paralelepípedo com a aresta lateral maior na direção longitudinal. Essas amostras foram colocadas submersas em água, para saturação, por um período de 30 dias. Logo após, as amostras foram submetidas a um processo de secagem natural até atingir a umidade de equilíbrio com o ambiente do laboratório, em torno de 13% (base seca). A partir desta umidade, a secagem passou a ser artificial; as amostras foram colocadas em estufa, com temperatura inicial de 50°C aumentada gradativamente, até uma temperatura final de 105°C, para a sua completa secagem, quando o teor de umidade atinge 0%.

Durante todo o período de secagem foram realizadas sucessivas medições com paquímetro de precisão nas três direções estruturais da madeira. Para cada medição efetuada com o paquímetro, foi também determinada a massa da amostra, com o objetivo de calcular sua umidade.

Determinação da massa específica a 0% e densidade básica

Considerou-se aqui importante destacar duas maneiras de se expressar as relações entre massa e volume:

1. Massa Específica a 0% - simbolizada como ρ_0 e definida como a relação entre a massa seca e volume seco; e

2. Densidade (Massa Específica) Básica - simbolizada por ρ_b e definida como a relação entre massa seca e volume verde ou volume saturado.

Além disso considerou-se importante distinguir duas maneiras de se estudar as variações de massa específica a 0%.

1. Massa específica corrente anual a 0% definida como a massa específica a 0% para cada anel anual; e

2. Massa específica média anual a 0%, definida como as médias ponderadas dos valores obtidos para a massa específica corrente anual em todos os anéis existentes até a idade considerada, sendo esta determinada a partir das equações 1, 2, 3, ...8.

$$\rho_{M1} = \frac{m_1}{V_1} \quad (1)$$

$$\rho_{M2} = \frac{m_1 + m_2}{V_1 + V_2} \quad (2)$$

$$\rho_{M3} = \frac{m_1 + m_2 + m_3}{V_1 + V_2 + V_3} \quad (3)$$

$$\vdots$$

$$\rho_{m8} = \frac{m_1 + m_2 + \dots + m_8}{V_1 + V_2 + \dots + V_8} \quad (8)$$

onde: M_1, M_2, \dots, M_8 e V_1, V_2, \dots, V_8 são os incrementos de massa e de volume nos respectivos anéis, para as idades 1, 2, 3, ... e 8 anos.

Dessa forma pode-se observar que a massa específica corrente anual a 0% considera os valores encontrados somente naquele anel anual, não levando em conta os resultados obtidos nos anéis anteriores.

A massa específica média anual a 0% leva em conta os anéis anteriores existentes, considerando-se uma média ponderada desses anéis. Por exemplo, na idade de 3 anos efetuou-se uma média ponderada da massa específica a 0% para os anéis 1, 2 e 3, que pode ser diretamente calculada através da equação 3.

É importante ressaltar que para as amostras contendo 8 anéis PM8 representa a massa específica média de todo o disco.

Todos os valores obtidos para a massa específica a 0% foram transformados em densidade básica através da equação 9, obtida experimentalmente através da FIGURA 8.

$$\rho_b = 0,029 + 0,829 \rho_0 \quad (9)$$

Para o estudo das variações da massa específica a 0% (ρ_0), de milímetro em milímetro, utilizaram-se discos de madeira de 45 árvores, coletadas no DAP. Os discos foram preparados em espessuras de 2,0 cm aproximadamente, e as variações anuais da massa específica foram obtidas pela técnica de atenuação da radiação gama de 241 Am, conforme relatado por REZENDE, 1987.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na FIGURA 1 nota-se uma massa específica crescente no sentido medula - casca, com valores mínimos de $0,3 \text{ g/cm}^3$ e máximos de $0,7 \text{ g/cm}^3$. Esta característica é bastante comum para o gênero **Pinus**.

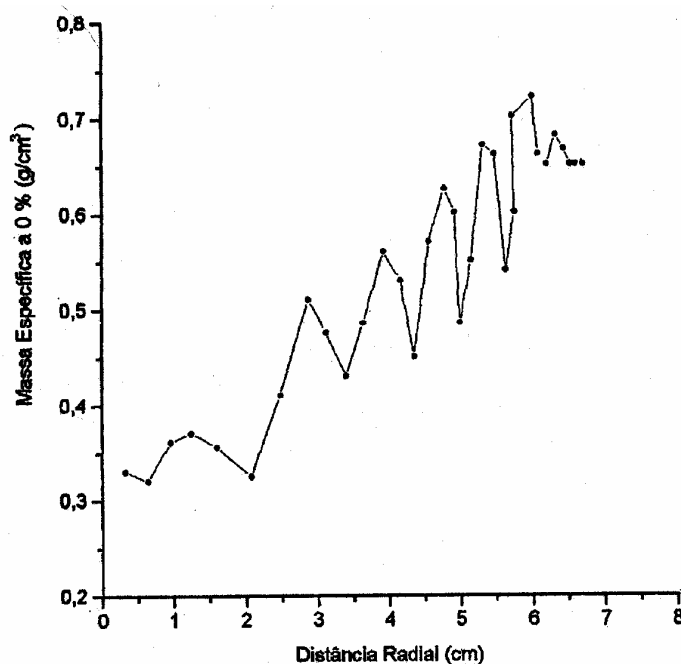


FIGURA 1. Variação radial da massa específica a 0%, no sentido medula-casca para o *Pinus caribaea* var. *hondurensis* (Média de 45 árvores) .

Na FIGURA 2 tem-se a variação corrente anual da massa específica a 0% e densidade básica. Chama-se a atenção ao não paralelismo entre as duas retas obtidas. Este fato é perfeitamente normal, visto que a retratibilidade e expansão volumétrica da madeira aumentam com a própria massa específica, conforme mostradas na FIGURA 4 e 5. Este

aspecto foi também ressaltado por KOLLMAN; COTE 1968.

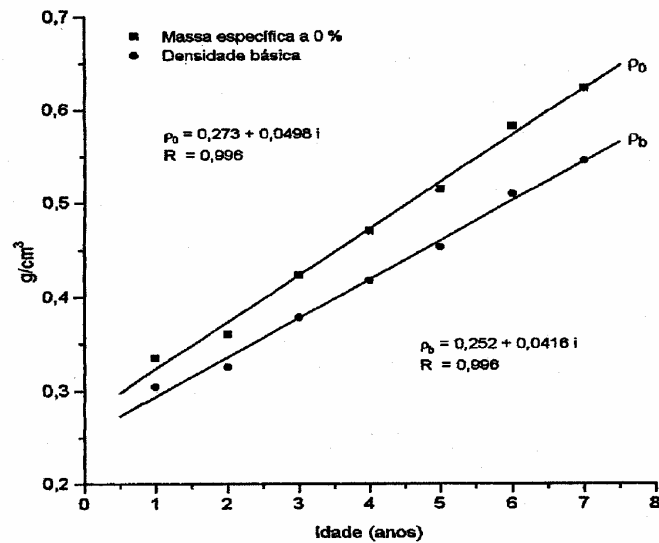


FIGURA 2. Variação corrente anual da massa específica a 0% e densidade básica para o *Pinus caribaea* var. *hondurensis* (Média 45 árvores).

Na FIGURA 3 pode-se verificar a variação média anual da massa específica a 0% e densidade básica. A massa específica a 0% cresce numa razão anual de 4,1% sendo esta diferença no oitavo ano de 32,8%. Isto significa que a árvore de **Pinus** com idade de 8 anos tem uma massa específica a 0% de 32,8% maior que a mesma no seu primeiro ano de idade. Isto evidencia o fato de que as maiores variações da massa específica para uma mesma variedade de **Pinus** ocorrem em função da idade.

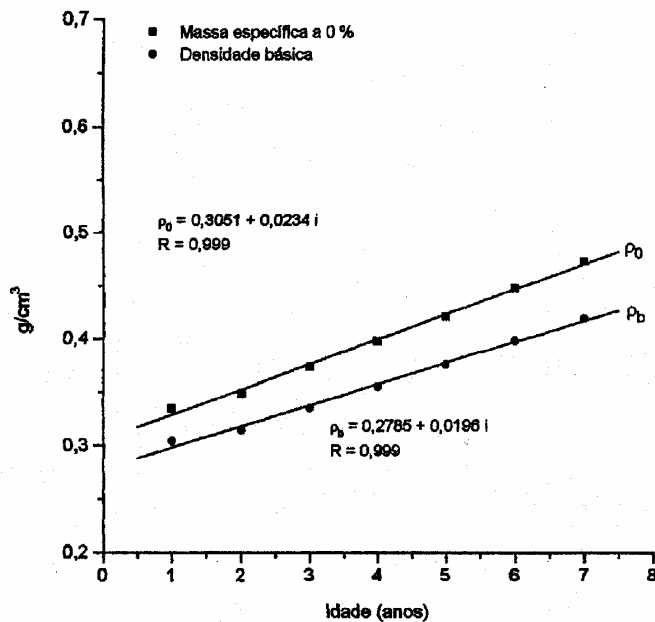


FIGURA 3. Variação média anual da massa específica a 0% e densidade básica para o *Pinus caribaea* var. *hondurensis* (Média 45 árvores).

É importante salientar que esses resultados são limitados para idades inferiores a 8 anos, sugerindo dessa forma estudos para árvores com idades superiores. Alguns estudos têm sido realizados com madeira de **Pinus** no Departamento de Física e Biofísica da UNESP de Botucatu e os resultados mostram uma tendência de crescimento da massa específica do **Pinus** com a idade até os 24 anos.

Diferentemente para o **Eucalyptus**, a massa específica cresce até uma determinada idade próxima aos 15 anos e decresce para idades superiores (REZENDE, 1993). Entretanto é importante ressaltar que existem casos em que a massa específica do **Eucalyptus** se mantém constante com a idade. Estas alterações resultam de uma dependência clara desta com fatores climáticos anuais como precipitação e temperatura.

Verifica-se pelas FIGURAS 4 e 5 que a retratibilidade da madeira cresce com a sua massa específica, e como a retratibilidade é uma característica indesejável do ponto de vista de qualidade, estas propriedades físicas são contraditórias, visto que a massa específica é considerada como fator de qualidade. (GARCIA, 1990).

Portanto, a determinação da massa específica pode não ser suficiente para indicar com segurança uma correta utilização para a madeira, sendo importante também o estudo das suas variações dimensionais. Este aspecto foi também mencionado por OLIVEIRA et al., 1990.

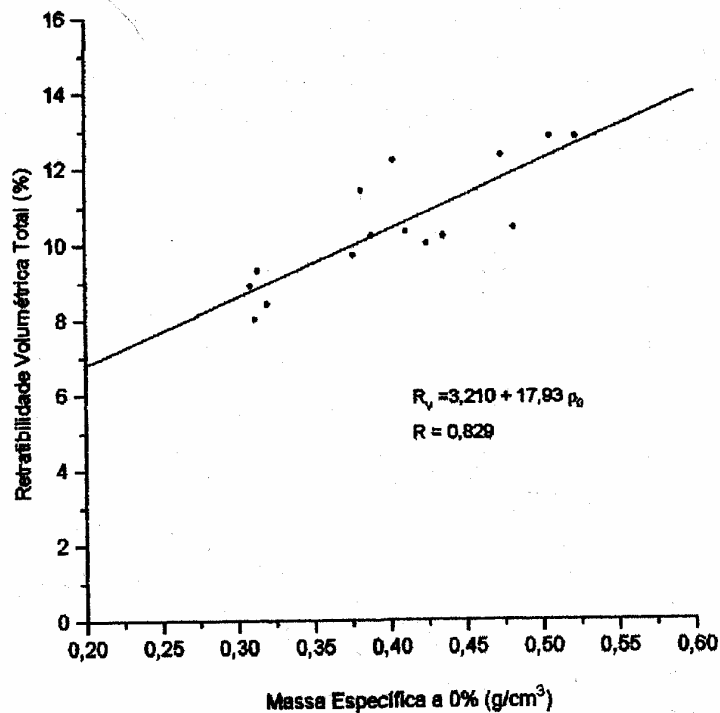


FIGURA 4. Retratibilidade Volumétrica Total da madeira de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* em função de sua massa específica a 0% (Média de 15 amostras)

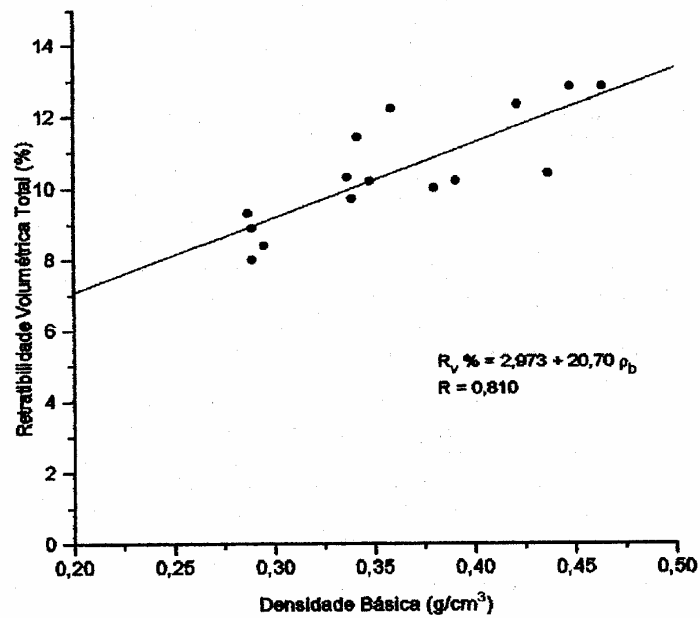


FIGURA 5. Retrabilidade Volumétrica Total da madeira de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* em função de sua densidade básica (Média de 15 amostras)

Na FIGURA 6 estão as curvas de retrabilidade da madeira para as três direções estruturais, incluindo a retrabilidade volumétrica. Para umidades acima de 28%, a madeira atinge total estabilidade e isto pode ser visto nesta Figura. Entretanto, devem-se ressaltar, que para confecção dos gráficos, tomaram-se valores médios para umidade da peça de madeira com dimensões 2 x 2 x 3 cm.

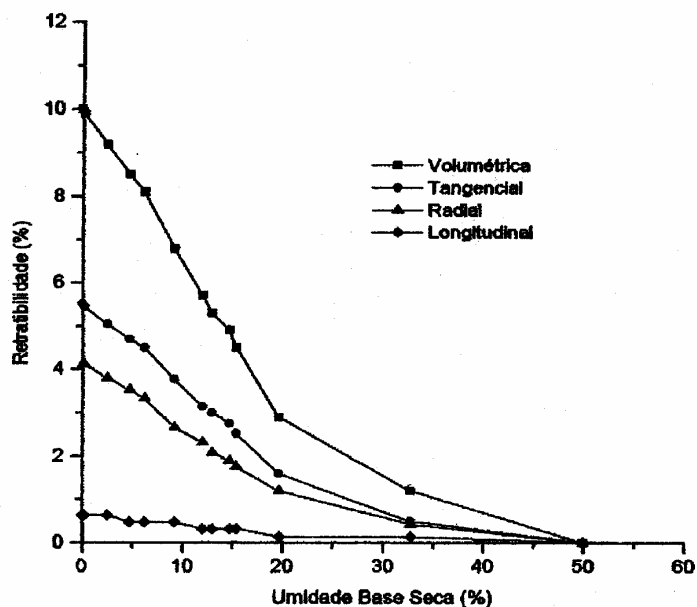


FIGURA 6. Curvas de retrabilidade da madeira do *Pinus caribaea* var. *hondurensis* para as diferentes direções estruturais em função da umidade base seca.

Sabe-se que devido aos gradientes de umidade da madeira durante a secagem, a variação da retratibilidade não é perfeitamente linear, portanto, não intercepta o eixo das abscissas exatamente no ponto 28%. Isto só ocorreria se as dimensões das peças fossem suficientemente pequenas a fim de garantir uma umidade uniforme durante todo o período de secagem. O que acontece numa peça de madeira durante a secagem, é que embora alguns pontos já estejam no limite de estabilidade, outros localizados no interior da peça ainda não atingiram este limite e não iniciaram ainda a retração. Isto mostra que a retratibilidade para pontos distintos na madeira é muitas vezes processada em tempos diferentes. Este aspecto será tanto mais evidente quanto maiores forem os gradientes de umidade durante a secagem, sendo estes, diretamente proporcionais à massa específica e dimensões das peças.

Na FIGURA 7 podem ser vistos os valores totais da retratibilidade nas diversas direções na madeira. Nela verifica-se que, a retratibilidade tangencial é maior que a radial. Este resultado está de acordo com a literatura, mas deve-se ressaltar que essa diferença pode sofrer variações, dependendo da posição e retirada da amostra no disco. Quanto mais próximo ao centro do disco for colhida a amostra, menor será esta diferença. Outros fatores que podem influenciar nesta relação, são: o diâmetro do disco, idade da árvore, espécie, variedade etc. Sugere-se portanto, um estudo mais detalhado neste sentido.

A retratibilidade máxima ou total, na direção longitudinal foi aproximadamente nove vezes menor que na direção tangencial e sete vezes menor que na direção radial, conforme a FIGURA 7. Pelos dados encontrados na literatura esta parece ser uma característica geral, e inclui todas as espécies de madeira. Entretanto, deve-se ressaltar que estas relações são numericamente dependentes da espécie, idade e mais apropriadamente da sua massa específica.

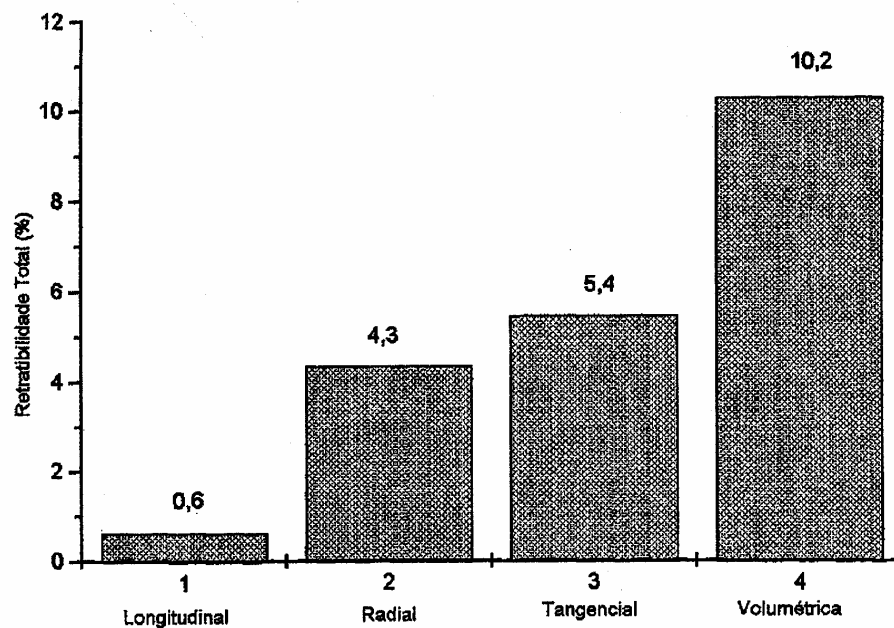


FIGURA 7. Características anisotrópicas para retratibilidade total da madeira *Pinus caribaea* var. *hondurensis*.

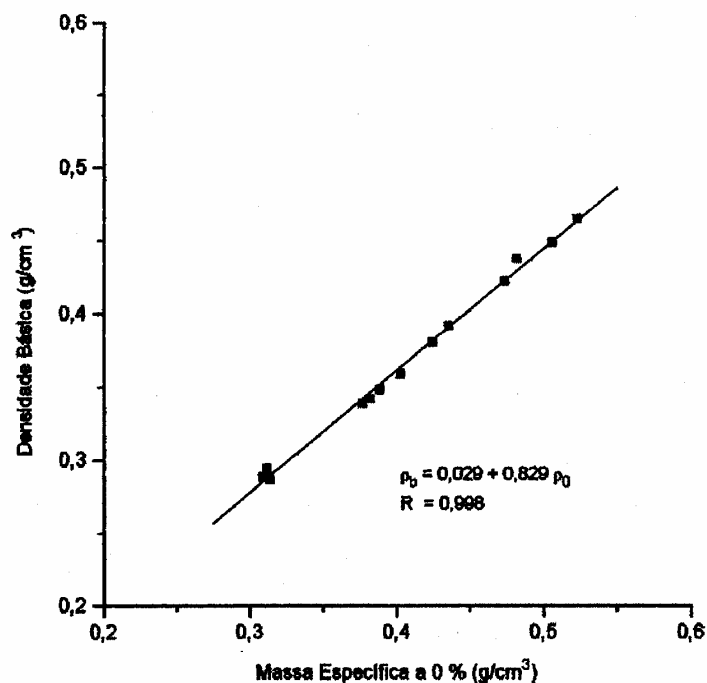


FIGURA 8. Relação entre a massa específica a 0% e a densidade básica, incluindo a equação de transformação para o *Pinus caribaea* var. *hondurensis*.

CONCLUSÕES

A massa específica a 0% do **Pinus caribaea** var. **hondurensis** aumentou consideravelmente com a idade da árvore. O crescimento anual foi de 4,1% mostrando que a árvore no seu oitavo anote uma massa específica de 32,8% superior à observada no seu primeiro ano de vida.

A retratibilidade volumétrica máxima foi de 10,2%, sendo que, no sentido longitudinal, esta foi aproximadamente nove vezes menor que no sentido tangencial e sete vezes menor do que no sentido radial. Estas relações mostram-se dependentes da massa específica da madeira, e portanto, dependentes da idade da árvore e principalmente da posição radial da qual foi extraída a amostra.

AGRADECIMENTOS

Aos funcionários João Pimentel de Andrade e João Carlos Omodei do Departamento de Física e Biofísica do Instituto de Biociências - UNESP Campus de Botucatu, pelo auxílio prestado no desenvolvimento da pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- GALVÃO, A.P.M.; JANKOVSKY, I. **Secagem racional da madeira**. São Paulo, Nobel, 1985. 112p.
- GARCIA, J.N. Tecnologia de produtos florestais. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 6, Campos de Jordão 1990. **Anais**. São Paulo, SBS, 1990. p.685-9.

KOLLMAN, F.F.P., CÔTÉ, W.A. **Principles of wood sciences and technology**. Berlin, SpringerVerlag, 1968.v.1.

OLIVEIRA, J.T.S., LUCIA, R.M.D., VITAL, B.R. Estudos das propriedades físicas e tecnológicas da madeira da pindaíba (**Xylopia lericea** - It. Hill): densidade, umidade e secagem da madeira. **Revista árvore**, 14: 139-54, 1990.

PARAYNO, J.A. Shrinkage of some Philippine woods. **FPRDI**, Laguna, 13: 8-14, 1984.

REZENDE, M.A. **Estudo dos anéis de crescimento de duas variedades de *Pinus caribaea* cultivadas na Bahia para avaliação de produtividade, massa específica e nutrição mineral**. Piracicaba, 1987. 144p. (Tese -Doutorado -USP).

REZENDE, M.A.; SAGLIETTI, J.R.C.; MARTINEZ, J.C. Estudo das variações da Massa Específica e Retratibilidade da Madeira do **Eucalyptus grandis**. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO E, 7, Curitiba, 1993. **Anais**. Curitiba, Sociedade Brasileira de Silvicultura, 1993. p.629-35.

Trabalho recebido = 02/03/1993

Trabalho aceito = 16/03/1995