

Estevão M. de Paula (*)

Jadir de Souza Rocha (*)

Claudete Catanhede do Nascimento (*)

RESUMO

Vinte espécies de madeiras, originárias do município de Presidente Figueiredo - AM - UHE de Balbina, foram submetidas a ensaio de extração de pregos. Os resultados permitem avaliar a influência da densidade na resistência de arrancamento do prego e a relação da resistência entre as faces pregadas. Não se conseguindo cravar pregos em algumas das espécies ensaiadas, procurou-se determinar os fatores inerentes a madeira que dificultam a aceitação ou não do prego, como também, o diâmetro do pré-furo necessário para introdução do prego em uma amostra, tal que, a resistência à extração fosse semelhante àquela das madeiras em que foram cravados pregos sem auxílio de pré-furo.

INTRODUÇÃO

O conhecimento das características físicas e mecânicas da madeira é fundamental para sua utilização como elemento estrutural. No entanto, uma estrutura de madeira, não é constituída somente de madeira, mas também de elementos de ligações. São estes elementos, que garantem a estabilidade da estrutura.

Um dos métodos mais antigos de unir duas ou mais peças de madeiras é através de pregos. Para utilização correta deste tipo de ligação é necessário adotar um método de cálculo teórico próprio às características físicas e mecânicas da madeira, como também, conhecer os fatores que influenciam na capacidade de penetração do prego.

Nos estudos das madeiras originárias da área a ser alagada, na hidrelétrica de Balbina, fizeram-se inúmeros ensaios de extração de pregos, cujos resultados devem ser divulgados para servir de respaldo técnico aos pesquisadores e engenheiros, que estudam ligações pregadas com madeiras do Amazonas.

(*) Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA, Manaus - AM.

MATERIAL E MÉTODO

Número e dimensão do corpo de prova

Vinte espécies de madeira (Tabelas I e II), originárias do município de Presidente Figueiredo-UHE de Balbina, foram submetidas a ensaios de extração de prego. De cada espécie retiraram-se 3 árvores, e de cada árvore, quatro amostras (duas para ensaios na condição de verde e duas na condição de 12% de umidade, retiradas do cerne e do alburno).

Em cada corpo de prova, de dimensões (5 x 5 x 15 cm), foram cravados 6 pregos. Dois nas faces radiais, dois nas faces tangenciais e dois nas extremidades.

Execução dos ensaios

Os ensaios obedeceram à recomendação da American Society for Testing and Material/ASTM. A carga é aplicada no sentido de extração do prego com a velocidade de 2 mm/min, através do equipamento INSTRON, que tem acoplado um sistema x-y (Fig. 1). Para cada amostra ensaiada obteve-se dois gráficos de carga-deformação correspondente as faces radial, dois da face tangencial e um de cada extremidade.

A capacidade da amostra de resistir a extração do prego, nas faces e extremidades foi considerada como a média das cargas máximas correspondentes às faces e extremidades respectivamente.

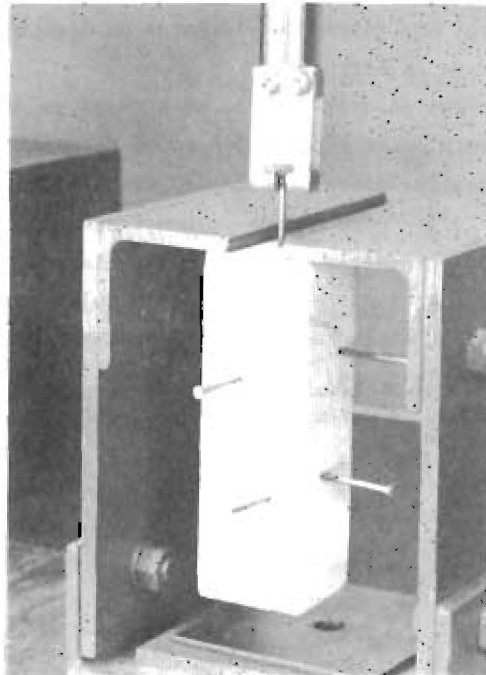


Fig. 1. Ensaio de extração de prego na extremidade da amostra.

ANALISE DOS RESULTADOS

Para cada espécie obteve-se a resistência a extração do prego, nas faces e extremidades, como resultado médio das médias obtidas para as amostras ensaiadas, incluindo, portanto, para a face, um número máximo de 24 dados experimentais e, para a extremidade, de 12 dados por espécie.

A Tabela I, apresenta a resistência média a extração de prego, de 11 espécies de madeiras (ensaiada na condição verde) e, na Tabela II, de 10 espécies de madeiras na condição seca (12% de teor de umidade).

Das 20 espécies ensaiadas, 9 (nove) não aceitaram prego na condição verde e 10 na condição seca. Algumas espécies apresentaram fendas, principalmente nas faces, e outras não permitiram a penetração do prego, a partir de um certo limite (Fig. 2).

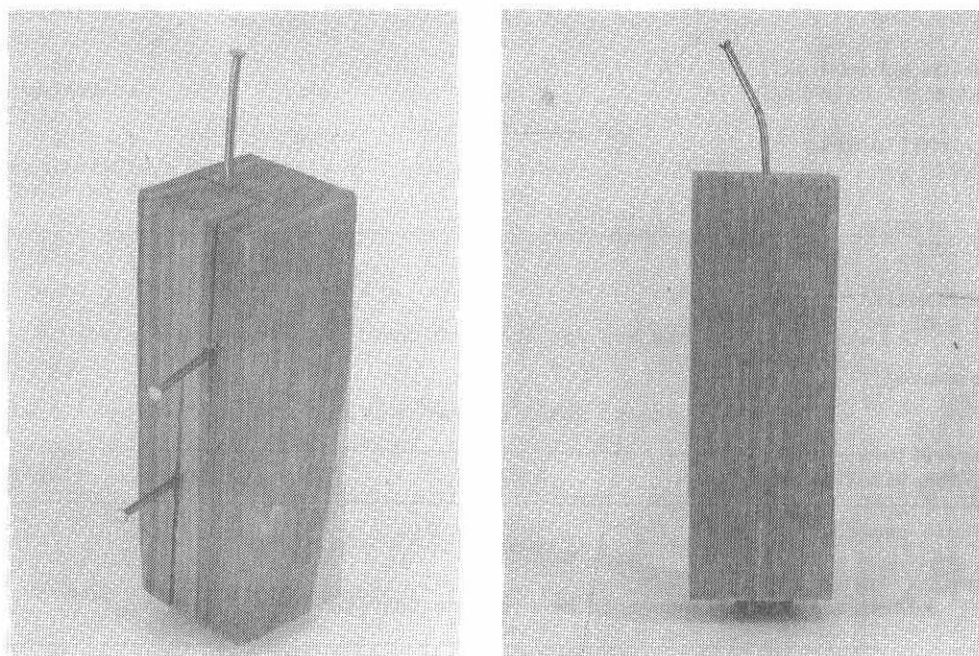


Fig. 2. Exemplo de amostras que não aceitam pregos.

Tabela 1. Resistência ao arrancamento de prego na condição verde.

Espécies	Densidade Básica (g/cm ³)	Carga Máxima (kg)	
		EXTREMOS	FACES
<i>Vataireopsis</i> sp. ANGELIM	0,70	128 (15)	190 (11)
<i>Scleronema micranthum</i> CARDEIRO	0,59	74 (25)	100 (27)
<i>Cedrelinga catenaeformis</i> CEDRORANA	0,46	63 (17)	98 (9)
<i>Goupia glabra</i> CUPIÚBA	0,69	127 (16)	165 (11)
<i>Alexa grandiflora</i> FAVA BOLACHA	0,53	79 (15)	120 (17)
<i>Enterolobium schomburgkii</i> FAVA ORELHA DE MACACO	0,68	142 (16)	194 (8)
<i>Guarea trichilioides</i> GITÓ	0,66	145 (19)	196 (31)
<i>Clarisia racemosa</i> GUARIÚBA	0,59	120 (41)	168 (42)
<i>Qualea paraensis</i> MANDIOQUEIRA	0,66	135 (37)	199 (39)
<i>Simaruba amara</i> MARUPA	0,35	44 (3)	68 (10)
<i>Andira parviflora</i> SUCUPIRA VERMELHA	0,67	107 (8)	169 (16)

() - Desvio padrão.

Tabela 2. Resistência ao arrancamento de prego na condição seca.

Espécies	Densidade Básica (g/cm ³)	Carga Máxima (kg)	
		EXTREMOS	FACES
<i>Vataireopsis</i> sp. ANGELIM	0,70	95 (9)	155 (21)
<i>Scleronema micranthum</i> CARDEIRO	0,59	47 (4)	59 (6)
<i>Cedrelinga catenaeformis</i> CEDRORANA	0,46	64 (13)	98 (11)
<i>Goupia glabra</i> CUPIÚBA	0,69		

continuação Tabela 2.

Espécies	Densidade Básica (g/cm ³)	Carga Máxima (kg)	
		EXTREMOS	FACES
Alexa grandiflora FAVA BOLACHA	0,53	95 (13)	127 (22)
Enterolobium schomburgkii FAVA ORELHA DE MACACO	0,68	89 (28)	111 (36)
Guarea trichilioides GITÓ	0,66	173 (25)	179 (24)
Clarisia racemosa GUARIÛBA	0,59	139 (24)	142 (27)
Qualea paraensis MANDIOQUEIRA	0,66	134 (30)	185 (17)
Simaruba amara MARUPA	0,35	47 (13)	49 (14)
Andira parviflora SUCUPIRA VERMELHA	0,67	145 (32)	209 (17)

() = Desvio padrão.

A Tabela 3 apresenta a relação das espécies que não aceitaram pregos.

Tabela 3. Relação das espécies que não aceitaram pregos.

Espécies	Densidade Básica (g/cm ³)
Cumarú - <i>Dipteryx odorata</i>	0,97
Maçaramduba - <i>Manilkara huberi</i>	0,92
Pau d'arco - <i>Tabebuia serratifolia</i>	0,87
Pau rainha - <i>Brosimum rubescens</i>	0,91
Ripeiro vermelho - <i>Eschweilera odora</i>	0,86
Taninbuca - <i>Buchenavia oxycarpa</i>	0,72
Ucuuba punã - <i>Iryanthera tricornis</i>	0,69
Cumarurana - <i>Dipteryx polyphylla</i>	0,83
Louro chumbo - <i>Licaria canela</i>	1,04

Considerando a dificuldade de se introduzir pregos nas espécies citadas, na Tabela 3, é que algumas publicações recomendam fazer um furo prévio nas madeiras que não aceitam pregos, decidiu-se, como avaliação preliminar, determinar o diâmetro deste furo, em três das novas espécies para que a resistência permanecesse similar à das espécies ensaiadas sem adoção do método de furação prévia.

A Tabela 4 apresenta a média dos resultados experimentais obtidos nos ensaios de extração de pregos com furos prévios.

Tabela 4. Resistência ao arrancamento de prego.

Espécies	88% ϕ do prego		96% ϕ do prego	
	EXT kg	FACE kg	EXT kg	FACE kg
Maçaranduba	191	253	123	192
Pau rainha	124	266	102	168
Cumarurana	194	193	20	33

ϕ = diâmetro.

Através da análise de regressão, procurou-se relacionar a resistência à extração do prego com a densidade, obtendo-se as equações apresentadas na Tabela 5.

Tabela 5.

Y	X	Equação	R	Fíg.
Face verde	Densidade	$Y = 310,3 \times X^{1,484}$	0,664	3
Face seca	Densidade	$Y = 236,4 \times X^{1,406}$	0,319	4
Ext. seca	Densidade	$Y = 157,8 \times X^{1,08}$	0,204	5
Ext. verde	Densidade	$Y = 241,56 \times X^{1,07}$	0,623	6
Ext. verde	Face seca	$Y = 1,47 \times X^{0,870}$	0,810	7
Ext. verde	Face verde	$Y = 0,507 \times X^{1,06}$	0,907	8

CONCLUSÃO

Nas madeiras que aceitaram pregos, a menor resistência à extração se verificou sempre na extremidade das anostas. Isto se justifica, pelo fato do prego estar direcionado paralelamente as fibras, ou seja, no sentido das fibras, contribuindo para que tanto a penetração quanto a extração ocorram com mais facilidade do que nas faces.

Das madeiras que possuem densidade básica acima de 0,65, poucas aceitaram pregos,

como é o caso do Angelim (*Vataireopsis* sp.) e da Sucupira vermelha (*Andira parviflora*). Desta forma, a densidade deixa de ser um parâmetro decisivo para a aceitação do prego, passando então a se considerar outros fatores. As duas espécies citadas possuem poros grandes e apresentam também grande quantidade de parênquimas e, provavelmente este tipo de estrutura contribua para que a madeira aceite prego. Por outro lado, deve-se destacar que todas as espécies de madeira, de baixa densidade, aceitaram prego. Não obstante, nas análises de regressão realizadas, os coeficientes de correlação entre a resistência a extração e a densidade são baixos (Figs. 3, 4, 5 e 6).

As madeiras mais úmidas aceitam prego com mais facilidade do que as secas, e, algumas espécies só aceitam quando estão saturadas, como é o caso da Cupiúba (*Goupia glabra*). Aparentemente, na condição verde, o prego ao ser introduzido provoca o afastamento das fibras, enquanto que, na condição seca, a ruptura das fibras. Percebe-se claramente, nos gráficos, que as dispersões dos pontos são maiores, na condição seca, e na área onde as madeiras são mais densas.

Da análise estatística pode-se perceber que existe uma correlação entre a resistência a extração do prego da extremidade e da face, tanto na condição verde como na seca.

Deve-se destacar, no entanto, que este resultado e estas condições não podem ser generalizadas para todos os tipos de prego, visto que, existem, hoje em dia, pregos de diversas ligas metálicas que, certamente, podem ser introduzidos nas madeiras com mais facilidade (Figs. 7 e 8).

Mesmo que de uma forma preliminar, constatou-se (Tabela 4) que o furo prévio mais adequado, deve ser de 88% do diâmetro do prego a ser usado, o que está compatível com a literatura internacional, que aconselha utilizar um furo de 80% do diâmetro do prego.

Nos inúmeros ensaios realizados, verificaram-se dificuldades em controlar as diversas variáveis que podem alterar os resultados experimentais, dentre as quais, a forma de se introduzir o prego por marteladas. A potência dos golpes de martelo e a direção do prego, em relação à madeira, foram inconstantes e, em consequência, algumas espécies aceitaram pregos em uma das faces e, em outras, entortavam ou até mesmo não aceitavam. Será preciso reavaliar a metodologia utilizada, nos ensaios de extração de pregos.

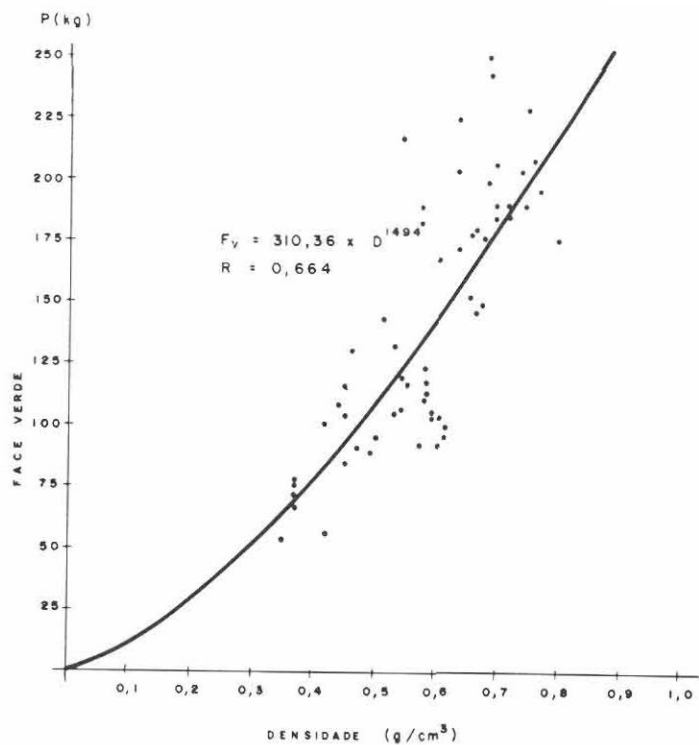


Fig. 3. Curva que relaciona a resistência à extração de pregos nas faces das amostras na condição verde com densidade básica.

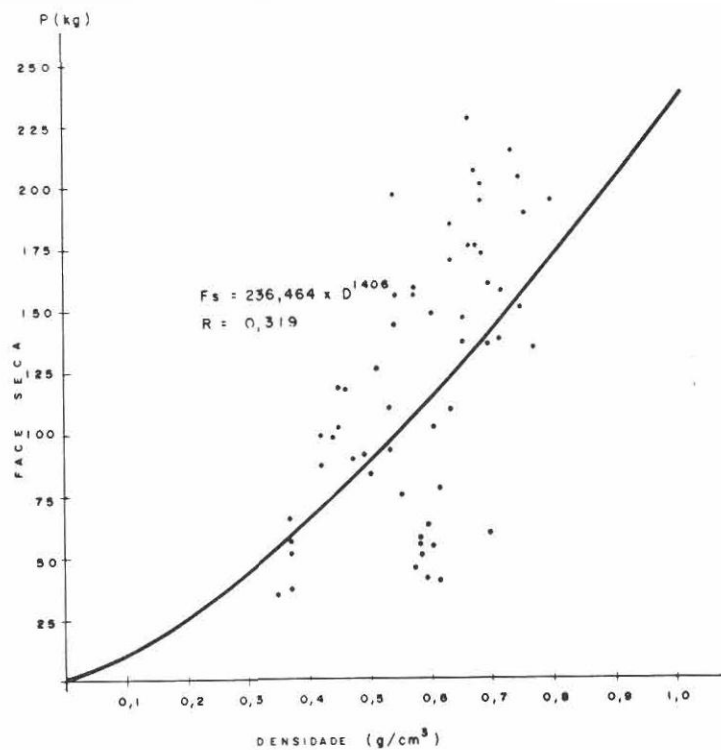


Fig. 4. Curva que relaciona à extração de pregos nas faces das amostras na condição seca com densidade básica..

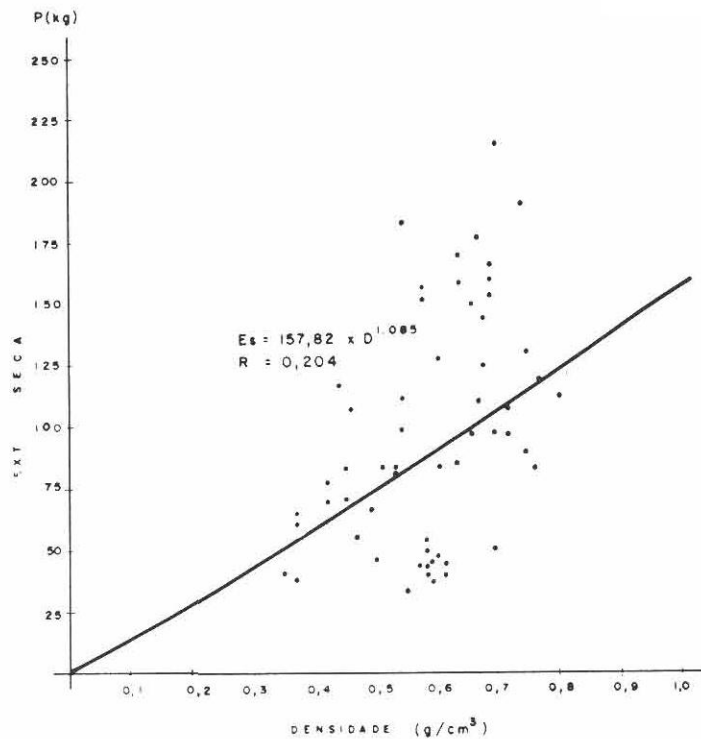


Fig. 5. Curva que relaciona a resistência à extração de pregos nas extremidades das amostras na condição seca com densidade básica.

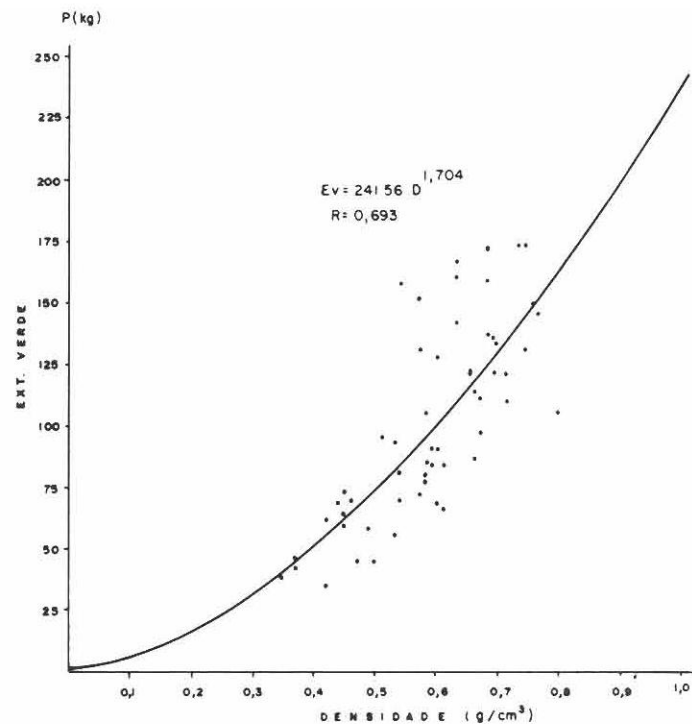


Fig. 6. Curva que relaciona a resistência à extração de pregos nas extremidades das amostras na condição verde com densidade básica.

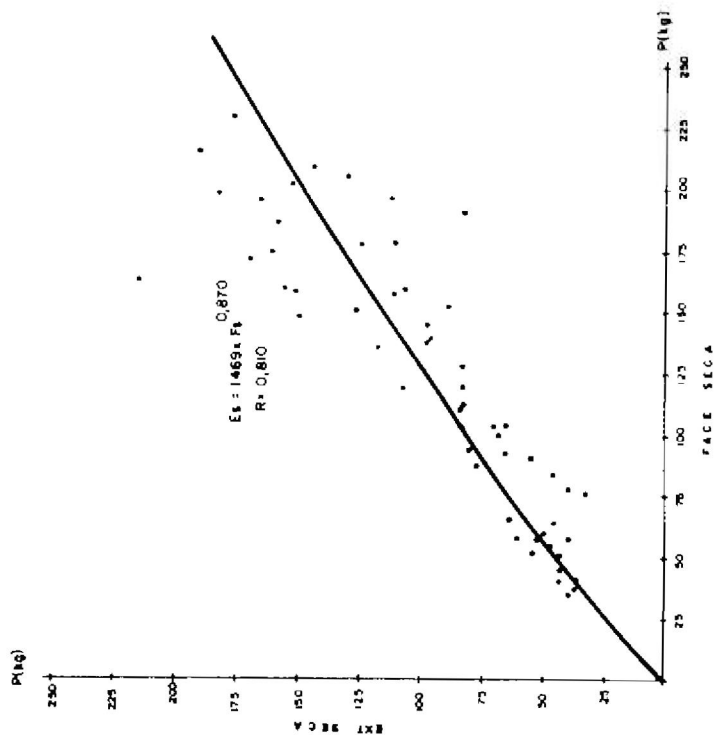


Fig. 7. Curva que relaciona a resistência à extração de pregos nas extremidades, com as faces das amostras na condição seca.

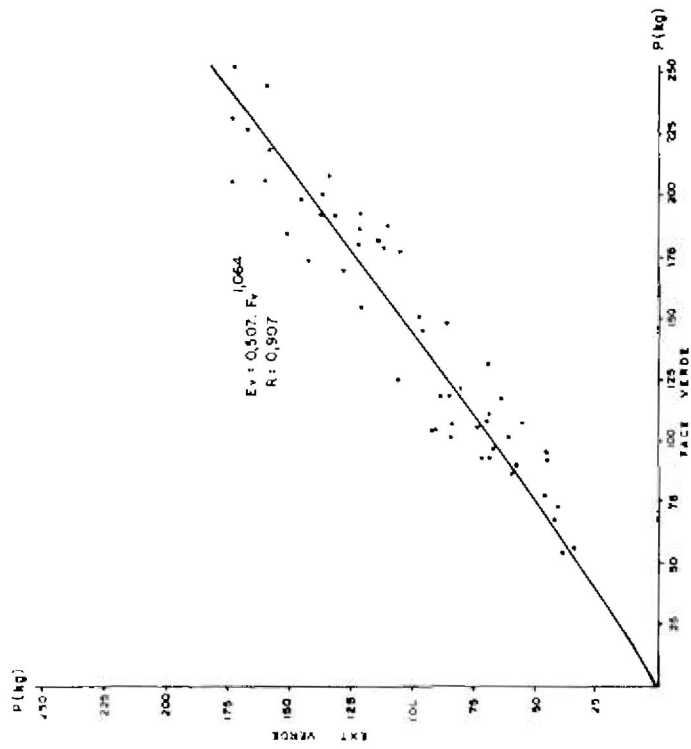


Fig. 8. Curva que relaciona a resistência à extração de pregos nas extremidades, com as faces das amostras na condição verde.

SUMMARY

Twenty wood species, originally from the Presidente Figueiredo county - Amazon State - Balbina Hydroelectric power station, were submitted to nail extraction testes. From these tests it was possible to evaluate the influence of density upon the resistance to nail extraction and the relationship of the resistance between two nailed faces of wood.

It was not possible to introduce nails into some of the tested species. Therefore, studies were carried out to determine the factors which influence the facility with which nails can be hammered into the wood of these species, as well as the diameter of the drilled hole necessary for the introduction of the nail in the sample, in order to give the same resistance to nail extraction as in those ones which have not been drilled.

Referências bibliográficas

- American Institute of timber Construction - 1974. **Timber Construction Manual**. Englewood, Colorado, John Wiley. p. 5-71.
- Annual Book of ASTM Atandards - 1981. Part 22. Wood, Adhesives, philadelphia. p. 72.
- Forbes, R. D. - 1955. **Forestry Handbook**. New York, Ronald Press Company. p.5. 14.34 - 14.60.
- Gurfinkel, G. - 1973. **Wood Engineering**. New Orleans, Southern Forest Products Association. p. 172-173.
- Hellmeister, J. C. - 1977. **Estruturas de Madeiras; Notas de Aulas**. São Carlos, Escola de Engenharia. São Paulo.
- Mateus, T. J. E. - 1962. Bases para o Dimensionamento de Estruturas de Madeiras. Lisboa, laboratório Nacional de Engenharia Civil. **Memória**, 179:168-170.
- Pfeil, W. - 1978. **Estruturas de Madeira, Dimensionamento segundo as Normas Brasileiras NB II e os modernos critérios das Normas Alemãs e Americanas**. Rio de Janeiro, livros Técnicos e Científicos.

(Aceito para publicação em 12.12.1988)