



UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS

DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS FLORESTAIS
Caixa Postal:3037 Ë CEP:37200-000 Ë LAVRAS-MG
FONE/FAX: 55 353829-1411

Carbonização: Influência da qualidade da madeira no carvão vegetal

PAULO FERNANDO TRUGILHO

PROFESSOR TECNOLOGIA DA MADEIRA

QUALIDADE DA MADEIRA

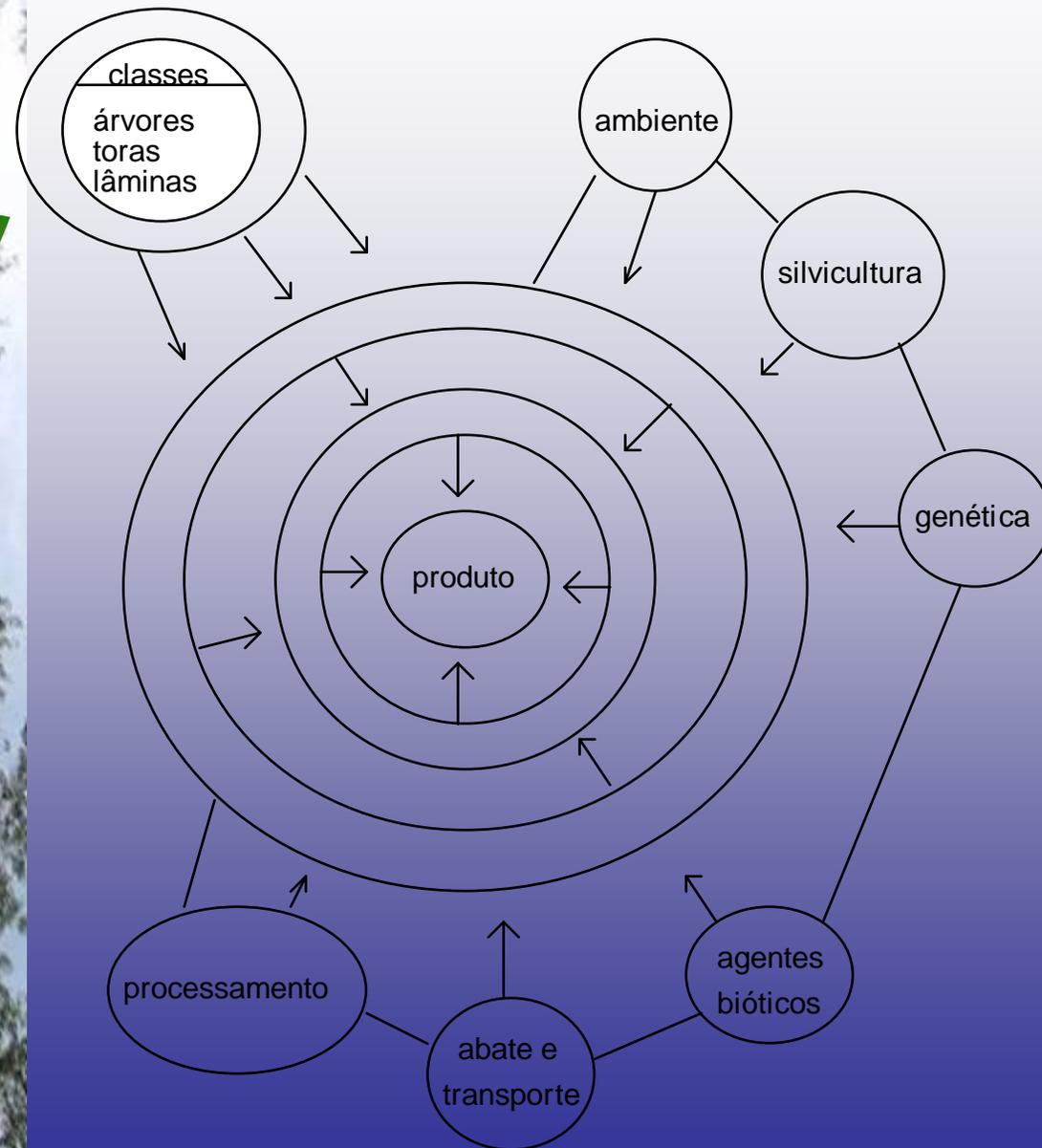
CONCEITO

Combinação de características físicas, químicas, mecânicas e anatômicas de uma dada árvore ou de suas partes que possam definir a melhor forma de utilização da sua madeira.

A avaliação da qualidade da madeira **DEPENDE** de:

1. Definição de qualidade – o que se pretende;
2. Definição dos fatores que a afetam – na madeira;
3. Forma de determinação desses fatores – quantificação (amostragem) e;
4. Avaliação do seu efeito na qualidade da madeira – tipo de análise a ser usada na avaliação.

ESQUEMA DA INTERRELAÇÃO ENTRE OS FATORES E A QUALIDADE DO PRODUTO





Propriedades Importantes da Madeira

- Características de Crescimento
DAP, Altura e Volume Individual
- Características Físicas
Densidade Básica, Retratibilidade, etc.
- Características Anatômicas
Proporção de Fibras, parênquima, etc.
- Características Químicas
Teor de Lignina, extrativos, carboidratos , pH
- Características Mecânicas
Resistências e elasticidade



Outras Características

a) Organolépticas
(Cor, cheiro ou odor)

b) Estética

c) Trabalhabilidade x Usinagem

d) Textura

e) Acústica

f) Térmica
(PC e Isolante)

PARA A PRODUÇÃO DE CARVÃO VEGETAL

	Característica	Acréscimo(+)/Decréscimo (-)
Madeira	DB	+
	Massa seca (volume x DB)	+
	Espessura parede	+
	Lignina	+
	Massa lignina (massa x Lignina)	+
Carvão Vegetal	RGC	+
	RLP	-
	RGNC	-
	RCF	+
	TMV	-
	TCz	-
	TCF	+
	DRA	+

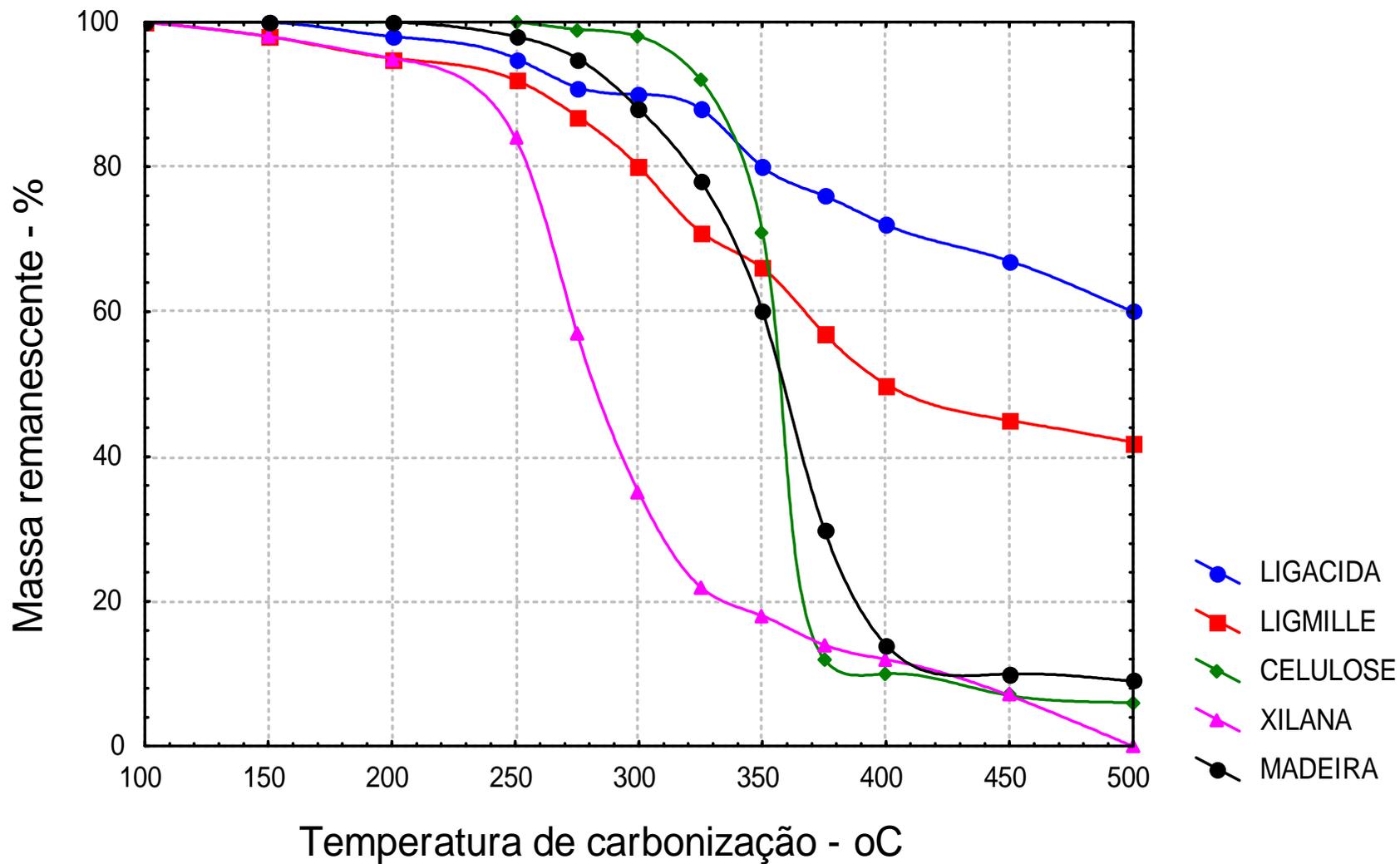
CARVÃO VEGETAL



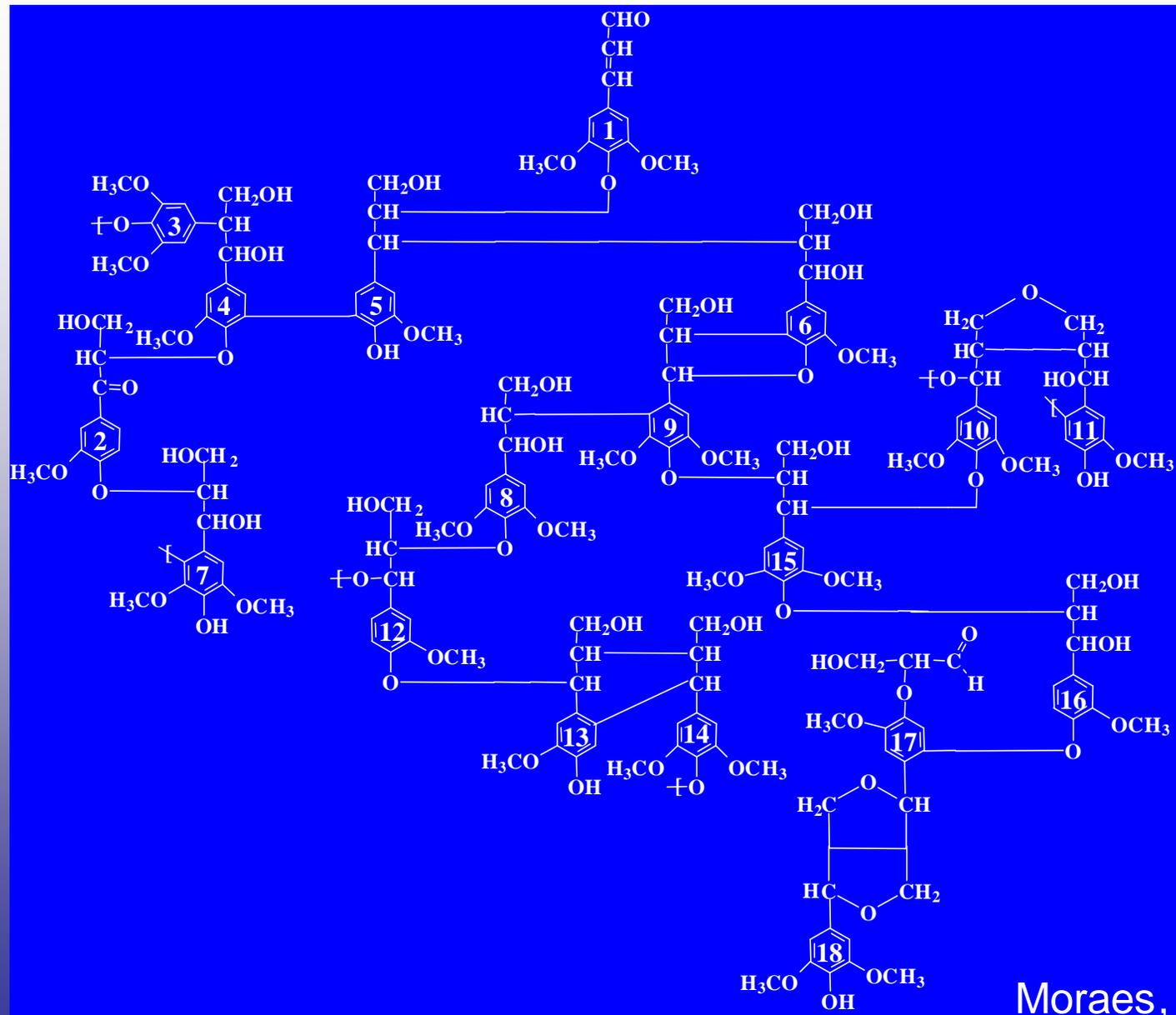
Carbonização → É a operação de degradação térmica da biomassa, transformando-a em uma massa rica de carbono e outra fração constituída de gases.

É influenciada pela matéria-prima, sendo um reflexo da composição química, aliada aos fatores físicos e anatômicos, além do processo utilizado.

TERMOGRAVIMETRIA DA MADEIRA E DE SEUS COMPONENTES



SIMULAÇÃO DA ESTRUTURA DA LIGNINA



Moraes, 1994

Fatores que afetam a Carbonização

Relacionados com a madeira
(espécies)

- ” Composição química . lignina, extrativos, **cinzas**
- ” Fatores físicos (densidade, umidade e produção de massa seca) . proporção e dimensões da fibras
- ” Dimensão das peças
- ” Incremento volumétrico

Relacionados com o processo de carbonização

- ” Processo
- ” Temperatura final
- ” Taxa de aquecimento
- ” Pressão
- ” Fluxo gasoso

INTERAÇÃO ENTRE TODOS OS ESSES FATORES

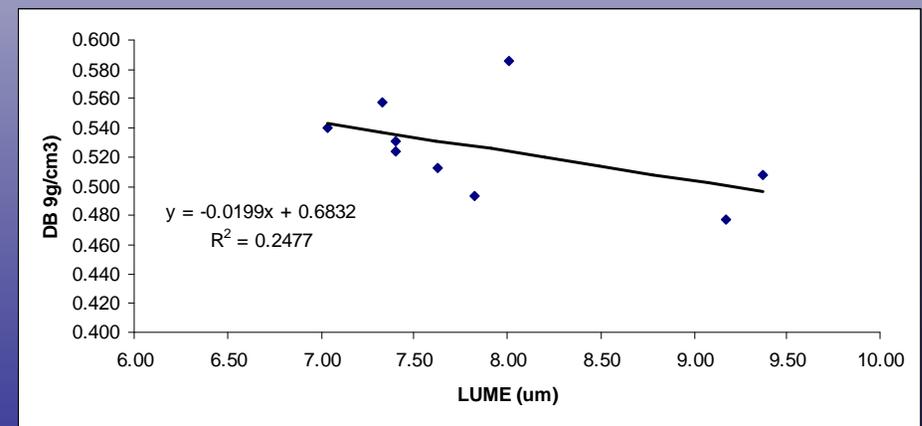
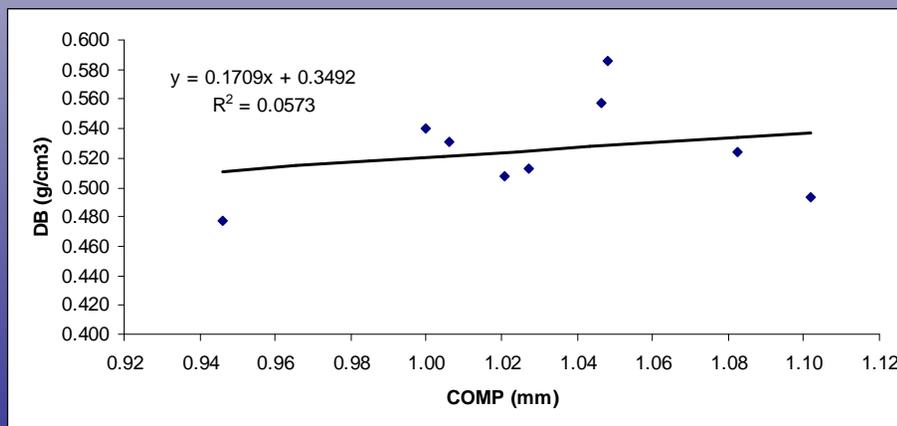
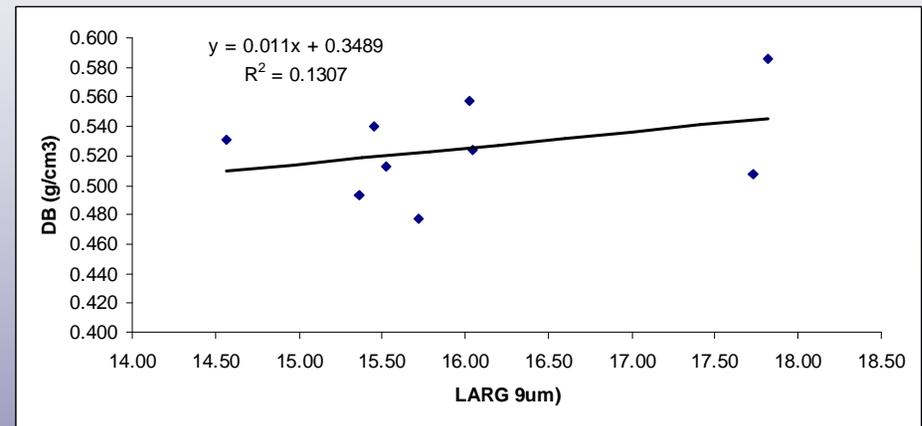
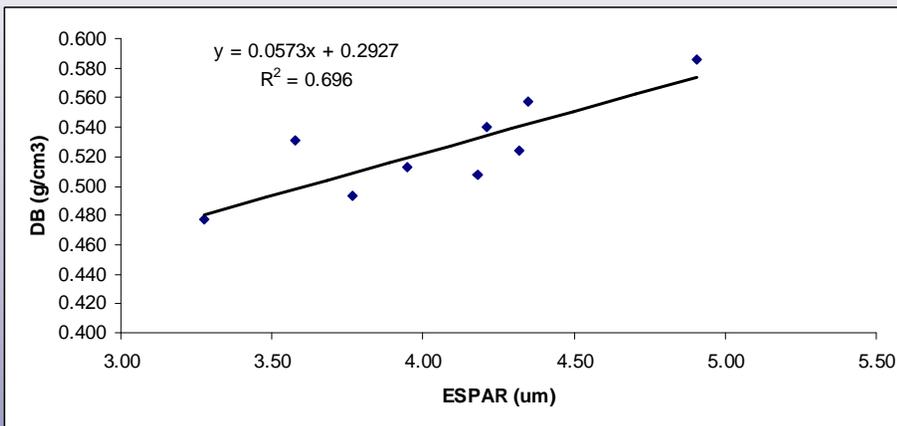
RELAÇÕES OBSERVADAS

1. ENTRE ALGUMAS CARACTERÍSTICAS DA MADEIRA;

2. ENTRE AS CARACTERÍSTICAS DA MADEIRA E O CARVÃO VEGETAL.

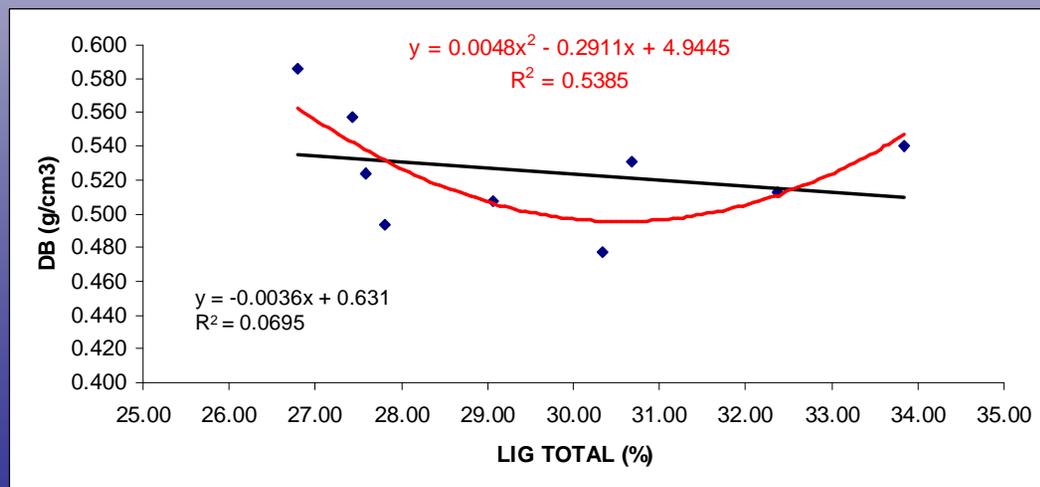
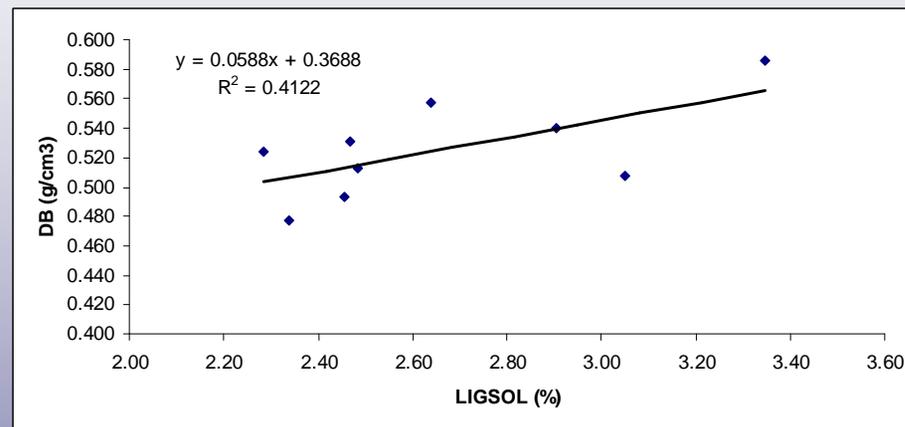
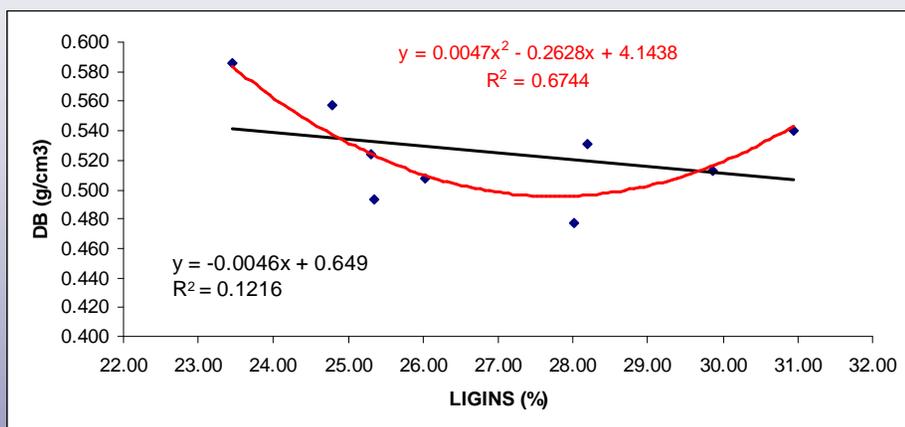
1. ENTRE ALGUMAS CARACTERÍSTICAS DA MADEIRA

A) Densidade Básica e Dimensões das Fibras E 9 clones aos 6 anos



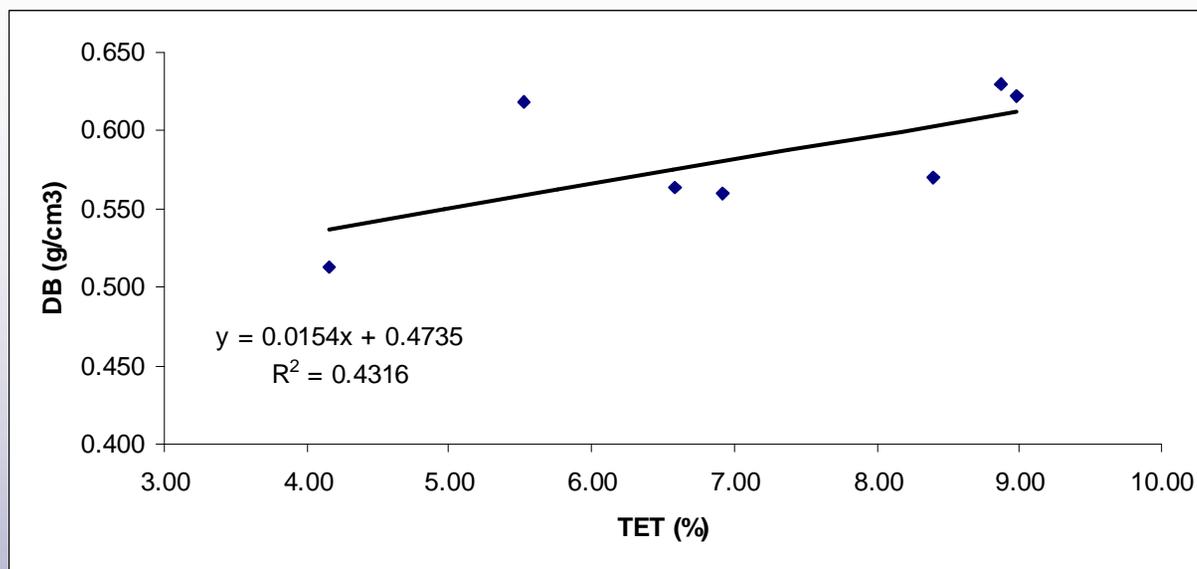
B) Densidade Básica e Composição Química Em 9 clones aos 6 anos

B1) Teor de Lignina

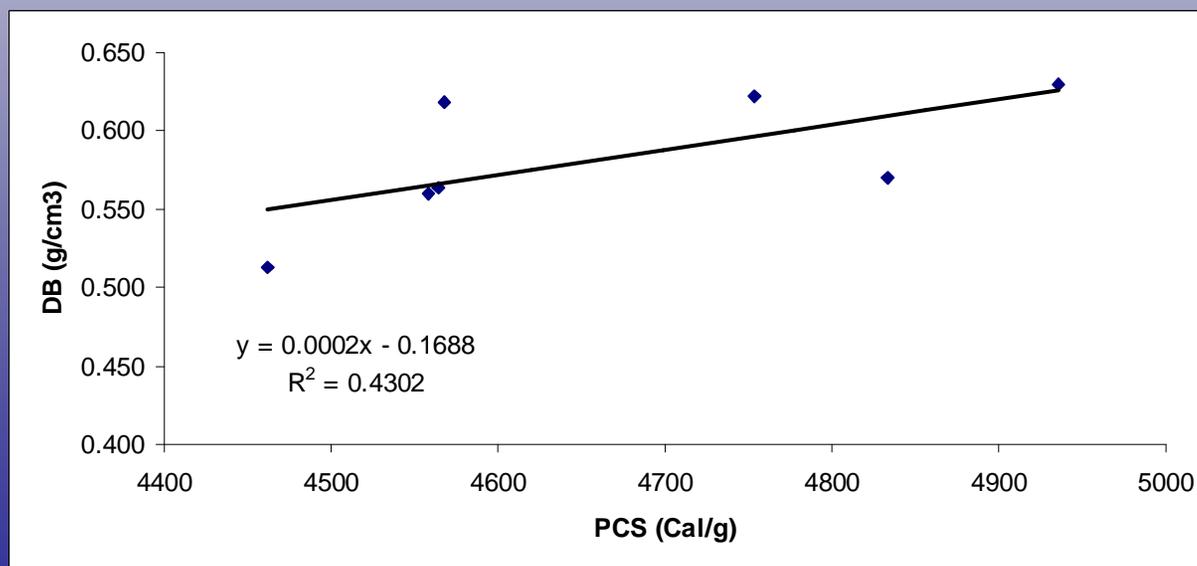


Desejável é encontrar indivíduos com alta DB e teor de Lignina.

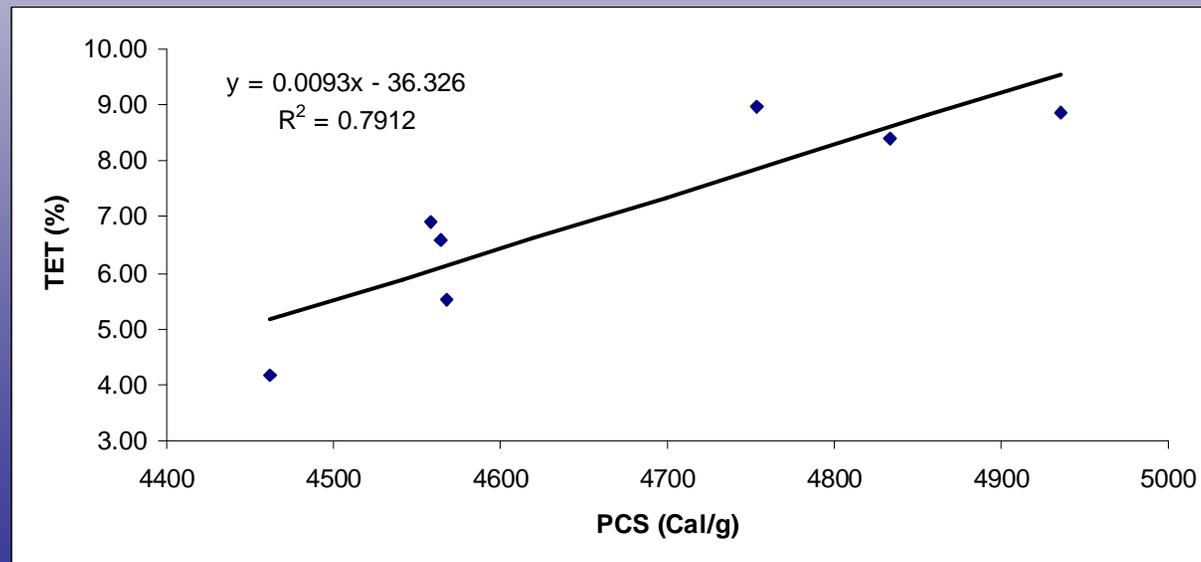
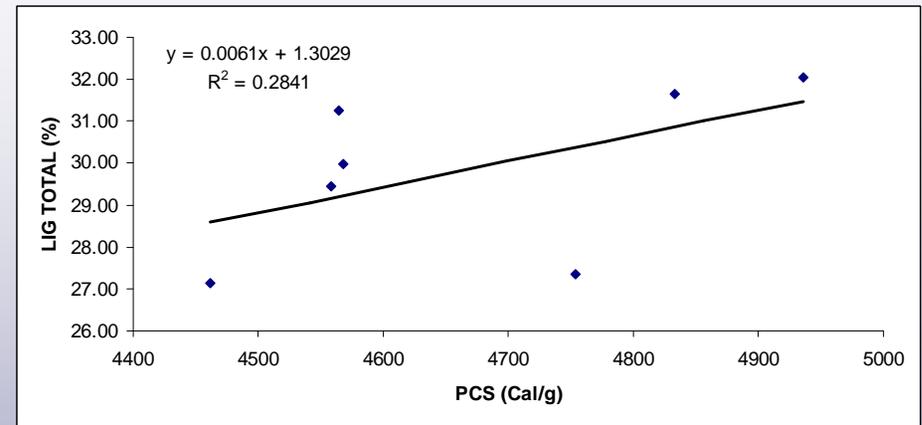
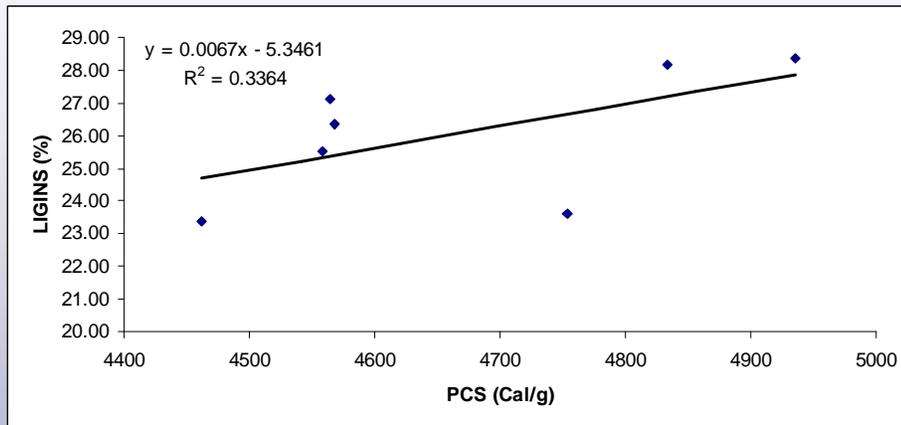
B2) Teor de Extrativos É 7 clones aos 10 anos



B3) Poder Calorífico Superior É 7 clones aos 10 anos

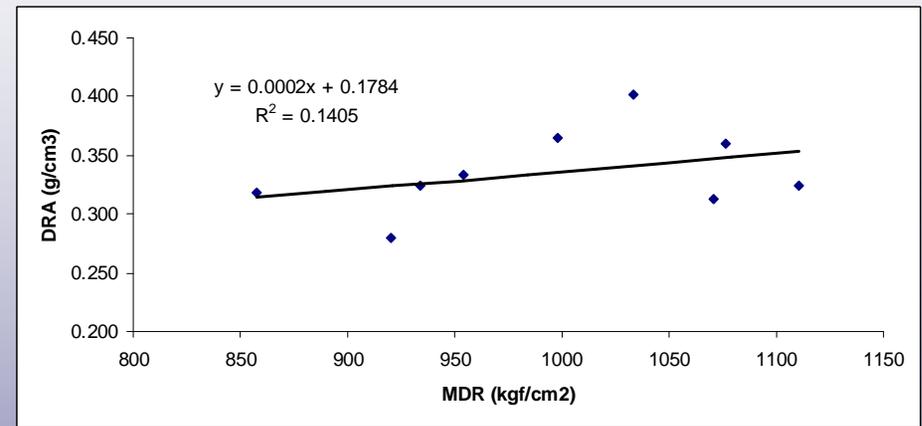
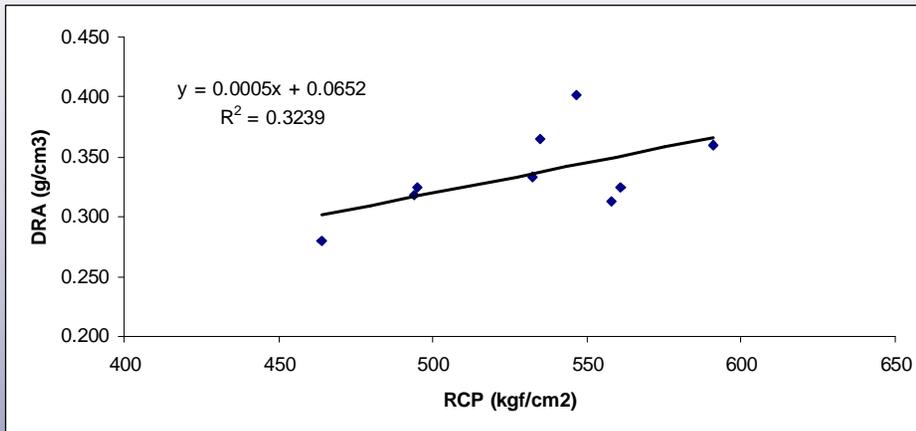


C) Teor de Lignina e Teor de Extrativos com o Poder Calorífico Superior E 7 clones aos 10 anos

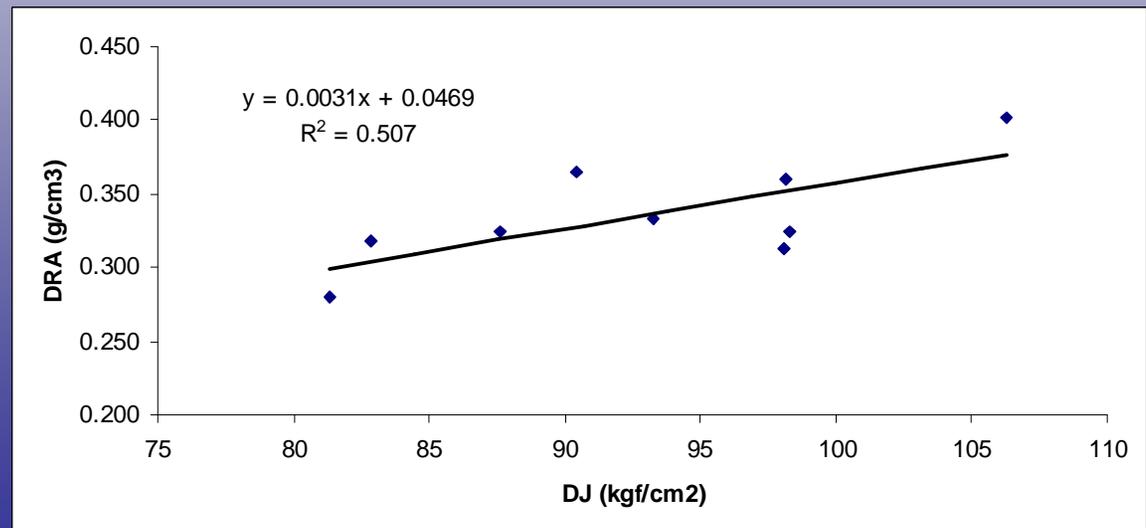


2. ENTRE AS CARACTERÍSTICAS DA MADEIRA E O CARVÃO VEGETAL

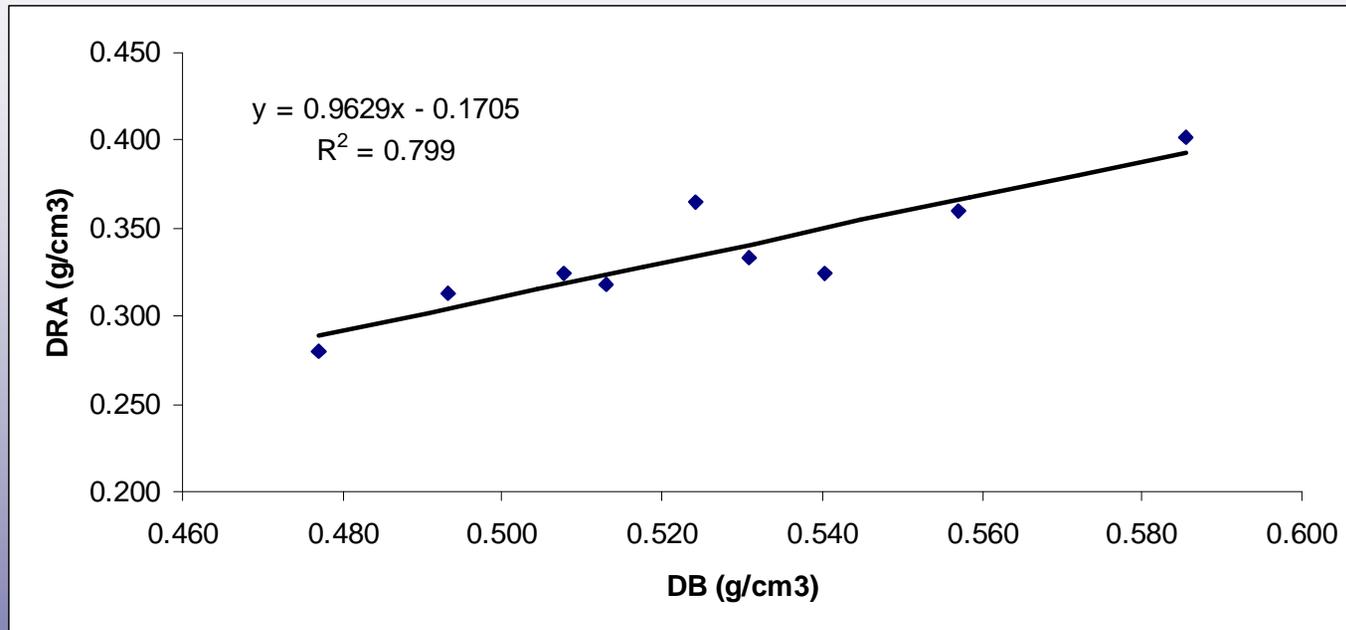
A) Densidade Relativa Aparente e Propriedades Mecânicas Ë 9 clones aos 6 anos



Indicação de relação indireta, pois DRA está relacionada com DB e esta com as propriedades mecânicas da madeira.



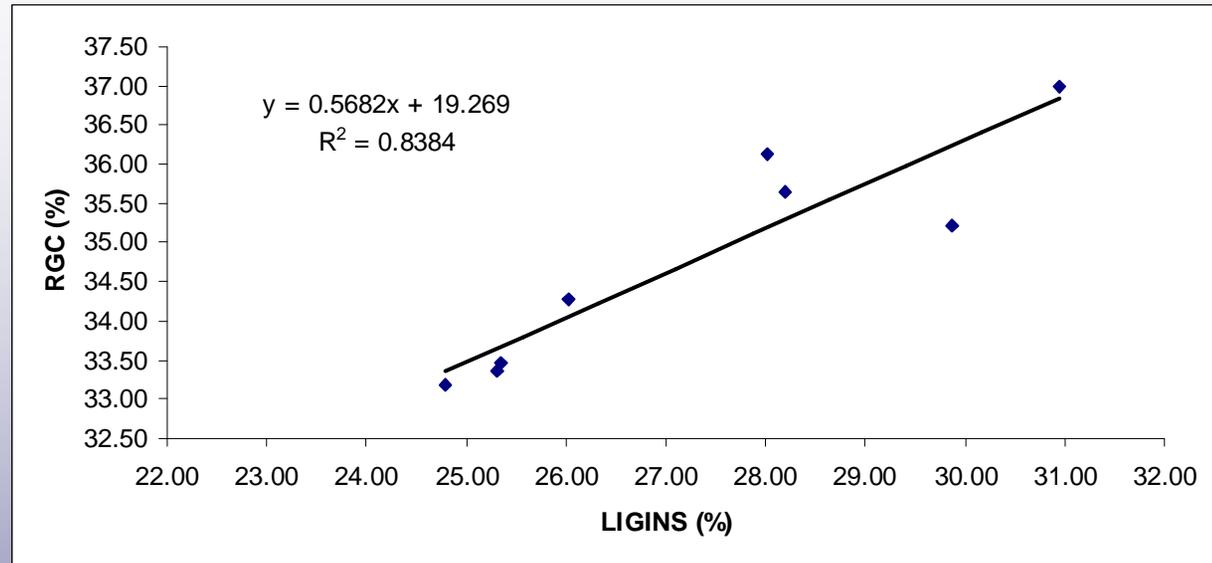
B) Densidade relativa aparente do carvão vegetal e densidade básica da madeira Ë 9 clones aos 6 anos



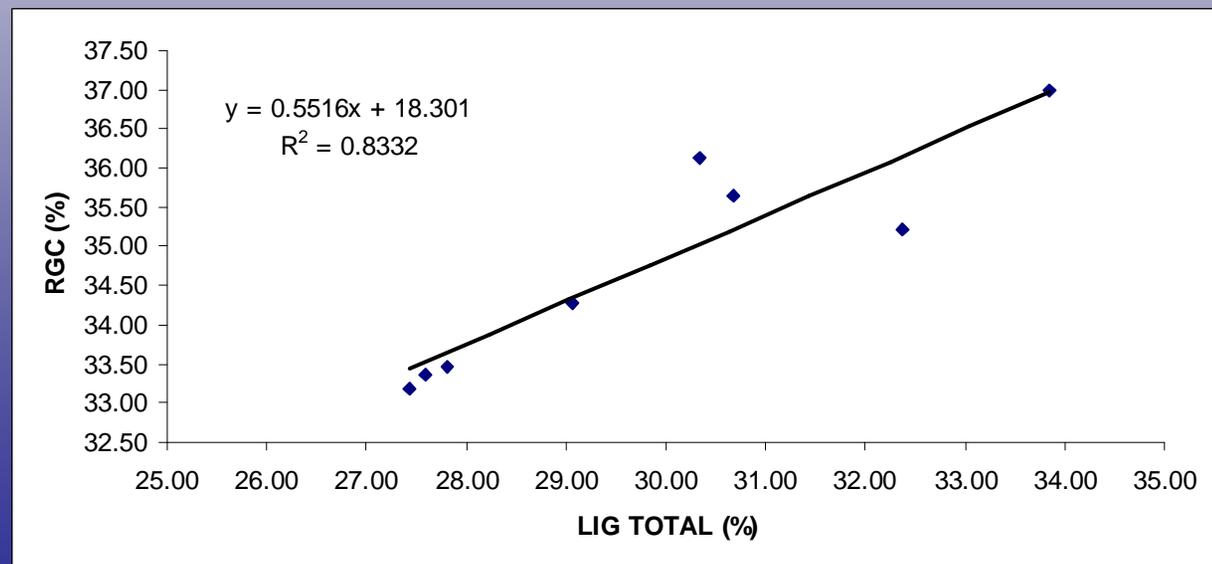
RELAÇÃO POSITIVA E ESPERADA

C) Rendimento Gravimétrico em Carvão e Teor de Lignina Em 9 clones aos 6 anos

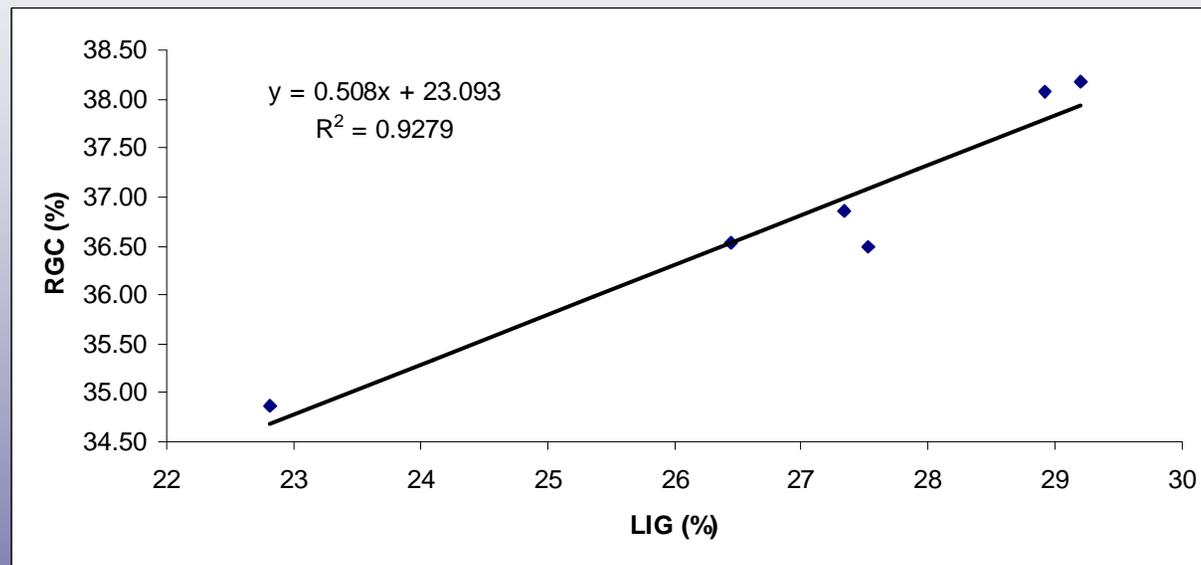
Maior teor de Lignina na Madeira favorece a produção de carvão vegetal.



Relação linear e positiva.



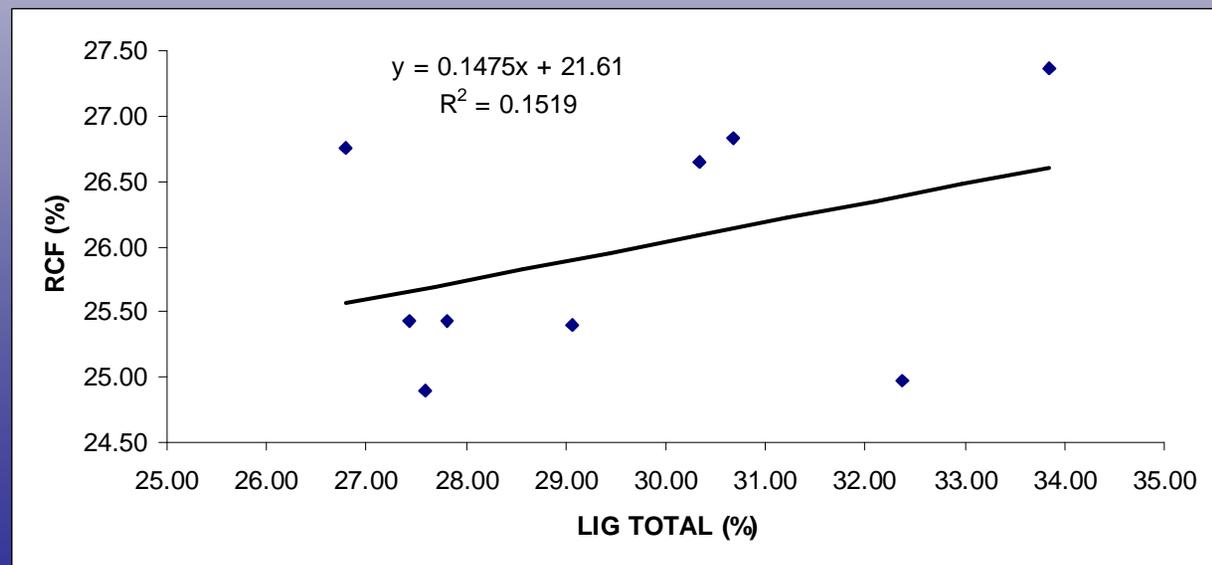
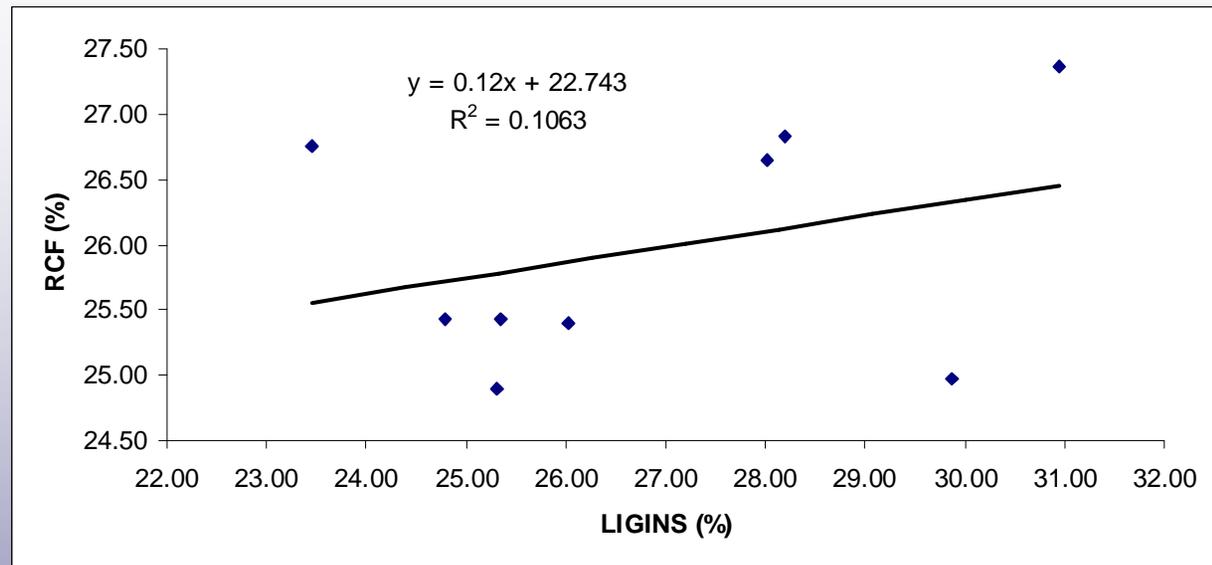
6 Espécies aos 7 anos E. maculata, E. pellita, E. tereticornis, E. urophylla, E. cloeziana e Híbrido (E. urophylla x E. grandis)



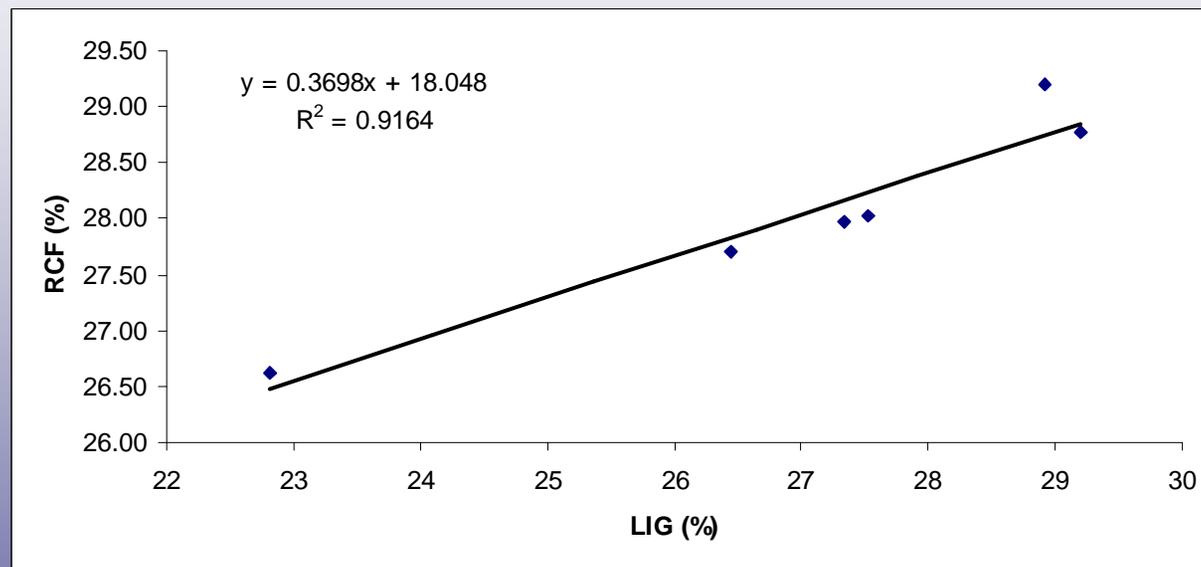
MELHOR RELAÇÃO EM FUNÇÃO DA DIFERENÇA ENTRE AS ESPÉCIES

D) Rendimento em Carbono Fixo e Teor de Lignina Em 9 clones aos 6 anos

Pequena relação entre o teor de Lignina na Madeira o rendimento em carbono fixo.



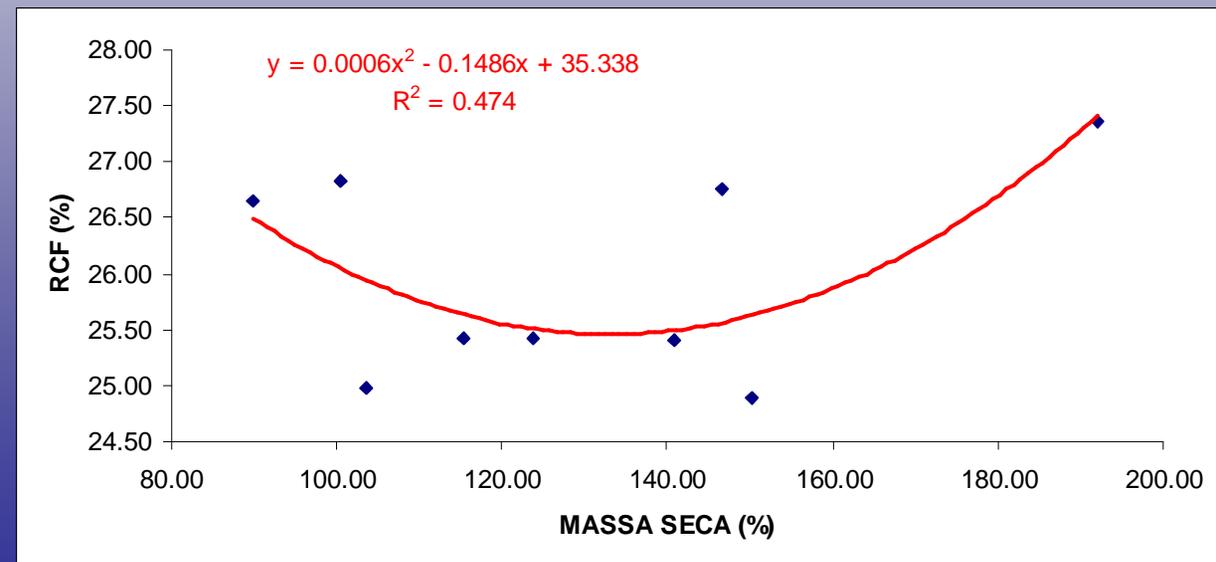
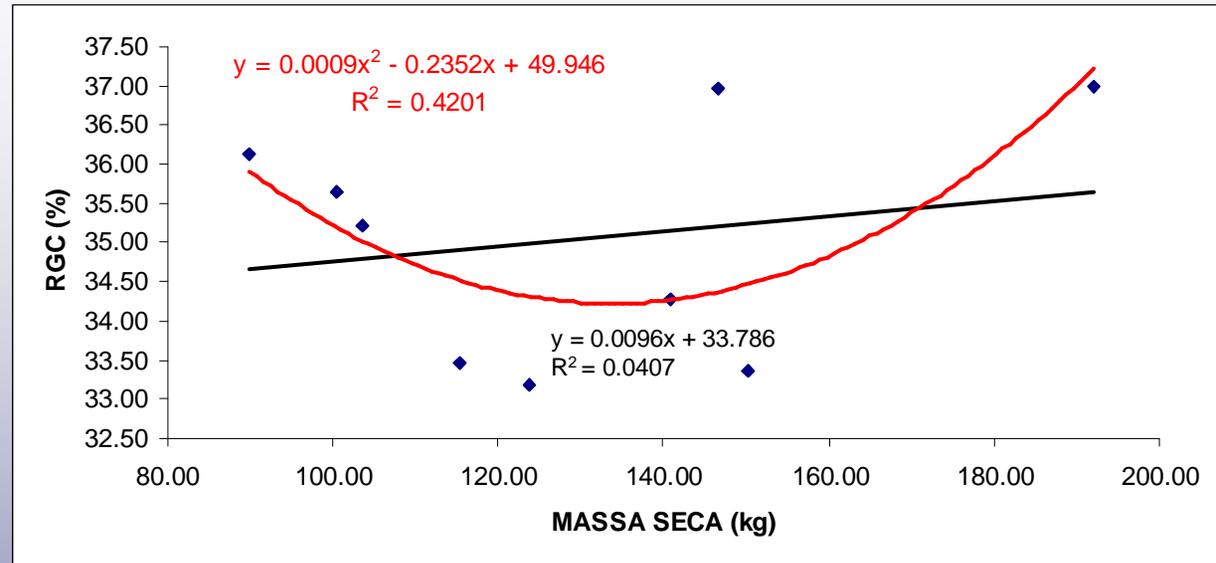
6 Espécies aos 7 anos E. maculata, E. pellita, E. tereticornis, E. urophylla, E. cloeziana e Híbrido (E. urophylla x E. grandis)



MELHOR RELAÇÃO EM FUNÇÃO DA DIFERENÇA ENTRE AS ESPÉCIES

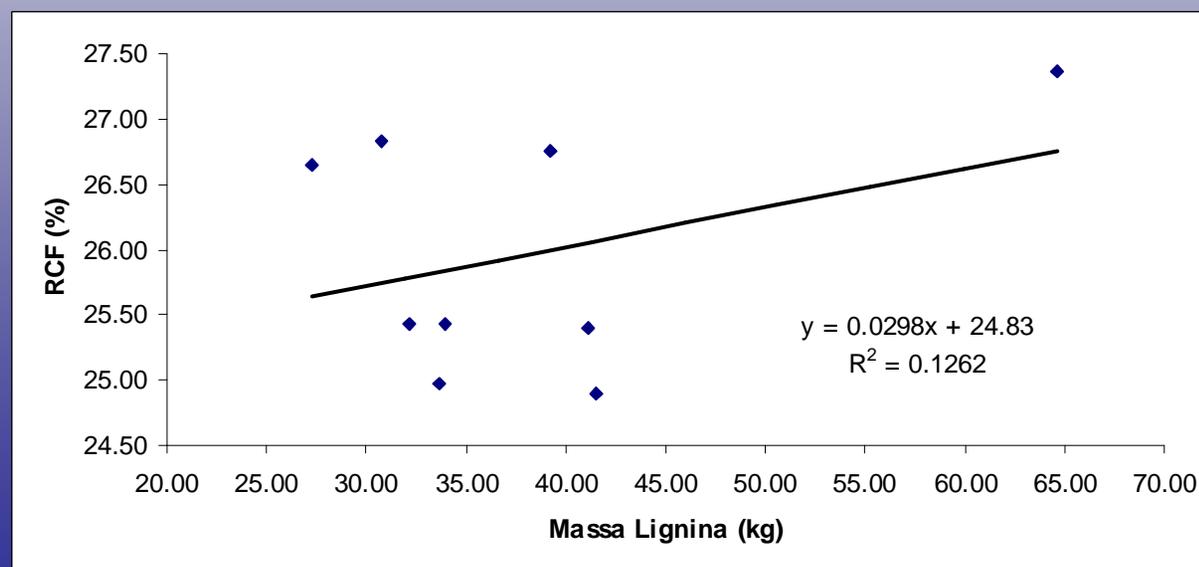
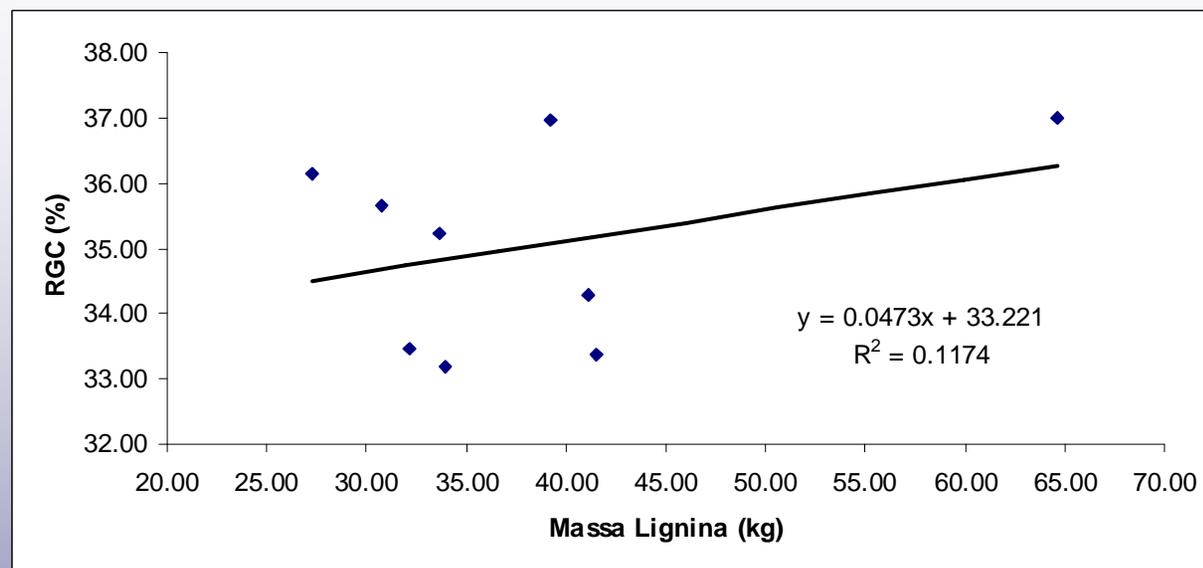
F) Rendimento Gravimétrico em Carvão e em Carbono Fixo com Massa Seca Estimada 9 clones aos 6 anos

Relação quadrática entre a massa seca estimada e o rendimento gravimétrico e em carbono fixo. Demonstrando que rendimento não é função de característica de crescimento.



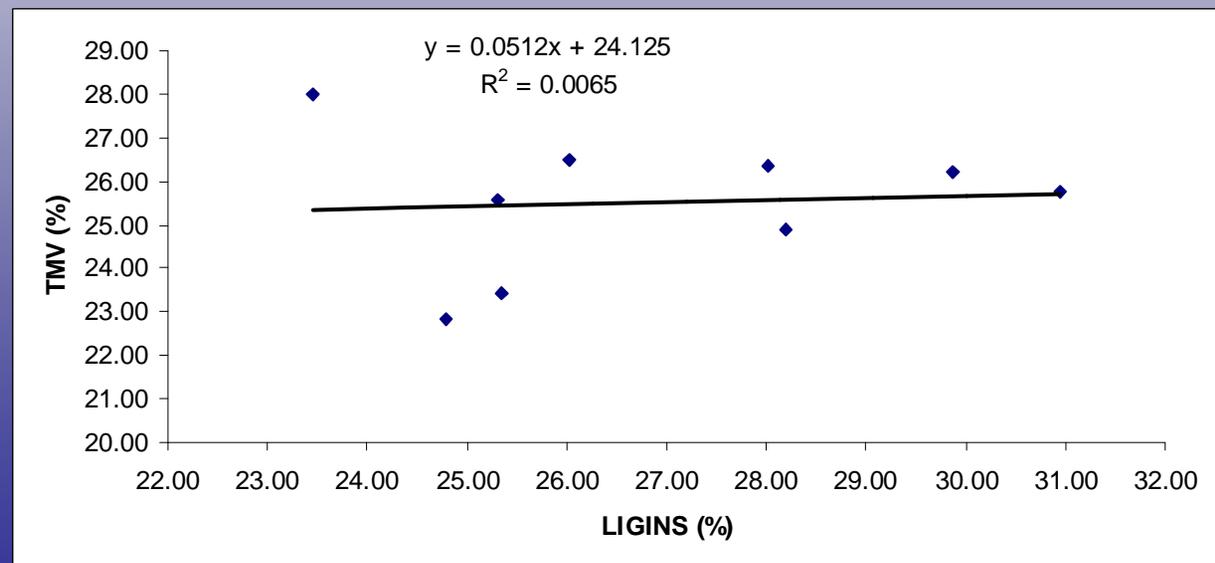
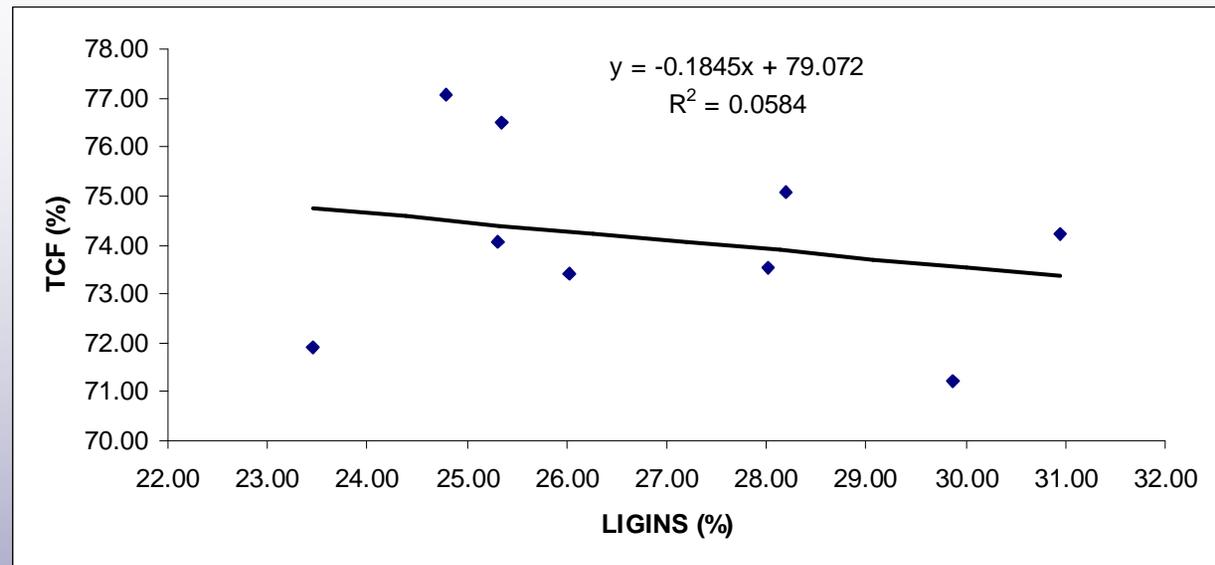
G) Rendimento Gravimétrico em Carvão e em Carbono Fixo com Massa Estimada de Lignina – 9 clones aos 6 anos

Fracas relações em função da não associação com o incremento volumétrico.

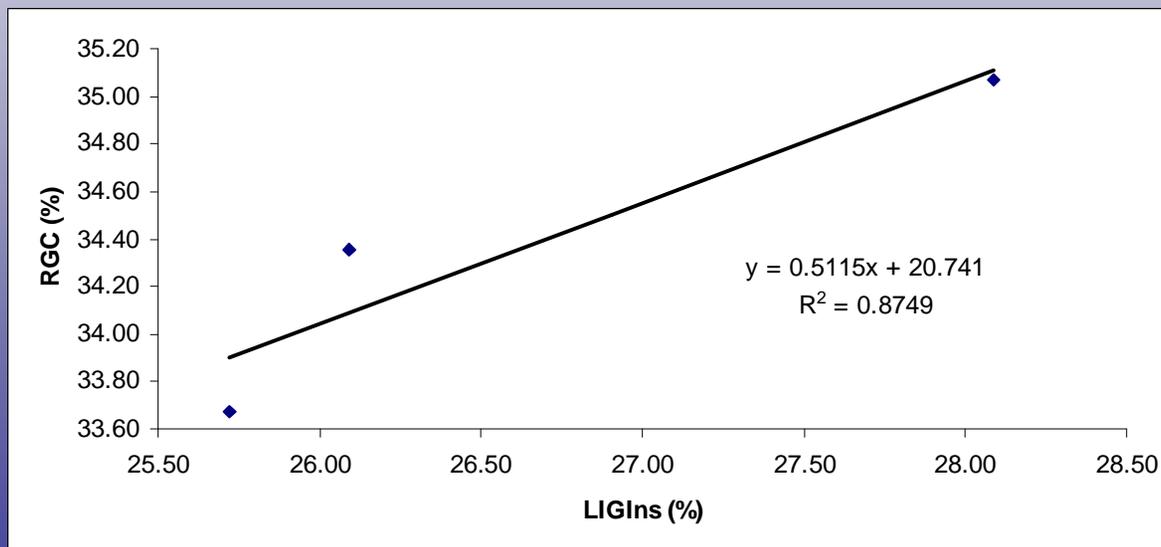
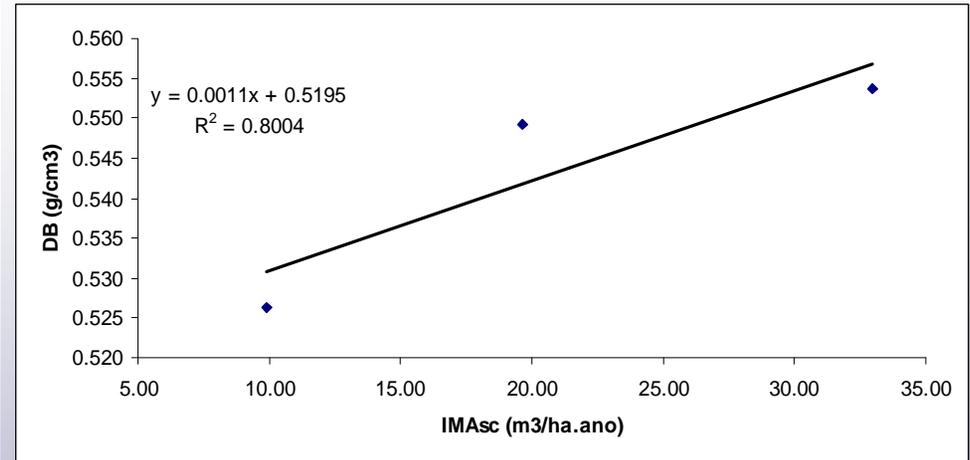
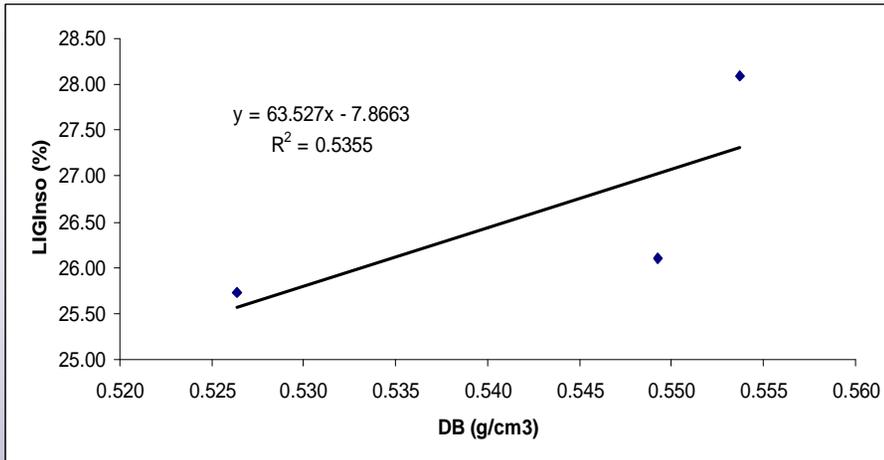


H) Qualidade do Carvão e Teor de Lignina Em 9 clones 6 anos

Não existe relação aparente entre o teor de lignina da madeira e os teores de carbono fixo e material volátil.



I) 1 Clone (E. urophylla) aos 6 anos Ë 3 classes diamétricas



Relações mais elevadas e mostrando o efeito positivo da associação das características de crescimento e as da madeira.

Classe (cm)	IMAsc (m ³ /ha.ano)	DB (t/m ³)	IMA (t/ha.ano)
14.2	32.95	0.554	18.2
11.4	19.63	0.549	10.8
8.1	9.90	0.526	5.2

SIMULAÇÃO DE PRODUÇÃO DE MASSA SECA

Clone	DB (t/m ³)	IMA (m ³ /ha.ano)								Idade
		15	20	25	30	35	40	45	50	
254	0.405	6.1	8.1	10.1	12.2	14.2	16.2	18.2	20.3	3 anos
178	0.452	6.8	9.0	11.3	13.6	15.8	18.1	20.3	22.6	3 anos
204	0.501	7.5	10.0	12.5	15.0	17.6	20.1	22.6	25.1	3 anos
E. pellita	0.545	8.2	10.9	13.6	16.4	19.1	21.8	24.5	27.3	7 anos
E. tereticornis	0.614	9.2	12.3	15.4	18.4	21.5	24.6	27.6	30.7	7 anos
E. maculata	0.631	9.5	12.6	15.8	18.9	22.1	25.2	28.4	31.6	7 anos

QUANTO MAIOR A PRODUÇÃO DE MASSA SECA É ESPERADO UMA MAIOR PRODUÇÃO DE CARVÃO VEGETAL PARA UM MESMO RGC



$$\text{RGC} = (\text{Massa seca carvão} / \text{Massa seca madeira}) \times 100$$

CONCLUSÃO

- RGC É FUNÇÃO DO TEOR DE LIGNINA.
- PROPRIEDADE FÍSICA DO CARVÃO DEVE ESTAR ASSOCIADA A DA MADEIRA.
- CARACTERÍSTICAS DE CRESCIMENTO E DA MADEIRA DEVEM SER AVALIADAS CONJUNTAMENTE.
- CARACTERÍSTICA ENERGÉTICA DA MADEIRA ESTÁ ASSOCIADA A TEOR DE LIGNINA E EXTRATIVOS.
- IMPORTANTE AS ESTIMATIVAS DE MASSA SECA E DE LIGNINA NA MADEIRA, POIS RELACIONAM-SE COM A PRODUÇÃO DO CARVÃO VEGETAL.

QUALIDADE DESEJADA

- ✓ Madeira de elevada densidade básica, baixo teor de cinzas, alto teor de lignina e que possua fibras de menor largura e parede mais espessa.
- ✓ Que estas características devam estar associadas a madeira de elevado incremento volumétrico e de elevada resistência mecânica.

OBRIGADO!