



Idade da madeira de eucalipto: quais os impactos?



Vaniele Bento dos Santos
Pesquisadora Klabin



CONTEXTUALIZAÇÃO

- A dinâmica e a condução da floresta interferem de forma decisiva na qualidade da madeira.

Dentre os fatores que impactam as suas propriedades, tem-se:

a idade das árvores

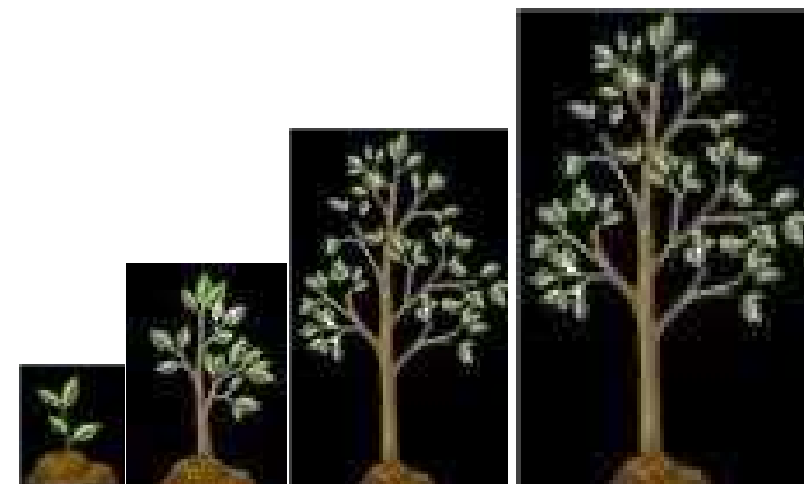
- Crescimento: sucessivas divisões celulares (meristema apical e cambial).



CONTEXTUALIZAÇÃO



- À medida que os anos avançam e o crescimento das árvores progride, modificações ocorrem na porcentagem de **madeira juvenil**.
- Isso interfere diretamente nas propriedades da madeira ao longo dos anos **até atingir a sua maturidade**.

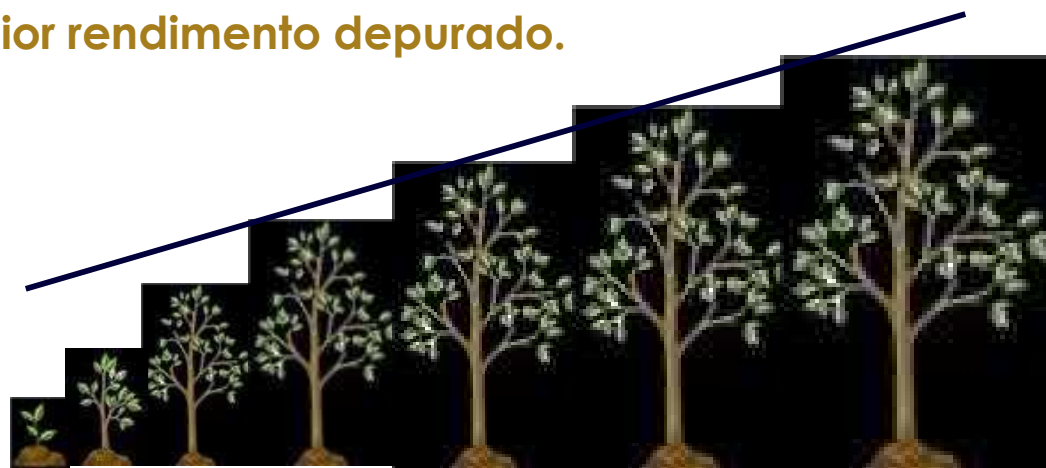


CONTEXTUALIZAÇÃO



7 anos: a idade de corte de eucalipto para polpação.
Por quê?

- Densidade na faixa de 400-550 kg/m³
- Máximo incremento médio anual (IMA)
- Maturidade do comprimento das fibras: máximo de eficiência
- Maior incremento do teor de celulose
- **Maior rendimento depurado.**

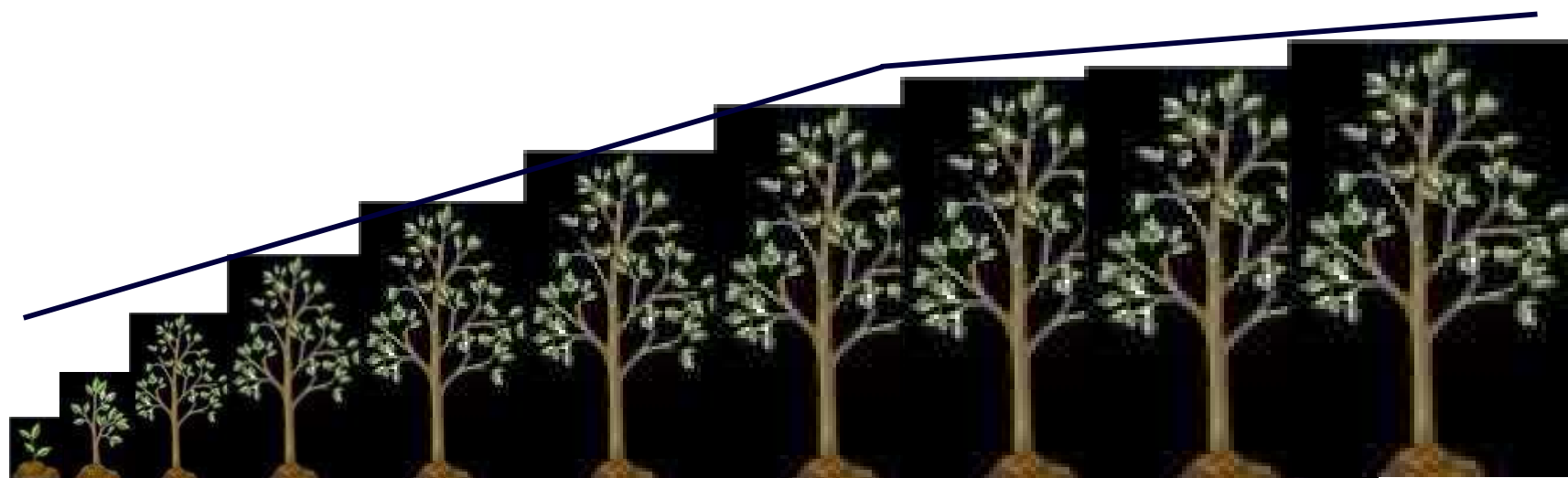


7 anos

CONTEXTUALIZAÇÃO



7 anos: a idade de corte de eucalipto para polpação.
Por quê?



- Competição máxima entre as árvores
- **Maior produção de extrativos**
- Menor eficiência da polpação.

Acima de 8 anos

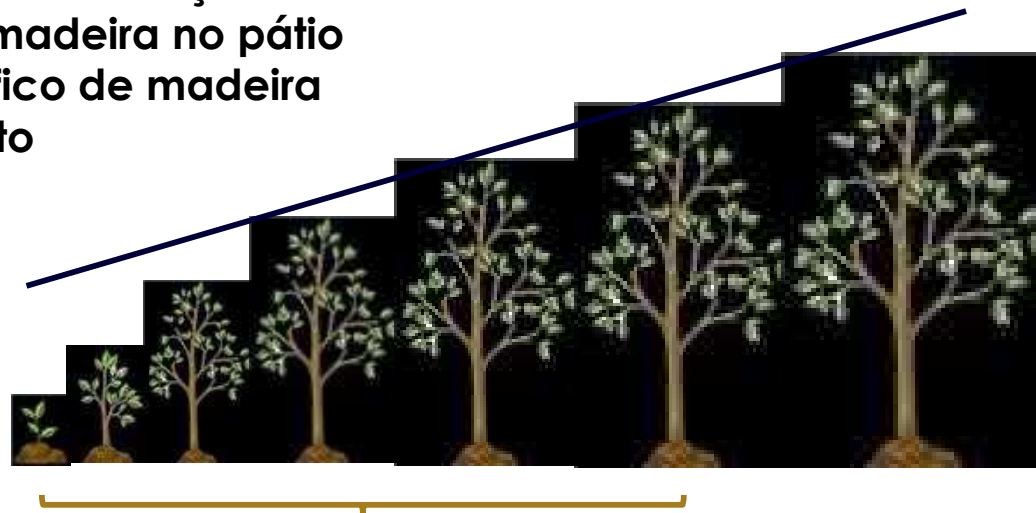
CONTEXTUALIZAÇÃO



E se reduzir a idade de corte de eucalipto para polpação?

Cuidados:

- Fibras ainda não atingiram o ponto de maturação
- Tendência a maior deterioração da madeira no pátio
- Menor DBM = Maior consumo específico de madeira
- Maior produção de finos no cozimento
- **Menor rendimento depurado.**



Abaixo dos 5 anos

CONTEXTUALIZAÇÃO



O conhecimento sobre o impacto da idade da árvore na qualidade da madeira possibilita determinar a **época ideal de corte**, vinculada às características desejadas para o seu uso final.





Fatores a serem considerados:

- **Planejamento e condução** das parcelas experimentais em campo;
- **Padronização:** manter os mesmos critérios, protocolos e metodologias (manejo em campo e laboratório);
- Tratos silviculturais, espaçamento, local de crescimento, condições climáticas, **material genético... Variabilidade da madeira!**

EXPERIÊNCIA
DESAFIADORA!

Há diferenças entre espécies, clone/híbridos,
árvores e dentro da mesma árvore



» **Idade x Densidade**

» **Idade x Anatomia**
Fibras e vasos da madeira

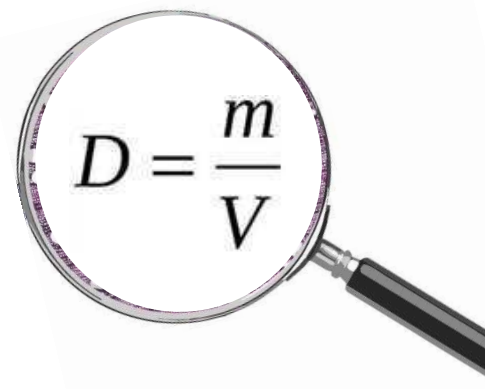
» **Idade x Composição química**
Extrativos, ligninas, holocelulose e cinzas

» **Idade x Mecânica**

Idade x Densidade



- Apresenta notável incremento quantitativo ao longo dos anos;
- Maiores incrementos até os 5 anos de idade, com tendência à estabilização;
- Influenciada pelo número e tamanho de célula, **espessura da parede**, teor de extrativos...

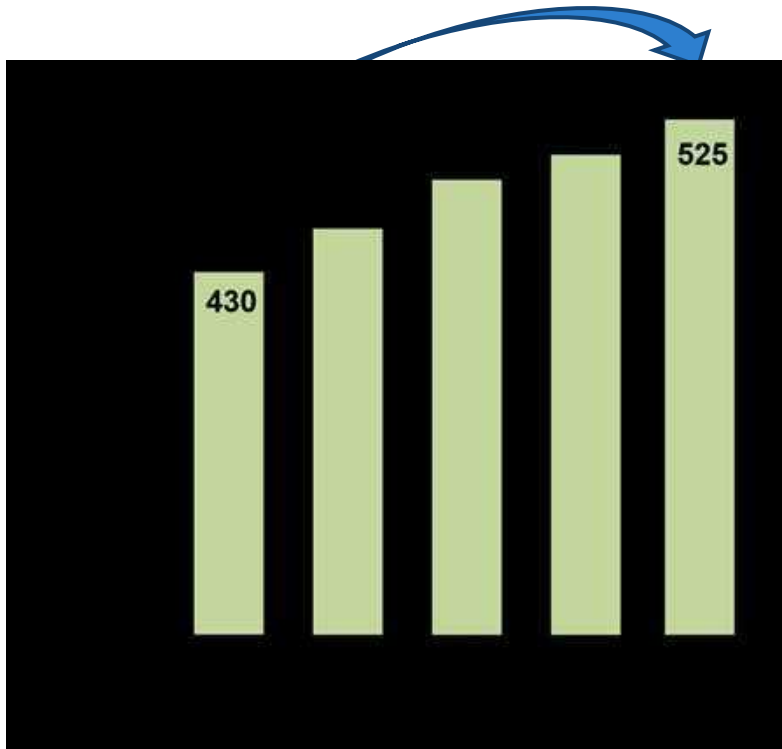


Idade x Densidade

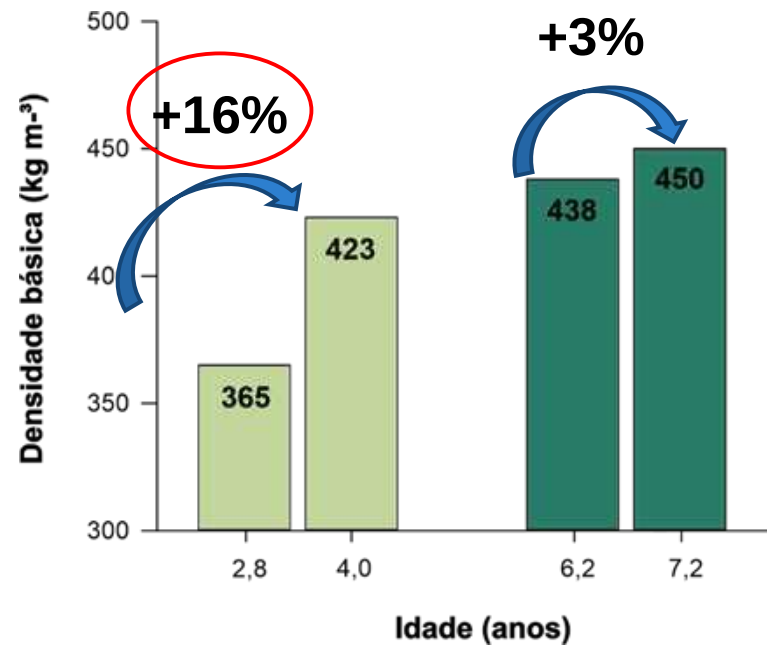
Básica



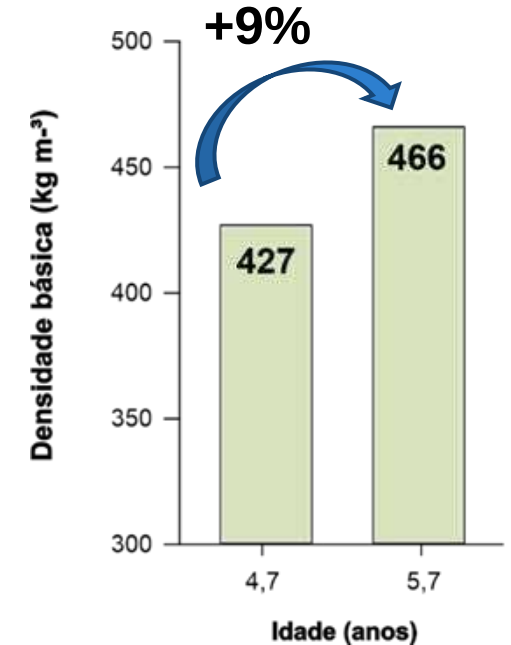
Maior variação em árvores mais jovens



E. grandis; MG
Morais (2008)



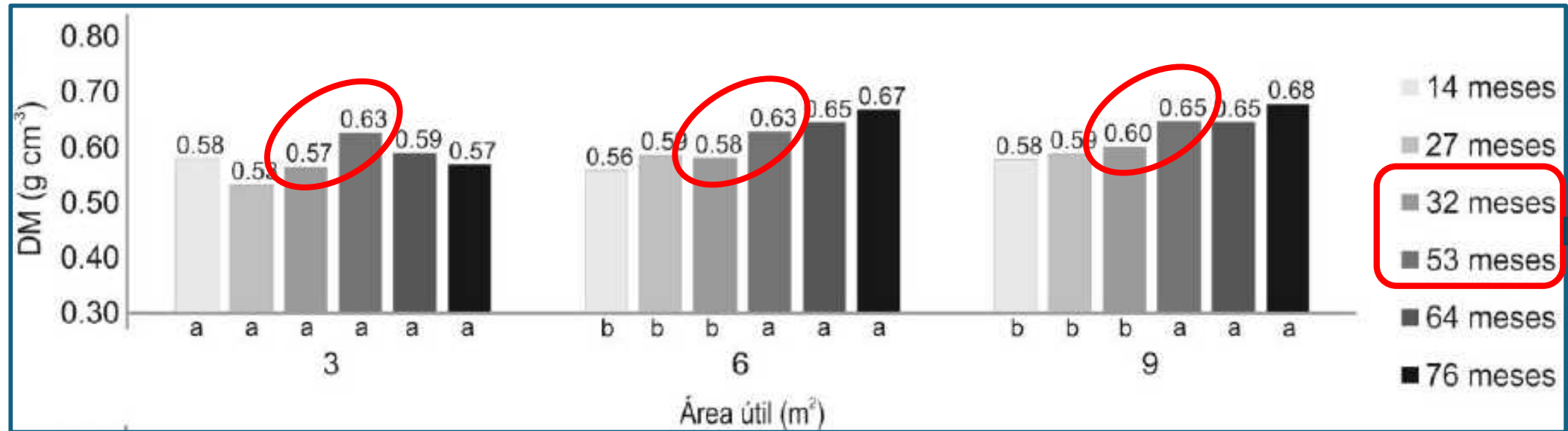
E. grandis x *E. Urophylla*; MG
Santana (2009)



Eucalyptus sp.; MG
Neves et al. (2013)

Idade x Densidade

Básica



E. grandis x *E. urophylla*; ES
Santos (2019)

Cerca de +18%

2,7 a 4,4 anos de idade



Densidade da madeira

- Relaciona com as outras características da madeira
- Consumo específico de madeira
- Rendimento depurado



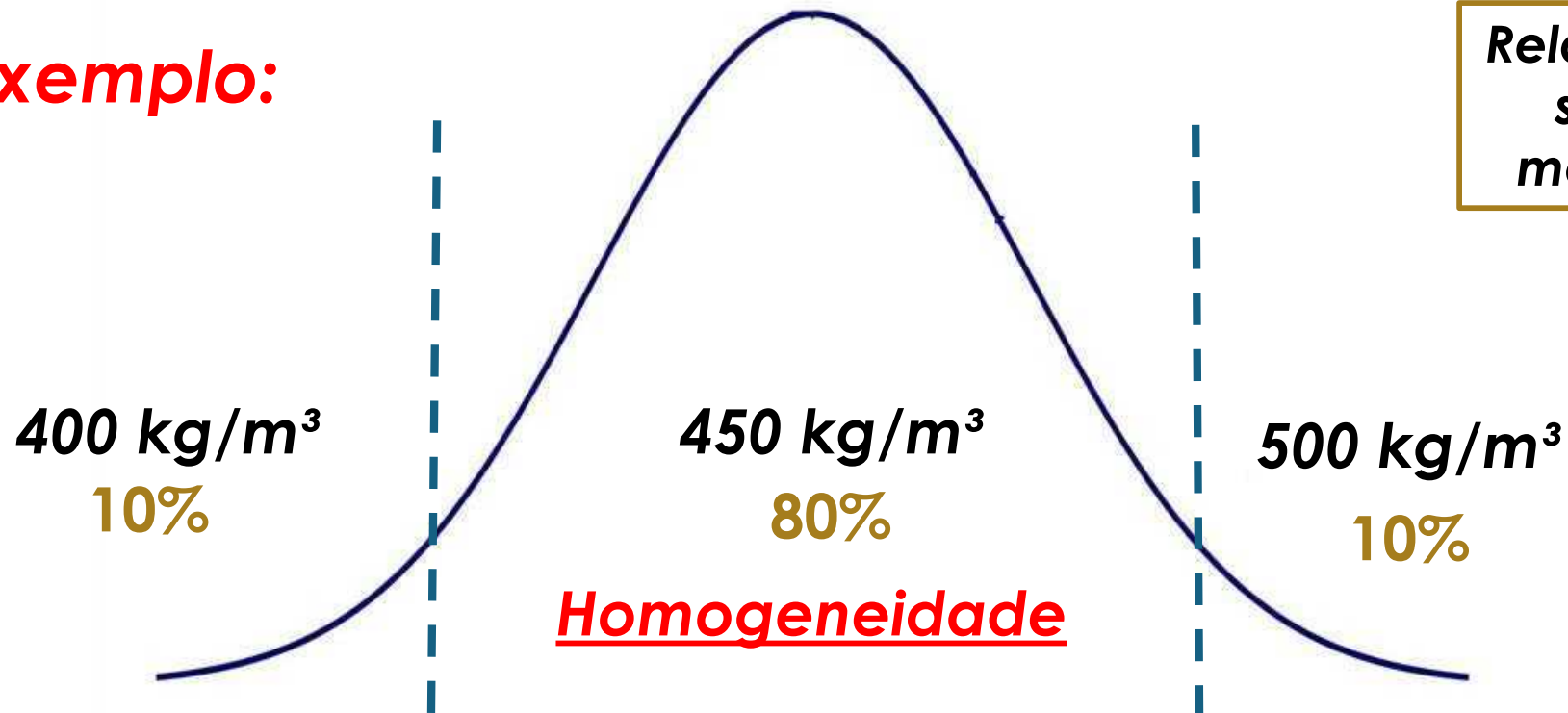
Abastecimento do digestor e rendimento do processo.

**Diversidade de clones/DBM + madeira jovem + madeira velhas =
heterogeneidade do processo e do produto.**



Mix bem feito → Distribuição normal
da DBM que entra no picador

Exemplo:



Relacionado com a
separação da
madeira no pátio



- Aumento do comprimento das fibras → aumento das células iniciais fusiformes.
- Comprimento máximo: início da formação do lenho adulto.

**Espessura da
parede celular**



Densidade da
madeira

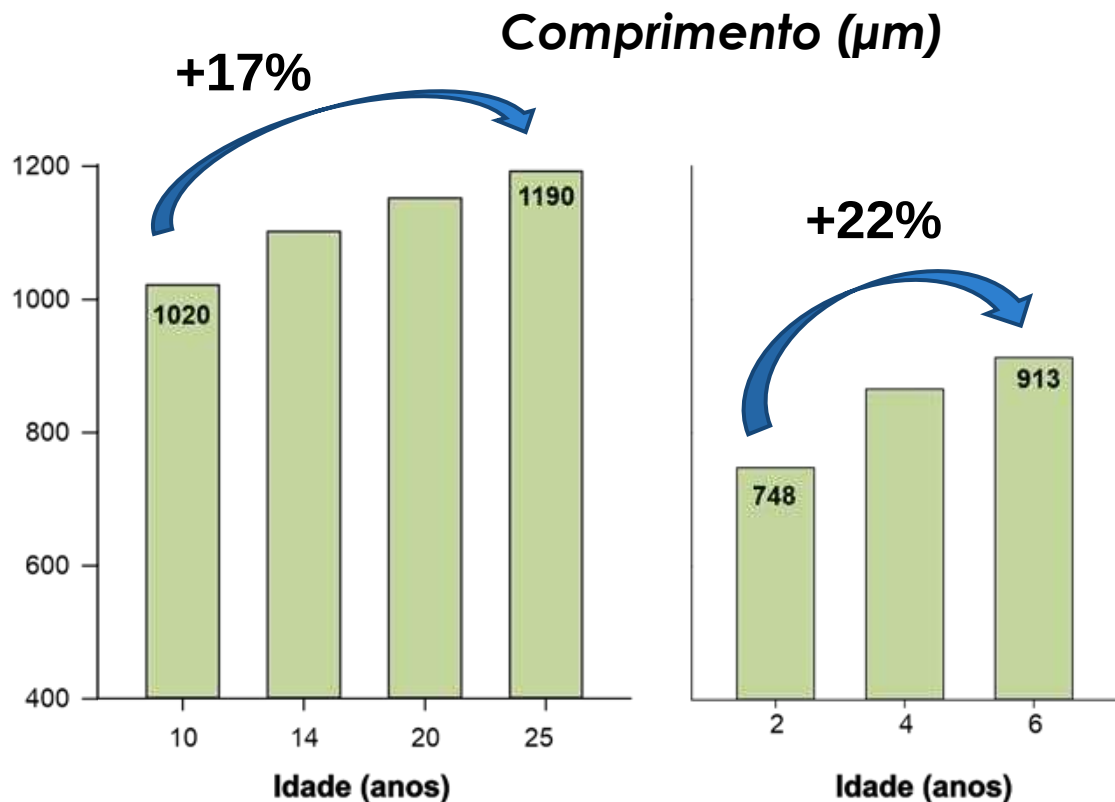


Idade x Anatomia

Fibras

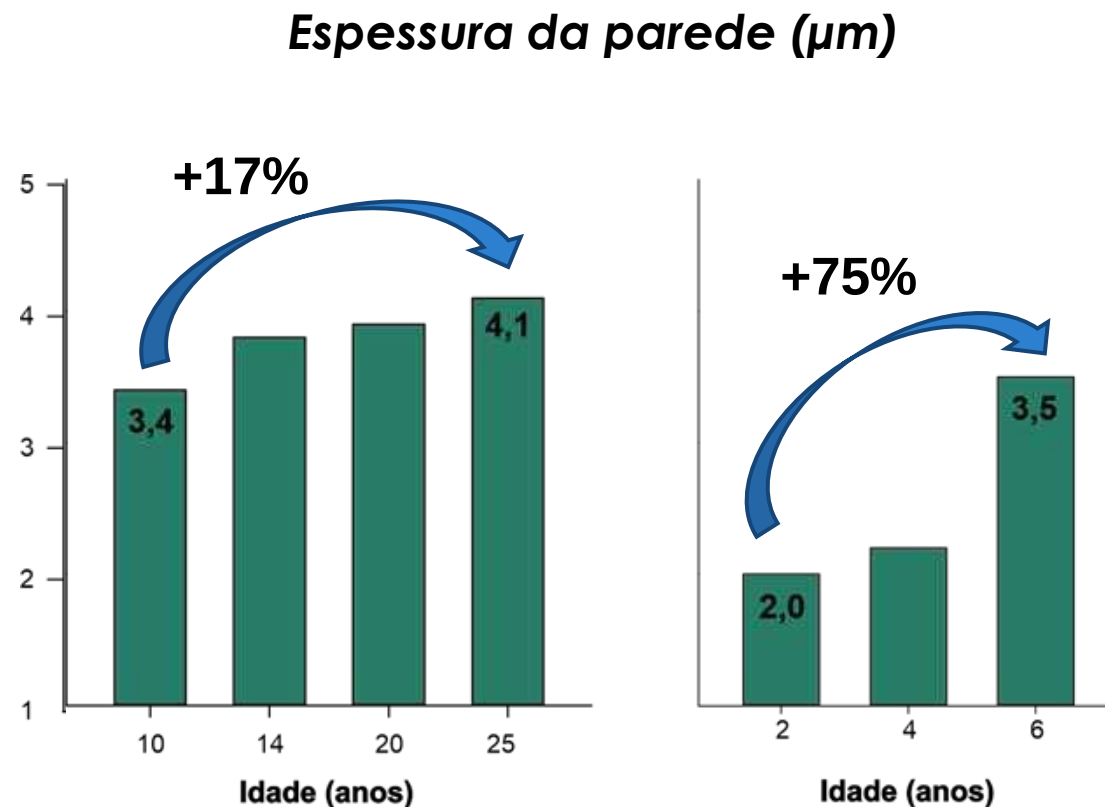


Árvores mais jovens tem maior colapsamento das fibras



E. grandis; PR
Silva et al. (2007)

E. grandis; SP
Sette Junior et al. (2012)



E. grandis; PR
Silva et al. (2007)

E. grandis; SP
Sette Junior et al. (2012)



- Influenciam diretamente os processos fisiológicos de transporte de seiva;
- Necessidade de aumento da capacidade de condução de água e sais minerais de acordo com o crescimento.
 - Aumento do **diâmetro**;
 - Redução da **frequência**.



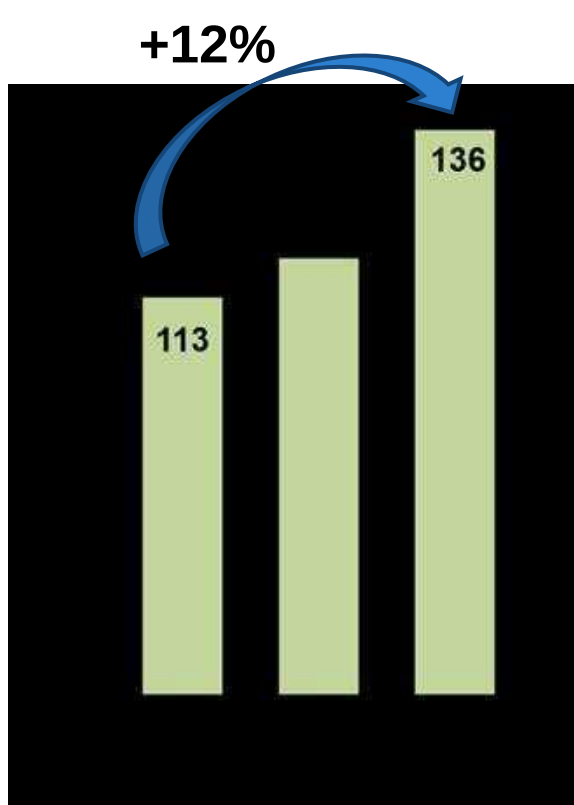
Idade x Anatomia

Vasos

Maior variação em árvores mais jovens

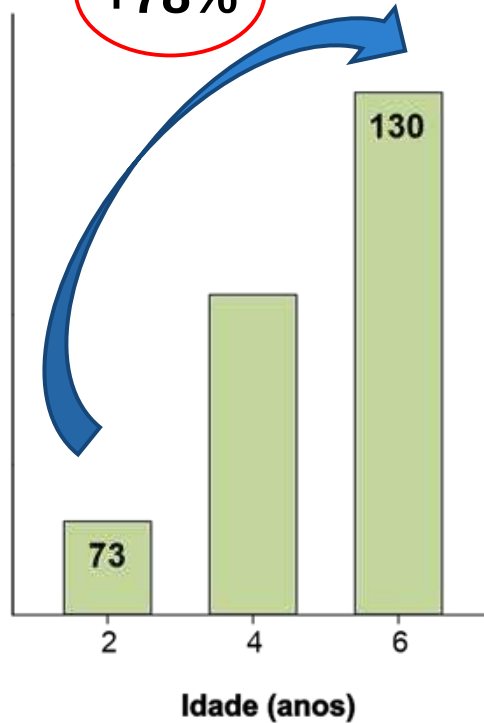


Diâmetro (μm)



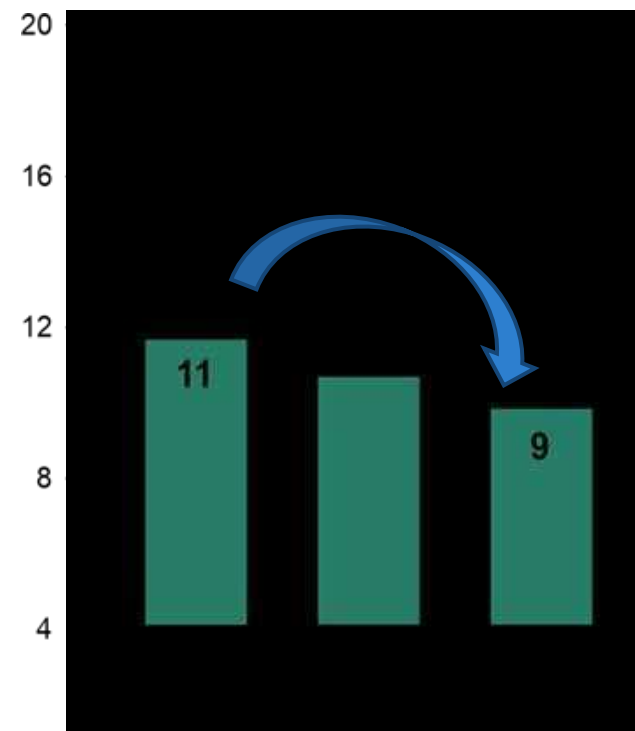
E. grandis; PR
Silva et al. (2007)

+78%

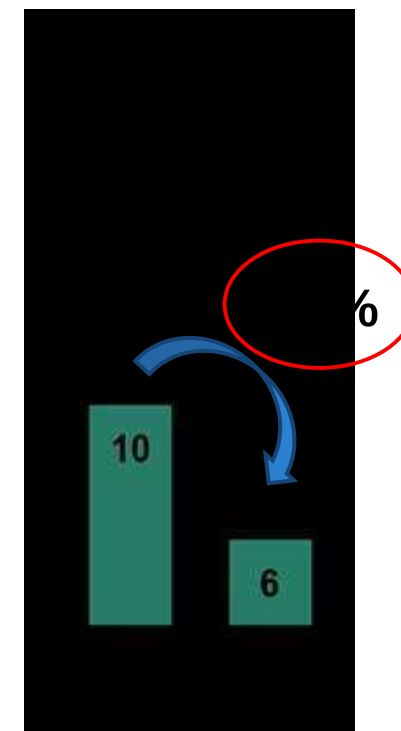


E. grandis; SP
Sette Junior et al. (2012)

Frequência



E. grandis x *E. urophylla*; MG
Pacheco et al. (2024)



E. urophylla; BA
dos Santos et al. (2024)



- Há **forte correlação entre a idade da árvore e os componentes químicos** da madeira (Morais, 2008).
- O percentual de **celulose segue uma ordem crescente** com o avançar da idade da árvore;
- Enquanto os teores de **hemiceluloses seguem uma ordem decrescente**.



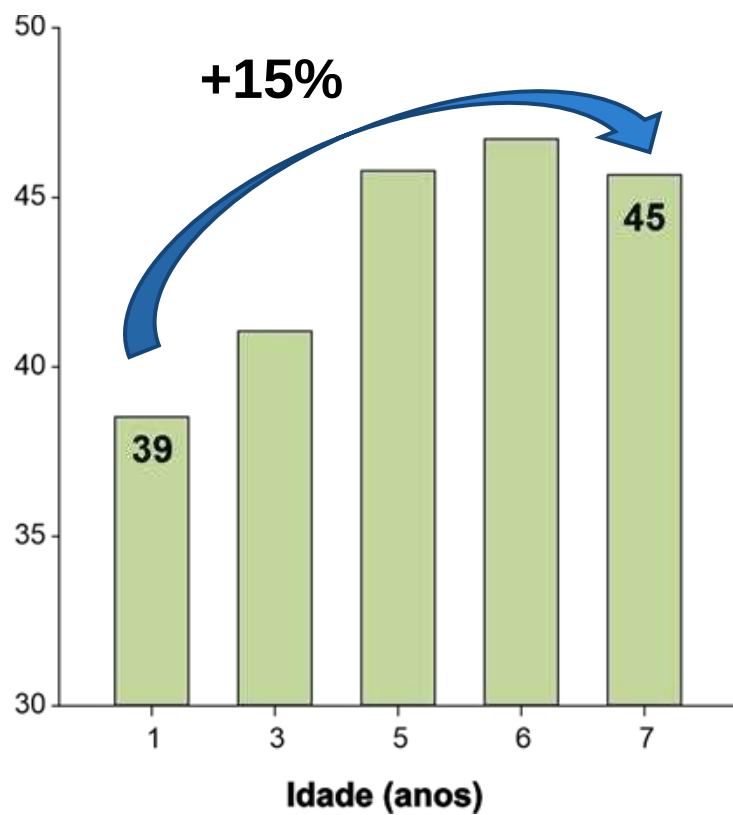
Idade x Química

Holocelulose



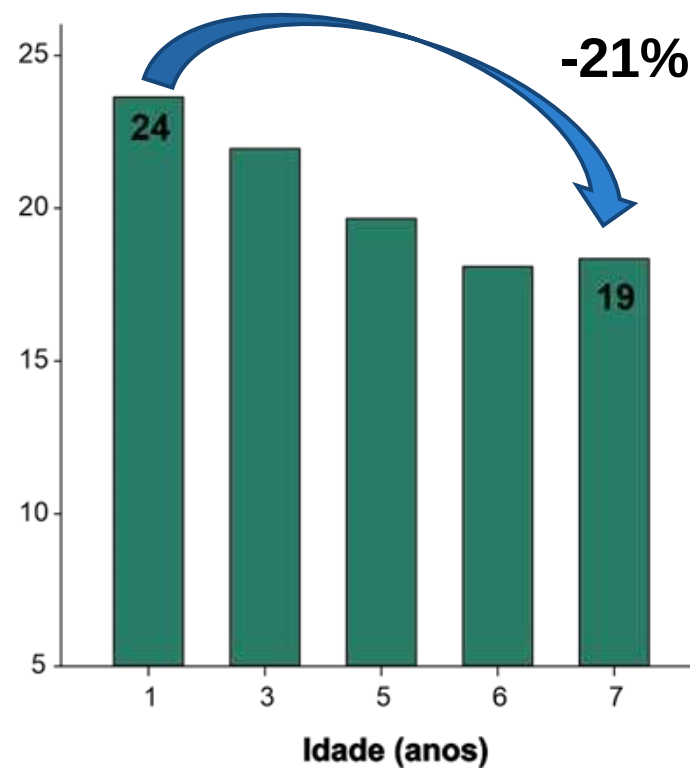
↑ **Rendimento
depurado**

Celulose (%)



E. grandis; MG
Morais (2008)

Hemicelulose (%)



E. grandis; MG
Morais (2008)

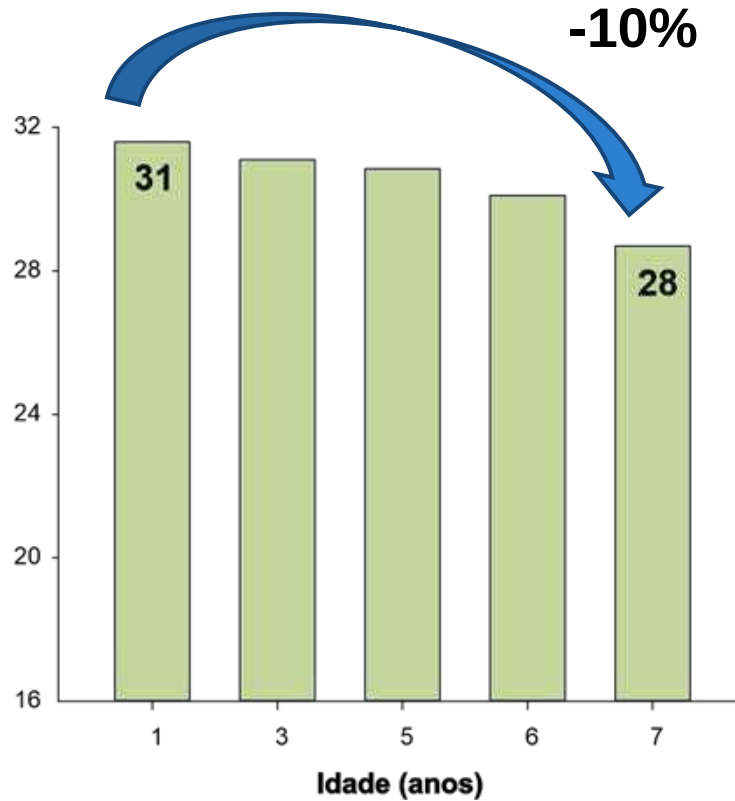


- Segundo constituinte químico mais abundante na madeira e "Indesejável" para a indústria de celulose e papel;
- Para a produção de energia e carvão vegetal contribui significativamente.

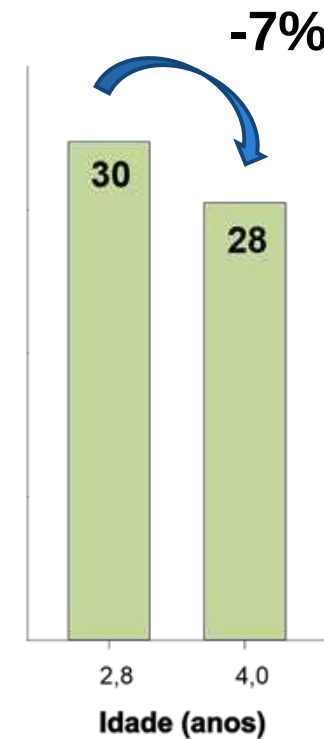
Árvores mais jovens possuem maior proporção de lenho juvenil, que é mais rico em lignina.

Idade x Química

Lignina



E. grandis; MG
Morais (2008)



E. grandis x *E. urophylla*; MG
Santana (2009)



- Componentes que não integram a parte estrutural da parede celular;
- "Indesejáveis" para a indústria de celulose e papel (*Pitch*).

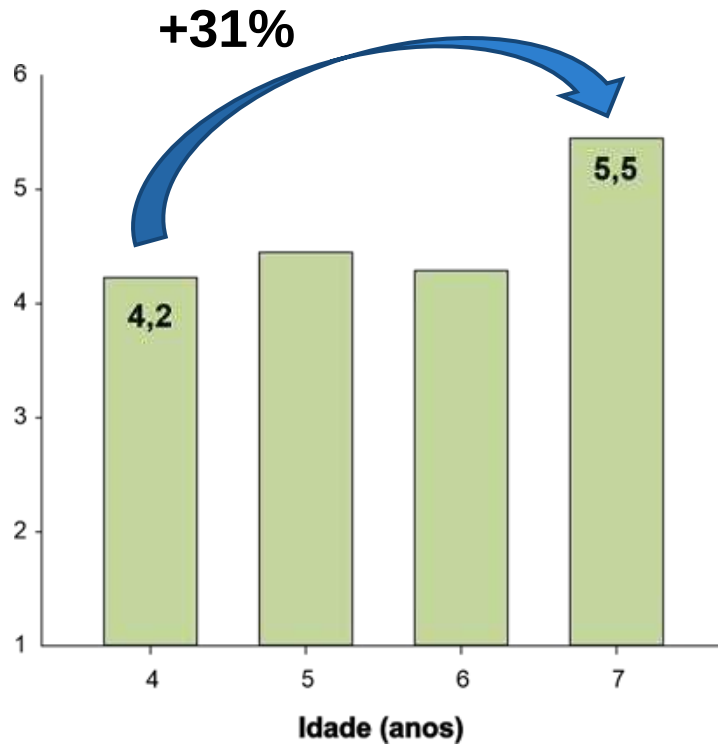
Árvores mais jovens tendem a apresentar menores teores de extrativos ➡ **formação do cerne.**

Depende do material genético e do local de crescimento.

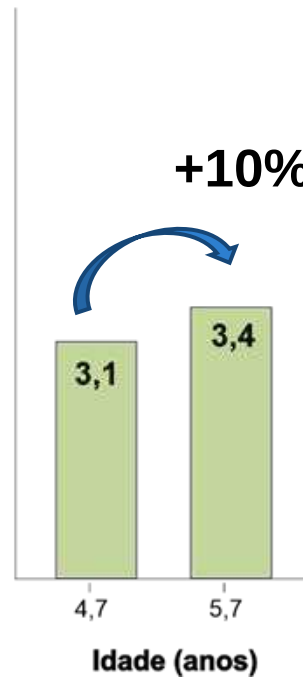


Idade x Química

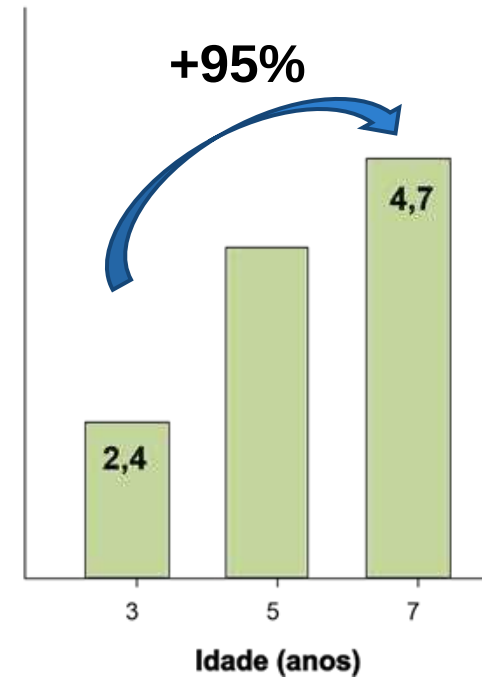
Extrativos



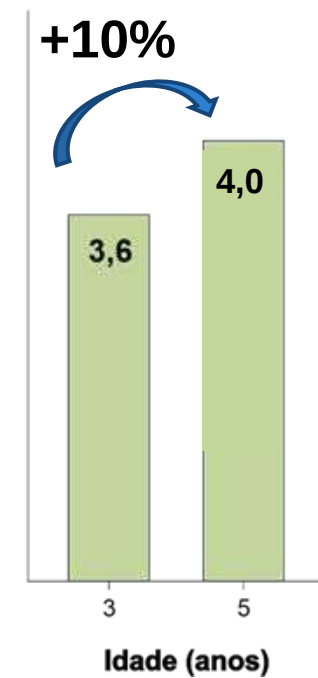
E. grandis x *E. Urophylla*; PA
Silva (2011)



Eucalyptus sp.; MG
Neves et al. (2013)



E. urophylla; MG
Castro (2011)



E. urophylla; BA
dos Santos et al. (2024)

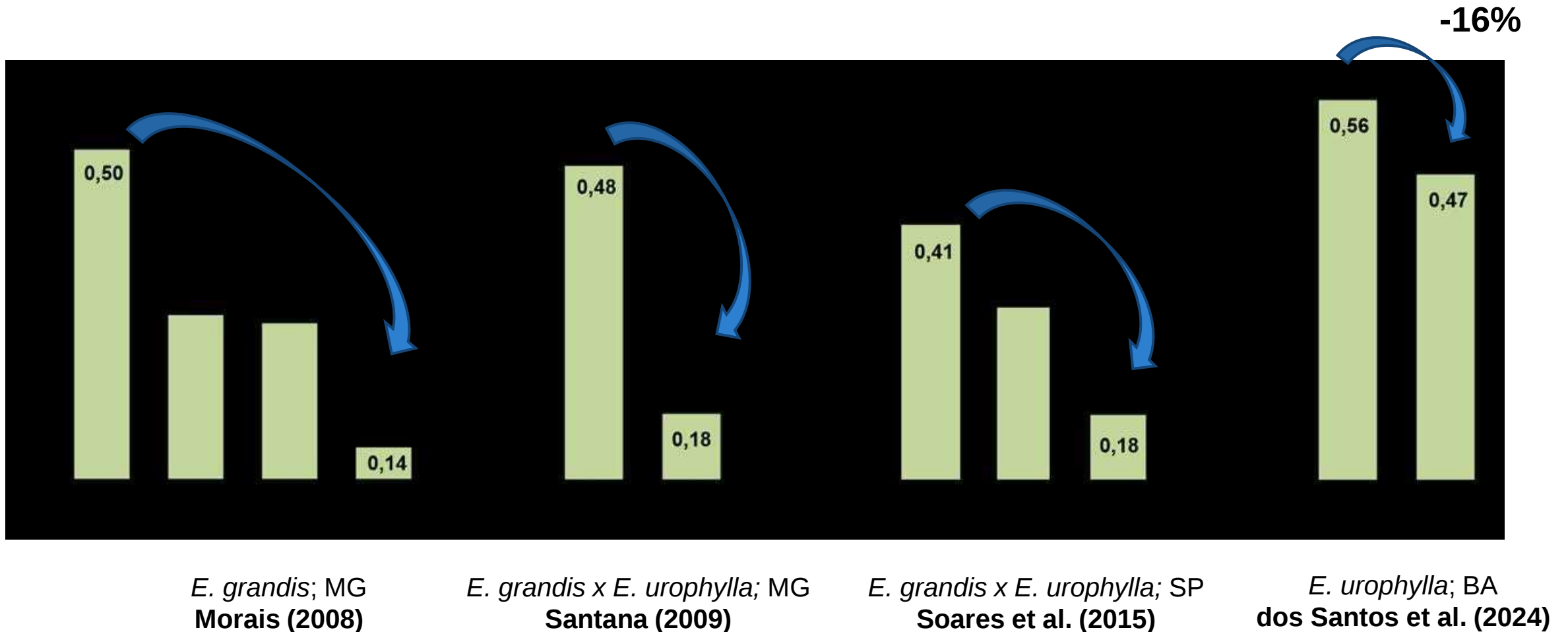


- Componentes inorgânicos da madeira;
- "Indesejáveis" para a indústria de celulose e papel, bem como para a produção de carvão vegetal;
- **Decréscimo com a maturidade das árvores.**

Árvores jovens demandam maiores quantidades de minerais ➡ metabolismo ser mais acelerado.

Idade x Química

Cinzas



E. grandis; MG
Morais (2008)

E. grandis x *E. urophylla*; MG
Santana (2009)

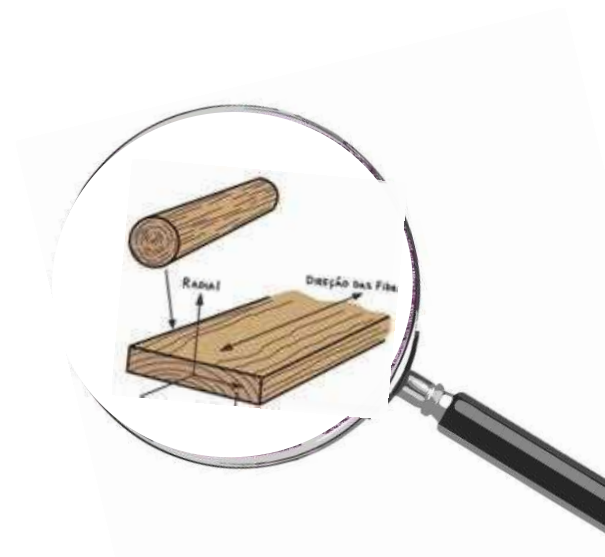
E. grandis x *E. urophylla*; SP
Soares et al. (2015)

E. urophylla; BA
dos Santos et al. (2024)

Idade x Mecânica



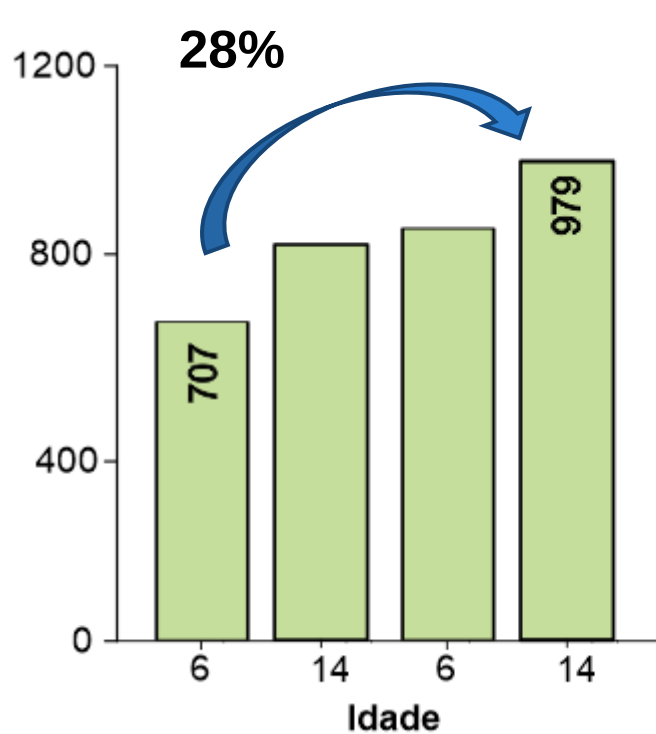
- Os módulos de elasticidade (MOE) e de ruptura (MOR) apresentam a mesma **tendência de crescimento em relação à idade da árvore.**



Idade x Mecânica

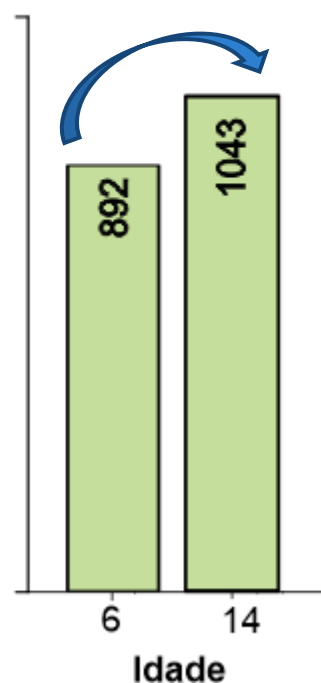


MOR (kgf/cm²)



E. grandis; PR
Silva et al. (2005)

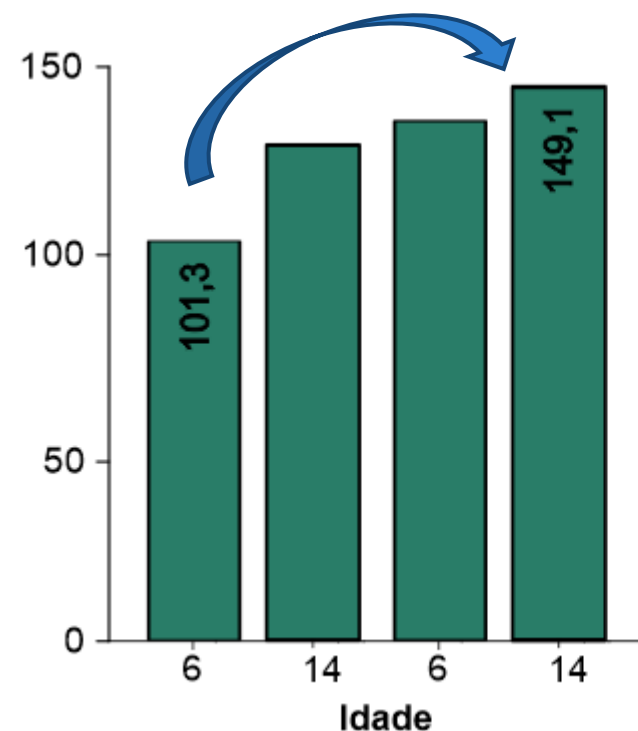
15%



E. urophylla x *E. grandis*; BA
Gonçalves et al. (2009)

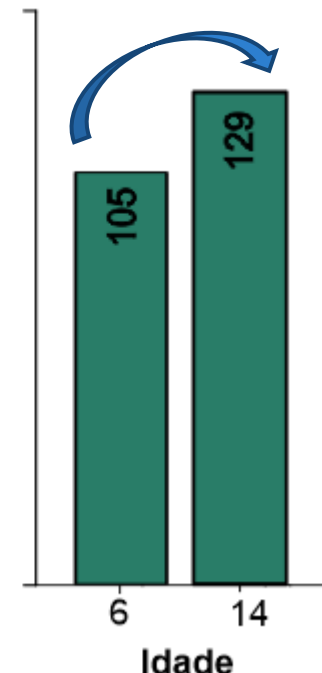
MOE (kgf/cm²)

32%



E. grandis; PR
Silva et al. (2005)

19%



E. urophylla x *E. grandis*; BA
Gonçalves et al. (2009)

Considerações finais



Densidade básica
Espessura da parede das fibras
Comprimento das fibras
Diâmetro dos vasos
Teor de celulose
Teor de extrativos
Resistência mecânica



Teor de hemiceluloses
Teor de lignina
Teor de cinzas
Frequência de vasos



Variabilidade da madeira!

Considerações finais



De modo geral, as características da madeira estão sujeitas a grandes **variações em idades mais jovens**, tendendo a uma provável estabilização em idades mais avançadas.



Atenção ao antecipar a idade de corte.

1 ano de diferença na idade de corte já tem impacto significativo na qualidade da madeira.

Considerações finais



O impacto da idade das árvores nas propriedades da madeira de eucalipto apresenta **respostas diferenciadas** para cada material genético.

NÃO PODEMOS GENERALIZAR!

Mas é muito importante buscar tendências que irão auxiliar no setor florestal.



Referências



- Dos Santos, V. B. et al. Impact of age and genotype on the quality of eucalyptus wood for dissolving pulp. **Industrial Crops and Products**. 2024.
- Gonçalves, F. G. et al. Estudo de algumas propriedades mecânicas da madeira de um híbrido clonal de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, 2019.
- Morais, P. H. D. **Efeito da idade da madeira de eucalipto na sua química e polpabilidade, e branqueabilidade e propriedades físicas da polpa**. 2008. 65 f. Dissertação (Mestrado em Agroquímica) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2008.
- Neves, T. A. et al. Wood quality from clones of *Eucalyptus* at different ages for bioenergy production. **Revista de Ciências Agrárias**. 2013.
- Santos, L. M. H. **Alterações do cerne e da densidade da madeira de eucalipto em função da idade e do espaçamento de plantio**. 2019. Dissertação. UFES. 2019.
- Santana, W. M. **Crescimento, produção e propriedades da madeira de um clone de *Eucalyptus grandis* e *E. urophylla* com enfoque energético**. 2009. 95 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia da Madeira) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009.
- Sette Junior, C. R. et al. Efeito da idade e posição de amostragem na densidade e características anatômicas da madeira de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 36, n. 6, p. 1183-1190, 2012
- Silva, J. D. C. Influência da idade e da posição radial na flexão estática da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex. Maiden. **Revista Árvore**, 2005.
- Silva, J. D. C. et al. Influência de idade e da posição radial nas dimensões das fibras e dos vasos da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex. Maiden. **Revista Árvore**, 2007.



F Ó R U M
DE QUALIDADE
DA MADEIRA
Vitória 2025



vaniele.santos@klabin.com.br



Vaniele Bento dos Santos
Pesquisadora Klabin



UFES
NUQMA
NÚCLEO DE PESQUISA EM QUALIDADE DA MADEIRA



Universidade Federal
do Espírito Santo