

**Construção de modelos preditivos da densidade básica da madeira de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden pela espectroscopia no infravermelho próximo (NIRS)**

**Autores**

**Caroline Américo da Silva**, Mariana Pires Franco, Roger Chambi Legoas, Lucas Sene Oste, Samara Franzol, Mario Tomazello Filho, Gilles Chaix

# INTRODUÇÃO

- **Importância do gênero *Eucalyptus*, espécies e outras espécies para plantios;**
- **Densidade básica da madeira ( $\text{g/cm}^3$ ):** característica físico-química, resultante das interações do genótipo x fenótipo, sendo correlacionada com a anatomia do lenho.
  - **Métodos demorados;**
    - **Destrutivos;**
    - **Pouco replicáveis.**

# OBJETIVOS

- Obter modelos de predição da densidade básica ( $\text{g/cm}^3$ ) de *Eucalyptus grandis* com técnica da espectroscopia no infravermelho próximo (NIRS), utilizando análises multivariadas de PLS.



# METODOLOGIA

- Local de estudo na Estação Experimental de Ciências Florestais de Itatinga, da ESALQ/USP



# METODOLOGIA

- **Delineamento Experimental**

	108 metros					
<b>BLOCO 1</b>	<b>C/+A</b>	<b>K/+A</b>	<b>Na/+A</b>	<b>K/-A</b>	<b>Na/-A</b>	<b>C/-A</b>
<b>BLOCO 2</b>	<b>K/-A</b>	<b>Na/-A</b>	<b>C/-A</b>	<b>K/+A</b>	<b>C/+A</b>	<b>Na/+A</b>
<b>BLOCO 3</b>	<b>K/-A</b>	<b>C/-A</b>	<b>Na/-A</b>	<b>K/+A</b>	<b>C/+A</b>	<b>Na/+A</b>

96 metros

**C/+A:** controle + 100% de chuva;  
**Na/+A:** sódio + 100% de chuva;  
**K/+A:** potássio + 100% de chuva;  
**C/-A:** controle + 66% de chuva;  
**Na/-A:** sódio + 66% de chuva;  
**K/-A:** potássio + 66% de chuva.

# METODOLOGIA

- **Delimitação Experimental**

	108 metros					
<b>BLOCO 1</b>	<b>C/+A</b>	<b>K/+A</b>	<b>Na/+A</b>	<b>K/-A</b>	<b>Na/-A</b>	<b>C/-A</b>
<b>BLOCO 2</b>	<b>K/-A</b>	<b>Na/-A</b>	<b>C/-A</b>	<b>K/+A</b>	<b>C/+A</b>	<b>Na/+A</b>
<b>BLOCO 3</b>	<b>K/-A</b>	<b>C/-A</b>	<b>Na/-A</b>	<b>K/+A</b>	<b>C/+A</b>	<b>Na/+A</b>

96 metros

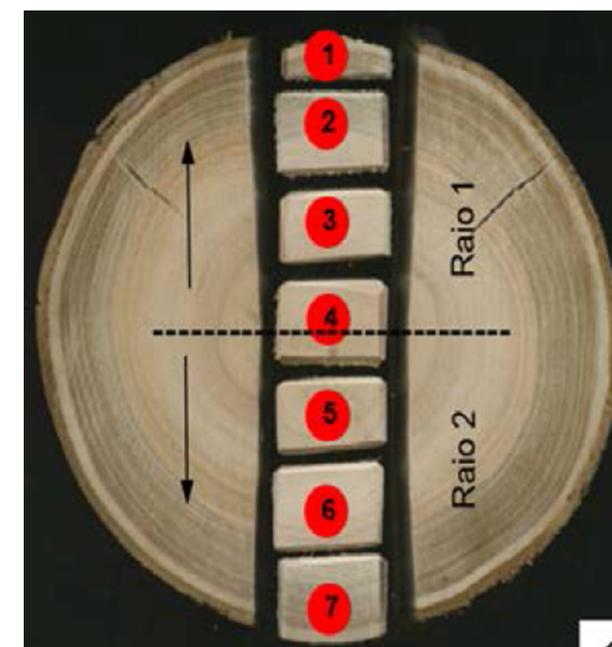


# METODOLOGIA

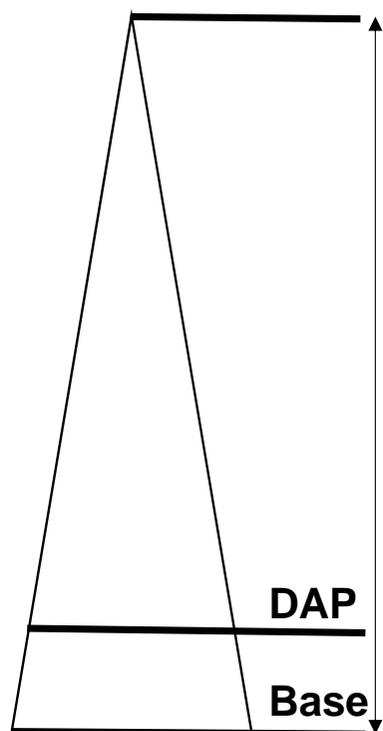
- **Amostragem**

- ✓ 54 árvores de 5 anos
- ✓ 48 árvores de 6 anos

Discos da base e do DAP

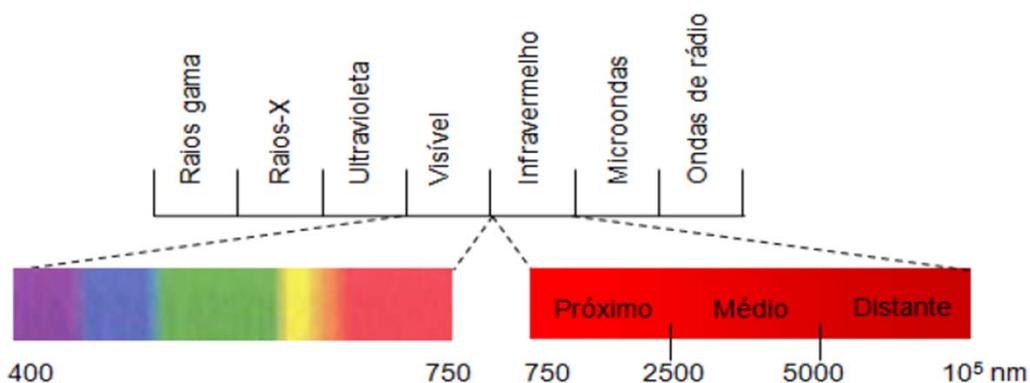


1.222 corpos de prova



# METODOLOGIA

- **Análises do NIRS**



- ✓ **Esfera de Integração: 12.800 – 3.600 cm<sup>-1</sup> (780 – 2.778 nm)**
- ✓ **Sonda de fibra óptica: 12.500 – 4.000 cm<sup>-1</sup> (800 – 2.500 nm)**

# METODOLOGIA

- **Determinação da densidade básica**
  - ✓ **Máximo teor de umidade**

$$DB = \frac{ms}{mSat - (0,346Xms)}$$

**Onde:**

**DB:** densidade básica (g/cm<sup>3</sup>);

**ms:** massa seca (g);

**mSat:** massa saturada em água (g).



# RESULTADOS

- **Informações da densidade básica (g/cm<sup>3</sup>)**

## Conjunto amostral da esfera de integração

**n = 360** (calibração) + **119** (validação)

**Mínimo = 0,341 g/cm<sup>3</sup>**

**Máximo = 0,573 g/cm<sup>3</sup>**

**Média = 0,428 g/cm<sup>3</sup>**

**DV = 0,039 g/cm<sup>3</sup>**

**CV = 9,2 %**

## Conjunto amostral da fibra óptica

**n = 496** (calibração) + **247** (validação)

**Mínimo = 0,210 g/cm<sup>3</sup>**

**Máximo = 0,588 g/cm<sup>3</sup>**

**Média = 0,429 g/cm<sup>3</sup>**

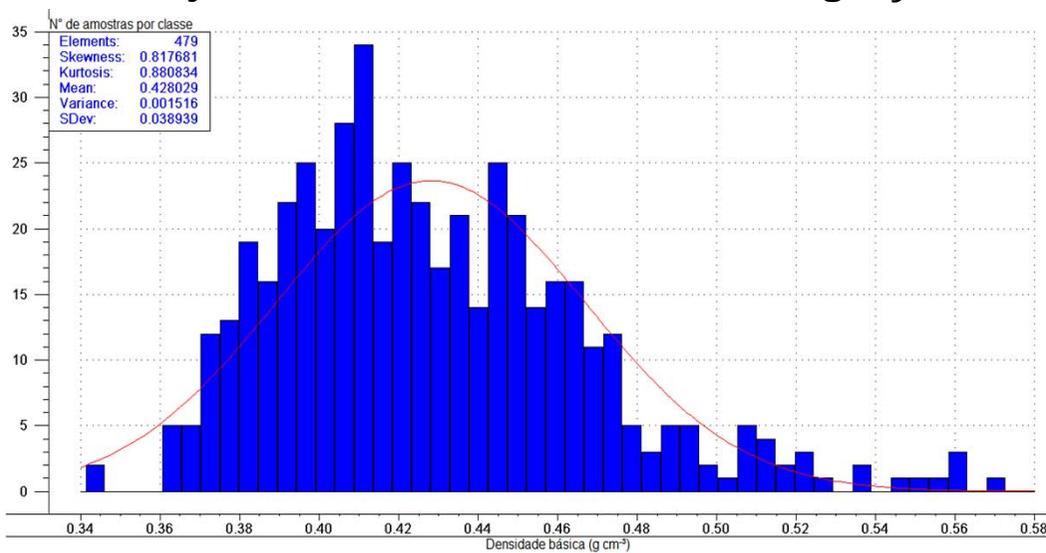
**DV = 0,041 g/cm<sup>3</sup>**

**CV = 9,4 %**

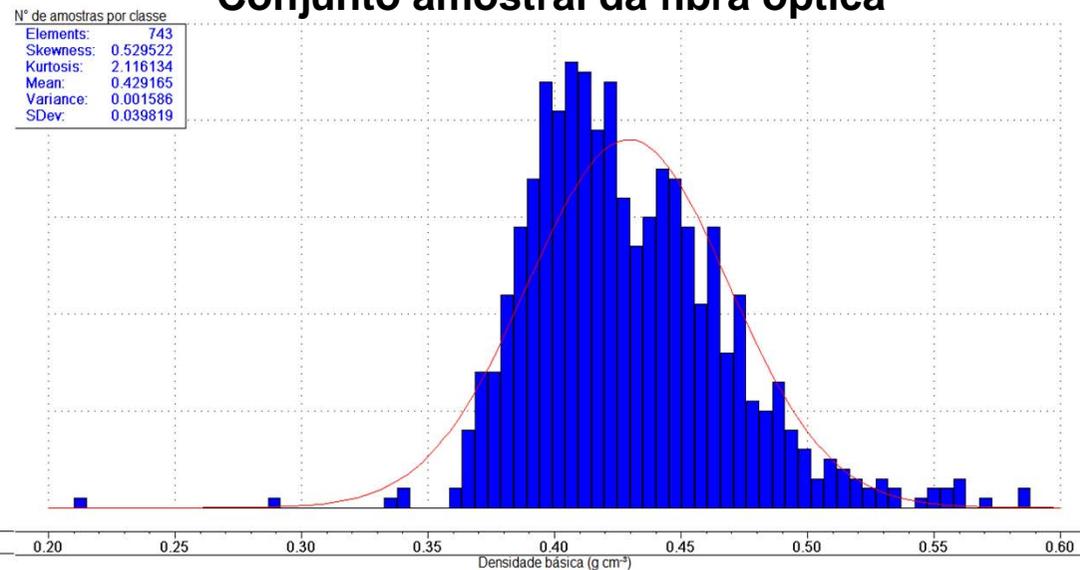
# RESULTADOS

- Histograma da distribuição por classe de densidade básica ( $\text{g/cm}^3$ )

### Conjunto amostral da esfera de integração



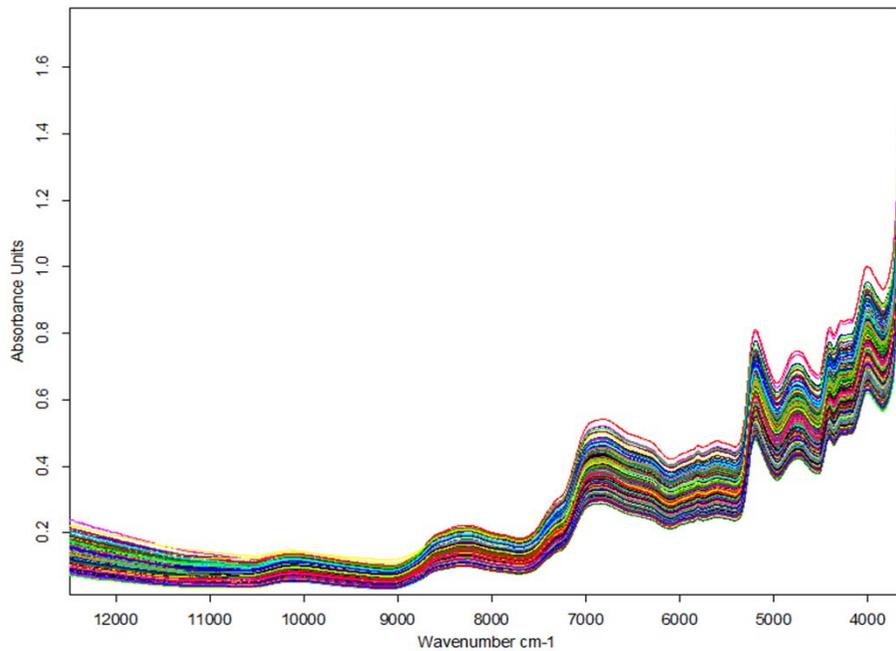
### Conjunto amostral da fibra óptica



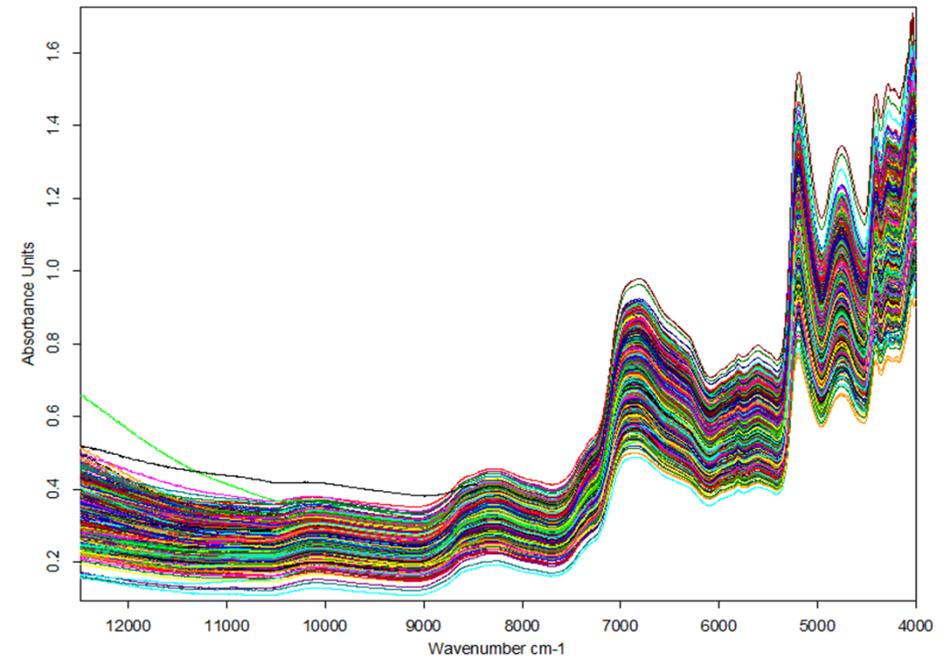
# RESULTADOS

- Espectros das amostras do DAP e da base de *E. grandis* obtidos com o NIRS

Conjunto amostral da esfera de integração



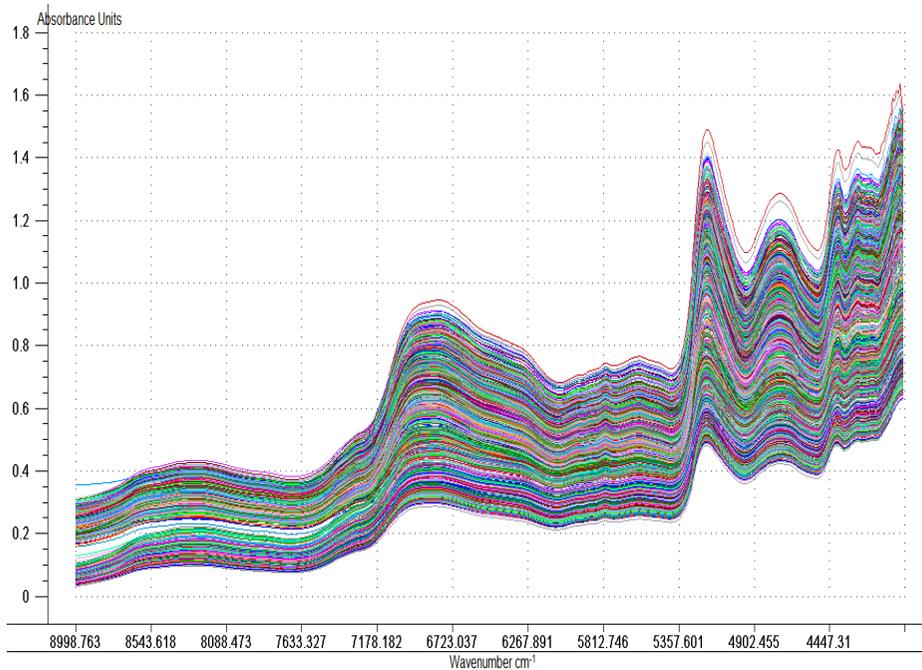
Conjunto amostral da fibra óptica



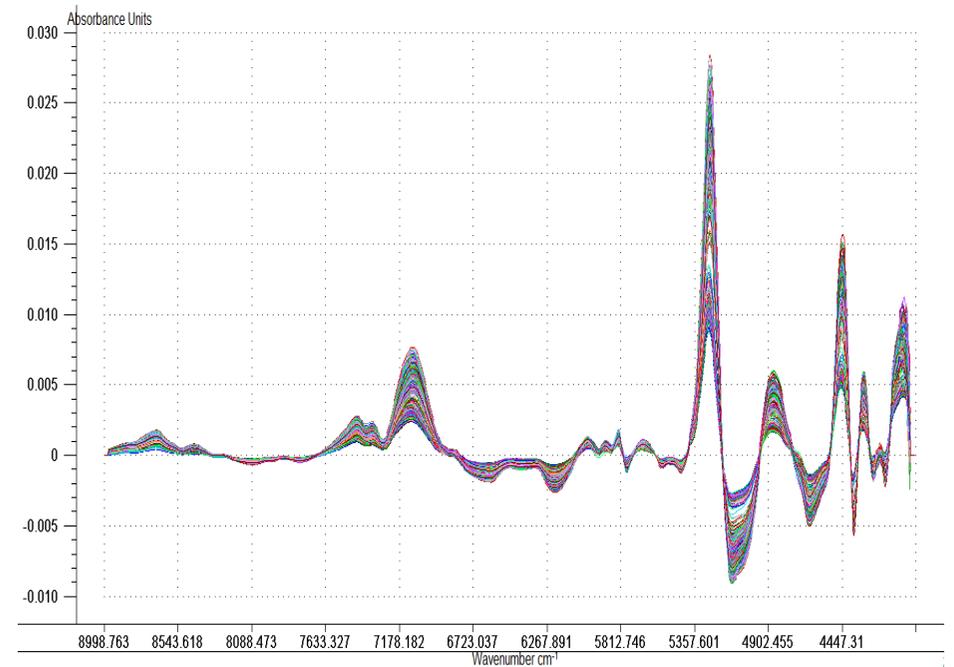
# RESULTADOS

- Espectros das amostras do DAP e da base de *E. grandis* obtidos com a esfera de integração e com a sonda de fibra óptica

Sem pré-tratamento

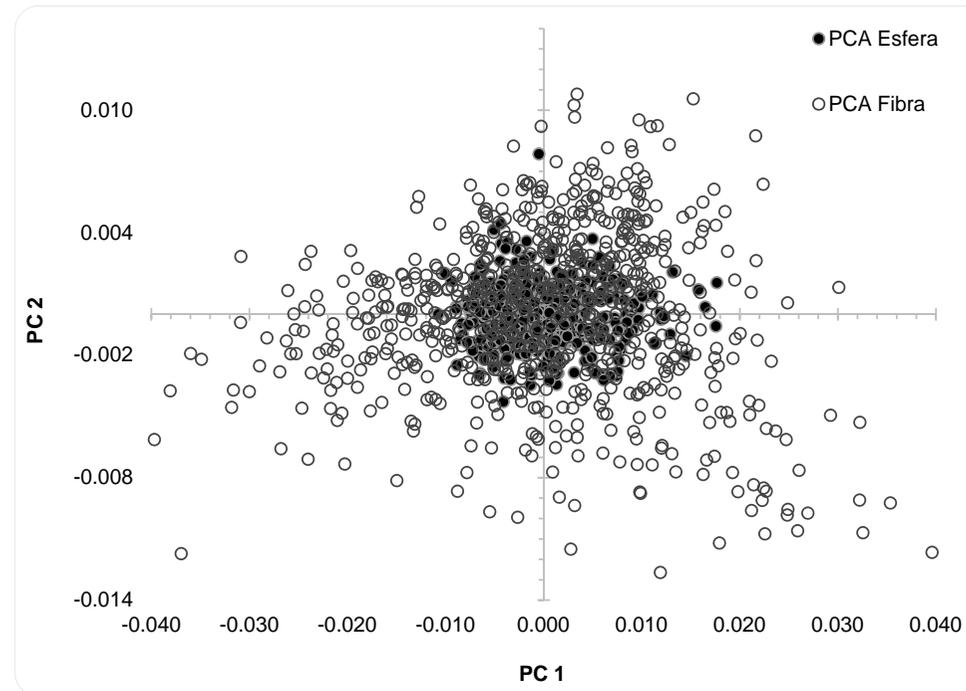


Pré-tratamento *Derivative 1*



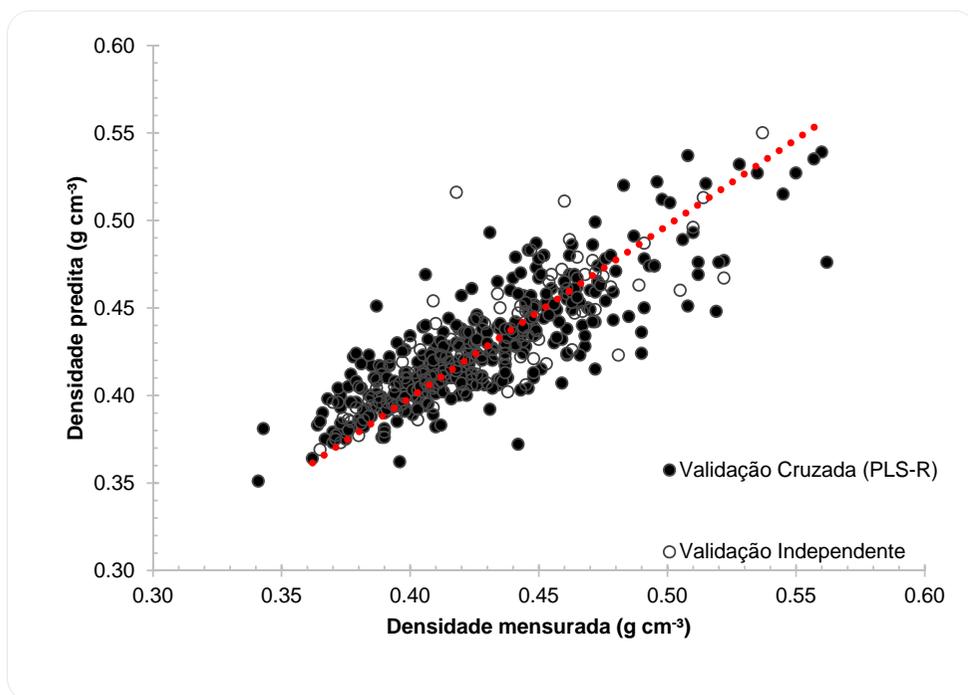
# RESULTADOS

- **Dispersão bidimensional dos scores da PC 1 e PC 2 das análises de componentes principais (PCA) dos espectros NIR obtidos com a esfera de integração e com as sondas de fibra óptica**



# RESULTADOS

- Modelo esfera de integração: Pré-tratamento *Derivative 1* + Sem Outliers (4)



**Calibração N = 356**

**$R^2_{cv} = 0,69$**

**RMSECV = 0,021 g/cm<sup>3</sup>**

**LV = 9**

**Validação N = 119**

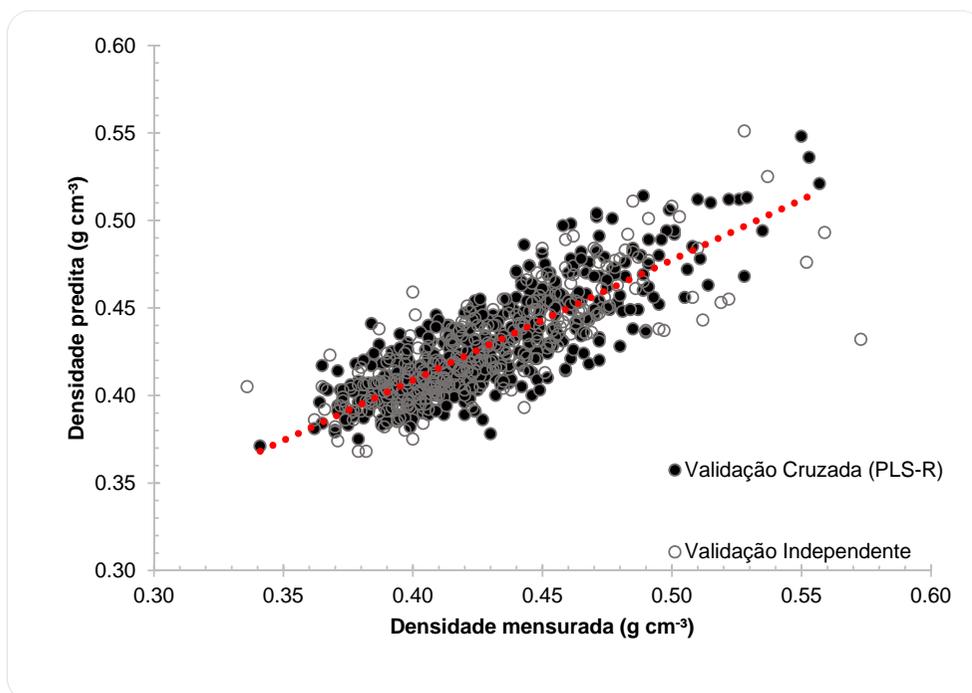
**$R^2_p = 0,67$**

**RMSEP = 0,022 g/cm<sup>3</sup>**

**RPD = 1,76**

# RESULTADOS

- Modelo sondas de fibra óptica: Sem pré-tratamento + Sem Outliers (5)



**Calibração N = 491**

**$R^2_{cv} = 0,65$**

**RMSECV = 0,022 g/cm<sup>3</sup>**

**LV = 5**

**Validação N = 247**

**$R^2_p = 0,62$**

**RMSEP = 0,024 g/cm<sup>3</sup>**

**RPD = 1,62**

# REFERÊNCIAS



CASTRO, Vinícius Resende de. **Aplicação de métodos não destrutivos na avaliação das propriedades físicas do lenho de árvores de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* Barr. et Golf. e *Tectona grandis* (L.f.)**. 2011. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011. doi:10.11606/D.11.2011.tde-13092011-112235. Acesso em: 2019-10-01.

CASTRO, Vinícius Resende de. **Efeitos do potássio, sódio e da disponibilidade hídrica no crescimento e qualidade do lenho de árvores de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden**. 2014. Tese (Doutorado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2014. doi:10.11606/T.11.2014.tde-28072014-150118. Acesso em: 2019-10-01.

FRANCO, Mariana Pires. **Efeito da substituição do potássio pelo sódio em árvores de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden, visando a expansão das plantações florestais sob condições de estresse hídrico**. 2014. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2014. doi:10.11606/D.11.2014.tde-28072014-145056. Acesso em: 2019-10-01.

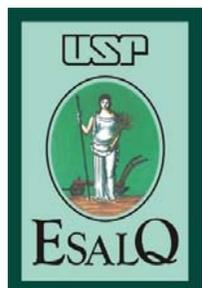
LEGOAS, Roger Chambi. **Efeito do potássio e do sódio no crescimento e nas propriedades do lenho de árvores de *Eucalyptus grandis* sob duas condições de regime hídrico**. 2015. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2015. doi:10.11606/D.11.2016.tde-08032016-134053. Acesso em: 2019-10-01.

FRANCO, Mariana Pires. **Plasticidade de árvores de *Eucalyptus grandis* no contexto das mudanças climáticas: interação do déficit hídrico e da fertilização no crescimento e qualidade do lenho das árvores**. 2018. Tese (Doutorado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2018. doi:10.11606/T.11.2018.tde-01082018-111322. Acesso em: 2019-10-01.

Gherardi Hein P. R., Tarcisio Lima J., Chaix G. 2009. **Robustness of models based on near infrared spectra to predict the basic density in *Eucalyptus urophylla* wood**. *Journal of near infrared spectroscopy* 17: 141-150

# Agradecimentos

A Deus!



iufro2019  
Curitiba • Brazil