



**Inventário florestal de um povoamento de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden  
x *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake em Três Lagoas MS.  
2025**

**Responsável técnico:** Nathália Faria de Sousa.  
Engenheira florestal na empresa CLAPAN Florestal  
**Contato:** [nathaliafaria@estudante.ufscar.br](mailto:nathaliafaria@estudante.ufscar.br)



### **Apresentação:**

A CLAPAN Florestal é uma empresa de consultoria e serviços florestais, especializada em processos relacionados a medições e execução de inventários. Com uma equipe de profissionais qualificados e reconhecidos no mercado, a empresa atua no setor florestal desde 2003. Sua sede está situada em Sorocaba, mas possui filiais distribuídas por todo o território nacional.



1. Introdução.....	3
2. Objetivo.....	3
3. Localização.....	3
4. Caracterização da Área.....	4
5. Metodologia.....	4
5.1 Coleta de dados.....	4
5.1.1 Medições efetuadas.....	5
5.1.1.1 Altura.....	5
5.1.1.2 Diâmetro à Altura do Peito (DAP).....	5
5.1.1.3 Caracterização das Árvores.....	5
5.1.1.4 Intensidade Amostral.....	5
5.2 Metodologia de Processamento.....	7
5.2.1 Cubagem Rigorosa.....	7
5.2.2 Modelo Volumétrico.....	8
5.2.3 Hipsometria.....	8
5.2.4 Método de Amostragem.....	9
6. Resultados.....	9
6.1 Modelo Volumétrico.....	9
6.2 Krigagem e Amostragem Casual Estratificada.....	10
6.3 Qualidade da Floresta.....	12
Anexo 1.....	13
8. Referências.....	15



## **1. Introdução**

O Inventário Florestal trata dos métodos para se obter informações a respeito da cobertura vegetal e exprime características qualitativas e quantitativas de espécies distribuídas em florestas. Portanto, o Inventário consiste na aplicação de técnicas de medição para se obter informações das espécies existentes numa determinada área (INSTITUTO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS, 2016).

## **2. Objetivo**

Realizar um inventário florestal para estimar o volume comercial com casca, considerando um diâmetro mínimo de aproveitamento de 3 cm (com casca), em um povoamento de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden x *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake, localizado na cidade de Três Lagoas, no estado do Mato Grosso do Sul.

## **3. Localização**

A fazenda selecionada para a realização do inventário está situada no município de Três Lagoas, no estado do Mato Grosso do Sul, Brasil, com coordenadas geográficas de 20°47'34"S 51°51'54"W.



**Figura 1:** Mapa de localização da fazenda obtida através do software Qgis

## 4. Caracterização da Área

O município de Três Lagoas possui uma área de 10.217 km<sup>2</sup> e uma população de 132 mil habitantes, segundo dados do IBGE (2022). De acordo com a classificação climática de Köppen-Geiger, a região é classificada como Aw, caracterizada por verões chuvosos e invernos secos, com uma precipitação média anual de 1.302,4 mm. A temperatura média anual é de 25,35°C, sendo junho e julho os meses mais frios (INMET). Em relação ao solo, o município de Três Lagoas/MS apresenta em sua área de abrangência a predominância de Argissolos, Gleissolos, Latossolos e Neossolos (EMBRAPA, 2018).

A fazenda em estudo possui uma área total de 136,18 hectares, divididos em 9 talhões de tamanhos variados.

## 5. Metodologia

### 5.1 Coleta de dados

As informações iniciais, como espaçamento, material genético, área total e data do plantio, foram fornecidas pelo proprietário da fazenda e posteriormente validadas em campo. Os demais dados foram obtidos por meio de uma amostragem sistemática, na qual a primeira



parcela foi sorteada aleatoriamente e as demais foram estabelecidas de forma equidistante. Foram implantadas 22 parcelas de 400 m<sup>2</sup> cada, distribuídas na área da fazenda.

### **5.1.1 - Medições efetuadas**

As medidas efetuadas nas parcelas estão apresentadas a seguir e foram registradas em tablets em campo.

#### *5.1.1.1 - Altura*

A altura das árvores foi obtida pelo método de Assman, onde mede-se a altura dos 100 árvores mais grossas (maior DAP) por hectare.

#### *5.1.1.2 - Diâmetro à altura do peito (DAP)*

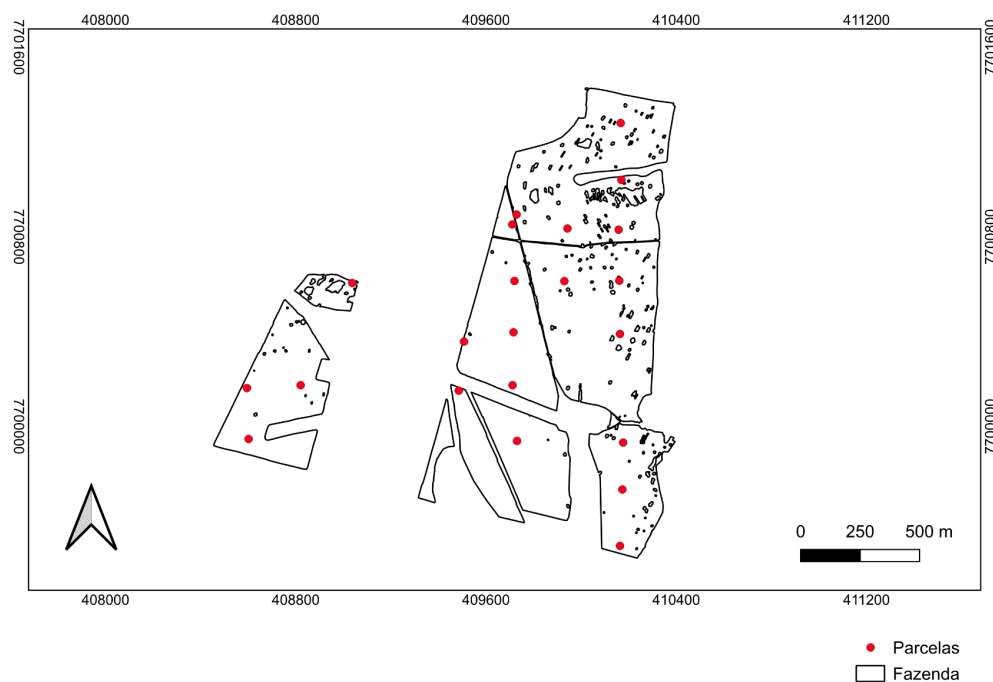
Os diâmetros à altura do peito (DAP) foram medidos a 1,3 metros do solo, utilizando uma fita diamétrica posicionada horizontalmente. Para árvores inclinadas, a fita foi posicionada de forma perpendicular ao eixo do tronco e em árvores bifurcadas os diâmetros foram medidos em cada bifurcação separadamente.

#### *5.1.1.3 - Categorização das árvores*

As árvores medidas em campo foram categorizadas para avaliar o plantio também de forma qualitativa. As categorias foram: “Normal”, “Morta”, “Dominante”, “Falha”, “Toco”, “Bifurcada acima do DAP”, “Bifurcada abaixo do DAP”, “Copa Inclinada”, “Inclinada”, “Tortuosidade leve”, “Ponta seca” e “Deformação no DAP”.

#### *5.1.1.4 - Intensidade Amostral*

No presente inventário, a intensidade amostral foi de uma parcela a cada 6,19 hectares, sendo 22 parcelas distribuídas de forma sistemática na área da fazenda de 136,18 hectares organizadas conforme a *Figura 2*.



**Figura 2.** Distribuição das parcelas na área da fazenda.

## 5.2 Metodologia de Processamento

Os dados obtidos sofreram análises estatísticas com uso do software R. Além disso, as avaliações espaciais foram realizadas através do Qgis.

### 5.2.1 Cubagem Rigorosa

Para obter o volume comercial, utilizou-se a cubagem rigorosa por meio da equação de *Smalian (1)* nas árvores selecionadas, adotando um diâmetro mínimo de aproveitamento de 3 cm com casca.

$$V_i = \left( \frac{g_i + g_{i+1}}{2} \right) \cdot L \quad (1)$$

onde:

V = volume da seção considerada

$g_i$  = área seccional do extremo da seção

$g_{i+1}$  = área seccional do outro extremo da seção

$L$  = comprimento da seção

Nesse método os volumes são obtidos através do produto da média aritmética dos extremos de cada seção pelo comprimento da seção.

### 5.2.2 Modelo Volumétrico

Para estimar os volumes das parcelas, foram testados no software R seis modelos volumétricos, incluindo modelos lineares e não lineares, a fim de obter as melhores estimativas.

Autores	Modelos
Berkhout	$v = \beta_0 \times dap^{\beta_1}$
Spurr	$v = \beta_0 + \beta_1 (dap^2 ht)$
Spurr(logarítmica)	$\ln(v) = \beta_0 + \beta_1 \times \ln(dap^2 ht)$
Schumacher & Hall	$v = \beta_0 \times dap^{\beta_1} \times ht^{\beta_2}$
Schumacher & Hall(logarítmica)	$\ln(v) = \beta_0 + \beta_1 \times \ln(dap) + \beta_2 \times \ln(ht)$
Takata	$v = (dap^2 ht) / (\beta_0 + \beta_1 \times dap)$

onde:  $v$ =volume individual [ $m^3/arv$ ],  $dap$ =diâmetro na altura do peito [ $cm$ ] e  $ht$  = altura total [ $m$ ].

**Tabela 1.** Modelos volumétricos

O objetivo dos testes foi identificar os modelos que apresentassem os menores erros percentuais, os melhores coeficientes de determinação e, por meio da análise gráfica, verificar se os resíduos seguem uma distribuição normal.

### 5.2.3 Hipsometria

A fim de obter as alturas de árvores que não foram medidas, foi realizado as estimativas de altura por meio do modelo hipsométrico de *Curtis* (2)

$$\log Ht = \beta_0 + \beta_1 \times \left(\frac{1}{DAP}\right) \quad (2)$$

Onde:

$Ht$  = altura total



DAP = Diâmetro na altura do peito

$\beta_0$  e  $\beta_1$  = Parâmetros de regressão

O modelo foi ajustado por parcelas , permitindo que os parâmetros fossem ajustados de acordo com as condições de cada unidade amostral, visando adaptar as estimativas às particularidades locais, assim melhorando os resultados obtidos.

#### 5.2.4 Método de Amostragem

O procedimento de amostragem adotado, após a verificação dos dados, foi a Amostragem Casual Estratificada (ACE) com base no critério de produtividade. Esse método foi escolhido porque agrupa a variável de interesse (produtividade) em categorias de valores semelhantes, o que permite reduzir o erro percentual das estimativas. A produtividade foi selecionada como variável de interesse porque outras variáveis, como espaçamento e material genético, apresentavam pouca representatividade, já que havia apenas um espaçamento e dois materiais genéticos. Dessa forma, a estratificação por produtividade mostrou-se mais eficaz para garantir a representatividade do inventário.

## 6. Resultados

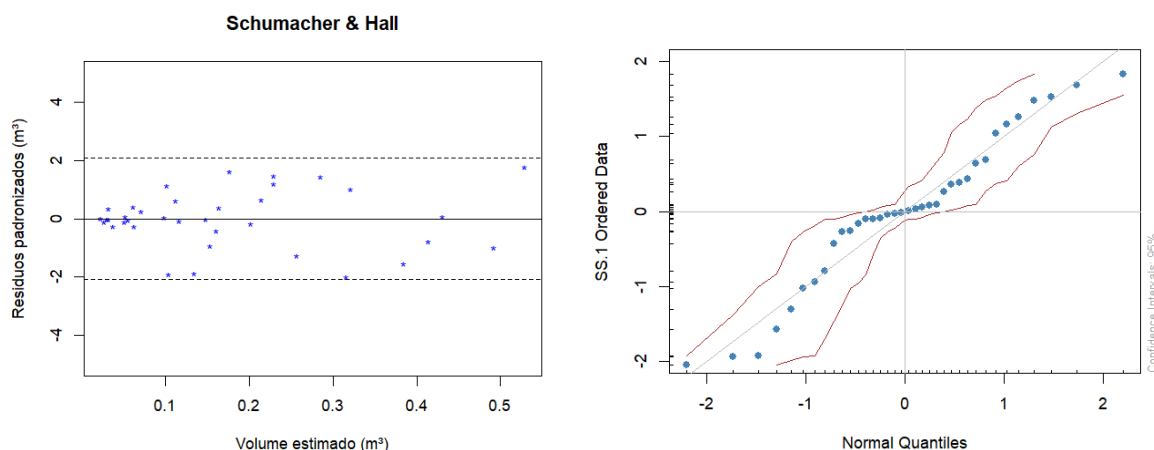
### 6.1 Modelo Volumétrico

A primeira avaliação realizada para a seleção do melhor modelo foram os valores do Erro Padrão residual (%), que podem ser observados na *Tabela 2*.

	Modelo	Erro Padrão Residual (%)
1	Berkhout	13,34
4	Schumacher e Hall	5,74
5	Schumacher e Hall Logarítmico	4,51
2	Spurr	5,70
3	Spurr Logarítmico	4,47
6	Takata	5,68

**Tabela 2.** Erro padrão residual em seis modelos testados

Apesar dos modelos Logarítmicos apresentarem menor erro, eles foram desconsiderados por apresentarem outliers nas análises gráficas, que podem ser verificadas no [Anexo I](#). Os modelos que apresentaram as melhores distribuições dos resíduos padronizados e a normalidade dos dados foi o modelo de *Schumacher e Hall*, que pode ser observado na *figura 3*.



**Figura 3.** Normalidade do modelo Schumacher & Hall e resíduos studentizados.

O primeiro gráfico avalia a variabilidade dos resíduos e identifica a presença de valores que ultrapassam a faixa de dois desvios padrão, indicando possíveis outliers. O resultado demonstra que os valores estimados pelo modelo de *Schumacher e Hall* estão predominantemente próximos da faixa zero, sugerindo a ausência de outliers e uma distribuição adequada dos resíduos.

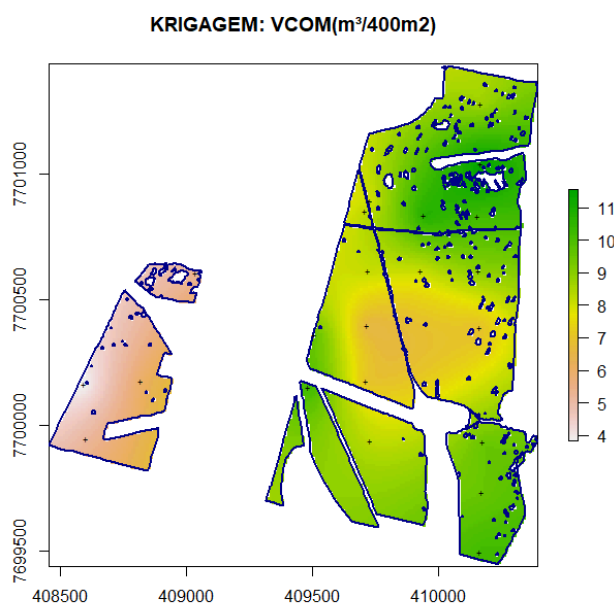
Já o segundo gráfico, chamado de *Quantile-Quantile Plot* avalia se os pontos se alinham aproximadamente na reta diagonal, sugerindo que os resíduos são próximos de uma distribuição normal. O modelo, apesar de apresentar uma leve abertura na parte superior em maiores valores de volume, ainda apresenta um padrão aceitável nas observações (dentro da faixa vermelha).

## 6.2 Krigagem e Amostragem Casual Estratificada

A partir do volume calculado para os indivíduos amostrados em cada parcela, foi possível estimar o volume total por unidade amostral. Na Krigagem, cada parcela é representada por um pixel georreferenciado, ao qual é atribuído o valor de volume observado. Utilizando o arquivo shapefile da fazenda, os valores dos pixels das parcelas foram

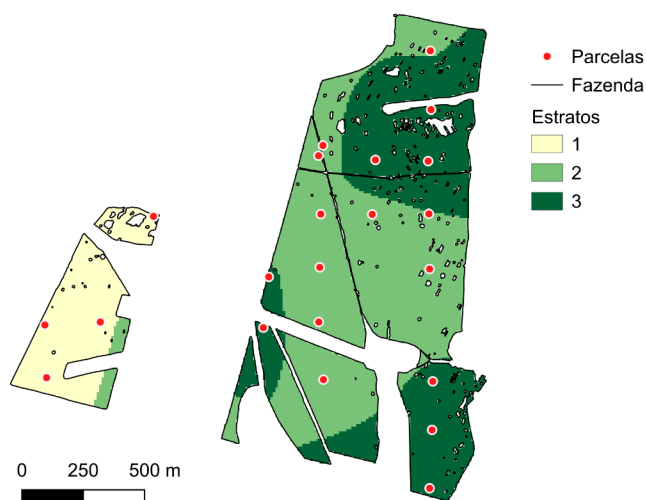
associados aos pixels correspondentes da área total da fazenda, mantendo o mesmo sistema de coordenadas. Dessa forma, foi feita a aplicação da Krigagem Ordinária, método geoestatístico que estima valores em locais não amostrados com base na correlação espacial dos dados existentes, considerando a distância e a variabilidade entre os pontos amostrados. Como resultado, gera-se uma superfície contínua que representa a distribuição espacial da variável de volume com casca em toda a extensão da fazenda.

No *software R* com auxílio dos pacotes *GeoR*, *Sf* e *raster* foi possível o desenvolvimento de um mapa da distribuição de volume pela área da parcela (400 m<sup>2</sup>).



**Figura 4.** Mapa de volume por parcela na área da fazenda

A partir desse mapa, foram feitas alterações com o uso do *software Qgis* para separar a área da fazenda em estratos de acordo com a distribuição da produtividade no local. Para isso, atribuiu-se valores menores e iguais a 6,4 m<sup>3</sup>/400 m<sup>2</sup> como estrato 1, valores entre 6,4 m<sup>3</sup>/400 m<sup>2</sup> e 9 m<sup>3</sup>/400 m<sup>2</sup> como estrato 2 e maiores que 9 m<sup>3</sup>/400 m<sup>2</sup> como estrato 3, como mostra a *Figura 5*.



**Figura 5.** Mapa da fazenda estratificado.

Com a definição dos estratos, foi possível calcular a área de cada um deles com base nos polígonos gerados, identificando quais parcelas estavam contidas em cada estrato. A partir dessa organização, os cálculos referentes à Amostragem Casual Estratificada foram realizados utilizando o software R. Os resultados obtidos para um intervalo de confiança de 95% estão apresentados na *Tabela 4*.

Resultados	
Volume total populacional	28689,26 m <sup>3</sup>
Erro percentual	4,12%
Intervalo de confiança populacional	27506,82m <sup>3</sup> ≤T≤29871,69m <sup>3</sup> (α= 5% )
Erro populacional	1182,43 m <sup>3</sup>
Área Total	136,18 ha
Parcelas cabíveis	3404,5
Erro m <sup>3</sup> /parcela	0,34 m <sup>3</sup>
Volume médio por hectare	210,67 m <sup>3</sup> /ha
Erro por hectare	8,68 m <sup>3</sup> /ha

**Tabela 4.** Resultados do processamento de inventário a partir da Amostragem Casual Estratificada para um intervalo de confiança de 95%.

### 6.3 Qualidade da Floresta

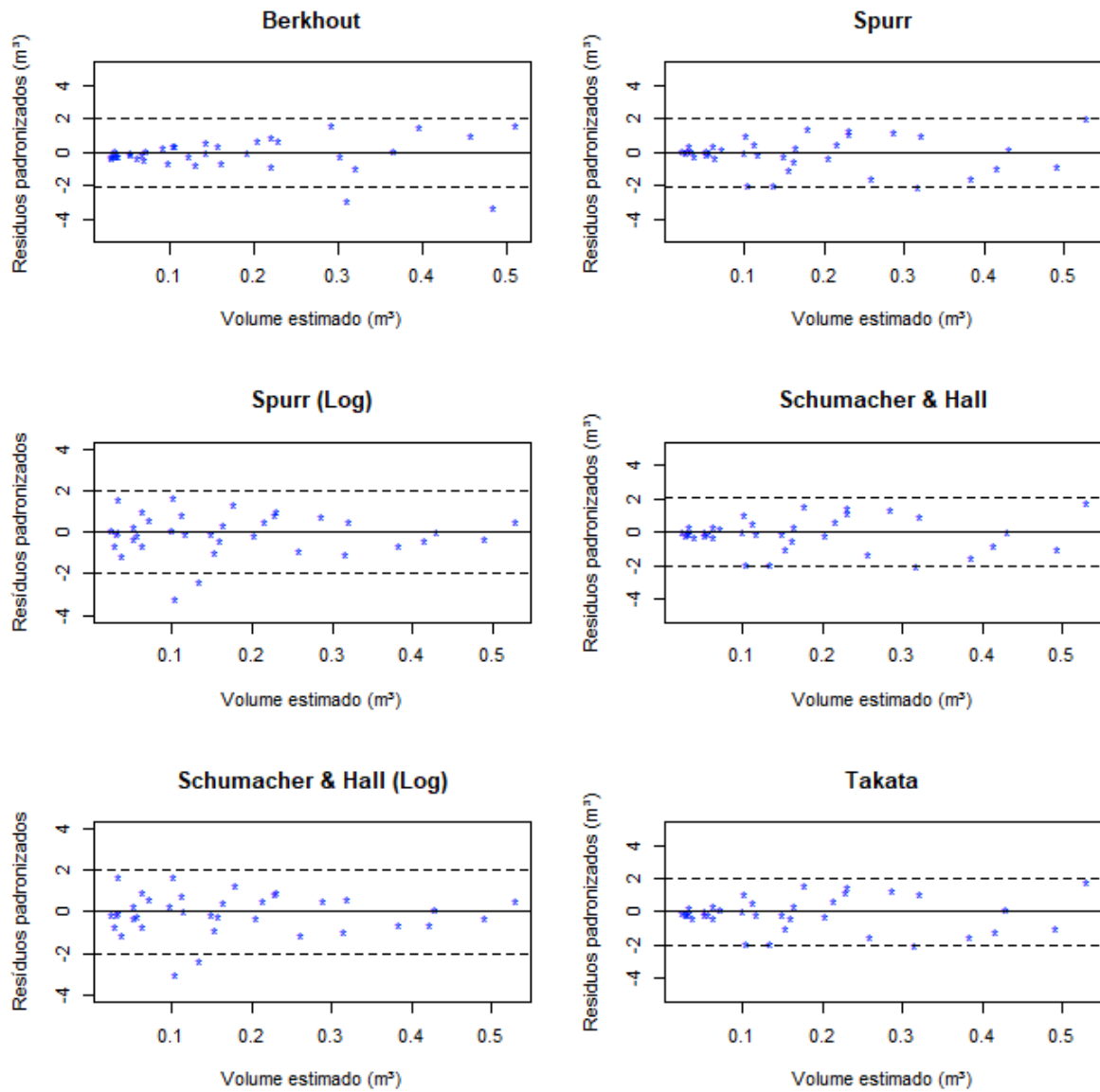
Com base nos dados coletados em campo, foi realizado um levantamento das condições das árvores, identificando um total de 1.150 fustes. As condições observadas por talhão e para a fazenda como um todo estão detalhadas na *Tabela 5*.

Plantio	1	2	3	4	5	6	7	8	Total Fazenda
MORTA (%)	4,3%	0,0%	0,0%	2,0%	0,0%	0,0%	2,1%	0,0%	<b>0,9%</b>
NORMAL (%)	73,8%	71,3%	66,0%	72,5%	82,7%	80,8%	95,0%	78,8%	<b>76,8%</b>
BIFURCADA ABAIXO DO DAP (%)	0,0%	1,3%	4,3%	7,8%	0,0%	0,0%	3,5%	1,2%	<b>1,5%</b>
BIFURCADA ACIMA DO DAP (%)	0,7%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	3,0%	0,7%	1,8%	<b>1,3%</b>
COPA INCLINADA (%)	0,0%	10,7%	0,0%	0,0%	0,0%	0,5%	1,4%	0,3%	<b>1,7%</b>
DEFORMAÇÃO NO DAP (%)	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	1,5%	<b>0,4%</b>
DOMINADA (%)	0,7%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,6%	<b>0,3%</b>
DOMINANTE (%)	8,5%	8,0%	8,5%	7,8%	7,7%	8,1%	8,5%	7,1%	<b>7,6%</b>
FALHA (%)	10,6%	1,3%	8,5%	3,9%	7,7%	5,6%	4,3%	5,6%	<b>5,5%</b>
INCLINADA (%)	0,0%	7,3%	12,8%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	1,2%	<b>1,8%</b>
PONTA SECA (%)	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,7%	0,3%	<b>0,2%</b>
QUEBRADA (%)	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,9%	<b>0,3%</b>
TOCO (%)	1,4%	0,0%	0,0%	5,9%	0,0%	0,0%	5,0%	0,9%	<b>1,3%</b>
TORTUOSIDADE LEVE (%)	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	2,0%	0,0%	0,0%	<b>0,3%</b>

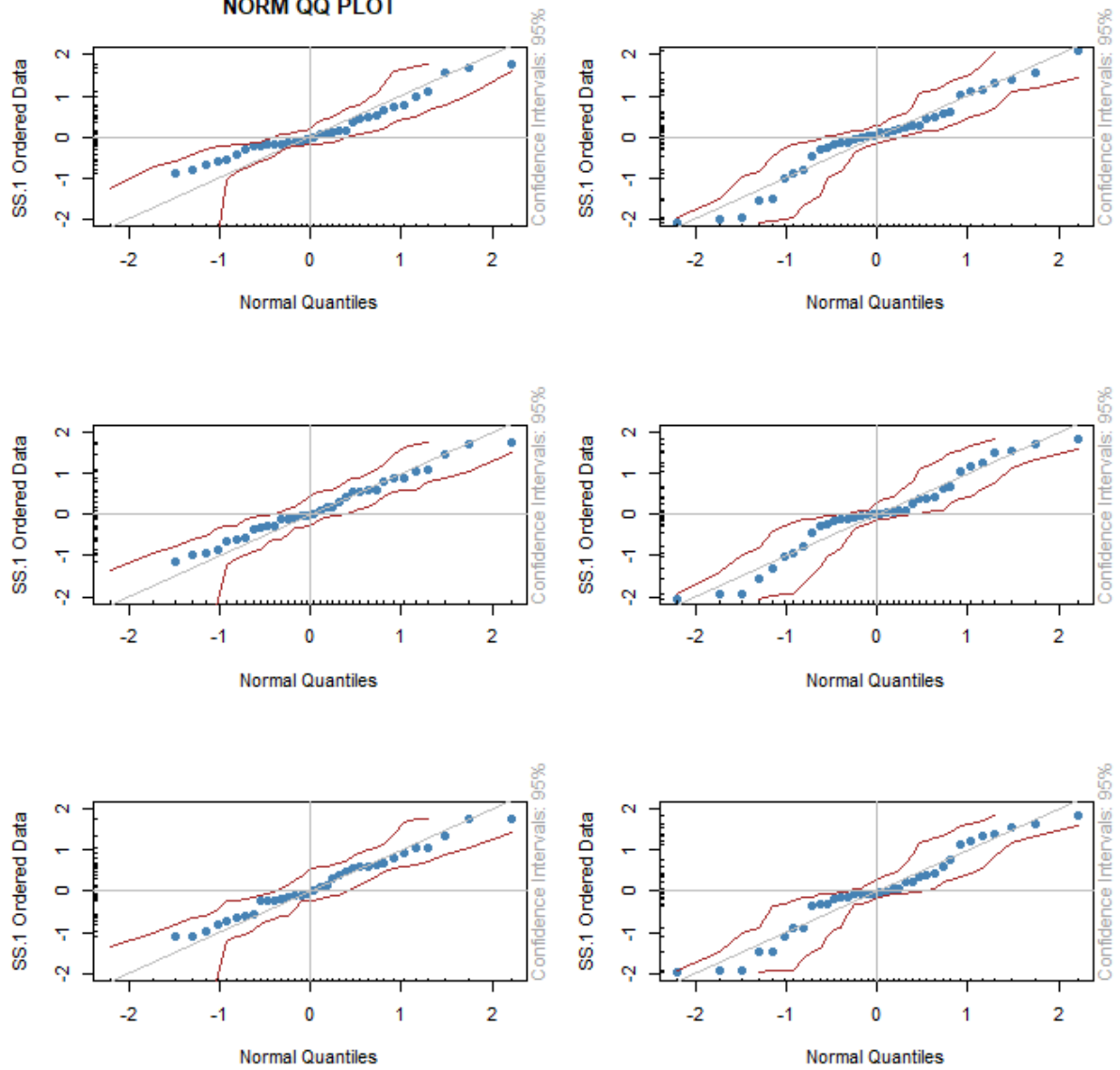
**Tabela 5.** Categoria das árvores observadas.

A partir da análise da tabela, verifica-se que a maior alteração observada refere-se às falhas. A mortalidade registrada foi de 0,9% entre os indivíduos avaliados. O talhão 8 destacou-se como o que apresentou o maior número de alterações, mas também foi o que teve o maior número de fustes analisados.

## ANEXO I



**NORM QQ PLOT**



## 7. Referências

**ESTUDOS DE CONCEPÇÃO E PROPOSTA DE USO FUTURO DA REGIÃO DAS LAGOAS DO MEIO E MENOR.** Disponível em:

<https://www.treslagoas.ms.gov.br/wp-content/uploads/2022/11/ESTUDOS-DE-CONCEPCAO-E-PROPOSTA-DE-USO-FUTURO-DA-REGIAO-DAS-LAGOAS-DO-MEIO-E-MENOR.pdf>. Acesso em: 20 fev. 2025.

**INVENTÁRIO FLORESTAL ATUALIZADO.** Disponível em:

[http://www.inema.ba.gov.br/wp-content/files/Inventario\\_florestal\\_atualizado\\_22022016.pdf](http://www.inema.ba.gov.br/wp-content/files/Inventario_florestal_atualizado_22022016.pdf). Acesso em: 20 fev. 2025.

ALMEIDA, Danilo Pinho de. **COMPORTAMENTO DAS PRECIPITAÇÕES NO MUNICÍPIO DE TRÊS LAGOAS, MATO GROSSO DO SUL, NO PERÍODO DE 1983 A 2015.** Disponível em:

<https://ppggeografiacptl.ufms.br/files/2021/04/COMPORTAMENTO-DAS-PRECIPITA%C3%87%C3%95ES-NO-MUNIC%C3%8DPIO-DE-TR%C3%8AS-LAGOAS-MATO-GROSSO-DO-SUL-NO-PER%C3%8DODO-DE-1983-A-2015-DANILO-PINHO-DE-ALMEIDA.pdf>. Acesso em: 20 fev. 2025.

ISABELA. **DISSERTAÇÃO.** Disponível em:

<https://ppggeografiacptl.ufms.br/files/2021/03/DISSERTA%C3%87%C3%83O-ISABELA.pdf>. Acesso em: 20 fev. 2025.