

**Espacialização e quantificação
do estoque volumétrico dos maciços**

Florestais COMERCIAIS do Estado de Santa Catarina



UDESC
UNIVERSIDADE
DO ESTADO DE
SANTA CATARINA



GOVERNO DE
**SANTA
CATARINA**
SECRETARIA DA AGRICULTURA
E PECUÁRIA

Governo do Estado de Santa Catarina
Secretaria de Estado da Agricultura e Pecuária - SAPE
Universidade do Estado de Santa Catarina
Centro de Ciências Agroveterinárias – CAV

COORDENAÇÃO GERAL

Marcos Benedito Schimalski

INVENTÁRIO FLORESTAL

Thiago Floriani Stepka
Geedre Adriano Borsoi
Leandro de Oliveira Wolff

EQUIPE TÉCNICA SECRETARIA

Teresinha Aparecida Lemos Lopes

MOTORISTAS

Darlan Dias Siqueira
Mauricio Sezerino
Ademir Lopes Pereira
Gelso Bonissoni
Marcio Gilberto Avila Ramos
José Fernando Lehmann

Governador do Estado

Jorginho Mello

Vice-Governador do Estado

Marilisa Boehm

Secretário de Estado da Agricultura e Pecuária

Carlos Chiodini

Secretário Adjunto

Admir Dalla Cort

Reitor Udesc

José Fernando Fragalli

Diretor CAV Udesc

André Thaler Neto

PROCESSAMENTO E VALIDAÇÃO DOS DADOS ORBITAIS

Ada Kauara Cantini Barbosa
Mauricio Jean Freisleben
João Vitor Bona
Veraldo Lisenberg
Marcos Benedito Schimalski

EQUIPE EXECUTIVA DO INVENTÁRIO FLORESTAL

Leandro de Oliveira Wolff
Rodrigo Schimitz
Fabricio Pereira da Costa
Anderson de Souza Leite
Éber de Andrade Seidler
Leonardo Lenoir
Luiz Felipe Souza Costa
Henrique Tadeu Ataíde Costa
Camilly Ferreira Fernandes
Gustavo Bussoli Branco
Tiago André Valliatti
Marchante Olímpio Assura Ambrósio
Maria Cecília de Farias
Jefferson Schimidt Brancher
Kauan Ceccato Bettin

Diretorias da Secretaria de Estado da Agricultura e Pecuária

Administração e Finanças

Jorge Apostolo Diamantaras

Cooperativismo e Desenvolvimento Rural

Léo Teobaldo Kroth

Desenvolvimento Sustentável e Fundário

Jairo Afonso Henkes

Qualidade e Defesa Agropecuária

Daniela Carneiro do Carmo

INTRODUÇÃO

O mapeamento e os inventários florestais desempenham um papel estratégico no planejamento e na gestão dos recursos naturais, especialmente em um país de dimensões continentais como o Brasil. Estados da federação com significativa atividade florestal oriunda de florestas plantadas comerciais, a obtenção de informações atualizadas e confiáveis sobre a cobertura florestal é essencial para orientar políticas públicas, promover o uso sustentável da terra e garantir a segurança jurídica dos empreendimentos florestais. O estado de Santa Catarina concentra uma parcela significativa das florestas plantadas do país e exercem papel de destaque na produção de madeira para serrarias, papel e celulose, painéis, energia e uma ampla variedade de produtos industriais. Diante disso, a compreensão detalhada da distribuição e extensão destes plantios é estratégica tanto para o setor público quanto para o setor privado.

Os inventários florestais permitem a coleta de informações precisas sobre a estrutura dos povoamentos, como idade, altura, diâmetro, volume e sortimentos diamétricos, além de aspectos qualitativos importantes, como sanidade, forma do fuste e espaçamento. Quando aliados ao mapeamento geoespacial, essas informações se tornam ainda mais valiosas,



pois possibilitam a visualização territorial dos plantios.

A realização periódica de inventários florestais também atende a uma demanda crescente por rastreamento da origem da madeira, especialmente em mercados internacionais. Certificações exigem comprovação da legalidade e sustentabilidade das operações florestais, o que só é possível com base em dados técnicos consistentes.

Do ponto de vista governamental, a existência de um sistema de mapeamento florestal contínuo é essencial para o planejamento territorial e econômico. Municípios com elevada concentração de florestas plantadas podem estruturar suas cadeias produtivas, identificar gargalos logísticos, promover políticas de fomento e até planejar a diversificação econômica. Além disso, o monitoramento evita conflitos fundiários, ajuda na regulação ambiental e na adequação ao Código Florestal, sobretudo em relação à reserva legal e à recuperação de áreas degradadas.

O mapeamento e os inventários dos plantios de *Pinus* e *Eucalyptus* não são apenas instrumentos técnicos, mas sim ferramentas estratégicas para o desenvolvimento sustentável do estado de Santa Catarina. Eles garantem segurança ao produtor, previsibilidade ao mercado, sustentabilidade de matéria prima florestal, respaldo técnico ao gestor público e benefícios ambientais à sociedade.

An aerial photograph of a dense, lush green forest, likely a pine or spruce forest, covering the entire background. The trees are tightly packed, creating a textured, vibrant green surface.

Metodologia Mapeamento

Os vetores de cobertura da terra foram obtidos a partir da classificação automática da terra empregando imagens fusionadas dos sensores CBERS 4A e Sentinel 2A (Figura 1), onde, por exemplo para os povoamentos de *Pinus spp*, foi mapeado um total de 96.782 polígonos. Além disso, com os dados obtidos nos sensores, foi possível realizar o cálculo das alturas dos povoamentos com uma precisão de 4 metros, podendo-se executar a pré-estratificação da alocação das unidades amostrais em classes de altura da vegetação.

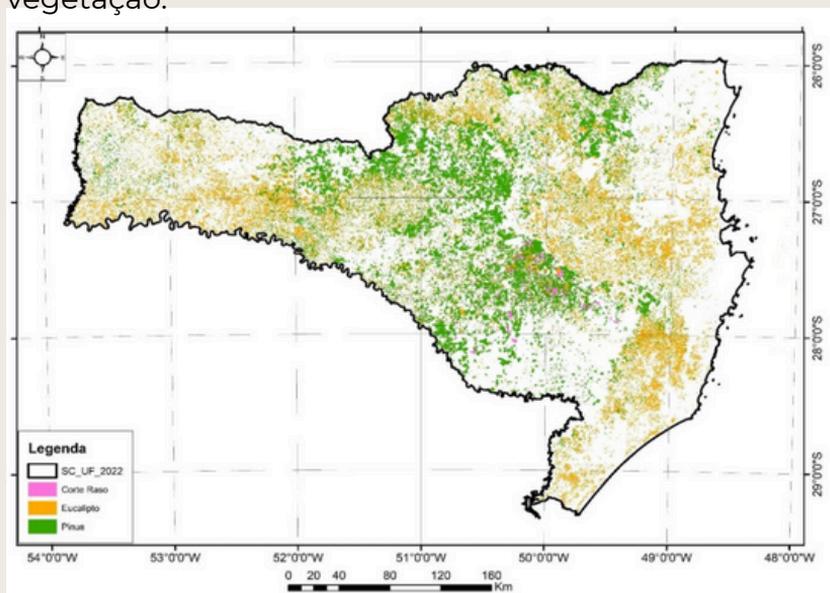


Figura 1: Vetores dos povoamentos do estado

Visando áreas representativas para o inventário de campo foram selecionados os polígonos com área superior a 50 ha, com florestamento de *Pinus spp*. Com isso, o total de polígonos representativos foi reduzido para 3.433 polígonos perfazendo uma área de 328.665,184 ha, de um total de 667.315,80 ha mapeada com florestamento.



Inventário

Florestal

A partir do computo dos polígonos dos povoamentos de *Pinus* spp do estado, realizou-se a estratificação das áreas a partir de seis classes de altura. Posteriormente, realizou-se o sorteio de 96 conglomerados em “Cruz de Malta”, de forma proporcional a área de cada classe, dos quais, 63 foram instalados e medidos em campo (Quadro 1). Outros 20 não foram mensurados, pois, eram áreas de corte raso (apesar de existirem no momento do mapeamento, durante a mensuração já tinham sido colhidas), e outros 13 os proprietários não autorizaram o acesso das equipes de campo nas áreas.

O processo de amostragem em Cruz de Malta é uma alternativa consagrada para o inventário estratégico, oferecendo vantagem substancial em precisão e custos, quando comparado com a amostragem aleatória simples em áreas extensas (Pellico Netto e Brena, 1997; Queiroz, 1998). Neste caso, os conglomerados foram compostos por 4 subunidades circulares de 400 m² (22,56 m de diâmetro ou 11,28 m de raio), sendo a distância do centro do conglomerado até o início da subunidade igual a 30 m (Figura 2).

Classe	Área total da classe (ha)	Amplitude de alturas (m)	Idade aproximada (m)	Nº de conglomerados	Nº de unidades amostrais
1	25.677,8	5-10	5-10	3	12
2	27.483,9	10-15	10-15	4	16
3	40.459,9	15-20	15-20	4	16
4	131.084,3	20-25	20-25	11	44
5	328.782,0	25-30	25-30	25	100
6	113.827,9	>30	>30	15	60
Total	667.315,79	-	-	62	248

Quadro 1: Estratificação em classes de altura dos povoamentos com destaque a área de cada classe e número de unidades amostrais instaladas

Nas unidades amostrais realizaram-se a medição de todas as circunferências dos fustes a 1,3 m acima do solo (que posteriormente foram convertidos em diâmetros) e 10% das alturas totais com uso do hipsômetro Vertex V, as quais serviram de base para o ajuste de modelos hipsométricos descritos no Quadro 2.

Número	Modelo
I	$\ln(h)=\beta_0+\beta_1DAP$
II	$h=\beta_0+\beta_1DAP+\beta_2DAP$
III	$h=\beta_0+\beta_1DAP+\beta_2DAP^2+\beta_3DAP^3$
IV	$h=\beta_0+\beta_1/DAP^2$
V	$h=\beta_0+\beta_1DAP$

Quadro 2: Modelos matemáticos utilizados para a estimativa hipsométrica

Onde: h = altura total (m); dap (cm) = diâmetro à altura do peito; \ln = logaritmo natural e $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3$ = coeficientes de regressão.

Os ajustes foram realizados para cada classe de estratificação e o melhor modelo para estimar a altura das demais árvores que não foram mensuradas em cada classe. O modelo selecionado foi escolhido com base no maior Coeficiente de determinação ajustado (R^2 ajustado), menor Erro Padrão da Estimativa em porcentagem ($Sy\%$) e distribuição de resíduos uniforme.

Na Figura 4 podem ser observados um compilado de algumas atividades realizadas nos trabalhos de campo.





Figura 4: Algumas imagens obtidas nas atividades de mensuração florestal (Credito: Leandro de Oliveira Wolff)

Nos trabalhos de campo não foram realizadas cubagens rigorosas das árvores para as estimativas volumétricas. Por ser uma técnica destrutiva, a autorização do corte das árvores era um impeditivo por muitos proprietários e acarretaria em muitos esforços no replanejamento das árvores-amostras em cada expedição de campo. Desta forma, foram utilizadas equações disponíveis na literatura em diversas pesquisas realizadas no estado de Santa Catarina, com espécies do gênero *Pinus* nas idades compatíveis com as classes de estratificação. Pela necessidade da estimativa dos sortimentos, os modelos utilizados para estimativa volumétrica, foram as integrais das funções de afilamento de Kozak et al. (1969) (1) e de Prodan et al. (1965) (2).

$$\left(\frac{di}{dap}\right)^2 = \beta_0 + \beta_1 \left(\frac{hi}{h}\right) + \beta_2 \left(\frac{hi}{h}\right)^2 \quad (1)$$

$$\frac{di}{dap} = \beta_0 + \beta_1 \left(\frac{hi}{h}\right) + \beta_2 \left(\frac{hi}{h}\right)^2 + \beta_3 \left(\frac{hi}{h}\right)^3 + \beta_4 \left(\frac{hi}{h}\right)^4 + \beta_5 \left(\frac{hi}{h}\right)^5 \quad (2)$$

Em que:

di = diâmetro medido ao longo do fuste (cm)

dap = diâmetro medido a 1,3 m acima do solo (cm)

hi = altura onde foi medido diâmetro di (m)

h = altura total da árvore (m)

βn = coeficientes dos ajustes dos modelos

Na Tabela 1 podem ser observadas as estatísticas, coeficientes e autores dos ajustes dos modelos de afilamento utilizados para as estimativas dos volumes totais e sortimentos. As equações estão disponíveis em Figueiredo Filho et al. (2014).

Classe	Modelo	β_0	β_1	β_2	β_3	β_4	β_5	Syx%	R ² ajustado
1	Prodan	1,126	-2,239	10,619	-28,910	31,727	-12,322	10,2	0,97
2	Kozak	1,309	-2,149	0,845	-	-	-	10,6	0,93
3	Prodan	1,22	-3,993	17,678	-38,507	36,692	-13,097	8,2	0,98
4	Prodan	1,167	-3,374	13,666	-27,331	23,331	-7,7113	6,4	0,99
5	Prodan	1,204	-4,291	20,833	-47,330	46,783	-17,276	4,3	0,98
6	Prodan	1,13	-3,11	12,870	-25,270	21,160	-6,580	6,7	0,95

Tabela 1: Estatísticas, coeficientes e referência dos modelos de afilamento utilizados para a estimativa dos volumes e sortimentos em cada classe.

Para cada árvore mensurada, foi estimado a altura total (m), área transversal (m²), volume individual (m³) e, posteriormente, os dados foram agrupados em classes diamétricas de 6 cm de amplitude.

Para os dados agrupados foram estimados os sortimentos e número de toras geradas, além de estimar o volume de cada classe diamétrica por classe de estratificação. Nesta etapa foi considerado uma altura do toco de 10 centímetros e o comprimento de cada tora de 2,6 m. A classificação foi baseada no diâmetro da ponta fina das toras, conforme segue:

- Classe 1 (S1)** – diâmetro na ponta fina superior a 35 cm;
- Classe 2 (S2)** – diâmetro na ponta fina entre 25 e 34,9 cm;
- Classe 3 (S3)** – diâmetro na ponta fina entre 18 e 24,9 cm;
- Classe 4 (S4)** – diâmetro na ponta fina entre de 14 a 17,9 cm; e
- Classe 5 (S5)** – diâmetro na ponta fina menor que 13,9 cm.

A precisão estatística foi calculada com base nos preceitos da amostragem em conglomerados e amostragem estratificada (Pellico Netto e Brena, 1997), determinado as áreas basais (m^2/ha) e volumes (m^3/ha) para cada classe de estratificação (Quadro 1) e médias ponderadas destas variáveis para a totalidade, considerando 95% de probabilidade de confiança. Além disso, foram realizadas estimativas do volume total por hectare, por classes de sortimento. Posteriormente foram realizadas extrapolações para cada mesorregião catarinense, considerando as áreas plantadas com o gênero *Pinus* em cada região por classe de estratificação.

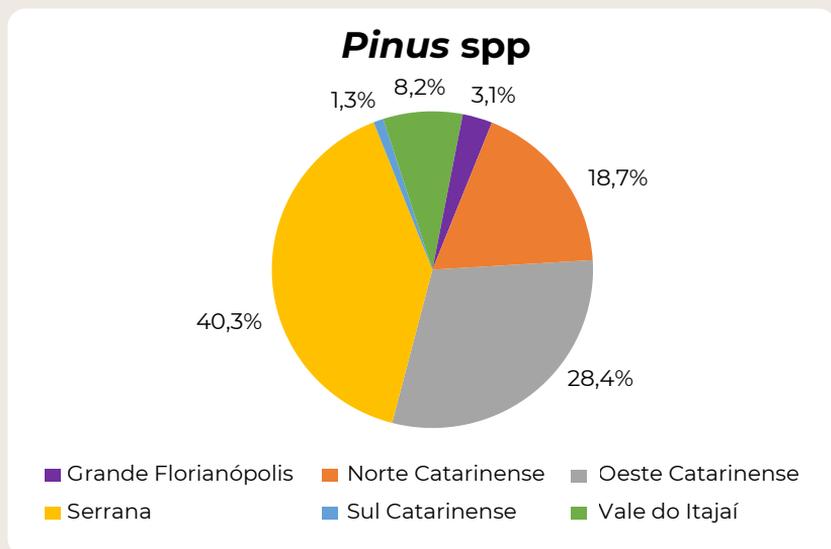




Resultado Diagnostico das áreas



A atividade de mapeamento computou um total de 185.566 polígonos com os gêneros *Pinus* e *Eucalyptus* no estado catarinense, que corresponde a uma área total de 667.315,8 hectares de *Pinus*, e 283.200,8 hectares de *Eucalyptus*. Nas Figuras 5 e 6, observa-se, as porcentagens das áreas totais destes gêneros, distribuídas nas 6 mesorregiões do estado. Sendo que, 87,4% dos plantios de *Pinus* do estado localizam-se na região Serrana (40,3%), Oeste (28,4%) e Norte (18,7%). Já para o *Eucalyptus*, o maior destaque é para o Oeste (33,4%), Sul (17,1%) e Vale do Itajaí (16,9%).



Eucalyptus spp

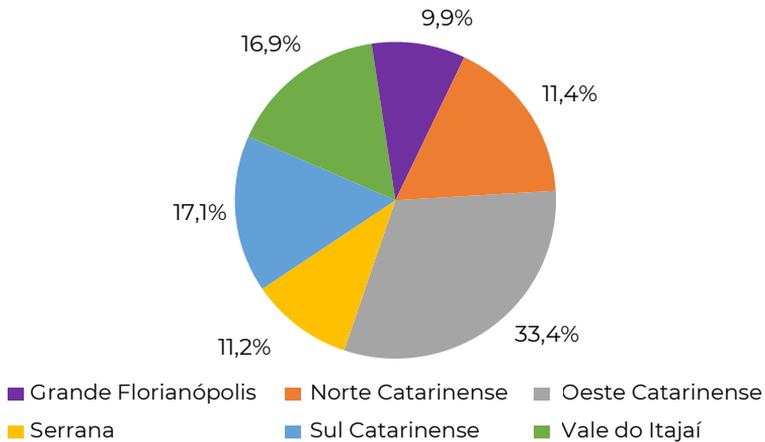


Figura 6: Porcentagem da cobertura dos plantios de *Eucalyptus* spp por mesorregião catarinense

Nas áreas de *Eucalyptus* spp não foram realizados levantamentos volumétricos a campo. Portanto, realizou-se apenas os levantamentos das áreas de cobertura florestal para este gênero. Conforme observa-se na Figura 6, a região Oeste se destaca com 33,4% da cobertura geral do estado.

Para os plantios de *Pinus*, onde ocorreu a estratificação em classes e altura, para realizar o inventário florestal em campo, observa-se na Figura 7, a distribuição das áreas de cada classe nas mesorregiões catarinense.

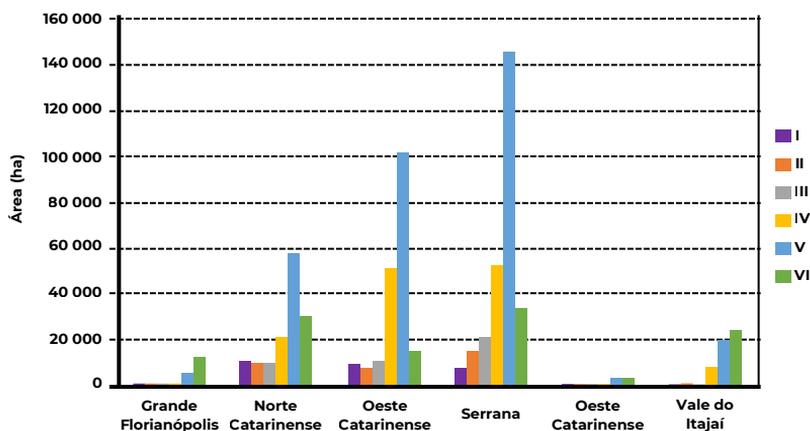


Figura 7: Distribuição áreas com florestas de *Pinus* sp por mesorregião catarinense

Sendo: Classe I: 5-10 m; Classe II: 10-15 m; Classe III: 15-20m; Classe IV: 20-25m; Classe V: 25-30m e Classe VI: >30m de altura respectivamente.

De modo geral, as maiores classes observadas são a V e IV, com grande possibilidade da existência de plantios com rotações de idade mais longas, principalmente nas regiões Serrana e Oeste. Observa-se também, pouca área de novos plantios na Grande Florianópolis, Sul Catarinense e Vale do Itajaí. Nas demais regiões tem-se um equilíbrio de corte raso com reforma destas mesmas áreas. Ou seja, não está visível a expansão de novas áreas com plantios. Porém, esta premissa será verdadeira quando do seu acompanhamento anual por imagens de satélite e amostragens físicas à campo.



Informações Dendrométricas



Ao longo dos 63 conglomerados instalados (equivalente a 252 unidades amostrais circulares de 400 m²) mediu-se o diâmetro de 6.871 árvores e a altura total de 2.462 árvores. Nas Figuras 8 e 9 podem ser observados os gráficos de “boxplot” (diagrama de caixa) de cada variável, respectivamente. Em cada caixa, pode ser observado um “X” que representa a média de cada classe de altura utilizada na estratificação. Observa-se também os quartis e os limites inferiores e superiores de cada variável em cada classe.

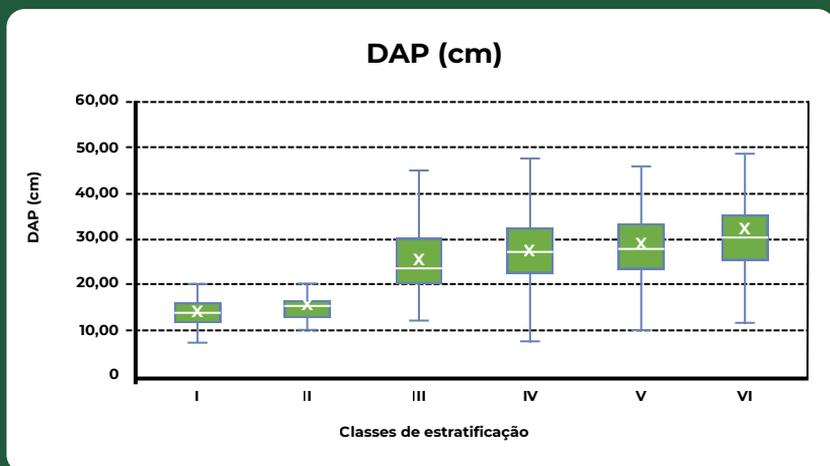


Figura 8: Boxplot dos diâmetros a 1,3m do solo (DAP) de cada classe de altura

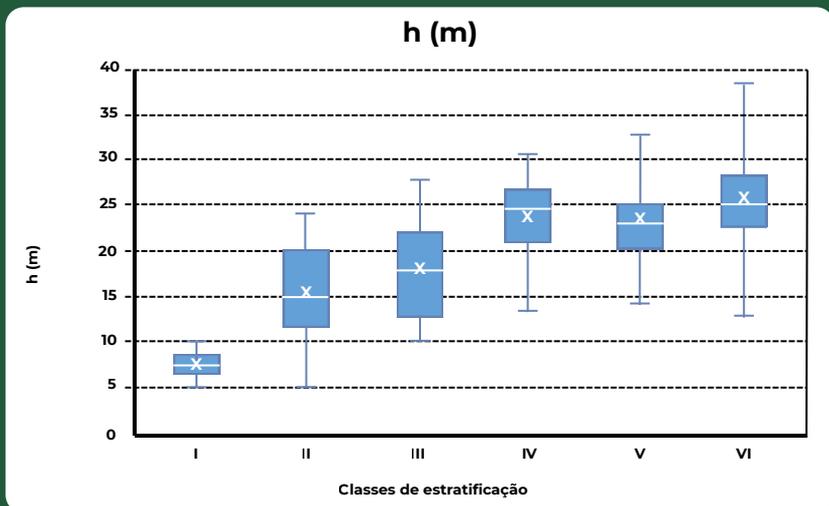


Figura 9: Boxplot alturas totais das árvores mensuradas em de cada classe de altura

Observou-se que as alturas, em suas médias, apresentaram valores dentro dos limites da amplitude das classes utilizadas na estratificação (Quadro 1), indicando coerência dos valores estimados pelo sensor remoto utilizado na obtenção das imagens, com as mensurações de campo. Neste caso, pode-se inferir que as alturas médias obtidas em cada classe pode ser um bom estimador da idade média do povoamento, uma vez que vários trabalhos da literatura (Pacheco et al. 2015; Lambert, 2018, Machado, 1980, Schneider e Oesten, 1991, entre outros) destacam que o *Pinus* no sul do Brasil cresce em média de 0,9 m a 1,6 m por ano. No entanto, é notório que em algumas classes apresentam valores mínimos e máximos distantes da média, indicando variação de sitio produtivo, no caso das alturas, e variações nos regimes de manejo (desbastes), representados pela variável diâmetro.

Na Figura 10, pode-se observar a distribuição diamétrica com 6 cm de amplitude para cada classe de estratificação. Observa-se que o centro de classe diamétrica de 9 cm (amplitude de 6 a 12 cm) e 15 cm (amplitude de 12 a 18 cm) são os valores predominantes nas classes de estratificação I e II, decorrência principalmente das baixas idades das florestas nesses estratos. Nas classes de estratificação III e IV os diâmetros predominantes estão no centro de cada classe diamétrica, 21 cm (amplitude de 18 a 24 cm) e 27 cm (amplitude de 24 a 30 cm). Para as classes de estratificação V e VI observa-se as classes diamétricas com maiores valores de média, máximo e mínimo.

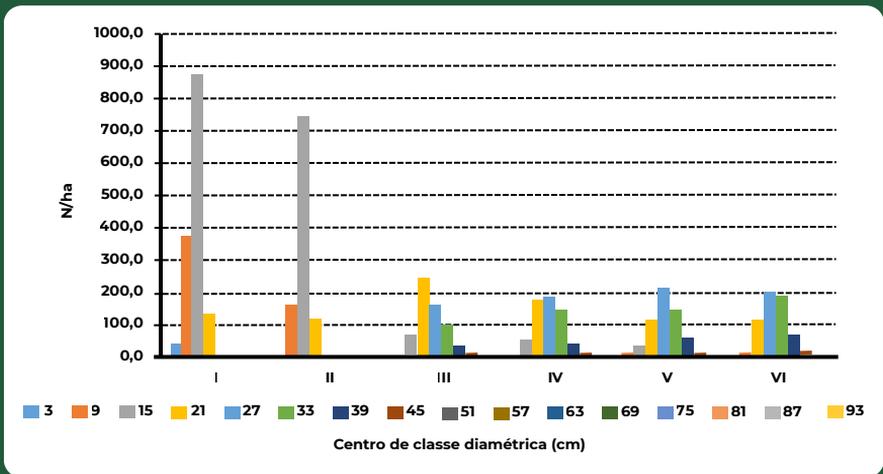


Figura 10: Distribuição diamétrica das seis classes de estratificação



Ajuste Hipsométrico

Após a realização de 30 ajustes (cinco modelos em seis classes de estratificação) foi identificado que o modelo III

$$(h = \beta_0 + \beta_1 DAP + \beta_2 DAP^2 + \beta_3 DAP^3)$$

apresentou os melhores resultados para todas as classes. Na Tabela 2, observa-se as estatísticas R² ajustado e Erro Padrão da estimativa, além do número de observações e dos coeficientes do modelo selecionado para cada classe de estratificação. Na Figura 11, observa-se os gráficos de dispersão de resíduos obtido pelas equações da Tabela 2 em cada classe de estratificação.

Classe	N	β_0	β_1	β_2	β_3	Syx%	R ² ajustado
1	126	10,668	-0,839	0,0627	-0,0012	11,2	0,16
2	164	22,049	-2,415	0,144	-0,0021	18,0	0,54
3	162	12,654	-0,628	0,047	-0,0006	18,2	0,62
4	478	0,7550	1,343	-0,022	0,0001	13,1	0,39
5	973	33,833	-1,149	0,0304	-0,0001	15,7	0,46
6	559	21,259	-0,295	0,016	-0,0001	14,3	0,56

Tabela 2: Estatísticas e coeficientes dos modelos para a estimativa das alturas totais em cada classe.

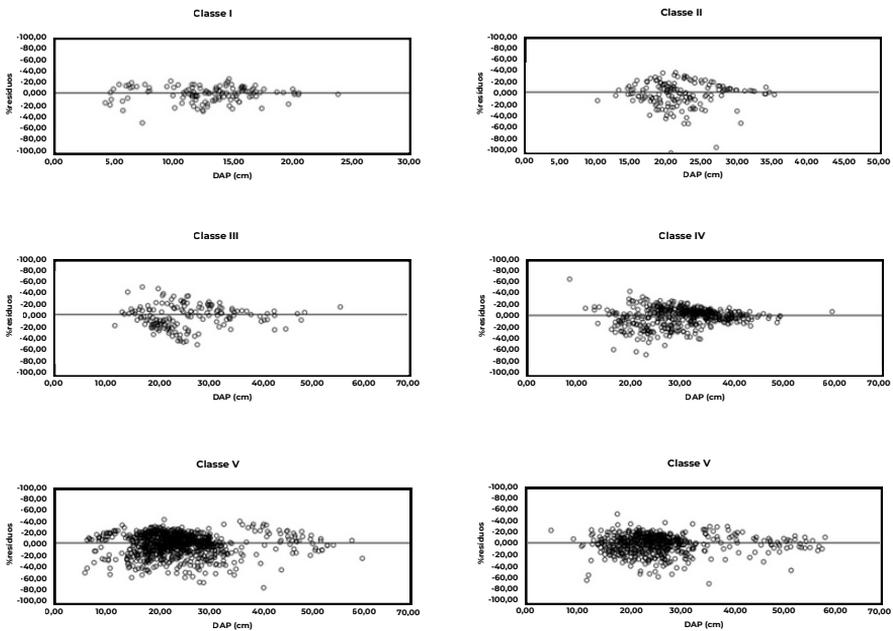


Figura 11: Dispersão de resíduos dos modelos hipsométricos selecionados para cada classe.

No geral, observou-se que os resíduos apresentaram ajustes sem tendências evidentes, com poucos “outliers” presentes na nuvem de pontos.





**Estimativa do estoque
do volume e
área basal**

A partir das equações hipsométricas disponíveis na Tabela 2 e das integrais das funções de afilamento disponíveis na Tabela 1, procedeu-se a estimativa das alturas totais e volumes totais individuais para todas as 6.871 árvores que tiveram o DAP mensurado nas 252 unidades amostrais. Posteriormente, os volumes individuais e áreas basais individuais foram convertidos em volumes e área basal por unidade amostral e conseqüentemente convertidos em volume e área basal por hectare por meio de extrapolações matemáticas. Nas Figuras 12 e 13 podem ser observados os gráficos de boxplot (diagrama de caixa) de cada variável, respectivamente. Em cada caixa, pode ser observado um “X” que representa a média de cada classe de altura utilizada na estratificação. Observa-se também os quartis e os limites inferiores e superiores de cada variável em cada classe.

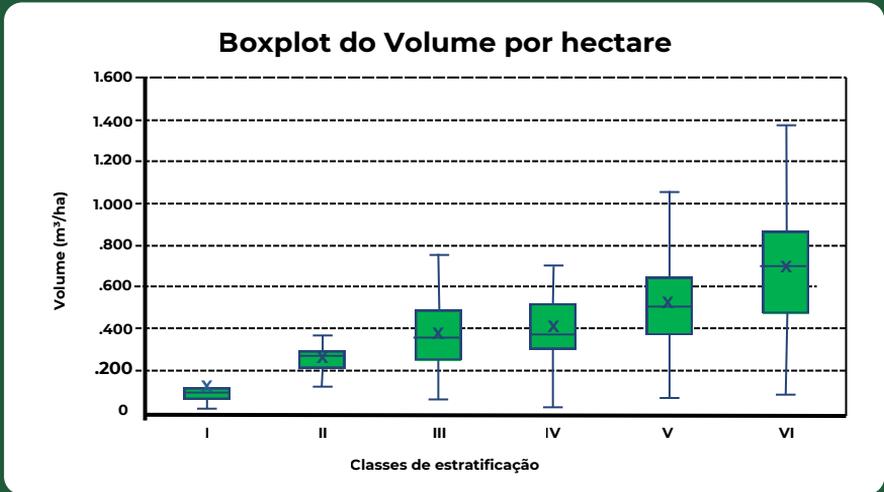


Figura 12: Boxplot do estoque volumétrico (m³/ha) de cada classe

Boxplot da Área Basal por hectare

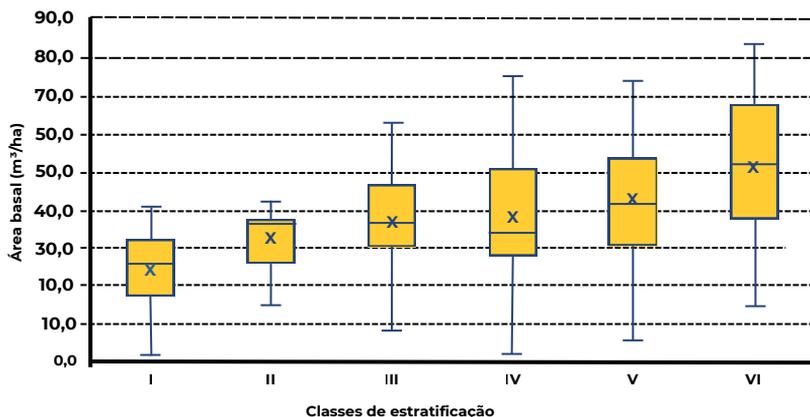


Figura 13: Boxplot do estoque da área basal (m^2/ha) de cada classe

Os maiores estoques volumétricos foram observados nas classes VI e V, respectivamente $695,8 m^3/ha$ e $519,1 m^3/ha$. Vale ressaltar que em todas as classes tiveram valores mínimos e máximos bastante distantes das médias, em decorrência principalmente dos regimes de manejo distintos que sofreram, principalmente por se tratar de uma população extensa e heterogênea.

O mesmo padrão foi observado para a variável área basal por hectare, que pode ser uma importante variável a ser utilizada para a escolha regimes de manejo ou mesmo para avaliar o grau de ocupação da floresta.



**Estatística
e suficiência
amostral**

Para o cálculo do erro amostral e consequente determinação da precisão do levantamento, utilizou-se como referências duas variáveis de interesse: Volume por hectare (m^3/ha) e área basal por hectare (m^2/ha). Seguindo as premissas do processo de amostragem em conglomerados, conforme recomendado por Queiroz (1998), necessita ser determinado o coeficiente de correção intra-conglomerado.

Esta estatística, que determina o grau de homogeneidade da população inventariada, pode apresentar valores variando de 0 a 1, sendo mais próximo de 0 indicativo de uma população homogênea e, valores acima de 0,4, o indicativo de uma estratificação dos dados. Neste caso, nas Tabelas 3 e 4, podem ser observadas, respectivamente as estatísticas calculadas para a variável Volume por hectare e área basal por hectare, onde as correlações intra-conglomerados foram respectivamente 0,86 e 0,81, indicando que a população é heterogênea, como já esperado, tendo em vista a grande variação de idades, sítios e regimes de manejo adotados.

Seguindo com a estratificação dos dados, nas mesmas Tabelas, observam-se os pesos de cada estrato (razão entre a área do estrato e a área total da população florestal) e a média da variável de interesse para cada estrato. Posteriormente determinou-se a média ponderada para a totalidade da população (soma do produto entre os pesos dos estratos e a média dos estratos), com os consequentes erros amostrais absolutos e relativos de 5,6 % para o volume por hectare e 4,8% para a área basal por hectare. As médias ponderadas de volume e área basal por hectare, são respectivamente 489,5 m³/ha e 41,7 m²/ha.

Classes	Área (ha)	Pesos	Média (m ² /ha)	Média ponderada (m ³ /ha)	Erro amostral (m ³ /ha)	Erro amostral (%)	Erro Correlação intra-conglomerado(%)
I	25.677,8	0,04	80,7				
II	27.483,9	0,04	278,6				
III	40.459,9	0,06	343,6				
IV	131.084,3	0,20	423,6	489,5	27,2	5,6	0,86
V	328.782,0	0,49	505,7				
VI	113.827,9	0,17	713,7				
Total	667.315,8	1,00	-				
Estimativa total para o estado: 326.665.526,1 m³ em 667.315,8 ha							

Tabela 3: Estatísticas da amostragem para cada classe (estrato) para a avaliação do estoque em volume (m³/ha) e para a extrapolação para área total reflorestada com *Pinus sp*

Extrapolando para a totalidade da floresta, tem-se um estoque de 326.665.526,1 m³ (trezentos e vinte e sei milhões, seiscentos e sessenta e cinco mil, quinhentos

e vinte e seis virgula um metros cúbicos) de madeira. Como trabalhou-se com um limite de confiança de 95% e obteve-se um erro amostral de 5,6%, tem-se um intervalo de confiança que pode variar de 308.856.494,8 m³ a 344.865.939,6 m³.

Classes	Área (ha)	Pesos	Média (m ³ /ha)	Média ponderada (m ³ /ha)	Erro amostral (m ³ /ha)	Erro amostral (%)	Correlação intra-conglomerado(%)
I	25.677,8	0,04	21,8				
II	27.483,9	0,04	35,2				
III	40.459,9	0,06	35,2				
IV	131.084,3	0,20	39,1	41,7	2,0	4,8	0,81
V	328.782,0	0,49	42,1				
VI	113.827,9	0,17	51,8				
Total	667.315,8	1,00	-				

Tabela 4: Estatísticas da amostragem para cada classe (estrato) para a avaliação do estoque em área basal (m²/ha)

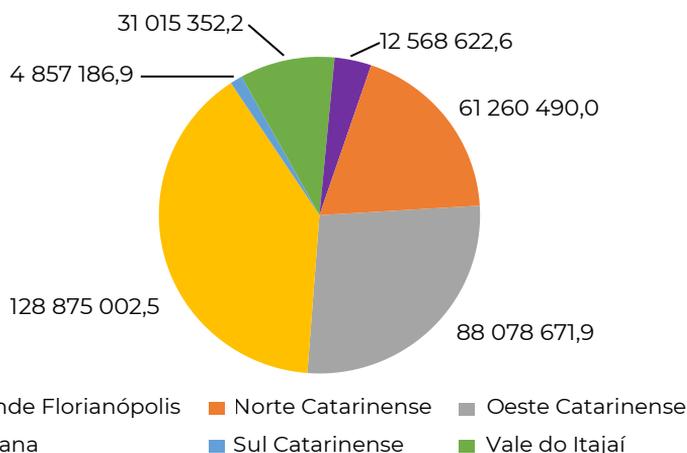


Figura 14: Distribuição do estoque total de volume (m³) das florestas de *Pinus* spp por mesorregião catarinense.



Estimativas dos **sortimentos**

Posteriormente a estimativa do estoque total, e classificando as toras estimadas para cada classe de estratificação, procedeu-se a estimativa dos sortimentos em 5 classes, considerando a bitola da ponta fina e o comprimento das toras de 2,6 m.

Na Figura 15, observa-se um resumo da porcentagem média dos sortimentos obtido em cada classe de estratificação. Por exemplo, na classe de estratificação I, não ocorrem toras de sortimento S1, S2, e S3, pois não existem árvores que produzem as toras mais grossas. Ao longo das demais classes de estratificação, os sortimentos mais valiosos começam a aparecer, representando mais de 59% na classe VI, para os sortimentos maiores que 25 e 35 cm na ponta fina das toras, por exemplo.

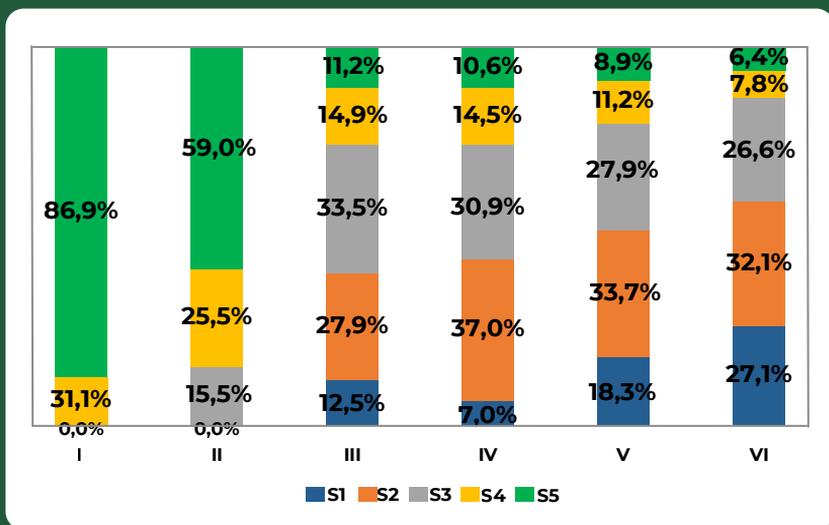


Figura 15: Proporção dos sortimentos para cada para cada classe de estratificação

Considerando valores absolutos, na Figura 16, observe o quantitativo de volume de madeira para cada classe de sortimento e de estratificação. É notório que a classe S2 (toras com ponta fina de 25 a 34,9 cm) tem maior quantidade volume em estoque (106.474.362.8 m³), principalmente considerando as classes de estratificação IV, V e VI. O sortimento mais valioso S1 (toras com ponta fina maior que 35 cm) apresenta um estoque total de 58.110.556.8 m³, que pode gerar um grande valor agregado para esta madeira.

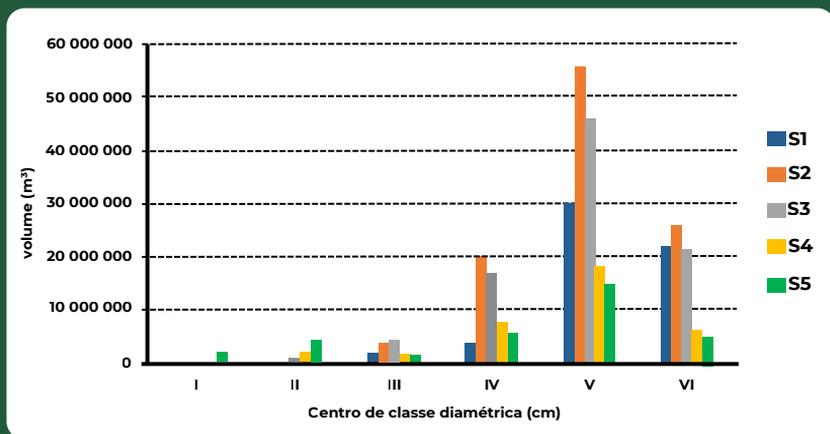


Figura 16: Volume total estimado em cada sortimento em cada classe considerando o total do estado de Santa Catarina

Na Figura 17, observa-se a proporção total das cinco classes de sortimento, considerando todo o estoque volumétrico presente em Santa Catarina, com destaque para as maiores quantidades dos sortimentos S2 e S1 que representa 61% do volume total de madeira do estado.

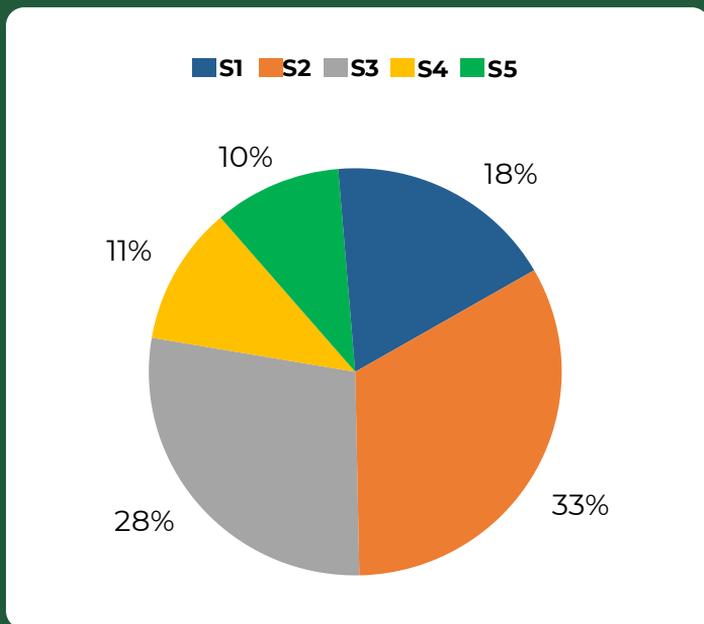
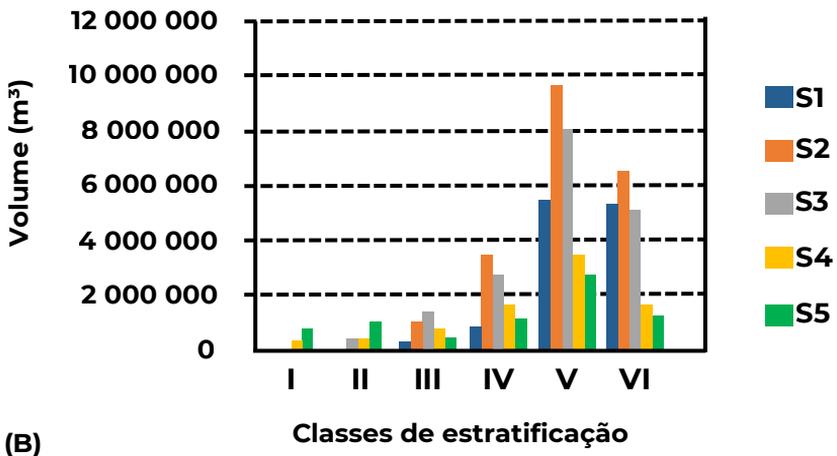
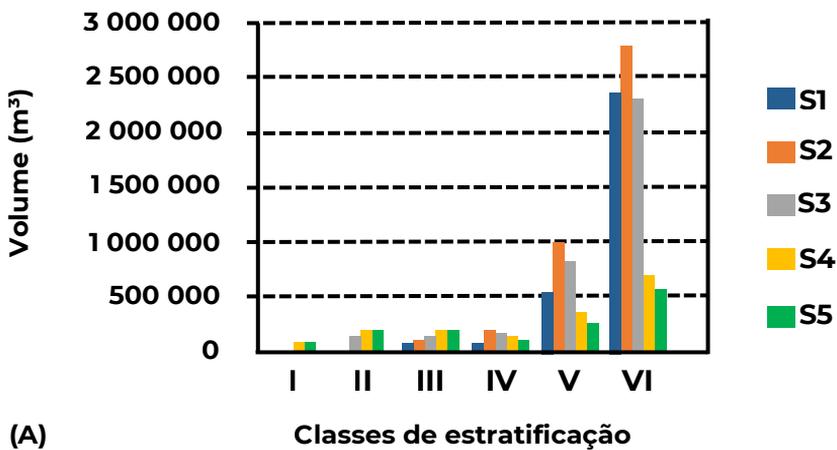
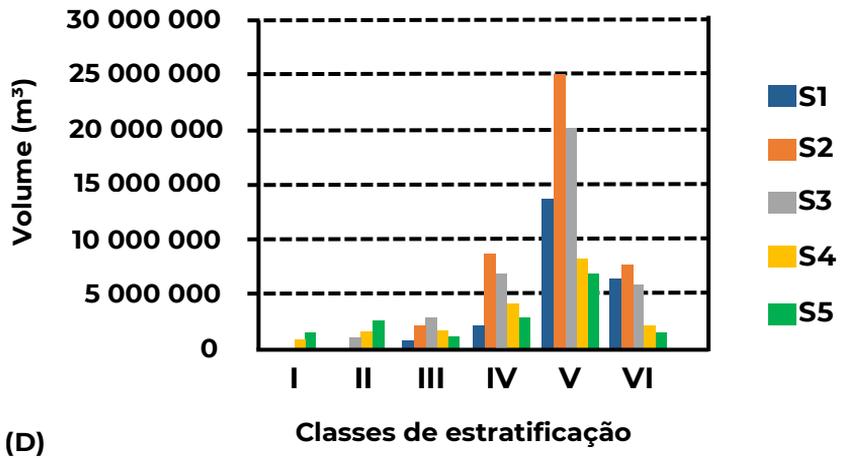
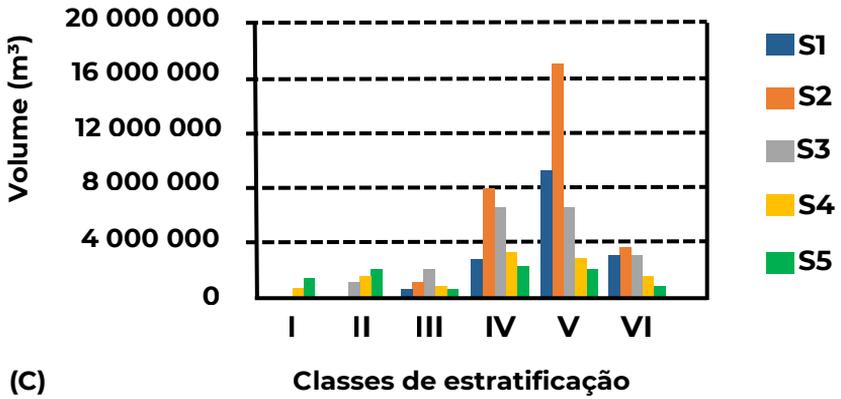


Figura 17: Proporção dos sortimentos considerando a totalidade do estoque volumétrico existente no estado de Santa Catarina

O quantitativo do estoque volumétrico por classe de sortimento e a proporção de sortimentos disponíveis em cada mesorregião catarinense podem ser observados nas Figuras 18 e 19.





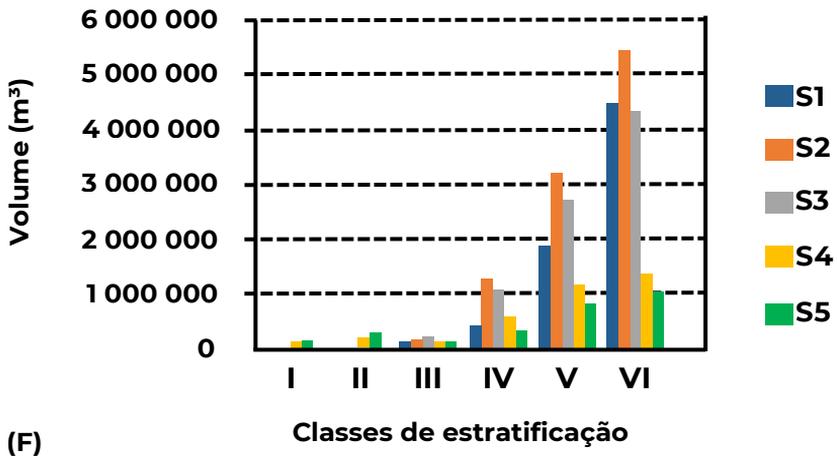
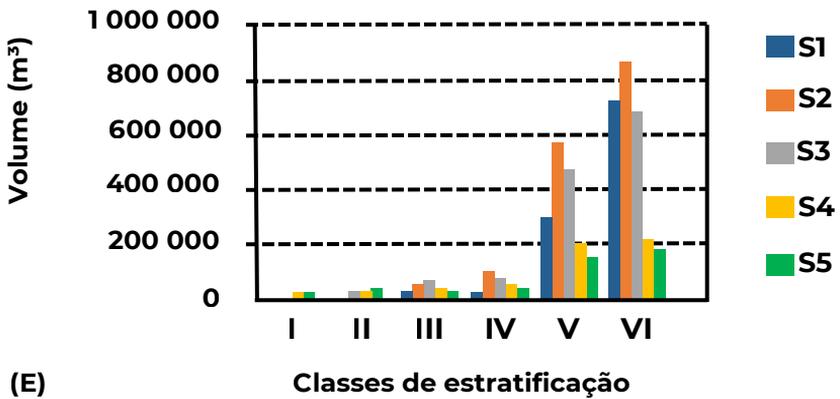


Figura 18: Estoque volumétrico (m^3) estimado em cada mesorregião catarinense considerando cada classe de estratificação, sendo: A= Grande Florianópolis; B = Norte Catarinense; C = Oeste Catarinense; D= Serrana; E = Sul Catarinense; F =Vale de Itajaí

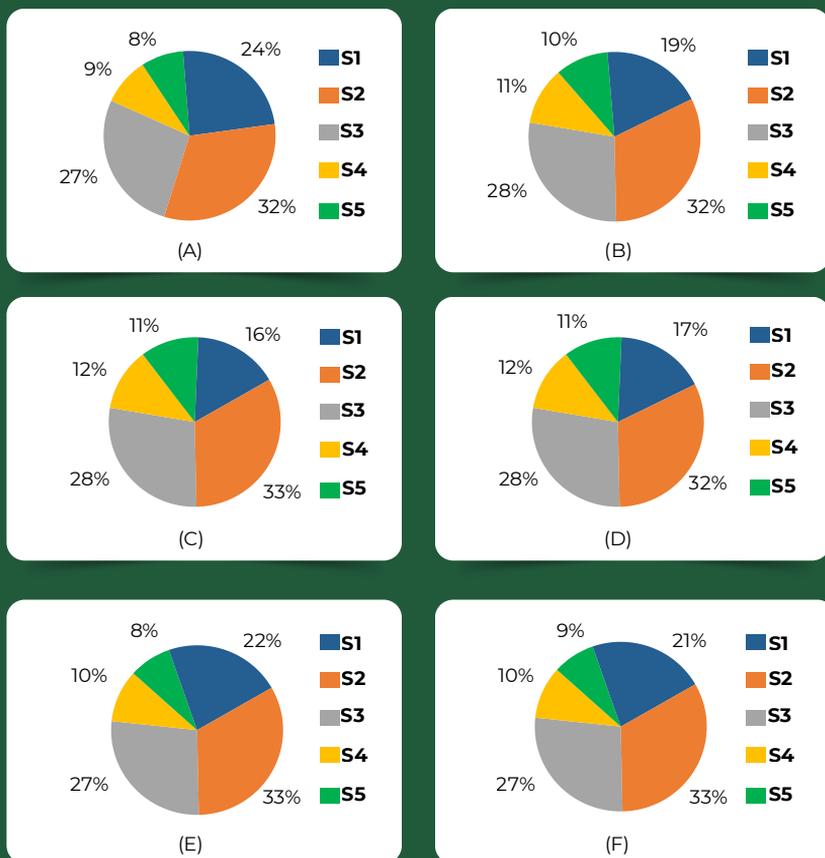


Figura 19: Proporção dos sortimentos considerando o estoque volumétrico existente em cada mesorregião catarinense, sendo: A= Grande Florianópolis; B = Norte Catarinense; C = Oeste Catarinense; D= Serrana; E = Sul Catarinense; F =Vale de Itajaí

No geral, as proporções de sortimentos e os quantitativos dos volumes absolutos seguiram o mesmo padrão observado da extrapolação para a totalidade do estado, com exceção das mesorregiões Grande Florianópolis, Sul Catarinense e Vale do Itajaí, que a classe de estratificação VI apresentou o maior estoque estimado.

A young pine tree sapling with vibrant green needles is the central focus, growing out of dark, rich soil. The background is softly blurred, showing another sapling and a line of trees in the distance under a bright sky. The overall scene conveys a sense of growth and environmental care.

Considerações finais

A partir deste relatório técnico pode-se concluir que:

- O processo amostral em conglomerados “Cruz de Malta” foi satisfatório para o levantamento volumétrico dos povoamentos florestais do Estado. O erro estatístico amostral foi de 5,6 % com 95% de confiabilidade;
- A estratificação por altura dos povoamentos por meio de imagens de satélite foi confirmada com os levantamentos hipsométricos à campo. Demonstrando uma excelente ferramenta técnica para a estimativa de altura dos povoamentos florestais;
- As mesorregiões, Serrana e Oeste Catarinense apresentaram os maiores estoques do gênero *Pinus*, com 68,7% do total. Já, para o gênero *Eucalyptus*, a mesorregião Oeste se destaca com 33,4% da área total mapeada;
- A área de florestas de *Pinus* spp de Santa Catarina é de: 667.315,80 hectares. As áreas de *Eucalyptus* spp é de: 283.200,80 hectares. Sendo o total, portanto, de: 950.516,60 hectares. Ou seja, os maciços florestais comerciais destes dois gêneros, representam 9,97% do território catarinense;
- O volume estimado do estoque florestal do gênero *Pinus* é de: 326.665.526,1 m³de madeira. Destes, 128.875.002,50 m³, se encontram na mesorregião Serrana de Santa Catarina, seguidos pela mesorregião Oeste e Norte Catarinense;

- Na divisão do estoque por sortimentos, praticamente 50,4% do volume total do gênero *Pinus*, apresentou diâmetros médios superiores à 25 cm na ponta fina das toras. Ou seja, estoque de madeira disponível para a utilização industrial;
- A classificação dos povoamentos por meio da altura, aparentemente não se observa expansão de novas áreas de florestamento do gênero *Pinus*. Porém, cabe salientar que a classificação dos povoamentos se deu em função da altura inicial de 5 m, desta forma, é possível que nestes últimos 3 anos, podem não ter sido considerados novas áreas. Sendo assim, o acompanhamento geoespacial aliado com visitas de confirmação à campo, seriam necessárias para minimizar este lapso temporal de avaliações;

Referências Bibliográficas

EMERENCIANO, D. B. Avaliação da produção e economicidade do primeiro desbaste em um ensaio para *Pinus elliottii* e *Pinus taeda*. 182f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal). Universidade Federal do Paraná, 1990.

FIGUEIREDO FILHO, A.; MACHADO, S. A.; MIRANDA, R. O. V. de; RETSLAFF, F. A. de S. Compêndio de equações de volume e de afilamento de espécies florestais plantadas e nativas para as regiões fitogeográficas do Brasil. Curitiba: Os Autores, 306 p. 2014.

LAMBERT, L. Crescimento de diferentes espécies de *Pinus* spp. na região serrana de Santa Catarina. 108 f. Dissertação (mestrado em Engenharia Florestal). Universidade do Estado de Santa Catarina -UDESC, 2018.

MACHADO, S. A. Curvas de índice de sítio para plantações de *Pinus taeda* L. na região central do estado do Paraná. Floresta 11(2): 4-18, 1980.

PACHECO, J. M.; FIGUEIREDO FILHO, A. F.; DIAS, A. N.; MACHADO, S. A.; LIMA, R. Efeito da densidade inicial no crescimento de *Pinus taeda* L. na região Centro Sul do Paraná. *Scientia Forestalis*, v. 43, n. 106, p. 353-365, 2015

PÉLLICO NETTO, S.; BRENA, D. A. 1997. Inventário Florestal. Curitiba: Editorado pelos autores. 283 p.

QUEIROZ, W. T. 1998. Técnicas de amostragem em inventário florestal nos trópicos. Belém. 147 p.

SCHNEIDER, P. R.; OESTEN, G. Tabelas auxiliares para o manejo florestal de *Pinus elliottii* E. e de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze., para o planalto médio do Rio Grande do Sul. Santa Maria: UFSM, CEPEF: FATEC, 1991.

SOUZA, C. A. M.; CHASSOT, T.; FINGER, C. A. G.; SCHNEIDER, P. R.; FLEIG, F. D. Modelos de afilamento para o sortimento do fuste de *Pinus taeda* L. *Ciência Rural* 38 (9), 2506-2511. 2008.

TÉO, S. J.; EHLERS, T.; MARCON, A.; PELOSO, A.; COSTA, R. H. Funções de afilamento para *Pinus taeda* L. de diferentes idades, na região de Caçador - SC. In: 4º Congresso Florestal Paranaense, 2012, Curitiba. 4º Congresso Florestal Paranaense. Curitiba, 2012.

TÉO, S. J.; MARCON, A.; EHLERS, T.; BIANCHI, J. C.; PELOSO, A.; NAVA, P. R.; COSTA, R. H. Modelos de afilamento para *Pinus elliottii* em diferentes idades, na região de Caçador, SC. Revista Floresta, v. 43, p. 439-452, 2013.

VIVIAN, M. A.; DOBNER JUNIOR, M.; MODES, K. S.; BELINI, U. L.; VAZ, D. R. Ciclos de produção de *Pinus taeda* L. com mais de 30 anos: uma alternativa para obtenção de madeira para usos sólidos e estruturais. Ciência Florestal, 32, 573-596, 2022.



UDESC
UNIVERSIDADE
DO ESTADO DE
SANTA CATARINA



GOVERNO DE
**SANTA
CATARINA**
SECRETARIA DA AGRICULTURA
E PECUÁRIA