



METODOLOGIA NÃO DESTRUTIVA PARA QUANTIFICAÇÃO DO VOLUME E BIOMASSA DO FUSTE EM REMANESCENTE FLORESTAL

Marcos Felipe NICOLETTI*, Ezequiel SILVA, Mireli Moura Pitz FLORIANI

¹Departamento de Engenharia Florestal, Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, Santa Catarina, Brasil.

²Qualidade e Ambiência Florestal, Klabin S. A., Otacílio Costa, Santa Catarina, Brasil.

*E-mail: marcos.nicoletti@udesc.br

Recebido em setembro/2015; Aceito em dezembro/2015.

RESUMO: Nesse trabalho objetivou-se propor uma metodologia não destrutiva para quantificação de volume individual, biomassa e carbono do tronco em um remanescente florestal. O estudo foi feito em cinco parcelas de 600 m². As variáveis dendrométricas mensuradas foram diâmetro à altura do peito (DAP), altura total (h), diâmetro ao longo do fuste conforme o método de Smalian. Para cada árvore mensurou-se os diâmetros de forma indireta com o dendrômetro Criterion RD 1000 e comparou-se com a mensuração de forma direta com a suta. Determinou-se o volume, biomassa e carbono por parcela. O erro relativo médio encontrado nas medidas do diâmetro foi de 10%, para o volume individual, o erro médio subestimado foi de 20% e para biomassa e carbono o erro foi subestimado em aproximadamente 15%. Portanto, a metodologia de quantificação indireta do volume, e da biomassa e do carbono pode ser considerada aceitável, frente às dificuldades de obtenção dessas informações em remanescentes naturais.

Palavra-chave: carbono, criterion, cubagem não destrutiva.

NON-DESTRUCTIVE METHODOLOGY FOR QUANTIFYING VOLUME AND STEM BIOMASS IN FOREST REMNANTS

ABSTRACT: The aim of this study was to propose a non-destructive method for quantification the individual volume, stem biomass and carbon in trees in the forest remnant. The survey was done in five plots of 600 m². The variables measured were diameter at breast height (DBH), total height, stem diameter of standing trees by Smalian method. Every tree was measured the diameters indirectly with the Criterion RD 1000 dendrometer and compared with the measurement directly with the caliper. It was determined volume, biomass and carbon for plot. The average relative error found in the measurements of the diameter was 10%, the individual volume obtained an average error underestimated in 20%, the biomass and carbon were error underestimated in approximately 15%. Therefore, the non destructive methodology to quantification the volume, biomass and carbon can be considered acceptable given the difficulty which is to obtain information on natural remnants.

Keywords: carbon, criterion, non-destructive measures.

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, as questões climáticas ligadas ao aumento da concentração de gases do efeito estufa (GEE), principalmente do dióxido de carbono (CO₂), tem despertado o interesse sobre as florestas uma vez que essas exercem a fixação de carbono e a remoção de CO₂ da atmosfera. A biomassa florestal tem sido estudada com diversos propósitos, entre os quais está a ciclagem de nutrientes, para fins energéticos, na avaliação de crescimento de florestas, mitigação de impactos ambientais, fins de manejo florestal (SANQUETTA et al., 2014a). O termo refere-se a todo material biológico, vivo ou morto, existente na floresta ou nas árvores. Podendo o mesmo estar localizado na parte aérea (fuste, casca, folhas, galhos, frutos e flores) ou subterrânea (raízes). Ela está relacionada à estrutura da vegetação que por sua vez influencia a biodiversidade, determina a magnitude e a taxa de respiração autotrófica e finalmente, a densidade da biomassa. Determina a quantidade de carbono emitido na atmosfera em forma de CO₂, CO e CH₄ devido à sua

queima e morte quando os ecossistemas são modificados (HOUGHTON et al., 2009).

No Brasil, 62% do total de terras são cobertos por florestas, naturais ou plantadas, com um estoque de carbono de 121 t C ha⁻¹ (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION – FAO 2010). Com o crescimento em larga escala do mercado de carbono e aspectos relacionados às mudanças climáticas, tem sido demandadas técnicas adequadas de quantificação de biomassa florestal sendo assim importante o desenvolvimento de métodos de determinação e estimação da biomassa com uma redução de custos e com ganho em confiabilidade de sua estimativa. Como ponto de partida para estimar a biomassa aérea presente em um povoamento tropical no Brasil, tem se utilizado os inventários florestais. As estimativas de biomassa da vegetação podem ser feitas por métodos diretos e indiretos. Os métodos diretos consistem na pesagem de toda biomassa (técnica gravimétrica) ou com a determinação do volume e densidade da madeira (técnica

volumétrica), normalmente por processo destrutivo. Esta abordagem é inviável de se executar em áreas extensas, devido ao tempo e custo de execução. Por outro lado, os métodos indiretos consistem no emprego de modelos alométricos, que relacionam a biomassa ou carbono (variáveis de difícil obtenção), com variáveis (diâmetro e altura) comumente medidas em campo nos trabalhos de inventário florestal (SANQUETTA et al., 2014b; SCHIKOWSKI et al., 2013).

A obtenção das variáveis dendrométricas é de extrema importância para qualquer levantamento florestal. Existem no mercado inúmeros dendrômetros capazes de medir o diâmetro ao longo do fuste de forma indireta para a realização do cálculo do volume e por consequência da biomassa. Por meio de metodologia não destrutiva não é necessário o corte da árvore, fato importante em áreas de conservação. Exemplo disso tem-se as áreas desse estudo que são localizadas em uma RPPN (Reserva Particular de Patrimônio Natural) onde o corte das árvores é proibido pela Lei 9.985/2000. Assim, faz-se necessária a utilização de técnicas não destrutivas para estudos de quantificação da biomassa. Fiorentin et al. (2015) realçam a importância de estudos para quantificar o estoque de biomassa e carbono na Mata Atlântica, contribuindo significativamente para melhoria nas estimativas em projetos florestais. O grande potencial de fixação de carbono na biomassa das árvores e o crescente interesse global por este assunto torna-se necessário o desenvolvimento de métodos alternativos de estimativa de biomassa e carbono (NICOLETTI, 2011). O trabalho teve por objetivo avaliar uma metodologia não destrutiva na estimativa do volume, da biomassa e do carbono do fuste em remanescentes florestais em um fragmento da Floresta Ombrófila Mista.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido em uma RPPN (Reserva Particular de Patrimônio Natural) no município de Rio Rufino, em Santa Catarina. A fazenda é denominada Santo Antônio, com altitude média de 1.240 metros, pertencente ao domínio da Floresta Ombrófila Mista. De acordo com a classificação de Köppen (ALVARES et al., 2013), o clima local é do tipo Cfb, temperado úmido com verão temperado, temperatura média de 16,5°C e precipitação anual média de 1.526 mm. As medições dendrométricas do povoamento foram realizadas em cinco parcelas de 600 m² aleatoriamente, totalizando 0,3 ha. Foram cubadas 102 árvores de diferentes espécies devidamente identificadas, em cada parcela, pelo método direto, utilizando Suta e pelo método indireto, utilizando o Criterion. As seis espécies com maior Índice de Valor de Importância (IVI) foram: *Sapium glandulosum* (L.) Morong, (20,1%), *Myrceugenia myrcioides* (Cambess.) O. Berg, (8,9%), *Drimys angustifolia* Miers, (8,8%), *Clethra scabra* Pers. (8,4%), *Myrcia retorta* Cambess (7,1%) e *Inga lentiscifolia* Benth. (6,2%). A cubagem foi realizada pelo método indireto, utilizando o dendrômetro Criterion RD 1000 da empresa *Laser Technology*. Os dados obtidos pelo aparelho foram comparados com as medições reais ao longo do fuste coletados com uma suta de forma direta.

A distância do ponto de medição com o dendrômetro óptico em relação à árvore a ser medida foi de cinco metros variando conforme a altura da planta, na direção

em que se privilegiasse a visibilidade do indivíduo, garantindo acurácia na medição. As medidas do diâmetro ao longo do fuste foram obtidas conforme o método de cubagem de Smalian, segundo Machado e Figueiredo Filho (2006), mensurando nas posições 0,1; 0,3; 0,5; 0,9; 1,3; 2,0 metros e a partir desta de metro em metro até o diâmetro de 8 cm. Para obtenção do volume total utilizou-se o volume do cone a partir desse ponto. Essas medidas foram demarcadas ao longo do tronco com o auxílio de uma trena e giz para que fossem coletadas as medidas exatamente na mesma posição com os dois equipamentos. Quando necessário utilizou-se uma escada para realizar a cubagem nessas medidas mais altas.

Para inferir sobre a precisão do dendrômetro em relação aos valores de referência obtidos com a suta necessitou-se realizar a cubagem para obtenção dos volumes observados (suta) e volumes estimados (Criterion) e consequentemente a biomassa e carbono.

A distribuição da biomassa de fuste por classe diâmetrica foi obtida por meio da técnica volumétrica, utilizando dados de densidade da literatura para as espécies estudadas. Para estimar o carbono dos indivíduos por classe diâmetrica, utilizou-se o fator 0,5 para conversão biomassa em carbono, conforme IPCC (Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas). As classes diâmetricas foram determinadas segundo a fórmula de Sturges, por meio de Ferreira (2005).

A análise da variação entre o método direto (Suta) e o método indireto (Criterion) foi por meio da distribuição residual das observações. Avaliou-se os erros da medição do diâmetro em função da posição mensurada, os erros do diâmetro em função do diâmetro à altura do peito das árvores (DAP), os erros relativos de volume total individual em função da posição de mensuração ao longo do fuste, os erros de volume em função do DAP e da biomassa e carbono das árvores.

O erro absoluto da *i*-ésima árvore foi obtido pela Equação 1. Logo, os erros relativos foram obtidos pela Equação 2. Após obter o volume sólido das árvores por meio da cubagem rigorosa com o método de Smalian, a biomassa do tronco foi obtida por meio da equação 3.

$$e.ab_i = x.obs_i - x.med_i \quad (\text{Equação 1})$$

$$e.re_i = \frac{e.ab_i}{x.obs_i} * 100 \quad (\text{Equação 2})$$

$$b_{vi} = v_i \cdot d_i \quad (\text{Equação 3})$$

Em que: *i* = é o índice que se refere às árvores; *x.obs_i* = valor do diâmetro (cm) ou volume observado (m³) obtido pela cubagem rigorosa ou biomassa e carbono (t) da árvore; *x.med_i* = valor do diâmetro (cm) ou volume medido (m³) ou biomassa e carbono (t) da árvore pelo método do Criterion; *e.ab_i* = erro absoluto do diâmetro (cm) ou volume (m³) ou biomassa e carbono (t) da árvore; *b_v*, é a biomassa do tronco pela técnica volumétrica (kg); *v* é o volume do tronco obtido pela cubagem (m³); *d_i* é a densidade básica da literatura (kg.m⁻³).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Podem-se observar os valores de mínimo, média e máximo de diâmetro à altura do peito (DAP), altura total

(h) dos indivíduos mensurados por parcela, bem como o desvio padrão apresentado entre parcelas na Tabela 1. Observa-se desvio padrão relativamente baixo para os DAP e alturas, onde a amplitude diamétrica do DAP variou de 5,5 a 41,7 cm entre todas parcelas. Já o desvio padrão encontrado é baixo para o DAP e a altura. A partir

disso, afirma-se que a amostra representa a floresta nas suas diferentes situações e contribuiu na aferição da metodologia de determinação de volume, biomassa e carbono de forma não destrutiva.

Tabela 1. Média, mínimo e máximo de diâmetro à altura do peito (DAP) e altura total (h) e volume (v) nas parcelas mensuradas e desvio padrão entre parcelas.

Parcela	DAP (cm)			h(m)			v (m ³)		
	mín.	méd.	máx.	mín.	méd.	máx.	mín.	méd.	máx.
1	6,0	21,5	37,0	7,0	12,5	18,0	0,0006	0,0981	0,1956
2	6,0	23,8	41,7	3,0	10,5	18,0	0,0006	0,0848	0,1689
3	5,8	19,0	32,2	2,5	10,3	18,0	0,0007	0,0783	0,1558
4	6,6	16,1	25,5	4,0	8,0	12,0	0,0010	0,0502	0,0993
5	5,5	18,2	30,9	5,0	11,0	17,0	0,0009	0,0745	0,1481
Desvio Padrão	0,4	3,1	6,2	1,8	1,6	2,6	0,0002	0,0176	0,0353

Sendo que: "mín.", "máx." e "méd." representam, respectivamente, o valor mínimo, máximo e a média da respectiva variável mensurada na parcela correspondente.

Por meio da mensuração do diâmetro pelos dois métodos (Suta e Criterion) foi possível avaliar o erro existente nas observações ao longo do fuste das árvores (Figura 1). Com relação ao erro relativo das medidas diamétricas reais (suta) e estimadas (Criterion), a distribuição residual apresenta uma variação em torno de 40% dos resíduos nas menores posições do fuste, tendendo a diminuir ao ao longo do fuste. Entretanto, Nicoletti et al. (2015) registraram um erro médio constante subestimado de aproximadamente 1 cm, representando 5%, do diâmetro ao longo do fuste para eucalipto até 8 m de altura com o Criterion 400. Esses mesmos autores verificaram que com o dendrômetro óptico (RC3H) tem-se um erro crescente subestimado à medida que aumenta as posições no tronco das árvores, chegando até 5 cm, cerca de 25%, nas posições de 8 m de altura. Afirmando o maior cuidado na utilização do RC3H em termos de precisão quando desse tipo de medição. Parkey e Matney (1998) verificaram erros médios subestimados menores que 1 cm no diâmetro quando da comparação do Criterion 400 com Pentaprisma de Wheeler (dendrômetro capaz de realizar a cubagem indireta). Já Kalliovirta et al. (2005) registraram um erro padrão maior para altura e o diâmetro comparando o Criterion 400 ao Relascópio a laser (Barr & Stroud).

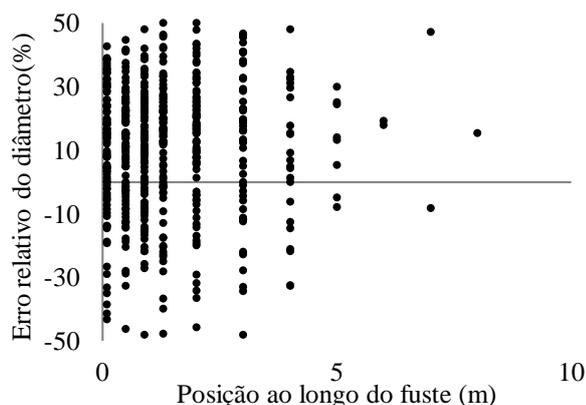


Figura 1. Erro relativo das medidas indiretas dos diâmetros em função da posição ao longo do fuste.

O erro relativo do diâmetro por meio do método indireto foi avaliando a proporção relativa em que as medidas se dispersam dos valores de referência em função do DAP (Figura 2). Pode-se observar que as árvores de menor porte tiveram maior dispersão do erro comparado com aquelas de grande porte. Para as árvores com DAP menor que 10 cm e maiores que 20 cm tenderam a ter erros subestimados. Salienta-se também que o erro médio independente do DAP das árvores tendeu a permanecer subestimado próximo aos 10%, demonstrado pela linha de tendência. Realça-se que nas menores árvores os erros foram tanto subestimados como superestimados. Já para os maiores indivíduos houve uma tendência dos erros serem subestimados. Avaliando a qualidade dos dados obtidos de forma não destrutiva, Williams et al. (1999) observaram erros médios superestimados no diâmetro ao longo do fuste menores que 1% com o Criterion.

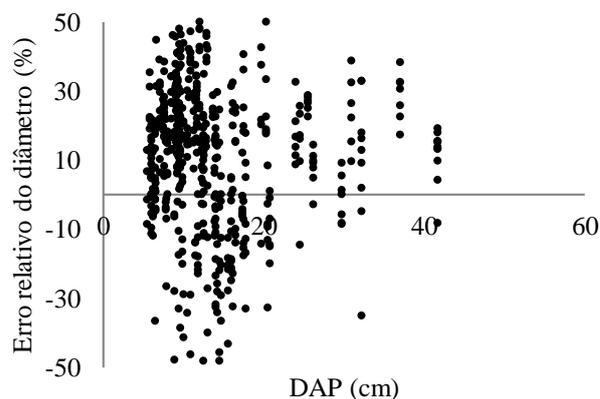


Figura 2. Erro relativo do diâmetro em relação ao DAP (cm).

Na Figura 3 tem-se a distribuição residual do volume individual das árvores em relação ao DAP. O erro relativo do volume individual apresentou tendência média de subestimativa de aproximadamente 20% na amplitude diamétrica analisada. De forma geral, percebe-se uma maior proporção de árvores de menor porte. Essas apresentaram uma distribuição de resíduos agrupada em resultados subestimados, ou seja, seus volumes encontrados nas estimativas foram menores que o real. Fatores esses que podem ser explicados pelo descuido no manuseio pelo operador do dendrômetro Criterion durante as medições e também pela dificuldade encontrada em se

visualizar os troncos tortuosos das árvores no levantamento durante as cubagens não destrutiva. Entretanto, Bonazza (2014) verificou a exatidão da cubagem não-destrutiva com a utilização do Criterion RD 1000 em relação ao método do xilômetro e encontrou erros médios de subestimativas em torno de 0,35%. Esse mesmo autor avaliou diferentes distâncias entre observador e árvore, em povoamentos de pinus de 13 e 21 anos, e obteve erros médios nessas distâncias de superestimativas de 18% para árvores de 13 anos e subestimativas de 0,93% para 21 anos. Desse modo, nota-se que quanto mais velhas e maiores os diâmetros das árvores foram encontrados menores erros. Assim, pode-se inferir que diante da situação do remanescente estudado o maior erro encontrado pode ser também pela dificuldade do aparelho ou operador em visualizar os diâmetros menores ao longo do tronco.

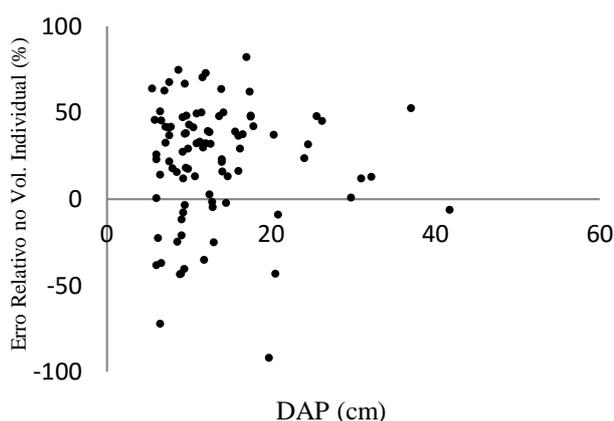


Figura 3. Erro relativo do volume individual (%) dos indivíduos amostrados em relação ao DAP (cm).

Nicoletti et al. (2015) encontraram uma tendência subestimada crescente no erro relativo médio do volume total das árvores em relação ao DAP, sendo que para o Criterion o erro foi em torno de 10% e para o RC3H próximo de 40%. Estimativas não destrutivas menores a essas foram determinadas por Parkey; Matney (1998) que obtiveram erros médios para o volume de 3% com o Criterion 400. Testando também a exatidão e precisão do Criterion RD 1000 Oliveira et al. (2013) em *Cryptomeria japonica* (THUNB. EX L. F.) D. DON. apontam erros relativos médios de aproximadamente 2,5% nas estimativas do volume. Logo, Castro et al. (2008) ao testarem o Criterion 400 na cubagem de árvores em pé em um remanescente natural, inferem em erros nos volumes individuais em relação a cubagem realizada com a suta de $\pm 30\%$, sendo que as árvores menores tiveram volumes superestimados, enquanto as árvores de tamanho intermediário tenderam a ter volumes subestimados. Todas as diferenças encontradas nas estimativas dos erros em relação aos trabalhos citados deve-se provavelmente a variabilidade de espécies do fragmento estudado e da diferença daquelas florestas avaliadas pelos demais pesquisadores. Assim, diante da grande importância que as variáveis dendrométricas possuem na compreensão da dinâmica florestal, seja de povoamentos comerciais ou naturais, a qualidade dos dados para fornecer inúmeras estimativas é essencial no manejo e conservação de florestas.

A obtenção da biomassa de fuste obtida pela técnica volumétrica e a obtida como uso do Criterion por classe diamétrica pode ser vista na Figura 5. Com base na distribuição diamétrica nota-se a maior presença de biomassa nas menores classes, fato esse, representativo de uma floresta natural com curva exponencial negativa. Percebe-se também que a biomassa estimada com o Criterion foi inferior na maioria das classes. Essa variação pode ser explicada devido à dificuldade em visualizar o fuste das árvores com o equipamento devido à grande presença de indivíduos e menor luminosidade na floresta que também pode afetar.

A biomassa de fuste obtida com auxílio da suta foi de aproximadamente 4,5 t/0,3ha e a estimada por meio do Criterion, em torno de 3,6 t/0,3ha. Considerando para um hectare obtêm-se aproximadamente 15,2 toneladas de biomassa predita pelo método real (suta) e 12,1 toneladas de biomassa estimada (Criterion). Além disso, a maior quantidade de biomassa de fuste está nas menores classes de diâmetro, fato esse, representativo de uma floresta natural. Já a quantidade de biomassa estimada com o Criterion foi inferior na maioria das classes. Essa variação pode ser explicada devido à dificuldade em visualizar o fuste das árvores com o equipamento devido à grande presença de indivíduos e menor luminosidade na floresta que também pode afetar.

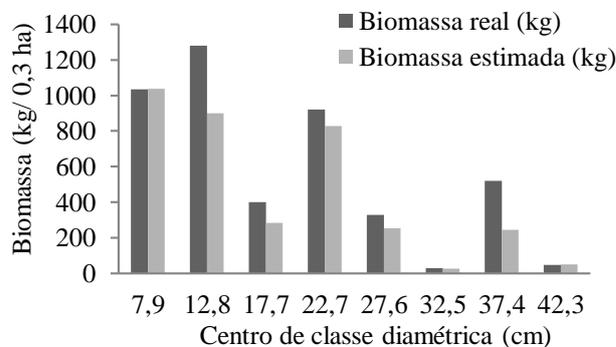


Figura 4. Histograma da biomassa de fuste calculada com os dados obtidos com a suta (observada) e a biomassa obtida com o Criterion RD1000 (estimada) na área amostral (0,3 ha) por centros de classes diamétricas.

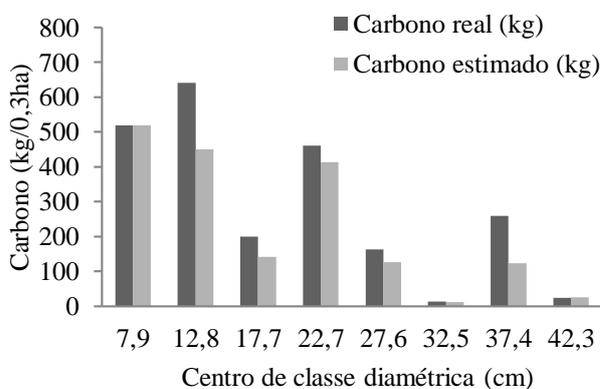


Figura 5. Estoque de carbono nas classes diamétricas comparando a metodologia com a suta e a com o Criterion.

Essa diferença representa uma subestimativa de aproximadamente 15% para o método proposto. Comparando estes resultados com o erro comumente

admitido nos inventários florestais de 10%, nota-se que a utilização do dendrômetro óptico Criterion para predição da biomassa em florestas nativas sob forma não destrutiva pode fornecer estimativas relativamente menos precisas. Lembrando que para utilização do Criterion na cubagem alguns cuidados devem ser priorizados, tais como a distância entre observador e árvore, luminosidade, presença de obstáculos ou vento também podem influenciar nas mensurações. Nicoletti et al. (2012) avaliando a predição da biomassa do fuste em função do DAP em *Eucalyptus* sp. por meio da técnica gravimétrica e volumétrica encontraram erros médios subestimados em 11% para o Criterion 400 e cerca de 40% para o RC3H. Sendo que o Criterion 400 foi o dendrômetro que forneceu as estimativas mais exatas. Já o estoque de carbono estimado foi de 2,2 t/0,3 ha ou 7,6 t/ha utilizando a suta e de 1,8 t/0,3 ha ou 6,1 t/ha, utilizando o Criterion (Figura 6). Por meio da distribuição diamétrica para o estoque de carbono percebe-se que o grande potencial está armazenado nas menores classes. Desse modo, essa metodologia mesmo fornecendo alguns erros nas mensurações dos diâmetros e posteriormente na determinação do volume, biomassa e carbono pode se torna uma ferramenta aplicável para o uso em florestas que não são permitidas o corte e de forma não destrutiva.

4. CONCLUSÃO

Assim, por meio desta metodologia não destrutiva conclui-se que essa metodologia demonstra ser promissora para estudos de estoque de biomassa e carbono com erros relativamente baixos quando comparamos aos aceitáveis dos levantamentos florestais.

5. REFERÊNCIAS

- ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Stuttgart, v.22, n.6, p.711-728, dez. 2013.
- BONAZZA, M. **Quantificação dendrométrica não-destrutiva e relações entre unidades de volume sólido e massa de madeira em um povoamento de Pinus taeda L.** 2014. 154f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2014.
- CASTRO, T. N. et al. Avaliação do aparelho Criterion 400 na cubagem rigorosa de árvores em pé. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, 16., 2008. Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: USP, 2008.
- FERREIRA, D.F. **Estatística Básica**. Lavras: Editora UFLA, 2005. 664p.
- FIORENTIN, L. D. et al. Quantificação e modelagem da biomassa e carbono da regeneração natural em área de Floresta Ombrófila Mista. **Revista Brasileira de Biometria**, São Paulo, v.33, n.2, p.251-267, abr./jun. 2015.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION (FAO). **Global forest resources assessment 2010 main report**. Rome: FAO Forestry paper, 2010. 340p.
- HOUGHTON, R. A. et al. Importance of biomass in the global carbon cycle. **Journal of Geophysical Research**, Washington, v.144, n.G00E03, p.1-13, set. 2009.
- KALLIOVIRTA, J. et al. Evaluation of the Laser-relascope. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v.204, n.2-3, p.181-194, jan. 2005.
- MACHADO, S. A.; FIGUEIREDO FILHO, A. **Dendrometria**. 2. ed. Guarapuava: Unicentro, 2006. 316p.
- NICOLETTI, M. F. **Comparação de métodos não-destrutivos de cubagem de árvores em pé visando à determinação da biomassa**. 2011. 83f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2011.
- NICOLETTI, M. F. et al. Acurácia de dois dendrômetros ópticos na cubagem não destrutiva para a determinação da biomassa florestal. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v.32, p.23-33, jun.2012.
- NICOLETTI, M. F. et al. Exatidão de dendrômetros ópticos para determinação do volume de árvores em pé. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.25, n.2. p.395-404. abr./jun. 2015.
- OLIVEIRA, K. A. et al. Desempenho de diferentes instrumentos para mensuração de altura total, DAP e volume em *Cryptomeria japonica* (THUNB. EX L. F.) D. DON. In: EVENTO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 21., 2013. Curitiba. **Anais...** Curitiba: UFPR, p.443, 2013.
- PARKEY, R. C.; MARTNEY, T. G. Comparison of Optical Dendrometers for Prediction of Standing Tree Volume. **Southern Journal of Applied Forestry**. Oklahoma, v. 23, n.2, p.407-417, abr. 1998.
- SANQUETTA, C. R. et al. Estoques de biomassa e carbono em povoamentos de acácia-negra em diferentes idades no Rio Grande do Sul. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v.12, n.103, p.370, set. 2014a.
- SANQUETTA, C. R. et al. Estimativa de carbono individual para *Araucaria angustifolia*. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.44, n.1, p.1-8, jan./mar. 2014b.
- SCHIKOWISKI, A. B. et al. Modelagem do crescimento e de biomassa individual de Pinus. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v.33, n.75, p.269-278, jul./set. 2013.
- WILLIAMS, M. S. et al. Evaluation of the Barr & Stroud FP15 and Criterion 400 Laser Dendrometers for Measuring Upper Stem Diameters and Heights. **Forest Science**, Washington, v. 45, n. 1, p. 53-61, jan. 1999.