

## Nota Técnica

# Avaliação de aplicativos tecnológicos na mensuração de abertura de dossel na Floresta Ombrófila Mista

Evaluation of technological applications in the measurement of canopy opening in Araucaria Forest

Leandro Correa Pinho<sup>1</sup>   
Marcelo Callegari Scipioni<sup>1</sup>   
Alexandre Siminski<sup>1</sup> 

<sup>1</sup>Universidade Federal de Santa Catarina, Curitibanos, SC, Brasil

## RESUMO

A abertura do dossel é uma variável importante para o entendimento da regeneração de espécies vegetais e na composição florística dos ambientes florestais. Aplicativos de Smartphones foram criados para estimativas de abertura e cobertura estrutural de comunidades e plantas, apresentando potencial de substituição de equipamentos convencionais como o Densiômetro, devido à acessibilidade e ao custo zero. Assim, o presente estudo teve por objetivo avaliar essas tecnologias de baixo custo para a mensuração da abertura/cobertura de dossel florestal comparando com o Densiômetro esférico modelo A. Foram medidas as aberturas de dosséis para cada método em 55 pontos realizando 4 leituras por ponto em parcelas permanentes em fragmento de Floresta Ombrófila Mista. As médias das medidas de abertura de dossel de cada método foram comparadas por teste de estatísticos. Os resultados obtidos foram que o aplicativo *CanopyCapture* apresentou melhores resultados não diferindo estatisticamente do Densiômetro; o *CanopyCapture* demonstrou-se uma alternativa intermediária; o *Canopeo* apresentou pior desempenho, tendo grande variação e pouca precisão nos resultados. Foi possível concluir que, no ambiente e modelo de estudo proposto, apenas o *CanopyCapture* possui potencial para uso como substituto do Densiômetro Florestal, ainda assim é necessários diferentes estudos para que se tenha uma maior confiabilidade na eficiência desse aplicativo em outras formações florestais.

**Palavras-chave:** Densiômetro; *Canopeo*; *CanopyCapture*; *CanopyCapture*



## ABSTRACT

---

Canopy opening is an important variable for understanding the regeneration of plant species and the floristic composition of forest environments. Smartphone applications have been created to estimate the openness and coverage of community structures and plant culture. These have the potential to replace conventional equipment such as the Densiometer due to accessibility and zero cost. However, measuring and recommending the use of these technologies to the forest environment is necessary. Thus, the present study aimed to evaluate these low-cost technologies for measuring the canopy opening / covering by comparing with the spherical Densiometer model A. Canopy openings were measured for each method at 55 points performing 4 readings per point on permanent plots in Araucaria Forest fragment. The means of the canopy opening measurements for each method were compared by statistical test. The results obtained were that the *CanopyCapture* application presented better results, not differing statistically from the Densiometer; *CanopyCapture* proved to be an intermediate alternative; *Canopeo* performed worse, with great variation and little precision in the results. It was possible to conclude that, for the proposed study model, only *CanopyCapture* has the potential to be used as a substitute for the Forest Densiometer, yet different studies are necessary to have greater reliability in the efficiency of this application in other forest formations.

**Keywords:** Densiometer; *Canopeo*; *CanopyCapture*; *CanopyCapture*

## 1 INTRODUÇÃO

O aumento da fragmentação das áreas florestais nativas e a importância desses ambientes à manutenção da biodiversidade reforçam a necessidade de conhecimento sobre a dinâmica dos ambientes florestais, incluindo aspectos tais como disponibilidade de luz, água e nutrientes, para que sejam manejadas de forma eficiente e obtenha êxito em sua conservação (CALEGARI, MARTINS, GLERIANI, SILVA, BUSATO, 2010; BORGES, SCOLFORO, OLIVEIRA, MELLO, ACERBI JUNIOR, FREITAS, 2004). Uma das variáveis que deve ser analisada é a dinâmica do dossel da floresta, que forma a cobertura superior da floresta, composta pela sobreposição dos galhos e folhas das árvores. A dinâmica do dossel pode ser analisada tanto através da abertura do dossel - porcentagem do dossel da floresta que não é ocupada por componentes das copas, ou por meio de cobertura do dossel - porcentagem que os componentes das copas ocupam no dossel da floresta (MARTINS, 2001; MORAES, 2014).

A abertura/cobertura do dossel é uma variável importante para o entendimento da regeneração de espécies vegetais e na composição florística dos ambientes florestais (CANTINHO, 2012; MORAES, 2014). Nos processos ecológicos e fisiológicos dos vegetais,



a luminosidade pode influenciar de forma positiva ou negativa no estabelecimento de plântulas, sua variação proporciona formação de micro-habitat no interior da floresta podendo apontar como o motivo responsável a abertura de clareiras (LIMA, 2016). Portanto, a cobertura de dossel proporciona qualidade, distribuição temporal e espacial da radiação solar incidente, influenciando a temperatura e as condições de umidade do solo. Por sua vez, a quantidade e a forma de orientação de cada indivíduo em um determinado ambiente, determina a densidade do dossel e constituem os fatores primários para o regime de radiação e as trocas gasosas e energéticas entre o meio vegetal e a atmosfera (GALVANI e LIMA, 2014).

O densiômetro esférico é utilizado em diversos estudos sobre a abertura do dossel, ou seja, uma ferramenta fundamental para obter uma variável ambiental para análise em diversos estudos em ambiente florestal, como: dinâmica de biomassa e estoque de carbono (ZELARAYÁN, CELENTANO, OLIVEIRA, TRIANA, SODRÉ, MUCHAVISOY, ROUSSEAU, 2015), efeito de borda (SCIPIONI, LUNARDI NETO, SIMINSKI, SANTOS, 2018), efeito de luminosidade e sombreamento no sub-bosque de florestas (SUGANUMA, TOREZAN, CAVALHEIRO, VANZELA, BENATO, 2008, GARCIA, REZENDE, PIMENTA, MACHADO, LEMOS FILHO, 2007), análise de dinâmica de fragmentos florestais (CALEGARI, MARTINS, GLERIANI, SILVA, BUSATO, 2010), manejo de espécies arbóreas e arbustivas (MARQUES, MATTOS, BONA, REIS, 2012) e análises de estrutura ecológica e sociológica (ALMEIDA, 2015; CORDEIRO e RODRIGUES, 2007). Nesse contexto, tecnologias de fácil acesso podem ser ferramentas importantes para que se promova constante aprimoramento nas estratégias de manejo e conservação dessas áreas, facilitando coleta de dados e podendo aumentar a rapidez no processamento das variáveis avaliadas (FERRO, BONACELLI, ASSAD, 2006).

A utilização de aplicativos que estimam a cobertura verde por meio de imagens capturadas em tempo real se demonstrou eficiente, como no estudo realizado por Lollato, Patrignani, Ochsner, Rocateli, Tomlinson, Edwards (2015), usando o aplicativo *Canopeo* com uma boa resposta de eficiência. Yellareddygari e Gudmestad (2017) utilizaram o mesmo aplicativo para avaliar os sintomas de murcha de *Verticillium*



na batata, que foram estimados utilizando a estimativa de cobertura verde gerada a cada acompanhamento. Chung, Choi, Silva, Kang, Eom, Kim (2017) utilizaram fotos digitais capturadas com uma câmera convencional e as imagens foram processadas com o aplicativo *Canopeo*. Os autores obtiveram boa estimativa de biomassa de sorgo indicando que as análises de imagens digitais podem substituir o intenso trabalho de coleta e mensuração convencional relacionados à biomassa. No ambiente florestal, as fotografias hemisféricas têm sido usadas em trabalhos ecológicos, como: monitoramento de áreas manejadas, com áreas com diferentes níveis de cortes de árvores (MONTEIRO e SOUZA, 2009); em povoamentos e tratamentos silviculturais (MATTOS, 2015; MONTE, REIS, REIS, LEITE, STOCKS, 2007); no estabelecimento de plântulas influenciadas pela heterogeneidade da luminosidade no sub-bosque (MARTINI, 2002); e também em estudos de dinâmica de estruturação do dossel, resultante de variações na distribuição de luz em uma determinada área (GARCIA, REZENDE, PIMENTA, MACHADO, LEMOS FILHO, 2007).

Diante da incorporação cada vez mais ampla de tecnologias de estimativa de abertura de dossel por meio de aplicativos de smartphone, esse trabalho busca responder: Utilizar ferramentas simples e de livre acesso são viáveis para estudos técnico-científicos na estimativa de abertura e cobertura de dossel? Os aplicativos de smartphones podem substituir equipamentos específicos como os densiômetros? Quais aplicativos de smartphone são funcionais para analisar abertura e cobertura de dossel? Essas são algumas questões que este trabalho pretendeu elucidar por meio de testes e comparações no ambiente florestal.

## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 Área de estudo**

O estudo foi realizado em fragmento de Floresta Ombrófila Mista, localizado na área de Reserva Legal do Campus Curitibanos da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), com aproximadamente 8 hectares nas coordenadas geográficas: 27°17'12.8"S e

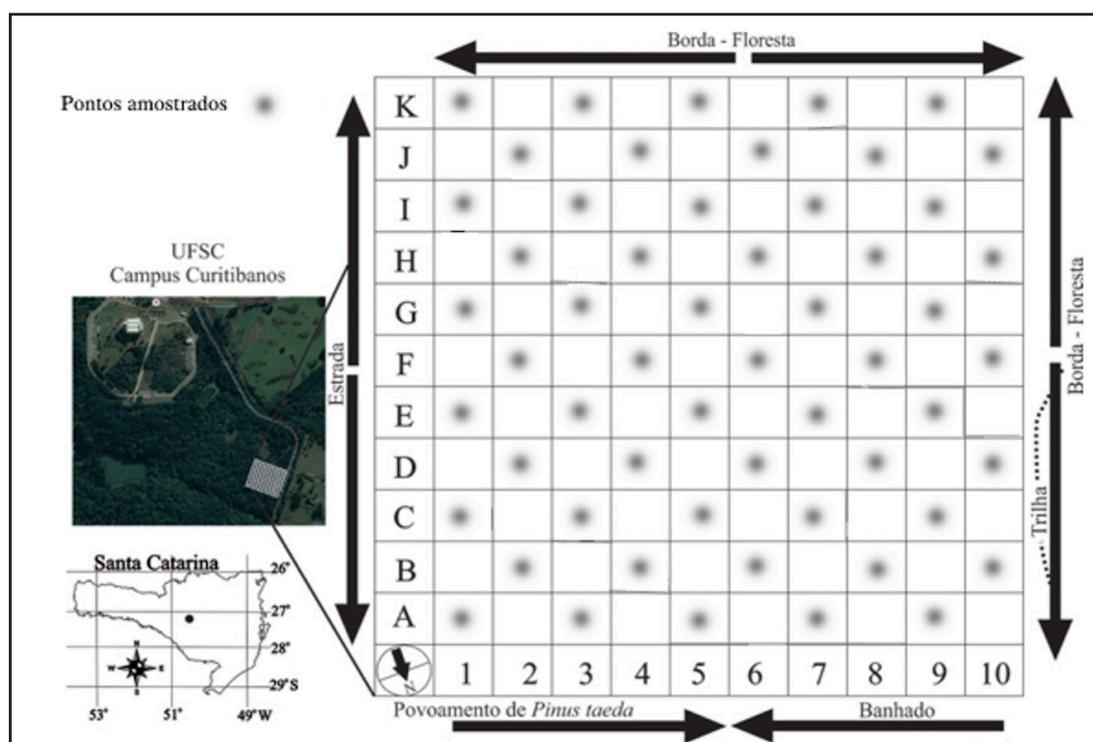


50°31'57.5"W, e elevação 1100 m de altitude (Figura 1). Foram amostrados 55 pontos em parcelas permanentes de 100 m<sup>2</sup> (SCIPIONI, LUNARDI NETO, SIMINSKI, SANTOS, 2018). O clima da região de Curitibaanos é do tipo Cfb, segundo a classificação de Köppen, temperado mesotérmico úmido, sem estação seca, com verão ameno e invernos rigorosos com geadas severas. Temperatura média anual 16 – 17°C, umidade relativa do ar (média) 80 a 82% e precipitação média anual 1.500 a 1.700 mm (EPAGRI, 2003).

## 2.2 Coleta de dados

As avaliações de abertura no dossel utilizaram-se, os seguintes meios: a) densiômetro florestal esférico convexo Modelo "A" (LEMMON, 1957); e três aplicativos para smartphone: b) *CanopyCapture* versão 1.0.4; c) *CanopyCapture* versão 1.0.2; e d) *Canopeo* versão 1.1.7. O smartphone utilizado foi um Motorola G7 Power com câmera de 13 megapixels. Para posicionamento do smartphone e do Densiômetro foi utilizado um tripé de metal, nivelado previamente a 150 cm do nível do solo.

Figura 1 – Fragmento de Floresta Ombrófila Mista Montana estudado no município de Curitibaanos (SC) e a localização das parcelas para avaliação de abertura de dossel



Fonte: Adaptado de Scipioni, Lunardi Neto, Siminski, Santos (2018)



Para facilitar a leitura do Densímetro e obter as imagens de abertura de dossel foram realizadas as medições em horários com maior incidência de radiação solar, entre 10 horas e 15 horas, em dias com céu sem nebulosidade. O intervalo de leitura de abertura do dossel, entre a primeira e a última foi de 04 dias, no período entre 05/03/2021 e 08/03/2021. Esse período curto de obtenção de dados visa diminuir a variabilidade de luminosidade estacional.

No centro de cada parcela foram localizados os pontos cardeais e posicionados os equipamentos, realizando a mensuração de abertura de dossel inicialmente com o Densímetro e em seguida com os aplicativos *CanopyCapture*, *CanopyCapture* e *Canopeo*, sempre nessa ordem, sendo realizado 4 leituras por ponto para cada respectivo método para processamento de valor médio de abertura de dossel. O Densímetro foi utilizado como parâmetro referência, seguindo as recomendações descritas pelo fabricante para leituras de cobertura de dossel pelos pontos cardeais com o auxílio de uma bússola, estes pontos também foram utilizados na orientação para a captura das imagens dos aplicativos. Para o Densímetro foi apenas anotado os valores para posteriormente realizar os cálculos necessários, já os aplicativos fornecem a porcentagem de abertura em tempo real.

### 2.3 Aplicativos

Os aplicativos utilizados neste estudo estão disponíveis para os sistemas operacionais Android e IOS. O primeiro, *CanopyCapture* versão 1.0.4, é um aplicativo desenvolvido pela Universidade de New Hampshire, foi planejado para ser uma ferramenta de análise de dossel de forma prática, utilizando o giroscópio do smartphone como referencial para nivelamento do aparelho na hora da captura da imagem e garantir maior precisão das análises. Para o download basta realizar uma busca por "*CanopyCapture*" na Google Play Store ou iPhone App Store de acordo com seu sistema operacional.



O segundo aplicativo, o *CanopyCapture* versão 1.0.2, disponível para download no site <https://nikp29.github.io/CanopyCapture/>, foi desenvolvido por Nikhil Patel com contribuição de Billy Pierce, projetado para cientistas e pesquisadores florestais obterem medições precisas da cobertura do dossel, sendo uma ferramenta intuitiva e precisa para medir instantaneamente a cobertura do dossel.

O último aplicativo utilizado foi o *Canopeo* versão 1.1.7, disponível para download no site <https://Canopeoapp.com>. Esse foi desenvolvido por colaboração da Divisão de Ciências Agrícolas e Recursos Naturais, o OSU App Center e o grupo de pesquisa de Física do Solo da Universidade Estadual de Oklahoma (OSU). O *Canopeo* permite determinar com precisão a porcentagem da cobertura do dossel em tempo real, de modo que o usuário pode monitorar precisamente o progresso da cultura e tomar decisões de gestão informadas. O desenvolvedor coloca como aplicações potenciais quantificar a cobertura de pequenos grãos e culturas de linha, avaliação dos danos causados pelo congelamento de culturas, granizo ou de herbicidas.

## 2.4 Análise dos Dados

A experiência de funcionalidade e usabilidade das ferramentas foram descritas quanto praticidade e recursos disponíveis para nivelamento do equipamento, obtenção das leituras, calibragem e processamento das imagens. Os dados coletados foram organizados e armazenados em planilha Excel, sendo realizado o cálculo das médias para cada ponto coletado. No software R foi avaliado a distribuição dos dados pelo teste de Shapiro-Wilk, para observar se eles possuem distribuição normal. Utilizando o mesmo software estatístico foi avaliado a variabilidade de cada método e realizada uma análise de variância (ANOVA) e para a visualização das diferenças estatísticas apresentadas, efetuado um teste de comparação de médias (teste de Tukey).

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

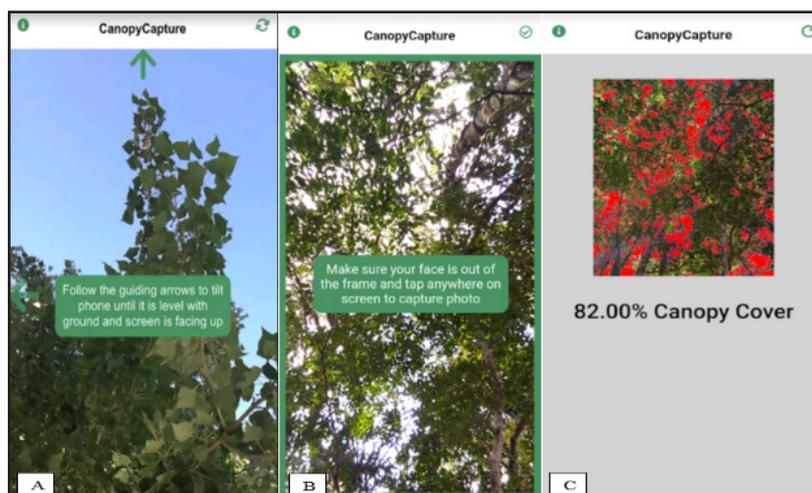
### 3.1 Funcionalidade e usabilidade

O aplicativo *CanopyCapture* apresentou maior facilidade de uso em comparação aos demais, pois ele auxilia o nivelamento do aparelho e não necessita de ajustes



manuais. Na figura 2 é possível observar como ele funciona, onde na Figura 2 A possui a mensagem e as setas indicando o direcionamento do smartphone para que ele fique nivelado com o solo e a tela voltada para cima. Na Figura 2 B, demonstra quando as bordas estão verdes basta tocar em qualquer ponto da tela para que a imagem seja capturada e processada. Na Figura 2 C é demonstrado o resultado do processamento da imagem, onde as partes em vermelho correspondem a luz onde não possui folhas e galhos e as demais partes sem coloração digital representam as estruturas que compõem a copa das árvores, fornecendo de forma imediata os valores percentuais da cobertura do dossel.

Figura 2 – Sequência do processamento da imagem para estimativa de cobertura de dossel pelo aplicativo *CanopyCapture*



Fonte: Autores (2021)

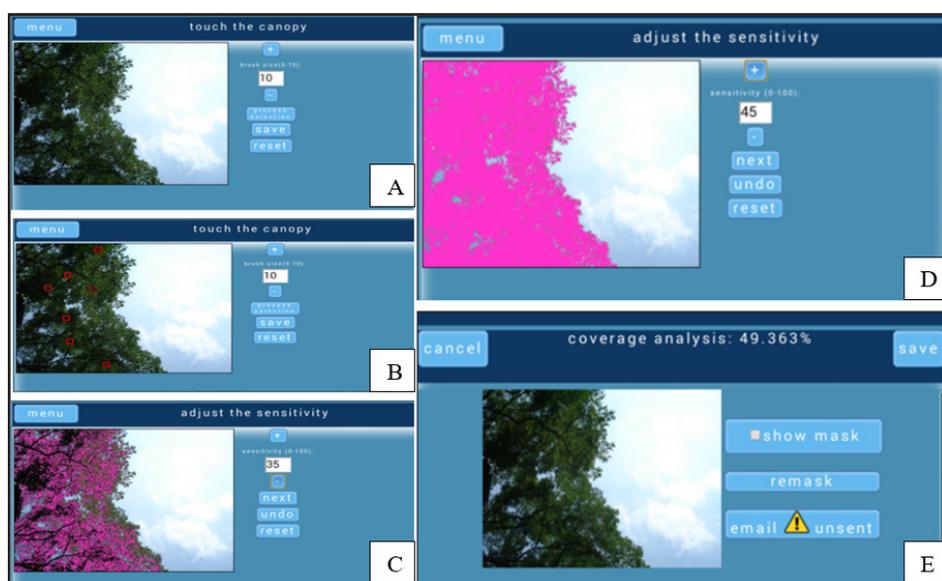
Em que: A) tela inicial orientando o nivelamento; B) tela inicial indicando que o aparelho está nivelado; C) resultado do processamento da imagem e % de cobertura do dossel.

O *CanopyCapture* necessita de uma calibração manual, sendo este o que demanda mais tempo para utilização. Após a captura da imagem, é aberta uma guia para que se demonstre o que é cobertura verde selecionando pontos na imagem para que o aplicativo consiga calcular a cobertura de dossel. Com os pontos da imagem selecionados foi realizado um ajuste de sensibilidade, onde este pode ser aumentado ou diminuído, dependendo da resposta do aplicativo. Nos casos em que a área de



cobertura das copas foi considerada pelo aplicativo menor que a real, foi preciso aumentar a sensibilidade para que o algoritmo considerasse mais partes como cobertura, já nos casos que ocorram superestimação da cobertura o processo foi feito de forma inversa. Com as imagens calibradas, elas foram salvas e apresentaram a porcentagem de cobertura de cada ponto (Figura 3).

Figura 3 – Sequência do processamento da imagem para estimativa de cobertura de dossel pelo aplicativo *CanopyCapture*



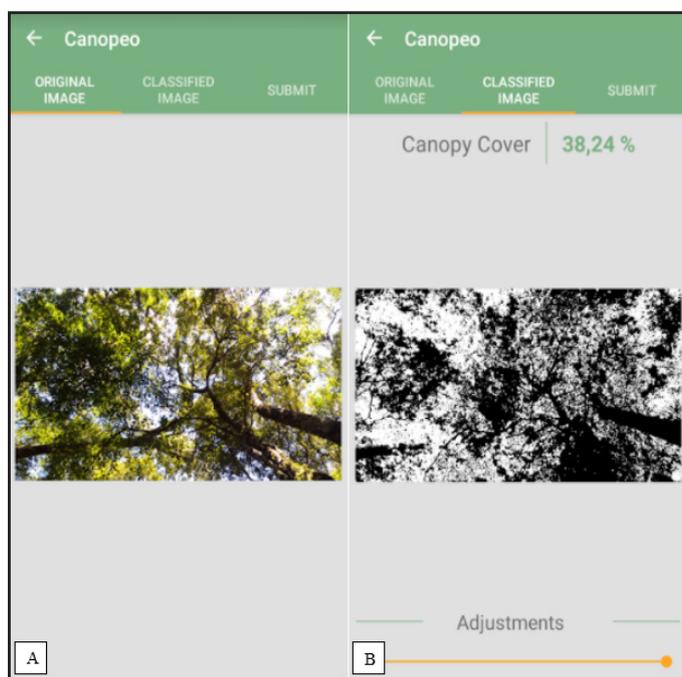
Fonte: Autores (2021)

Em que: A) tela para seleção da parte referente a copa; B) quadrados vermelhos indicam o local selecionado; C) resultado inicial do processamento da imagem; D) ajuste manual da sensibilidade de aplicativo; "E" resultado do processo com o valor de percentual de cobertura.

O aplicativo *Canopeo* tem funcionamento semelhante aos outros dois já citados anteriormente, para a mensuração bastou capturar uma foto em tempo real, além de poder se utilizar uma imagem que esteja armazenada e o programa faz o cálculo de forma instantânea. Porém, ele apresenta a opção de ajuste de sensibilidade após a imagem capturada. O aplicativo transforma a imagem em preto e branco, sendo que de acordo com o desenvolvedor os pixels brancos representam a parte vegetativa do dossel e os pretos onde possui demais componentes não vegetativos (Figura 4).



Figura 4 – Sequência do processamento da imagem para estimativa de cobertura de dossel por meio do aplicativo *Canopeo*



Fonte: Autores (2021)

Em que: A) imagem original capturada pelo aplicativo; B) resultado do processamento e % de cobertura de dossel.

### 3.2 Comparação entre os métodos

Na Tabela 1 é possível observar a porcentagem média de cobertura de dossel para cada método. Na mesma área, Scipioni, Lunardi Neto, Siminski, Santos (2018) utilizando o densiômetro esférico, encontraram valores médios para abertura de dossel equivalentes aos encontrados nesse estudo. No teste de normalidade realizado pelo teste de Shapiro-Wilk, apresentou valor  $P= 0,3971$  concluindo-se que os dados possuem distribuição normal, porque são superiores a 0,05. A análise de variância (ANOVA), demonstrou que existe diferença entre os métodos, com isso foi efetuado o teste de comparação de médias (teste de Tukey), para visualização das diferenças estatísticas (Figura 5).



Tabela 1 – Valores médios em porcentagem de cobertura de dossel para cada parcela amostrada dos métodos utilizados

Parcelas	% de cobertura do dossel (fechado)			
	Densiómetro*	CanopyCapture	CanopyCapture	Canopeo
K1	83	83(0)	63(-20)	7(-76)
K3	79	80(1)	63(-16)	6(-63)
K5	77	78(1)	73(-4)	14(-63)
K7	78	72(-6)	63(-15)	11(-67)
K9	85	82(-3)	72(-13)	14(-71)
J2	83	82(-1)	56(-27)	12(-71)
J4	71	75(4)	69(-2)	16(-55)
J6	86	85(-1)	67(-19)	17(-69)
J8	72	73(1)	66(-6)	17(-55)
J10	85	84(-1)	71(-14)	28(-57)
I1	86	81(-5)	69(-17)	32(-54)
I3	86	82(-4)	71(-15)	30(-56)
I5	88	85(-3)	72(-16)	29(-59)
I7	88	86(-2)	77(-11)	28(-60)
I9	85	83(-2)	69(-16)	18(-67)
H2	79	79 (0)	57(-22)	12(-67)
H4	71	78 (7)	59(-12)	15(-56)
H6	81	80(-1)	61(-20)	12(-69)
H8	82	80 (-2)	73(-9)	36(-46)
H10	77	76 (-1)	70(-7)	29(-48)
G1	81	79(-2)	68(-13)	19(-62)
G3	80	82(2)	74(-6)	24(-56)
G5	79	78(-1)	78(-1)	17(-62)
G7	82	76(-6)	68(-14)	15(-67)
G9	79	81(2)	70(-9)	26(-53)
F2	79	77(-2)	64(-15)	22(-57)
F4	86	85(-1)	63(-23)	20(-66)
F6	71	72(1)	72(1)	26(-45)
F8	73	74(1)	59(-14)	11(-62)
F10	86	85(-1)	56(-30)	15(-71)
E1	78	78(0)	64(-14)	5(-73)
E3	79	80(1)	69(-10)	13(-66)
E5	82	83(1)	74(-8)	18(-64)
E7	88	80(-8)	67(-21)	37(-51)
E9	69	71(2)	64(-5)	26(-43)
D2	83	84(1)	64(-19)	7(-76)
D4	79	80(1)	57(-22)	8(-71)
D6	84	81(-3)	64(-20)	25(-59)

Continua ...



Tabela 1 – Conclusão

Parcelas	% de cobertura do dossel (fechado)			
	Densíômetro*	CanopyCapture	CanopyCapture	Canopeo
D8	75	73(-2)	72(-3)	37(-38)
D10	79	78(-1)	66(-13)	28(-51)
C1	86	82(-4)	70(-16)	25(-61)
C3	78	78(0)	66(-12)	6(-72)
C5	85	83(-2)	64(-21)	33(-52)
C7	81	81(0)	67(-14)	28(-53)
C9	83	80(-3)	64(-19)	17(-66)
B2	84	83(-1)	64(-20)	10(-74)
B4	89	88(-1)	58(-31)	8(-81)
B6	82	80(-2)	62(-20)	30(-52)
B8	67	71(4)	68(1)	22(-45)
B10	75	72(-3)	65(-10)	28(-47)
A1	75	73(-2)	62(-13)	15(-60)
A3	73	74(1)	57(-16)	5(-68)
A5	78	80(2)	64(-14)	22(-56)
A7	81	76(-5)	77(-4)	22(-59)
A9	83	83(0)	72(-11)	27(-56)

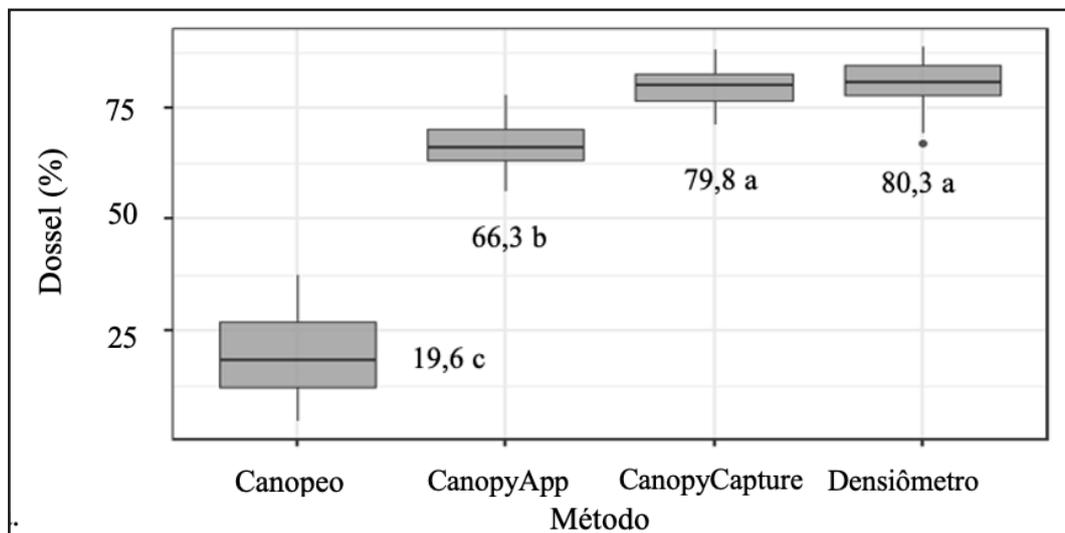
Fonte: Autores (2023)

Em que: \* Método de referência e entre parênteses está o valor de diferença entre método de referência e os aplicativos.

O aplicativo *Canopeo* apresentou resultados muito inferiores aos demais métodos avaliados, sendo sua aplicação não recomendada para análise de dossel florestal. Shepherd, Lindsey e Lindsey (2018) concluíram em seus estudos com soja que a utilização do *Canopeo* para medir a cobertura de dossel nessa cultura é uma alternativa viável e devido a praticidade do aplicativo, recomendam a utilização dele no lugar de métodos de interceptação de luz. De acordo com Bonvini e Inés (2018), esse aplicativo é um método rápido e confiável para o cálculo de estimativa de produção em biomassa e interceptação de luz na cultura da alfafa. Uma possível explicação para o funcionamento irregular do aplicativo nesse estudo seja a forma de utilização dele, sendo recomendado pelo desenvolvedor uma distância de 60 cm do alvo, no caso da mensuração do dossel da floresta esse valor é muito superior, superando 10 metros em média, o que pode ter interferido na acurácia e precisão do aplicativo.



Figura 5 – Distribuição dos dados de cobertura do dossel (fechado) de cada método. Percentual de cobertura em fragmento de Floresta Ombrófila Mista



Fonte: Autores (2021)

Em que: Os valores de médias seguidas da mesma letra não diferiram significativamente entre si no teste de Tukey ( $\alpha = 0,05$ ).

No Inventário Florestal Florístico de Santa Catarina, Vibrans, Sevegnani, Gasper e Lingner (2013) encontraram valores de cobertura de dossel semelhantes aos resultados aqui apresentados com o Densiómetro, variando de 60 a 80% em fragmentos de Floresta Ombrófila Mista no município de Curitiba. Sukanuma, Torean, Cavalheiro, Vanzela, Benato (2008), concluem em seu estudo que o uso do densiómetro é confiável e prático, quando comparado com outros métodos, assim a utilização de *CanopyCapture* pode ser uma ferramenta muito útil para trabalhos à campo na mensuração de cobertura de dossel. Utilizando um celular com um toque de botão, Lima (2018), conclui que essa metodologia é viável e econômica, podendo ser usada como uma alternativa aos métodos tradicionais, Densiómetro e Foto hemisférica.

## 4 CONCLUSÕES

Todos os aplicativos testados são de fácil utilização, sendo práticos e com resultado rápido. O aplicativo *CanopyCapture* demonstrou eficiência com estimativas



de abertura de dossel similares ao Densímetro Florestal, não diferenciando estatisticamente, sendo que de acordo com esses resultados se demonstra como uma alternativa viável em substituição ao Densímetro Florestal. O CapnoyApp resultou em subestimativa na leitura do dossel e o aplicativo *Canopeo* não apresentou resultados satisfatórios em uso em florestas, tendo grande variabilidade e subestimação, não sendo recomendados para estimativas de abertura de dossel na Floresta Ombrófila Mista.

É importante destacar que os resultados presentes neste trabalho refletem de um estudo utilizando apenas em um tipo vegetacional com apenas um modelo de smartphone, sendo assim, é sugerido novos testes em diferentes ambientes e/ou utilizando outros modelos de smartphone, para que se tenha uma melhor base de dados sobre a eficiência dos aplicativos perante outras situações de campo.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, R. P. S. **Formigas e o Código Florestal Brasileiro: comparando Áreas de Preservação Permanente (APP) e Reserva Legal (RL)**. 2015. 47 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Conservação) - Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2015.
- BORGES, L. F. R.; SCOLFORO, J. R. S.; OLIVEIRA, A. D.; MELLO, J. M.; ACERBI JUNIOR, F. W.; FREITAS, G. D. de. Inventário de fragmentos florestais nativos e propostas para seu manejo e o da paisagem. **Cerne**, Lavras, v. 10, n. 1, p. 22-38, 2004.
- BONVINI, B.; INÉS, M. **Viabilidad de uso de la aplicacion movil "Canopeo" para determinar el rendimiento en alfalfa (*Medicago sativa*)**. Departamento de producción animal, Ciencias Agrarias, Universidad Nacional del Litoral, 2018.
- CALEGARI, L.; MARTINS, S. V.; GLERIANI, J. M.; SILVA, E.; BUSATO, L. C. Análise da dinâmica de fragmentos florestais no município de Carandaí, MG, para fins de restauração florestal. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 34, n. 5, mar. 2010.
- CANTINHO, R. Z. **Avaliação de propriedades biofísicas de dosséis de *Eucalyptus* spp. mediante aplicação de sensoriamento remoto**. 2012. 132 f. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2012.
- CHUNG, Y. S.; CHOI, S. C.; SILVA, R. R.; KANG, J. W.; EOM, J. H.; KIM, C. S. Case study: Estimation of sorghum biomass using digital image analysis with *Canopeo*. **Biomass and Bioenergy**, Oxford, v. 105, p. 207-210, jun. 2017.



CORDEIRO, J.; RODRIGUES, W. A. Caracterização fitossociológica de um remanescente de Floresta Ombrófila mista em Guarapuava, PR. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 31, n. 3, p. 545-554, 2007.

FERRO, A. F. P.; BONACELLI, M. B. M.; ASSAD, A. L. D. Oportunidades tecnológicas e estratégias concorrenciais de gestão ambiental: o uso sustentável da biodiversidade brasileira. **Gestão e Produção**, São Carlos, v. 13, n. 3, p. 489-501, nov. 2006.

GARCIA, L. C.; REZENDE, M. Q. de; PIMENTA, M. A.; MACHADO, R. M.; LEMOS FILHO, J. P. de. Heterogeneidade do dossel e a quantidade de luz no recrutamento do sub-bosque de uma Mata Ciliar no Alto São Francisco, Minas Gerais: análise através de fotos hemisféricas. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, p. 99-101, abr. 2007.

EPAGRI. Atlas Climatológico do Estado de Santa Catarina. In: **Caracterização Regional**. Secretaria de Estado de Desenvolvimento Regional – SDR Curitiba. 2003.

GALVANI, E.; LIMA, N. G. B. Fotografias hemisféricas em estudos microclimáticos: Referencial teórico-conceitual e aplicações. **Ciência e Natura**, Santa Maria, v. 36, ed. esp., p. 215-221, 2014.

LEMMON, P. E. A new instrument for measuring forest overstory density. **Journal of Forestry**, Washington, v. 55, p. 667- 669, 1957.

LIMA, J. O. S. **Aplicação de quatro métodos indiretos na medição de densidade de dossel em fragmento de mata nativa, recuperada e floresta de *Eucalyptus urophylla* (S. T. Blake)**. 2016. 70 f. Dissertação (Mestrado Recursos Florestais) - Engenharia Florestal, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2016.

LOLLATO, R. P.; PATRIGNANI, A.; OCHSNER, T.; ROCATELI, A.; TOMLINSON, P.; EDWARDS, J. **Improving grazing management using a smartphone app**. Kansas State University. 2015. Disponível em: <https://bookstore.ksre.ksu.edu/pubs/MF3304.pdf>. Acesso em: 25 de fev. de 2021.

MARTINS, S. V. **Recuperação de Matas Ciliares**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2001.

MARQUES, A. C.; MATTOS, A. G; BONA, L. C.; REIS, M. S. dos. Florestas Nacionais e Desenvolvimento de Pesquisas: o Manejo da Erva-Mate (*Ilex paraguariensis* A.St.-Hil.) na Flona de Três Barras/SC. **Biodiversidade Brasileira**, [s.l], v. 2, n. 2, p. 4-17, maio/jul. 2012.

MATTOS, E. M. **Caracterização da sazonalidade do crescimento do lenho, da copa e da eficiência do uso da luz em clones do gênero *Eucalyptus***. 2015. 128 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

MARTINI, A. M. Z. **Estrutura e composição da vegetação e chuva de sementes em sub-bosque, clareiras naturais e área perturbada por fogo em floresta tropical no sul da Bahia**. 2002. 138 f. Tese (Doutorado em Ecologia) - Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2002.

MONTEIRO, A. L. S.; SOUZA, C. M. D. Fotografias hemisféricas para validar o monitoramento da qualidade do manejo florestal na Amazônia Legal. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14, 2009, Natal. **Anais...** Natal: Inpe, 2009. p. 6013-6020. v.1.



MONTE, M. A.; REIS, M. G. F.; REIS, G. G.; LEITE, H. G.; STOCKS, J. J. Métodos indiretos de estimação da cobertura de dossel em povoamentos de clone de eucalipto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 6, p. 769-775, jun. 2007.

MORAES, I. S. **Quantificação e avaliação de abertura no dossel em áreas de concessões florestais: Mamuru-Arapiuns-PA**. 2014. 73 f. Dissertação (Pós-Graduação em Ciências Ambientais) - Universidade Federal do Pará, Belém, 2014.

SCIPIONI, M. C.; LUNARDI NETO, A.; SIMINSKI, A.; SANTOS, V. dos. Forest edge effects on the phytosociological composition of an araucaria forest fragment in Southern Brazil. **Floresta**, Curitiba, v. 48, n. 4, p. 483-492, out./dez. 2018.

SHEPHERD, M. J.; LINDSEY, L.E.; LINDSEY, A. J. Soybean Canopy Cover Measured with *Canopeo* Compared with Light Interception. **Agricultural, Environmental Letters**, Columbus, v. 3, n. 1, p. 3, set. 2018.

SUGANUMA, M. S.; TOREZAN, J. M. D.; CAVALHEIRO, A. L.; VANZELA, A. L. L.; BENATO, T. Comparando metodologias para comparar a cobertura do dossel e a luminosidade no sub-bosque de um reflorestamento e uma floresta madura. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 32, n. 2, p. 377-385, fev. 2008.

VIBRANS, A. C.; SEVEGNANI, L.; GASPER, A. L. de; LINGNER, D. V. (eds). **Inventário Florístico Florestal de Santa Catarina**, Vol. III, Floresta Ombrófila Mista. Blumenau, SC. Edifurb. 2013.

YELLAREDDYGARI, S. K. R.; GUDMESTAD, N. C. Bland-Altman comparison of two methods for assessing severity of *Verticillium wilt* of potato. **Crop Protection**, Fargo, v. 101, p.68-75, jul. 2017.

ZELARAYÁN, M. L. C.; CELENTANO, D.; OLIVEIRA, E. C.; TRIANA, S. P.; SODRÉ, D. N.; MUCHAVISIOY, K. H. M.; ROUSSEAU, G. X. Impacto da degradação sobre o estoque total de carbono de florestas ripárias na Amazônia Oriental, Brasil. **Acta Amazonica**, Manaus, v.45, n.3, jul./set. 2015.

## Contribuição de Autoria

### 1 Leandro Correa Pinho

Engenheiro Florestal

<https://orcid.org/0000-0002-4942-4547> • pinho.ef@gmail.com

Contribuição: Conceitualização; Curadoria de dados; Análise de dados; Pesquisa; Metodologia; Validação de dados e experimentos; Design da apresentação de dados; Redação do manuscrito original



## 2 Marcelo Callegari Scipioni

Engenheiro Agrônomo e Florestal, Dr., Professor

<https://orcid.org/0000-0002-0923-5661> • marcelo.scipioni@gmail.com

Contribuição: Curadoria de dados; Análise de dados; Disponibilização de ferramentas; Metodologia; Supervisão; Validação de dados e experimentos; Escrita – revisão e edição

## 3 Alexandre Siminski

Engenheiro Agrônomo, Dr., Professor

<https://orcid.org/0000-0001-6141-6040> • alexandre.siminski@ufsc.br

Contribuição: Análise de dados; Disponibilização de ferramentas; Escrita – revisão e edição

## Como citar este artigo

Pinho, L. C.; Scipioni, M. C.; Siminski, A. Avaliação de aplicativos tecnológicos na mensuração de abertura de dossel na Floresta Ombrófila Mista. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 33, n. 2, e67685, p. 1-17, 2023. DOI 10.5902/1980509867685. Disponível em: <https://doi.org/10.5902/1980509867685>.