

## Efeito da borda na estrutura da vegetação de um fragmento de cerrado em Goiás: uma análise a partir de dados LiDAR (*Light Detection and Ranging*)

Cassio Henrique Giusti Cezare <sup>1</sup>  
Paulo De Marco Júnior <sup>2</sup>  
Sabrina do Couto de Miranda <sup>3</sup>  
Laerte Guimarães Ferreira Júnior <sup>4</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal de Goiás - UFG/PPGCIAMB  
Campus Samambaia, Av. Esperança, s/n, Campus Universitário - 74.690-900, Goiânia - GO,  
Brasil  
cassio\_cezare@hotmail.com

<sup>2</sup> Universidade Federal de Goiás - UFG/ICB  
Campus Samambaia, Av. Esperança, s/n, Campus Universitário - 74.690-900, Goiânia - GO,  
Brasil  
pdemarcojr@gmail.com

<sup>3</sup> Universidade Estadual de Goiás - UEG  
Unidade Universitária de Palmeiras de Goiás, Rua S-7, s/n, Setor Sul -76.190-000, Palmeiras  
de Goiás - GO, Brasil  
sabinac.miranda@gmail.com

<sup>4</sup> Universidade Federal de Goiás - UFG/IESA  
Campus Samambaia, Av. Esperança, s/n, Campus Universitário - 74.690-900, Goiânia - GO,  
Brasil  
lapig.ufg@gmail.com

**Abstract.** The laser scanning sensor or LiDAR has great potential for environmental analysis. The vegetation structure, described as the variation in height space and density of tree clusters, is a central component in understanding the function of tropical savanna and forest systems. The objective of this work is to evaluate the effect of edge distance on the vegetation structure from metrics obtained in Fusion software for plots located in forestland (cerradão). The distance of the plot from the nearest border was obtained from its centroid. Only in two of the seven strata defined, the effect was greater than expected by chance. In both situations the increase in distance led to an increase in maximum height variance. For the stratum of 0.5 to 1.5 meters the distance explained 53% of the variation, while for the stratum of 6 to 8 meters explained 43%. In both situations the increase in distance led to an increase in maximum height variance. One hypothesis to explain this may lie in the fact that the proximity of the edge tends to homogenize the light input up to a certain distance. The greater heterogeneity within the areas far from the edges in the studied system may be only an indicator of the natural processes of emergence of clearings, colonization and ecological succession internal to the system. The information generated by the laser was efficient in describing the spatial differences of structure observed and indicate the great structural heterogeneity in the nuclear areas of the remnant vegetation.

**Palavras-chave:** remote sensing, light detection and ranging, brazilian savanna, sensoriamento remoto, sensor de varredura a laser, Cerrado.

## 1. Introdução

O sensor de varredura a laser aerotransportado (*Light Detection and Ranging* - LiDAR) tem grande potencial para aplicações florestais, em termos de sua capacidade de mobilização de uma grande quantidade de pontos com alta precisão, baixo custo e alta velocidade de aquisição de dados da estrutura vertical e horizontal das áreas florestais ou com vegetação nativa. As medições diretas obtidas dos dados LiDAR são as alturas do dossel da floresta, ou seja, a topografia das copas (GIONGO et al., 2010; LEITOLD et al., 2015). O sistema LiDAR com *footprint* variando de 20 cm a 5 m permite que se extraia o valor da altura das árvores e das copas com muita precisão, e ainda que se gere uma imagem tridimensional do terreno e da vegetação a partir da nuvem de pontos (*point clouds*). A essas possibilidades acrescenta-se o volume de copa, diâmetro de copa, número de indivíduos, biomassa, área basal, diâmetro à altura do peito (DAP), material combustível aéreo, cobertura de copa, mapeamento e identificação de espécies, cartografia de características morfométricas de bacias hidrográficas, monitoramento e dinâmica de distribuição de gramíneas invasoras, volume de madeira, estudos florísticos, herbivoria e impactos da atividade humana na estrutura da vegetação (GIONGO et al., 2010; CHAVE et al., 2014; SANTOS et al., 2015; LEVICK, 2015; CARVALHO et al., 2015; TICKLE et al., 2006; WESSELS et al., 2011; WULDER et al., 2011; CHO et al., 2012; LEVICK et al., 2009).

A estrutura da vegetação, descrita como a variação no espaço da altura e densidade de agrupamentos de árvores, é um componente central na compreensão da função de sistemas de savana e floresta tropicais (OLIVEIRA e MARQUIS, 2002; HANSEN et al., 2014; PARKER, 1995). Dentro das discussões atuais sobre mudanças climáticas e mudanças de uso do solo, a estrutura da vegetação tanto é afetada pelas mudanças antrópicas na paisagem (METZGER, 1999), quanto pode ajudar como indicador da quantidade de carbono retida nos sistemas (MIRANDA et al., 2014; REZENDE et al., 2006; PELLEGRINI et al., 2016). O intenso processo de antropização recente do Cerrado brasileiro, produziu manchas de habitat com estrutura da vegetação bem característica, com perda de heterogeneidade e com efeitos importantes na manutenção da biodiversidade (DINIZ-FILHO et al., 2009).

A estrutura da vegetação pode estar diretamente associada a um conjunto de serviços de ecossistema importantes na manutenção dos sistemas naturais. Entre os mais importantes tem-se: retenção de sedimento/controle de erosão, qualidade do habitat e estoque de carbono. Este possui alta congruência com qualidade do habitat (DUARTE et al., 2016). Por outro lado, a estrutura da vegetação pode ser correlacionada a um conjunto de variáveis ambientais (PARKER, 1995). O solo, por exemplo, é um dos principais determinantes de mudanças nas espécies de plantas e na estrutura da vegetação de Cerrado (DANTAS e BATALHA, 2011). Por fim, é possível associar as características da estrutura da vegetação com os efeitos da simplificação da paisagem decorrentes do processo de antropização, e gerar cenários probabilísticos futuros integrando variáveis socioambientais, mudanças de uso de solo e alterações na vegetação (FERREIRA et al., 2013). Essa cadeia de relações permite, assim, que esses cenários representem a perda de serviços ambientais e os custos econômicos envolvidos nas alterações de qualidade ambiental associados a mudanças na estrutura da vegetação.

De um ponto de vista funcional, as bordas são áreas onde a intensidade dos fluxos biológicos entre unidades da paisagem se modificam de forma abrupta. As particularidades microclimáticas nas bordas como o aumento de temperatura e da evapotranspiração decorrentes da penetração dos raios solares e do vento determinam as comunidades vegetais que poderão se instalar nelas. A extensão dos efeitos de borda depende das condições do meio, assim como das espécies e dos fatores ecológicos considerados (PIVELLO, 2005). A fragmentação é um processo que gera a borda e age fundamentalmente reduzindo e isolando as áreas propícias à sobrevivência das populações, levando a extinções de espécies (HERRMANN et al., 2005).

O objetivo deste trabalho é avaliar o efeito da distância da borda na estrutura da vegetação de um remanescente de cerrado localizado no município de Itapirapuã/GO, utilizando-se métricas de cobertura de copa, de altura das árvores e da estratificação da vegetação obtidos por sensor de varredura a laser aerotransportado (*Light Detection and Ranging* - LiDAR)

## 2. Metodologia de Trabalho

### 2.1 Área de Estudo

A área escaneada pelo LiDAR compreende uma faixa de 200 m de largura por 50 km de extensão e situa-se na bacia hidrográfica do rio Vermelho (Figura 1). O perfilamento a laser é um produto do projeto Paisagens Sustentáveis Brasil (PROJETO PAISAGENS SUSTENTÁVEIS BRASIL, 2016b), uma parceria entre a Embrapa Monitoramento por Satélites e o *United States Forest Service (USFS)*.

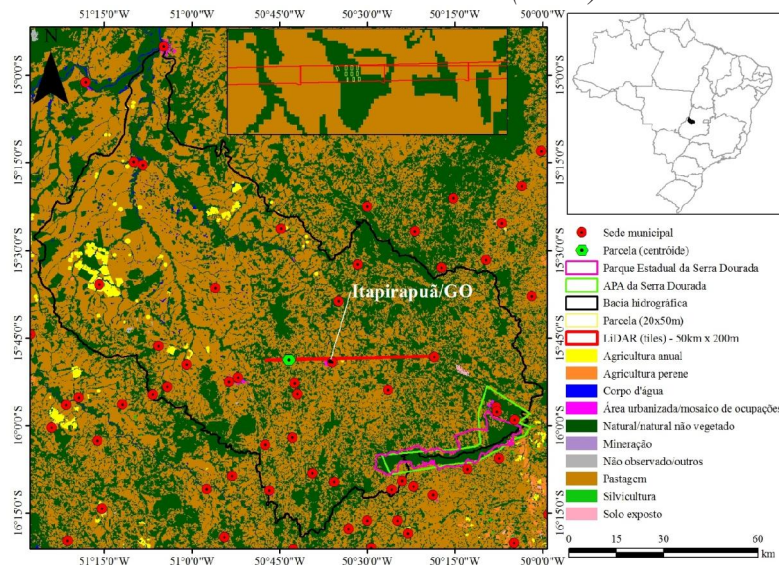


Figura 1: Localização da área de estudo.

Fonte: Adaptado de TerraClass Cerrado/INPE

A região do rio Vermelho é caracterizada por intensa ocupação, tendo como principal uso a pecuária. As médias mensais variam de 23 a 28°C. As mínimas e máximas variam entre 20 e 32°C, respectivamente. A precipitação média varia entre 0 e 38 mm no período seco que vai de junho a agosto, e oscilando entre 397 a 161 mm no período chuvoso compreendido entre os meses de dezembro a março (VIEIRA; FERREIRA; FERREIRA, 2014).

### 2.2 Métodos

Para a realização das análises utilizou-se como unidade amostral dez parcelas de 20x50 metros localizadas em área de Cerradão, e que fazem parte Projeto CNPq no. 44542020146/2014 que visa estudar a biomassa lenhosa aérea. A instalação delas segue recomendações de protocolo padronizado (FELFILI et al., 2005). Os vértices foram localizados utilizando-se o método de posicionamento RTK (*Real Time Kinematic*) onde se empregou um par de receptores L1L2 Topcon Hiper Lite+ que recebem o sinal GPS e GLONASS. Um dos receptores permanece na estação base, e de coordenadas previamente conhecidas, obtidas no site do Sistema de Gestão Fundiária (SIGEF)/INCRA no website <https://sigef.incra.gov.br/>. O segundo receptor tem acoplado um coletor de dados Topcon FC-250 com as coordenadas dos vértices obtidas em *software* de SIG. A distância de cada parcela em relação à borda mais próxima (pastagem, estrada ou aceiro) foi obtida a partir do seu centróide.

O levantamento com laser foi do tipo *small-footprint* e *full-waveform*, com densidade média de retornos de 44,79 ppm<sup>2</sup> (pontos por metro quadrado) e densidade mínima de

retornos de 4 ppm<sup>2</sup>, configurações essas que atendem as recomendações quando a variável de análise é a estrutura da vegetação (LEITOLD et al., 2015). Os dois *tiles* que cobrem a área das parcelas somam 20,2 ha, ou seja, 2% da área total escaneada que é de 1009 ha. O fragmento possui cerca de 45 ha.

O modelo digital de terreno (MDT) foi obtido a partir do processamento da nuvem de pontos no *software Fusion* (MCGAUGHEY, 2015). Essa etapa é necessária para que a extração das métricas seja feita com dados normalizados, ou seja, isenta da informação do terreno.

A quantidade e o intervalo de cada estrato empregado na geração das métricas foi assim definido: 1) <0,5 m; 2) 0,5 a 1,5 m; 3) 1,5 a 4,0 m; 4) 4,0 a 6,0 m; 5) 6,0 a 8,0 m; 6) 8,0 a 10,0 m e 7) >10,0 m. O primeiro estrato tem o objetivo de separar os dados relativos ao solo, os demais levam em conta as informações de altura já coletadas nas parcelas. A quantidade de métricas que representa a estrutura vertical e horizontal da vegetação varia em função da quantidade de estratos parametrizados nos *scripts* (PROJETO PAISAGENS SUSTENTÁVEIS BRASIL 2016a). A parametrização acima permite que se analise a estrutura da vegetação utilizando-se até noventa métricas, das quais se selecionou apenas dezesseis que se julgou mais relacionadas à estrutura da vegetação: altura média e máxima das copas e dos estratos. Métricas de elevação de topografia estão entre essas noventa.

### 3. Resultados e Discussão

#### 3.1 Resultados

Uma análise da estrutura da vegetação a partir das alturas mínimas (Figura 2A) e máximas (Figura 2B) das parcelas mostra que os intervalos adotados foram válidos para a separação dos estratos, a exceção do estrato 7 em que a média foi igual a do estrato inferior para as duas métricas. Esse estrato, que representa árvores emergentes do sistema, que podem variar de altura com maior amplitude.

Na análise do efeito da distância sobre a variância da altura máxima, todas as premissas do teste (normalidade dos resíduos e homogeneidade de variância) foram atendidas. Apenas para os estratos 2 (0,5 a 1,5 metros) e 5 (6 a 8 metros) o efeito foi maior do que o esperado pelo acaso. Nas duas situações o aumento da distância levou a um aumento da variância da altura máxima (Figuras 3A e 3B respectivamente). Para o estrato 2 a distância explicou 53% da variação nas parcelas ( $R^2=0.529$ ;  $gl = 8$ ;  $y=-63.492+3925.950X$ ), enquanto para o estrato 5 explicou 43% ( $R^2=0.428$ ;  $gl = 8$ ;  $y=-163.343+722.143X$ ). Isso quer dizer que, nesses estratos (Figura 4), existe maior heterogeneidade nas alturas das árvores no interior do fragmento do que na borda.

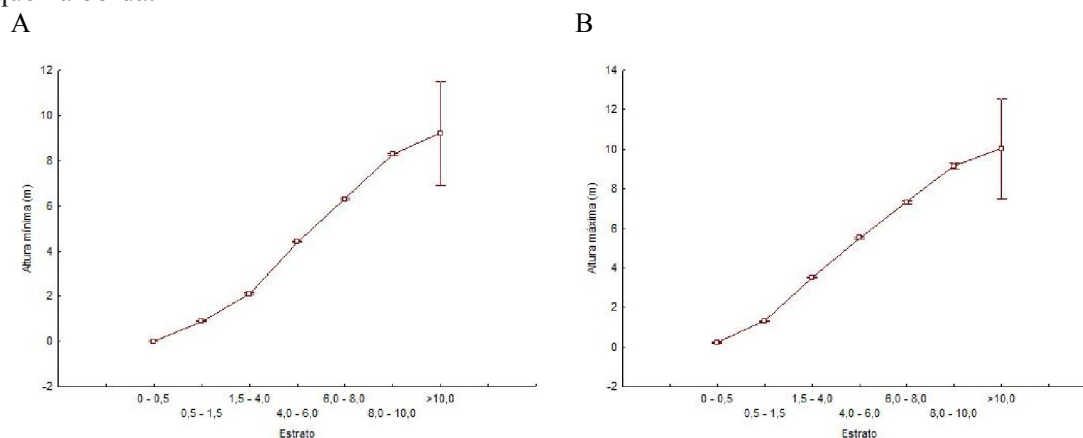


Figura 2: Variação das médias das alturas das árvores nos estratos.



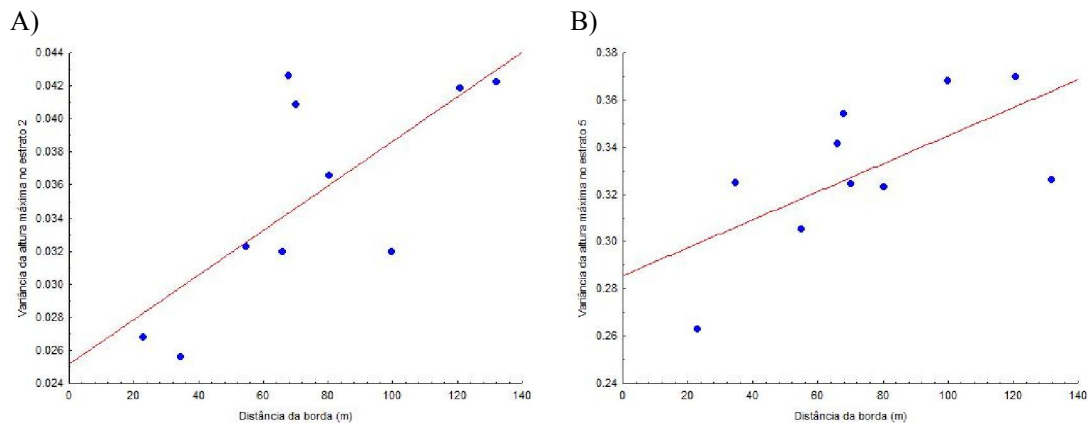


Figura 3: Variação da altura máxima das árvores nos estratos 2 (A) e 5 (B).

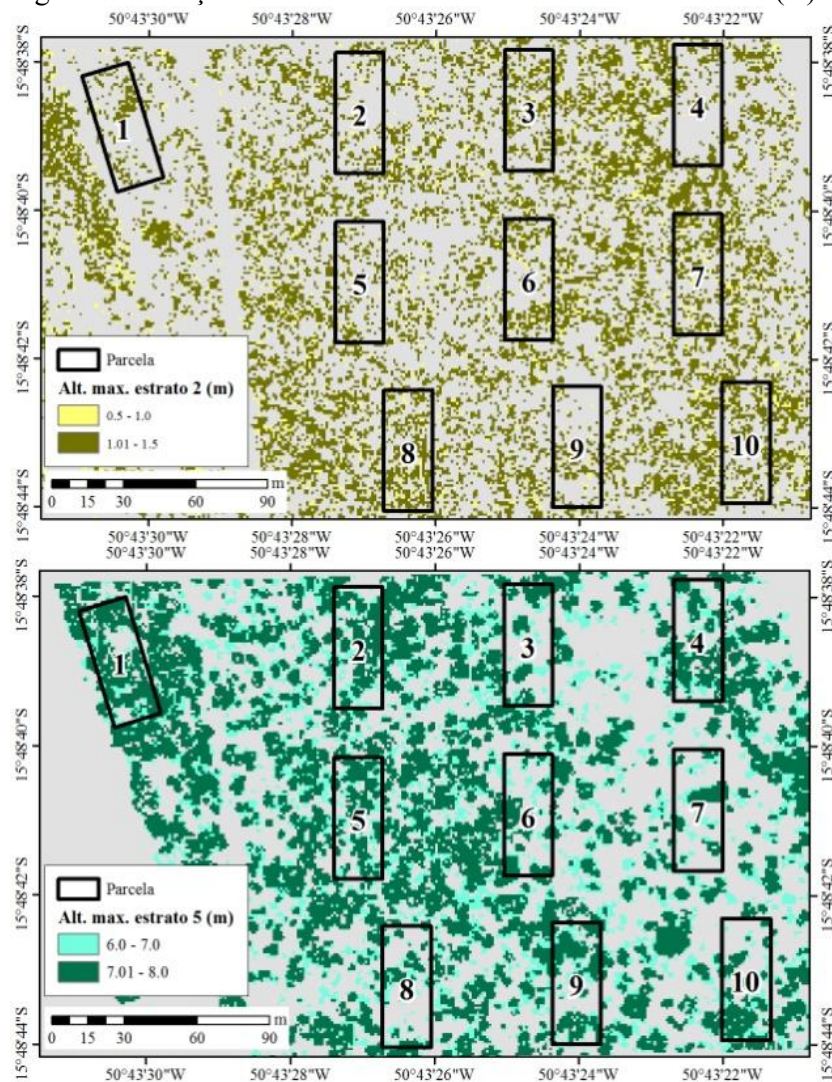


Figura 04: Variação da cobertura de copa nos estratos 2 e 5.

### 3.2 Discussão

A distância da borda foi um preditor eficiente de alterações na estrutura da vegetação. Uma hipótese para explicar isso pode estar no fato de a proximidade da borda tende a

homogeneizar a entrada de luz até certa distância, após isso a competição por esse recurso seria determinada pela maior eficiência de uma ou outra espécie em transpor ou alcançar o padrão médio da cobertura da vegetação.

A entrada de energia luminosa no sistema afeta diretamente a relação entre plantas herbáceas, arbustivas e arbóreas, consequentemente, determinando a estrutura geral da vegetação. As mudanças observadas são resultado de alterações da estrutura da vegetação causadas pelas atividades humanas ao redor do fragmento. A incidência de maior luminosidade e a presença de distúrbios nas porções próximas a borda podem interferir no banco de sementes, no banco de plântulas e de juvenis e em adultos, ou ainda afetar a competição por luz (VIEIRA e SCARIOT, 2008).

A heterogeneidade ambiental é, normalmente, um indicador eficiente de processos naturais. Uma plantação de eucalipto, por exemplo, apresenta uma homogeneidade de estrutura que é um indicador bem efetivo de sua origem antrópica. Assim, a maior heterogeneidade dentro das áreas longe das bordas no sistema estudado pode ser apenas um indicador dos processos naturais de surgimento de clareiras, colonização e sucessão ecológica internas ao sistema. O Cerrado é um sistema complexo com uma grande entrada de luz mas com uma óbvia heterogeneidade espacial causado pelas diferenças de copas entre árvores e de estrutura espacial (KLINK e MOREIRA, 2002). Nesse sentido, consideramos que as informações geradas pelo LiDAR foram eficientes em descrever as diferenças espaciais de estrutura observadas e indicar a grande heterogeneidade estrutural nas áreas nucleares do fragmento.

#### **4. Conclusões**

Em análises futuras há que se considerar o emprego de métricas que representem algumas das possíveis distribuições dos dados nas parcelas: curtoses, mediana, moda e skewness. Outra parametrização dos estratos, preferencialmente embasada pela literatura e combinada com dados das parcelas ou de estudos já realizados na região da área de estudo, e ainda a mesma análise considerando as subparcelas ou toda a área escaneada.

O problema da colinearidade/redundância (HORTAL e LOBO, 2005) de dados relacionados a variáveis ambientais, ou ainda a existência de autocorrelação espacial nas variáveis que pode ser atribuída aos efeitos independentes de 1) variação ambiental não estruturada no espaço, 2) variação ambiental estruturada espacialmente, 3) processos intrínsecos contagiados espacialmente, e 4) variação não explicada (RANGEL et al., 2010) deve ser considerado quando da análise de dados LiDAR.

Os dados LiDAR permite além da análise apresentada, identificar feições no terreno, a exemplo de estradas, aceiros, pastagem com árvores isoladas e clareiras, abrindo outras possibilidades de aplicação para toda a área escaneada.

#### **Agradecimentos**

Esse trabalho é apoiado pelo Projeto no. 44542020146, Edital Universal CNPq/2014 para a coleta e análise dos dados. Aos professores Paulo De Marco Júnior, Laerte Guimarães Ferreira Júnior e Sabrina do Couto de Miranda pela orientação compartilhada na pesquisa. Ao MSc. Leomar Rufino Alves Júnior do Instituto Federal Goiano (IFG) pelo apoio na locação das parcelas. Cassio Henrique Giusti Cezare é apoiado pela CAPES, Prof. Dr. Paulo De Marco Júnior é continuamente apoiado pelo CNPq com uma bolsa de Produtividade em Pesquisa - Nível 1A - CA EL - Ecologia e Limnologia e o Prof. Dr. Laerte Guimarães Ferreira Júnior é continuamente apoiado pelo CNPq com uma bolsa de Produtividade em Pesquisa Nível 1C - CA CA - Ciências Ambientais.

### Referências Bibliográficas

- CARVALHO, S. de P. C. e; RODRIGUEZ, L. C. E; SILVA, L. D.; CARVALHO, L. M. T. de; CALEGARIO, N.; LIMA, M. P. de; SILVA, C. A.; MENDONÇA, A. R. de; NICOLETTI, M. F. Predição do volume de árvores integrando Lidar e Geoestatística. **Scientia Forestalis**, v. 43, n. 107, p. 627-637, 2015.
- CHAVE, J. et al. Improved allometric models to estimate the aboveground biomass of tropical trees. **Global Change Biology**, v. 20, n. 10, p. 3177-3190, 2013.
- CHO, M. A., MATHIEU, R., ASNER, G. P., NAIDOO, L., VAN AARDT, J., RAMOELO, A., DEBBA, P.; WESSELS, K.; MAIN, R.; SMIT, I. P.J.; ERASMUS, B. Mapping tree species composition in South African savannas using an integrated airborne spectral and LiDAR system. **Remote Sensing of Environment**, v. 25, p. 214-226, 2012.
- DANTAS, V. de L., BATALHA, M. A. Vegetation structure: Fine scale relationships with soil in a cerrado site. **Flora - Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants**, v. 206, n. 4, p. 341-346, 2011.
- DINIZ-FILHO, J. A. F., OLIVEIRA, G. DE, BINI, L. M., LOYOLA, R. D., NABOUT, J. C., RANGEL, T. F. Biogeografia da conservação e mudanças climáticas no cerrado brasileiro. **Natureza e Conservação**, v. 7, n. 2, p. 8-18, 2009.
- DUARTE, G. T., RIBEIRO, M. C., PAGLIA, A. P. Ecosystem Services Modeling as a Tool for Defining Priority Areas for Conservation. **Plos One**, v. 11, n. 5, p. 1-19, 2016.
- FELFILI, J. M., CARVALHO, F. A., HAIDAR, R. F. **Manual para o monitoramento de parcelas permanentes nos biomas Cerrado e Pantanal**. Brasília/DF: Universidade de Brasília, 60 p., 2005.
- FERREIRA, M. E., FERREIRA JÚNIOR, L. G., MIZIARA, F.; SOARES-FILHO, B. S. Modeling landscape dynamics in the central Brazilian savanna biome: future scenarios and perspectives for conservation. **Journal of Land Use Science**, v. 8, n. 4, p. 403-421, 2013.
- GIONGO, M.; KOEHLER, H. S.; MACHADO, S. DO A.; KIRCHNER, FLAVIO FELIPE; MARCHETTI, M. LiDAR: princípios e aplicações florestais. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 30, n. 63, p. 231-244, 2010.
- HANSEN, A. J., PHILLIPS, L. B., DUBAYAH, R., GOETZ, S., HOFTON, M. Regional-scale application of LiDAR: Variation in forest canopy structure across the southeastern US. **Forest Ecology and Management**, v. 329, p. 214-226, 2014.
- HERRMANN, B. C.; RODRIGUES, E.; LIMA, A. de. A paisagem como condicionadora de bordas de fragmentos florestais. **Floresta**, v. 35, n. 1, p. 13-22, 2005.
- HORTAL, J., LOBO, J. M. An ED-based protocol for optimal sampling of biodiversity. **Biodiversity and Conservation**, v. 14, n. 12, p. 2913-2947, 2005.
- KLINK, C. A.; MOREIRA, A. G. Past and Current Human Occupation, and Land Use. In: **The cerrados of Brazil: Ecology and Natural History of a Neotropical Savanna**. New York: Columbia University Press, p. 69-88, 2002.
- LEITOLD, V., KELLER, M., MORTON, D. C., COOK, B. D., SHIMABUKURO, Y. E.. Airborne LiDAR-based estimates of tropical forest structure in complex terrain: opportunities and trade-offs for REDD+. **Carbon Balance and Management**, v. 10, n. 3, p. 1-12, 2015.
- LEVICK, S. R., ASNER, G. P., KENNEDY-BOWDOIN, T., KNAPP, D. E. The relative influence of fire and herbivory on savanna three-dimensional vegetation structure. **Biological Conservation**, v. 142, n. 8, p. 1693-1700, 2009.
- LEVICK, S., SETTERFIELD, S., ROSSITER-RACHOR, N., HUTLEY, L., MACMASTER, D., HACKER, J. Monitoring the Distribution and Dynamics of an Invasive Grass in Tropical Savanna Using Airborne LiDAR. **Remote Sensing**, v. 7, n. 5, p. 5117-5132, 2015.
- MCGAUGHEY, R. J. FUSION/LDV: **Software for LIDAR Data Analysis and Visualization: Version 3.50**. Seattle, WA: USFS, 2015. 182 p.
- METZGER, J. P. Estrutura da paisagem e fragmentação. **Anais da Academia Brasileira de**



- Ciência**, v. 71, n. 3-I, p. 445-462, 1999.
- MIRANDA, S. do C. de; BUSTAMANTE, M.; PALACE, M.; HAGEN, S.; KELLER, M.; FERREIRA, L. G.. Regional variations in biomass distribution in Brazilian Savanna Woodland. **Biotropica**, v. 46, n. 2, p. 125-138, 2014.
- OLIVEIRA, P. S.; MARQUIS, R. J. Introduction: Development of Research in the Cerrados. In: **The cerrados of Brazil: Ecology and Natural History of a Neotropical Savanna**. New York: Columbia University Press, p. 1-12, 2002.
- PARKER, G.G. Structure and microclimate of forest canopies. In: M. Lowman and N. Nadkarmi (Eds.). **Forest Canopies – A Review of Research on Biological Frontier**. San Diego: Academic Press, p. 73-106, 1995.
- PELLEGRINI, A., SOCOLAR, J., ELSEN, P. R.; GIAM, X. Trade-offs between savanna woody plant diversity and carbon storage in the Brazilian Cerrado. **Global Change Biology**, v. 22, n. 10, p. 3373-3382, 2016.
- PIVELLO, V. R. Manejo de fragmentos de Cerrado: princípios para a conservação da biodiversidade. In: SCARIOT, A.; SOUSA-SILVA, J. C.; FELFILI, J. M. **Cerrado: ecologia, biodiversidade e conservação**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, p. 401-413, 2005.
- PROJETO PAISAGENS SUSTENTÁVEIS BRASIL (a). **Introdução ao uso de dados LiDAR para aplicações florestais**. 93 p., 2016.
- PROJETO PAISAGENS SUSTENTÁVEIS BRASIL (b). **LiDAR data set "Goiás, Itapirapuã municipality" - GO1\_A01\_2014\_LiDAR**. Disponível em: <<https://www.paisagenslida.cnptia.embrapa.br/geonetwork/srv/por/catalog.search#/metadata/c8a06ed4-e725-4674-b999-f7141d2643c4>>. Acesso em: 01 out. 2016.
- RANGEL, T. F., DINIZ-FILHO, J. A. F., BINI, L. M. SAM: a comprehensive application for Spatial Analysis in Macroecology. **Ecography**, v. 33, p. 46-50, 2010.
- REZENDE, A. V.; VALE, A. T. do; SANQUETTA, C. R.; FIGUEIREDO FILHO, A.; FELFILI, J. M. Comparação de modelos matemáticos para estimativa do volume, biomassa e estoque de carbono da vegetação lenhosa de um cerrado sensu stricto em Brasília, DF. **Scientia Forestalis**, v. 71, p. 65-76, 2006.
- SANTOS, K. A. dos; SILVA, B. F. da; FORMIGA, K. T. M. Morphometric Characteristic of Ribeirão Anicuns Basin, Goiânia. Cartography beyond the ordinary world - Joint ICA Symposium, p. 138-147, 2015.
- TICKLE, P. K., LEE, A., LUCAS, R. M., AUSTIN, J., WITTE, C. Quantifying Australian forest floristics and structure using small footprint LiDAR and large scale aerial photography. **Forest Ecology and Management**, v. 223, n.1-3, p. 379-394, 2006.
- VIEIRA, D. L. M., SCARIOT, A. Environmental variables and tree population structures in deciduous forests of Central Brazil with different levels of logging. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 51, n. 2, p. 419-431, 2008.
- VIEIRA, P. A.; FERREIRA, N. C.; FERREIRA, L. G. Análise da vulnerabilidade natural da paisagem em relação aos diferentes níveis de ocupação da bacia hidrográfica do Rio Vermelho, estado de Goiás. **Sociedade & Natureza**, v. 26, n. 2, p. 385-400, 2014.
- WESSELS, K. J.; MATHIEU, R.; ERASMUS, B. F. N.; ASNER, G. P.; SMIT, I. P. J.; VAN AARDT, J. A. N.; MAIN, R.; FISHER, J.; MARAIS, W.; KENNEDY-BOWDOIN, T.; KNAPP, D. E.; EMERSON, R.; JACOBSON, J. Impact of communal land use and conservation on woody vegetation structure in the Lowveld savannas of South Africa. **Forest Ecology and Management**, v. 261, n. 1, p. 19-29, 2011.
- WULDER, M., NIEMANN, K. O., GOODENOUGH, D. G. Local maximum filtering for the extraction of tree locations and basal area from high spatial resolution imagery. **Remote Sensing of Environment**, v. 73, n. 1, p. 103-114, 2000.