

# ***Metodologias usadas na quantificação de material combustível no Cerrado***

## *Methodologies used in material quantification fuel in the Cerrado*

Maíra Elisa Ferreira Tavares\*

A vegetação do Cerrado é composta por três formações: campestre, savânica e florestal. Resíduos lenhosos naturalmente são produzidos por florestas, seja pela queda de galhos, ramos ou mesmo árvores inteiras. As queimadas no cerrado são consideradas queimadas de superfície, consumindo basicamente os estratos herbáceos, com diâmetro inferior ou igual a 6mm. O presente trabalho teve como objetivo identificar, descrever e analisar literaturas sobre metodologias usadas na quantificação do material combustível. Os métodos para quantificação de material combustível podem ser não destrutivos e destrutivos. O sucesso do método vai depender da abundância dos combustíveis.

*The vegetation of the Cerrado is composed of three formations: country, savanna and forest. Woody debris are naturally produced by forests, either by falling branches, branches or even whole trees. Cerrado fires are considered surface burned, basically consuming the herbaceous strata, with diameter less than or equal to 6 mm. This study aimed to identify, describe and analyze literature on methodologies used to quantify the fuel material. Methods for quantification of combustible material may be non-destructive and destructive. The success of the method depends on the abundance of fuel.*

Palavras-chave: Biomassa. Metodologias para quantificação. Fitofisionomias.

*Keywords: Biomass. Methodologies for quantifying. Vegetation types.*

### ***Introdução***

O bioma cerrado ocupa aproximadamente 200 milhões de hectares no Brasil, ocupando a região central e áreas disjuntas em biomas adjacentes, sendo então definido como a maior savana do mundo (IBGE, 2004). A maior parte de sua área encontra-se em região de clima tropical com temperatura média acima de 18°C. A precipitação varia de 600mm.ano-1 a 2200mm.ano-1, com média de 1500mm.ano-1 na sua porção central, com mais de 85% da precipitação ocorrendo na estação chuvosa entre outubro e abril (SEPLAN, 2012).

A vegetação é composta por três formações: campestre, que engloba áreas com predomínio de espécies herbáceas e algumas arbustivas, mas sem a presença de árvores

\* Bacharel em Engenharia Florestal (UFT). Mestranda em Ciências Florestais e Ambientais (UFT) - campus de Gurupi (TO) - Brasil. E-mail: mairaelysa@hotmail.com.

na paisagem; savânica, com presença de áreas com árvores e arbustos espalhados sobre um estrato gramíneo, sem a formação de dossel contínuo; e florestal, com formação de dossel contínuo ou descontínuo e predomínio de espécies arbóreas (RIBEIRO; WALTER, 1998).

Os resíduos lenhosos são naturalmente produzidos por florestas, seja pela queda de galhos, ramos ou mesmo árvores inteiras. Outro fator relevante na geração de resíduos está ligado à ação antrópica, que é a exploração florestal, seja ela planejada ou não (CRUZ FILHO, 2005). A quantidade de resíduos deixados na floresta após o término das atividades de exploração florestal é muito grande. O aproveitamento desses resíduos, gerado por meio de uma retirada planejada, pode ser uma alternativa para evitar a conversão de florestas nativas em áreas desmatadas para a produção de carvão e lenha (BARROS et al., 2009).

Segundo Coutinho (2000), o acúmulo anual de biomassa seca, de palha, acaba em condições favoráveis à queima, que pode resultar em incêndios desastrosos para o ecossistema como um todo e difíceis de serem controlados pelo homem, sendo o seu combate oneroso. Nesse caso, é sensato prevenir tais incêndios, realizando queimadas programadas em áreas limitadas e sucessivas, cujos efeitos poderão ser inclusive benéficos.

De acordo com Luke e McArthur (1978), as queimadas no cerrado são consideradas queimadas superficiais, consumindo basicamente os estratos herbáceos finos (gramíneas e folhas mortas ou vivas e ramos finos), com diâmetro inferior ou igual a 6mm. Castro Neves apud Krug et al. (2002) demonstrou o baixo consumo do combustível fino dos estratos arbóreo-arbustivos, observando uma redução de apenas 42% nas duas semanas após a queimada, indicando que a redução da cobertura florestal resulta da queda das folhas danificadas pelo ar quente durante a passagem da frente de fogo e não do consumo das folhas pelo fogo.

Os pesquisadores Burgan e Rothermel (1984) definem combustíveis florestais como características de biomassa viva e morta que contribuem para a propagação e intensidade de incêndios florestais. De acordo com Rothermel (1972), materiais combustíveis são o único parâmetro que influi nos incêndios florestais que o homem pode controlar.

Nesse contexto, este trabalho teve como objetivo identificar, descrever e analisar artigos científicos sobre metodologias usadas na quantificação do material combustível encontrados na literatura.

## ***Revisão bibliográfica***

Destacam-se dois grupos de métodos para quantificação de material combustível, os quais são diferenciados de acordo com a preservação ou não do material em estudo: os métodos não destrutivos e os métodos destrutivos. Os métodos não destrutivos

baseiam-se em estimativas mediante relações quantitativas ou matemáticas, resultado de dados advindos de determinações diretas de biomassa; os métodos destrutivos são aqueles em que o material combustível é retirado, de forma a permitir a classificação dos materiais encontrados em classes de diâmetro.

### ***Método não destrutivo***

Os métodos indiretos usados para a caracterização do material combustível foram desenvolvidos com o objetivo de minimizar o tempo e os custos associados com o processo de localização, coleta, separação, pesagem e secagem das amostras.

Ottmar et al. (2001) desenvolveram uma metodologia para quantificar a biomassa da vegetação do cerrado do Brasil Central usando pares de fotografias estereoscópicas. O objetivo desse trabalho foi avaliar a quantidade de combustível disponível por unidade de área, em diferentes fisionomias e condições da área central do domínio do cerrado. Os autores selecionaram cinco áreas, cada uma com condições típicas de fisionomias e de quantidade de combustível. Eles tomaram pares estereoscópicos de fotografias de cada uma dessas áreas. As fotografias estão disponíveis em um manual de campo, no qual também se incluem informações sobre a composição, estrutura e biomassa da vegetação, a necromassa lenhosa acumulada e a serapilheira. A metodologia proposta consiste em selecionar as fotografias correspondentes à área mais similar com a que se pretende avaliar. Dessa forma, é possível estimar a biomassa por comparação com as fotografias disponíveis no manual.

Outro método é a Amostragem por Linha Interceptadora, cuja aplicação mais comum tem sido a estimativa do volume total ou biomassa de resíduos de madeira a partir de medições de diâmetros obtidos em pontos onde as peças de resíduo lenhoso atravessam as linhas individuais de amostragem (MARSHALL et al., 2003). Sendo aplicável a cilindros orientados aleatoriamente sobre uma superfície horizontal, uma linha de amostragem é colocada sobre o solo através da área a ser levantada. De acordo com critérios pré-estabelecidos, são registrados os diâmetros de todas as peças que cruzam essa linha (BAILLIE et al., 1999).

Um trabalho feito por Kuntschik (2004) em uma área de remanescente de cerrado ao sudoeste do estado de São Paulo avaliou a possibilidade de utilizar o sensoriamento remoto óptico e o sensoriamento remoto por micro-ondas de modo complementar na estimativa de biomassa vegetal aérea. A metodologia proposta visou quantificar a biomassa de forma não destrutiva, rápida e a baixo custo. As imagens de radar mostraram ser adequadas para estimar biomassa lenhosa aérea em fisionomias densas de cerrado. Ambos os tipos de imagens podem ser complementares na estimativa de biomassa, desde que entendidos os limites de sazonalidade que afetam o bioma cerrado.

## *Método destrutivo*

No método direto de amostragem destrutiva, realizado em intervalos pré-determinados ou aleatoriamente distribuídos, as amostras são coletadas com o auxílio de gabaritos que variam em tamanho e forma (quadrangular, retangular ou circular), basicamente em função do estrato que está sendo acessado.

No trabalho de Aires et al. (2007), utilizou-se o método destrutivo para caracterizar a quantidade e a qualidade do combustível do estrato rasteiro. Toda a biomassa com diâmetro menor ou igual a 6mm (incluída a serapilheira) contida em parcelas de 50cm x 50cm, foi coletada e levada para o laboratório, separada em grama, folha e ramos vivos e mortos. O material foi levado à estufa (70°C) até atingir peso constante quando foi pesado.

No trabalho dos pesquisadores White et al. (2013), foram demarcadas 40 parcelas aleatórias de 1m x 1m dentro de cinco distintos povoamentos de eucalipto com 6 anos de idade. Nessa idade ocorre um maior acúmulo de material combustível e, conseqüentemente, maior perigo de ocorrência de incêndios de grande porte (SOUZA et al., 2003). A quantificação do material combustível foi realizada por meio do método de amostragem destrutiva, em que toda a biomassa vegetal até 1,8m de altura (limite do material combustível superficial) foi coletada, separada e teve sua massa determinada. Os povoamentos de eucalipto apresentaram em média 11,31 t/ha de material combustível (WHITE et al., 2013).

## *Discussão*

De acordo com Catchpole e Wheeler (1992), os métodos de análises visuais baseadas em estimativas diretas ou relativas da altura da vegetação e séries de estereofotografias podem fornecer estimativas rápidas sobre a biomassa vegetal e sobre os combustíveis. Para Allgöwer et al. (2004), somente as séries de estereofotografias utilizadas para quantificar a biomassa da vegetação possuem importante aplicação em pesquisas relacionadas ao material combustível e aos incêndios.

Um trabalho feito pelos pesquisadores Matos Filho et al. (2005) teve como objetivo criar uma ferramenta para o manejo e supressão do fogo a fim de impedir o desenvolvimento de incêndios florestais de grande proporção e de custo oneroso. O trabalho foi feito a partir de técnicas de sensoriamento remoto e levantamento de campo, integrando todos os resultados obtidos. Depois da criação de um banco de dados foi elaborada uma carta de cobertura do solo, através da qual, com controle de campo e apoio de estereofotografias, foi realizada a quantificação das coberturas vegetais como combustíveis, através de sua biomassa. O método de maior precisão

para a caracterização do material combustível, segundo Melo (2005), consiste no método direto da coleta do material por meio de amostras destrutivas retirado de parcelas aleatórias ou sistematicamente localizadas na área de estudo, pesagem do material total e de uma amostra em campo, secagem das amostras em estufa e pesagem das amostras de material seco. Esse processo permite a subsequente determinação da umidade do material combustível e da carga real no próprio local por meio de simples cálculos matemáticos que têm como base o peso das amostras em campo e o peso seco das amostras em laboratório.

Para Sandberg, Ottmar e Cushon (2001), o método de coleta e caracterização dos combustíveis deve ser determinado em função da cobertura vegetal, do estrato da vegetação e da categoria dos combustíveis que está sendo encontrada.

Em áreas de cerrado, a quantidade de material combustível apresenta grande variação de acordo com as diferentes fitofisionomias, podendo variar entre 3,9 e 12,9 t/ha (WARD et al., 1992; PIVELL; COUTINHO, 1992; CASTRO; KAUFFMAN, 1998; RAMOS NETO, 2000). Segundo Pereira Júnior (2002), a quantidade de combustível pode ser diretamente determinada em pequenas áreas, mas é inviável em áreas de dimensões subcontinentais, como em algumas regiões brasileiras.

### ***Considerações finais***

Existem diversas maneiras de quantificar o material combustível. Têm-se buscado métodos que minimizem tempo e custos associados com o processo de localização, coleta, separação, pesagem e secagem das amostras. Levando isso em consideração, o sucesso do método vai depender da abundância dos combustíveis.

Uma das alternativas que podem ser utilizadas nesse caso é a estimativa indireta, com o uso de imagens de sensores orbitais, tanto por meio de índices de vegetação como pelo mapeamento do uso da terra e dos tipos de vegetação. Séries de estereofotografias, como as desenvolvidas por Ottmar et al. (2001) para a quantificação da biomassa da vegetação do cerrado do Brasil Central, também constituem um método indireto valioso para a caracterização do material combustível em regiões de cerrado.

### ***Referências***

AIRES, F.S.; BARROS, T.G.B.; SILVA, S.B.; SÁ, A.C.G.; SATO, M.N.; ANDRADE, S.M.A.; MIRANDA, H.S. Queimadas em áreas de Cerrado invadido por capim gordura (*Melinis minutiflora Beauv.*) no Parque Nacional de Brasília, Brasília, DF. In: CONGRESSO DE ECOLOGIA DO BRASIL, 7., 2007, Caxambu, MG. 2007. *Anais...* p.20–25. Meio digital.

ALLGÖWER, B.; CALOGINE, D.; CAMIA, A.; CUIÑAS, P.; FERNANDES, P.; FRANCESETTI, A.; HERNANDO, C.; KÖTZ, B.; KOUTSIAS, N.; LINDBERG,

- H.; MOLINA, D.; MORSDORF, F.; RIBEIRO, L. M.; RIGOLOT, E.; SÉRO-GUILLAUME. *Methods for Wildland Fuel Description and Modelling: a state of the art*. EUFIRELAB, 2004. p.54.
- BAILLIE, B. R.; CUMMINS, T. L.; KIMBERLEY, M. O. Measuring woody debris in the small streams of New Zealand's pine plantations. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*, v.33, n.1, p.87-97, 1999.
- BARROS, P. L. C.; SILVA, J. N. M.; FREITAS, J. V.; SOUZA, C. A. R.; GALVÃO FILHO, A. F. *Avaliação de resíduos de exploração florestal na amazônia brasileira, utilizando o método por linha interceptadora*. 2009. (Nota técnica, não publicada, com distribuição restrita).
- BURGAN, R. E.; ROTHERMAL, R.C. *BEHAVE: Fire behavior prediction and fuel modeling system – FUEL subsystem*. USDA Forest Service, 1984. (General Technical Report INT-167).
- CASTRO, E.A.; KAUFFMAN, J.B. Ecosystem structure in the Brazilian Cerrado: a vegetation gradient of aboveground biomass, root biomass and consumption by fire. *Journal of Tropical Ecology*, n. 14, p.263-283, 1998.
- CATCHPOLE, W.R.; WHEELER, J. Estimating plant biomass: A review of techniques. *Australian Journal of Ecology*, v. 17, p.121-131. 1992.
- COUTINHO, L.M. *Aspectos do fogo no cerrado*. São Paulo, 2000. Disponível em: <[http://eco.ib.usp.br/cerrado/aspectos\\_fogo.htm](http://eco.ib.usp.br/cerrado/aspectos_fogo.htm)>. Acesso em: 20 mar. 2016.
- CRUZ FILHO, D. *Avaliação da Quantidade de Resíduos Lenhosos em Área de Floresta Explorada e não Explorada, Utilizando Amostragem por Linha Interceptadora, no médio Rio Moju, Pará, Brasil*. 2005. 70f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal Rural da Amazônia, Instituto de Ciências Agrárias, Belém, 2005.
- IBGE. *Mapa de biomas do Brasil: escala 1: 5.000.000*. 2004. Disponível em: <<http://mapas.ibge.gov.br/biomas2/viewer.htm>>. Acesso em: 15 mar. 2016.
- KRUG, T. (Org.). *Emissões de gases de efeito estufa da queima de biomassa no cerrado não-antrópico utilizando dados orbitais*. Brasília, DF: Ministério da Ciência e Tecnologia, 2002. p. 53.
- KUNTSCHIK, G. *Estimativa de biomassa vegetal lenhosa em cerrado por meio de sensoriamento remoto óptico e de radar*. 2004.165f. Tese (Doutorado em Ecologia) - Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.
- LUKE, R.H.; MCARTHUR, A.G. *Bushfire in Australia*. Service, Canberra: Australian Government Publishing, 1978. p.358.
- MARSHALL, P.L., DAVIS, G.; TAYLOR, S.W. Using Line Intersect Sampling for Woody Debris: Practitioners' Questions Addressed. Extension Note. Coast Forest

Region 2100 Labieux Road, Nanaimo, BC, Canada, V9T 6E9, 250-751-7001.  
*Ecology*, September, 2003.

MATOS FILHO, H. J. S.; PARANHOS FILHO, A. C.; CARRIJO, M. G. G.; TORRES, T. G.; GAMARRA, R. M.; FERREIRA, T. S. Carta de combustível no bioma cerrado, utilizando imagens do satélite CBERS-2. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12., 2005, Goiânia. *Anais...* v.1: p. 1019-1026.

MELO, L. A. M. N. *Modelagem de combustíveis florestais no Parque Nacional do Iguaçu, Paraná, Brasil*. 2005. 81 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

OTTMAR, R. D.; VIHNANEK, R. E.; MIRANDA, H. S.; SATO, M. N.; ANDRADE, S. M. A. *Séries de estereo-fotografias para quantificar a biomassa da vegetação do cerrado do Brasil central*. V. I. Gen. Tech. Rep. PNW-GTR-519. Portland: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Research Station, 2001. p.87.

PEREIRA JÚNIOR, A. C. *Métodos de geoprocessamento na avaliação da susceptibilidade do cerrado ao fogo*. 2002. 98f. Tese (Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2002.

PIVELLO, V. R.; COUTINHO, L. M. Transfer of macro-nutrients to the atmosphere during experimental burnings in an open Cerrado (Brazilian savanna). *Journal of Tropical Ecology*, n. 8, p.487-497. 1992.

RAMOS-NETO, M. B. *O Parque Nacional das Emas (GO) e o fogo: implicações para a conservação biológica*. 2000. 159f. Tese (Doutorado em Ecologia) – Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. Fitofisionomias do bioma Cerrado: os biomas do Brasil. In: *Cerrado: ambiente e flora*. Planaltina, DF: EMBRAPA, 1998. p.89-116.

ROTHERMAL, R. C. *A mathematical model for predicting fire spread in wild land fuels*. Ogden, Utah: United States Department of Agriculture, Forest Service, Intermountain Forest and Range Experiment Station, 1972. p.46. (Research paper INT-115).

SANDBERG, D. V.; OTTMAR, R. D.; CUSHON, G. H. Characterizing fuels in the 21st Century. *International Journal of Wildland Fire*, Australia, v. 10, p.381-387, 2001.

SEPLAN. Secretaria do Planejamento. Superintendência de Planejamento e Gestão Central de Políticas Públicas. Diretoria de Zoneamento Ecológico-Econômico (DZE). *Base de Dados Geográficos do Tocantins*. Palmas: SEPLAN/DZE, 2012. CD-ROM.

SOUZA, L. J. B.; SOARES, R. V.; BATISTA, A. C. Modelagem do material combustível superficial em povoamentos de *Eucalyptus dunnii*, em Três Barras, SC. *Revista Cerne*, Lavras, v. 9, n. 2, p.231 - 245, 2003.

WARD, D. E.; SUSSOT, R. A.; KAUFMAN, J. B.; BABBIT, R. E.; CUMMINGS,

D. L.; DIAS, B.; HOLBEN, B. N.; KAUFMAN, Y. J.; RASMUSSEN, R. A.; SETZER, A. W. Smoke and fire characteristics for Cerrado and deforestation burns in Brazil – base B experiment. *Journal of Geophysical Research – Atmospheres*, n. 97, p.14601-14619, 1992.

WHITE, B. L. A.; RIBEIRO, G. T.; SOUZA, R. M. Caracterização do material combustível e simulação do comportamento do fogo em eucaliptais no litoral norte da Bahia, Brasil. *Floresta*, Curitiba, PR, v. 44, n. 1, p.33-42, jan./mar. 2014.

*Artigo recebido em: 29 abr. 2016*

*Aceito para publicação em: 10 fev. 2017*