

CARACTERIZAÇÃO DO MATERIAL COMBUSTÍVEL FINO DA ESTEPE GRAMÍNEO-LENHOSA NO ESTADO DO PARANÁ, BRASIL

CHARACTERIZATION OF FINE FUELS OF GRASSY-WOODY STEPPE IN PARANÁ STATE, BRAZIL

Celso Darci Seger¹ Antonio Carlos Batista² Alexandre França Tetto² Ronaldo Viana Soares²
Daniela Biondi²

RESUMO

A região da Estepe Gramíneo-Lenhosa no Paraná, também conhecida por Campos Gerais, cobre aproximadamente 20.000 km² do Estado, compondo uma zona fitogeográfica com vegetação de campos limpos adaptada a ambientes relativamente secos. Apresenta elevado perigo de incêndios, especialmente após o inverno, quando a massa de material morto e as condições meteorológicas favorecem a propagação do fogo. O presente estudo teve por objetivo caracterizar o material combustível fino dessa vegetação. A pesquisa foi desenvolvida na Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) Caminho das Tropas, localizada no município de Palmeira - PR. As coletas de material foram feitas em 35 pontos distribuídos em uma área de 25 hectares, sendo realizadas 4 amostragens durante um ano nas estações do outono, inverno, primavera e verão. Foram consideradas 3 classes de material para análise: vivo, morto e miscelânea. A carga média de material fino obtida foi de 10,985 Mg.ha⁻¹ (megagrama por hectare) a qual se encontra dentro da faixa de valores obtidos por diversos autores para a vegetação de campos, que pode variar de 4,90 Mg.ha⁻¹ a 13,80 Mg.ha⁻¹. O teor de umidade manteve-se praticamente constante para o material vivo nas 4 estações do ano, enquanto para as demais classes houve variações, sendo mais acentuadas para a estação do verão. Quanto à proporção de material vivo, morto e miscelânea em relação ao total de material coletado em cada estação, o material morto manteve-se estável, enquanto o material vivo e a miscelânea apresentaram diferenças estatísticas significativas. Os resultados obtidos contribuem para o conhecimento do material combustível da região da Estepe no Paraná, sendo subsídio para a avaliação do comportamento do fogo e para a prevenção e combate a eventuais incêndios que venham a ocorrer nessa vegetação.

Palavras-chave: prevenção de incêndios florestais; combustíveis florestais; campos naturais.

ABSTRACT

The Grassy-Woody Steppe region of Paraná, also known as “Campos Gerais”, covers approximately 20,000 km² of the state, composing a phytogeographic zone with vegetation adapted to relatively dry environments. It presents high danger of fires, especially after the winter, when the dead fuel accumulation and the meteorological conditions favor the propagation of fire. The present study aimed to characterize the fine fuel material of this vegetation. The research was developed in the Private Natural Heritage Reserve “Caminho das Tropas” (coordinated UTM coordinates 620334 and 7196739), located in Palmeira municipality, Brazil. Fuel collections were done in 35 points distributed in an area of 25 hectares, being carried out 4 samplings during a year in the seasons of autumn, winter, spring and summer. Three classes of fuels were considered for analysis: live fuel, dead fuel and miscellaneous. The average load of thin fuels obtained was 10,985 Mg.ha⁻¹ (megagramm per hectare), which is within the range of values obtained by several authors for field vegetation, which can vary from 4.90 to 13.80 Mg.ha⁻¹. The moisture content remained practically constant for living fuels in the four seasons of the year, while for the other classes the variations were

1 Biólogo, Dr., Universidade Federal do Paraná, Av. Prefeito Lothário Meissner, 632, Jardim Botânico, CEP 80210-170, Curitiba (PR), Brasil. celsoseger@gmail.com

2 Engenheiro Florestal, Dr., Departamento de Ciências Florestais, Universidade Federal do Paraná, Av. Prefeito Lothário Meissner, 632, Jardim Botânico, CEP 80210-170, Curitiba (PR), Brasil. batistaufpr@ufpr.br / tetto@ufpr.br / rvsoares@ufpr.br / dbiondi@ufpr.br

more accentuated in the summer season. For the proportion of live fuel, dead fuel and miscellaneous in relation to the total fuel collected at each season, the dead fuel remained stable while the live fuel and the miscellaneous presented significant statistical differences. The results contribute to the knowledge of the fuel material of the Paraná steppe region, as well as, for the fire behavior evaluation to prevent or control fires that may occur in this vegetation.

Keywords: forest fire prevention; forest fuels; natural fields.

INTRODUÇÃO

A região das Estepes, situada no reverso da Escarpa Devoniana do estado do Paraná, é um relicto ambiental proveniente de um clima semiárido do Pleistoceno (MAACK, 1981). Consagrada por Maack com o nome de “Campos Gerais do Paraná”, a região cobre aproximadamente 20.000 km², representando uma zona fitogeográfica natural com predomínio de vegetação de campos limpos. Classificada, de acordo com Veloso, Rangel Filho e Lima (1991), como Estepe Gramíneo-Lenhosa, a vegetação campestre é entremeada por matas de galerias e capões (ilhas) de Floresta Ombrófila Mista, na qual o pinheiro-do-paraná (*Araucaria angustifolia*) é a espécie arbórea dominante.

Segundo IBGE (2012), na Estepe Gramíneo-Lenhosa ocorre a estepe *stricto sensu* ou campo seco e a estepe higrófila ou campo brejoso. Também ocorrem os refúgios vegetacionais rupestres, representados por afloramentos de rochas que, às vezes, são recobertos por vegetação mais apta a se desenvolver em condições edáficas adversas, caso de alguns gêneros de bromélias, briófitas e pteridófitas, além de líquens. Os solos arenosos, rasos e ácidos são relativamente pobres em nutrientes, constituindo-se um fator limitante ao estabelecimento de muitas espécies da sinúsia arbórea. O estrato herbáceo, dominado por espécies cespitosas entremeadas por arbustivas baixas apresenta fitofisionomia típica de vegetação adaptada a ambientes relativamente secos, com destaque à presença dos gêneros *Stipa*, *Andropogon*, *Aristida* e *Erianthus* (VELOSO; RANGEL FILHO; LIMA, 1991).

Devido às características da vegetação, as Estepes apresentam elevado perigo de incêndios, o que faz com que estudos voltados à caracterização do material combustível sejam importantes para embasar sistemas efetivos de manejo e combate aos incêndios nestes ambientes. O material combustível, por ser um dos componentes do triângulo do fogo, é básico e indispensável para a ocorrência e propagação dos incêndios florestais desde que as outras condições propícias ao fogo estejam presentes. A quantidade de material combustível existente em uma área é que determina se o fogo vai se propagar ou não, e define a intensidade de calor liberado pelo fogo durante um incêndio, desde que as outras condições propícias ao fogo estejam presentes. A estimativa da quantidade de combustível existente, geralmente expressa em termos de massa de matéria seca ao forno por unidade de área, é fator decisivo em planos de prevenção e combate aos incêndios, especialmente em programas de queimas controladas (SOARES; BATISTA, 2007). De acordo com Souza, Soares e Batista (2003), a quantidade de material combustível por unidade de área é uma das informações mais importantes relacionadas ao comportamento do fogo, podendo embasar diretamente ações que garantam a eficiência de sistemas de combate de incêndios. Para Beutling et al. (2005), mesmo que variáveis climáticas influenciem no comportamento de incêndios, o material combustível certamente constitui um dos fatores mais importantes na propagação do fogo. Características do combustível podem afetar a propagação do fogo, a estrutura das chamas, a duração e a intensidade dos incêndios. Descrever os combustíveis e quantificá-los é importante para entender o comportamento do fogo, além de fornecer informações para as atividades de gestão de incêndios, incluindo, queima prescrita, dificuldade de supressão, avaliação do perigo e tratamento de combustível. Segundo Gould, McCaw e Cheney (2011), as características do combustível atraem cada vez mais o interesse de ecologistas, gerentes de qualidade do ar e modeladores de quantificação de carbono.

Considerando a importância do conhecimento sobre as características dos combustíveis para o manejo do fogo em vegetação de campos, este trabalho teve por objetivo caracterizar o material combustível fino do estrato herbáceo da Estepe Gramíneo-Lenhosa no Paraná.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

A área de estudo está localizada na Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) Caminho das Tropas, situada nas coordenadas centrais UTM's 620334 de longitude oeste e 7196739 de latitude sul, município de Palmeira - PR. Utilizada por muito tempo para a criação de gado, a área da reserva foi abandonada há alguns anos atrás para atividades produtivas, determinando o reestabelecimento da vegetação campestre.

O clima da área, segundo a classificação de Köppen, é o Cfb, clima temperado predominante em planaltos com altitudes acima de 1.000 metros. Os verões são em geral amenos, com temperaturas médias não passando de 22°C, enquanto que nos invernos são comuns temperaturas abaixo de 0°C, ocasionando a formação de geadas (INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ, 2013). As geadas constituem importante variável climática na região, com efeitos diretos sobre a ecologia da vegetação campestre. Ao provocarem a morte de grande parte da vegetação herbácea e arbustiva, geram um aumento pontual de material combustível de fácil ignição, crescendo assim, o perigo de incêndios.

As chuvas são uniformemente distribuídas na região durante as quatro estações do ano, com precipitações médias anuais ficando em torno de 1.500 mm. Os ventos, com direção predominante do sentido nordeste, sopram constantemente, sendo comum apresentarem velocidades relativamente altas, pelo fato da vegetação rasteira não representar um obstáculo para diminuir sua intensidade (BURGARDT; LIMA LEITE; VIRGENS FILHO, 2011). Os solos constituem uma associação de Latossolo Brunoácrico + Cambissolo Háplico distrófico, apresentando substrato arenoso que os tornam pouco férteis (ALMEIDA; MORO, 2007).

Pontos de amostragens

As técnicas de amostragem do material tiveram como base pesquisas realizadas por diferentes autores (SOARES, 1979; BROWN; OBERHEU; JOHNSTON, 1982; SCHEIDER; BELL, 1985; SOUZA; SOARES; BATISTA, 2003; BEUTLING et al., 2005; 2012).

Para as amostragens, uma área de 25 hectares (500 m x 500 m) foi demarcada, e posteriormente tracejada com distanciamento entre as linhas de 50 x 100 metros. Nos cruzamentos das linhas foram marcados os pontos de coletas de material, resultando com esse procedimento, 45 pontos de coletas. De acordo com Brown, Oberheu e Johnston (1982), a alocação sistemática dos pontos é a técnica mais recomendada para esse tipo de estudo, pois, garante uma amostragem uniforme do material combustível numa determinada área. A quantidade de pontos alocados seguiu a recomendação desses autores, que consideraram que para a estimativa da carga de material combustível de uma vegetação qualquer, o conveniente é realizar entre 15 e 20 amostras em uma área de até 20 hectares. Para áreas maiores, aconselham a alocação de mais de 20 pontos de amostragens, considerando que geralmente ocorre um erro amostral em torno de 20%.

De toda a área de coleta, 22,7 hectares corresponderam à vegetação rasteira (herbácea e arbustiva) típica da Estepe Gramíneo-Lenhosa (Figuras 1A e B). O restante da área (2,3 hectares) correspondeu a afloramentos rochosos descobertos ou recobertos por vegetação rupestre (Figura 1C) e pequenos capões (ilhas) de floresta com araucária (Figura 1D).

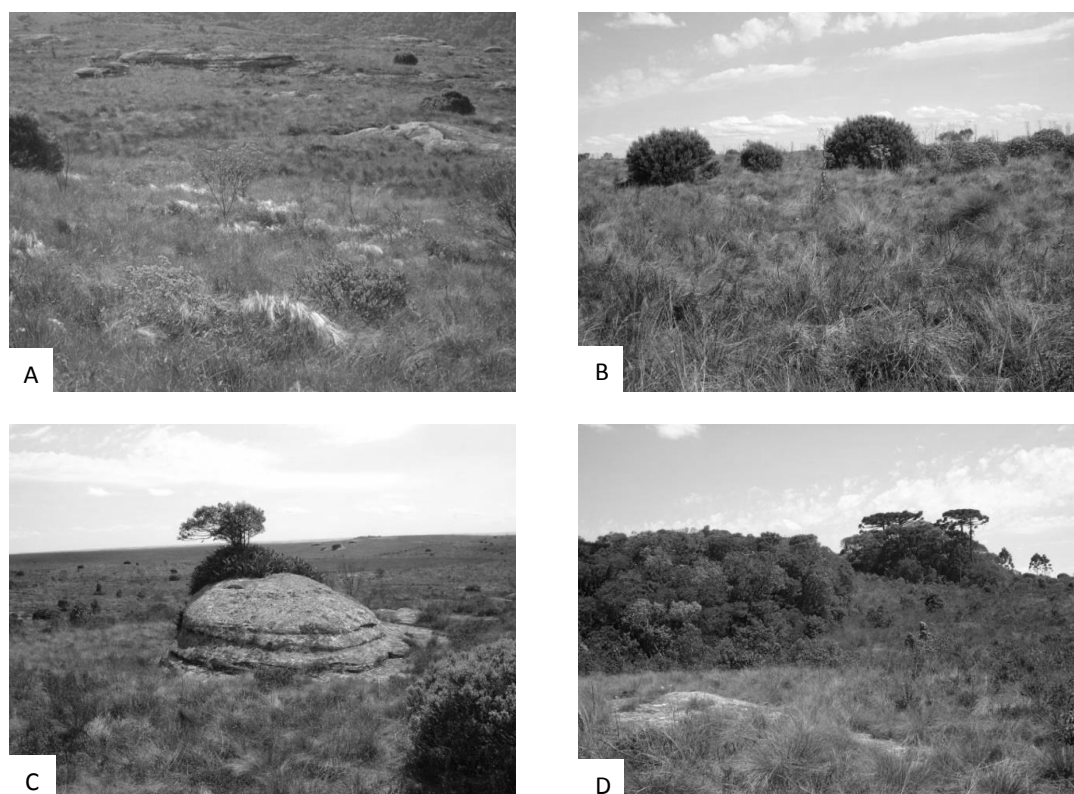


FIGURA 1: Características ambientais (Estepe Gramíneo-Lenhosa) da Reserva Particular do Patrimônio Natural Caminho das Tropas, município de Palmeira, estado do Paraná. Vegetação herbácea e arbustiva (A e B), afloramento rochoso (C) e capões de floresta com araucária (D).

FIGURE 1: Environmental characteristics (Grassy Woody Steppe) of the Private Reserve of Natural Heritage Caminho das Tropas, Palmeira municipality, Paraná state. Herbaceous and shrubby vegetation (A and B), rock outcrop (C) and islands of Araucaria forest (D).

Com as coletas feitas em 35 pontos, as amostragens se mostraram estatisticamente suficientes para todas as classes em todas as coletas realizadas.

Dos 45 pontos alocados, foram inicialmente realizadas coletas em 25 para determinação da suficiência da amostragem. A coleta nestes pontos foi de forma uniforme, ou seja, foram feitas nas intersecções das linhas de 100 x 100 metros. No entanto, esse número de pontos não foi suficiente para se atingir a suficiência de amostragem para todas as classes de material definidas, sendo então, acrescidos mais 10 pontos, totalizando assim 35 pontos. Ao contrário dos primeiros pontos, os 10 acrescidos foram alocados de forma aleatória (nesse caso, em algumas das intersecções de 50 x 50 metros), tomando-se a precaução para que a distribuição fosse relativamente homogênea, evitando-se concentração de coletas em determinado espaço dentro da área de amostragem em detrimento a outros.

Coleta de material

As coletas foram realizadas nos meses de maio, agosto e novembro de 2012, e em fevereiro de 2013, correspondendo cada coleta às estações do outono, inverno, primavera e verão, que, para a região, são bem definidas. A metodologia de coleta de material combustível utilizada foi a de “amostragem destrutiva” de parcelas de 1 m², utilizada tradicionalmente nos levantamentos de material combustível, como apresentado na literatura (BEUTLING et al., 2005; SOARES, BATISTA, 2007; CONCEIÇÃO; PIVELLO,

2011; GOULD; MCCAWE; CHENEY, 2011; BEUTLING et al., 2012, WHITE et al., 2014). As parcelas para amostragem de material combustível são ditas “destrutivas”, pois todo seu conteúdo é retirado de forma a permitir a classificação dos materiais encontrados em classes de diâmetro. Estes materiais são divididos em “material combustível vivo (verde)” e “material combustível morto”.

Para as coletas utilizou-se moldura metálica de 1 m² que era depositada ao lado do ponto de amostragem em uma área circular de entorno de raio de 2,5 metros. Para cada ponto, 4 coletas foram realizadas, cada uma em uma estação climática distinta do ano (Figura 2).

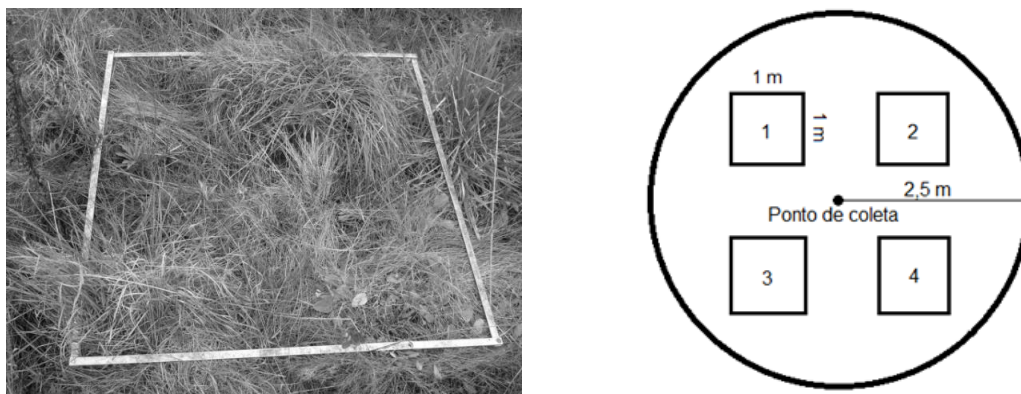


FIGURA 2: Delimitação de área de coleta (1 m²) com moldura metálica e disposição das coletas sazonais de material em vegetação de Estepe Gramíneo-Lenhosa na Reserva Particular do Patrimônio Natural Caminho das Tropas, município de Palmeira, estado do Paraná.

FIGURA 2: Delimitation of material collection area (1 m²) with metal frame and arrangement of the seasonal collections in Grassy Woody Steppe vegetation of the Private Reserve of Natural Heritage Caminho das Tropas, Palmeira, Palmeira municipality, Paraná state.

Na primeira etapa de amostragem realizada no mês de maio de 2012, todo o material coletado foi separado nas seguintes classes diamétricas: material vivo e morto com diâmetro menor ou igual a 0,7 cm, material vivo e morto com diâmetro maior que 0,7 cm e menor ou igual a 2,5 cm, material vivo e morto com diâmetro maior do que 2,5 cm de espessura e miscelânea. Com os resultados da análise de variância da carga dos materiais por classe diamétrica e por tipo de combustível, calculou-se a suficiência de amostragem (N) através do método sequencial de Stein, utilizando-se a seguinte fórmula (SOARES; BATISTA, 2007):

$$N = \left(\frac{t^2 \cdot s^2}{E^2} \right)$$

Em que: N = número de amostras; t² = valor de t da tabela de Student; s² = variância; E² = erro amostral.

Obs. Para determinação de E² utilizou-se o valor de 15% como limite de erro amostral, sendo, portanto, E² = (0,15 * Média)².

Os resultados dessa análise mostraram que o material mais fino atingiu a suficiência com o método de coleta adotado, enquanto para as classes de material mais grosso, isso não ocorreu, devido à grande variabilidade e distribuição desuniforme desses materiais pela área. Com base nesses resultados, optou-se em trabalhar nesta pesquisa apenas com o material fino vivo e morto menor do que 0,7 cm de diâmetro, separado nas classes apresentadas na Tabela 1.

TABELA 1: Classes de material combustível analisadas em vegetação Gramíneo-Lenhosa na Reserva Particular do Patrimônio Natural Caminho das Tropas, município de Palmeira, estado do Paraná.

TABLE 1: Fuel classes analysed in the Grassy Woody Steppe vegetation of the Private Reserve of Natural Heritage Caminho das Tropas, Palmeira municipality, Paraná state.

Sigla	Classe	Espessura (cm) atual das diferentes classes do material
MFV	Material fino vivo em pé	$\leq 0,7$
MFM	Material fino morto em pé	$\leq 0,7$
MISC	Miscelânea – material fino morto acamado sobre o solo	$\leq 0,7$
CTMC	Carga total de material combustível (somatória de material vivo + material morto + miscelânea)	$\leq 0,7$

Determinação da carga (massa) de material

Para a determinação da massa, o material combustível fresco coletado nos pontos de amostragens foi separado nas classes definidas (material vivo, material morto e miscelânea). Em campo, utilizou-se dinamômetro com capacidade máxima de 2.500 gramas (com precisão de 20 gramas) para a determinação da massa do material fresco. Após a determinação da massa do material em campo, foram retiradas subamostras das classes de material em todos os pontos. Essas subamostras foram imediatamente acondicionadas em sacos plásticos bem vedados para evitar a perda de umidade, identificados com etiquetas adesivas contendo as informações referentes à classe do material e ao ponto de amostragem proveniente. Posteriormente, essas subamostras foram levadas ao laboratório de incêndios florestais da UFPR para determinação da massa e secagem, realizadas em estufas elétricas em temperatura constante de 75°C, com o material permanecendo por 48 horas, embalado em cartuchos de papel.

Realizada a secagem, fez-se a determinação da massa do material seco com a utilização de balanças com capacidade de 2.600 gramas e precisão de 1 grama. Sabendo-se a massa inicial (material fresco) e a massa seca (material seco) das subamostras, foi determinado o teor de umidade presente no material através da fórmula apresentada a seguir (BATISTA, 1990).

$$U\% = \left(\frac{Mf - Ms}{Ms} \right) * 100$$

Em que: U% = teor de umidade do material combustível em %; Mf = massa do material fresco no momento da coleta em grama; Ms = massa do material combustível seco em estufa em grama.

Com a determinação do teor de umidade do material das subamostras, fez-se então o cálculo para a determinação da massa total de material coletado (em estado seco) para todas as classes em cada ponto de amostragem. A classe miscelânea passou por um processo de separação (peneiramento) de areia e partículas do solo que estavam agregados ao material vegetal, para a determinação da massa real desse material.

Após a coleta, separação e secagem do material, foi determinada, para cada ponto de amostragem, a massa do material vivo, material morto e miscelânea. Somando-se as massas das três classes, determinou-se a carga de material combustível para cada um dos 35 pontos de coleta, e, com a somatória da carga de todos os pontos, a quantidade de material combustível para a área coletada em gramas por metro quadrado (g.m⁻²). Com esses valores calculou-se a quantidade de material em gramas por hectare (g.ha⁻¹), convertidos depois em megagramas por hectare (Mg.ha⁻¹).

Processamento e análise dos dados

Os dados obtidos foram compilados em planilhas Microsoft Office Excel 2007 (MICROSOFT, 2007) e processados e analisados com o *software* Statgraphics Centurion XV (STATPOINT, 2010). Os testes estatísticos utilizados para análise e comparação dos dados foram: análise de variância e teste de comparação de médias Student-Newman-Keuls.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Carga total e classes de material combustível

Os resultados apresentados na Tabela 2 foram obtidos durante a primeira fase de coleta. Pode-se verificar que o material fino ($\leq 0,7$ cm de espessura) é mais representativo e distribui-se de forma homogênea pela área, o que não acontece com o material de maior espessura.

TABELA 2: Carga média das classes de material combustível encontradas em vegetação de Estepe Gramíneo-Lenhosa na Reserva Particular do Patrimônio Natural Caminho das Tropas, município de Palmeira, estado do Paraná.

TABLE 2: Average load of the fuel classes found in the Grassy Woody Steppe vegetation of the Private Reserve of Natural Heritage Caminho das Tropas, Palmeira municipality, Paraná state.

Classe	Carga (Mg.ha ⁻¹)	Percentual (%) em relação a carga total
Material fino vivo com diâmetro $\leq 0,7$ cm	3,74	25,42
Material fino morto com diâmetro $\leq 0,7$ cm	5,10	34,67
Material vivo com diâmetro $> 0,7$ e $\leq 2,5$ cm	0,83	5,64
Material morto com diâmetro $> 0,7$ e $\leq 2,5$ cm	1,05	7,14
Material vivo com diâmetro $> 2,5$ cm	0,00	0,00
Material morto com diâmetro entre $> 2,5$ cm	0,02	0,15
Miscelânea – material fino morto com diâmetro $\leq 0,7$ cm, acamado sobre o solo	3,97	26,98
Total	14,71	100,00

Enquanto o material fino representou 87,07% da carga total do material coletado, o material com espessura entre 0,7 e 2,5 cm representou 12,78%, e o material com diâmetro maior do que 2,5 cm, apenas 0,15%. As classes de material com maior espessura mostraram-se assim muito pouco representativas, não sendo analisadas nesse estudo, conforme descrito anteriormente.

Os resultados referentes à carga do material combustível seco (Mg.ha⁻¹) das classes de material aqui analisadas (vivo, morto, miscelânea e carga total de material $\leq 0,7$ cm) nas 4 estações do ano são apresentados na Tabela 3.

TABELA 3: Carga média (Mg.ha⁻¹) das classes de material combustível em vegetação de Estepe Gramíneo-Lenhosa na Reserva Particular do Patrimônio Natural Caminho das Tropas, município de Palmeira, estado do Paraná.

TABLE 3: Medium load (Mg.ha⁻¹) of the fuel classes in Grassy Woody Steppe vegetation of the Private Reserve of Natural Heritage Caminho das Tropas, Palmeira municipality, Paraná state.

Coletas/estação climática	Material vivo (Mg.ha ⁻¹)	Material morto (Mg.ha ⁻¹)	Miscelânea (Mg.ha ⁻¹)	Total de material combustível (Mg.ha ⁻¹)
1 – Outono	3,744 ($\pm 1,905$) a	5,092 ($\pm 2,877$) a	3,970 ($\pm 1,953$) a	12,807 ($\pm 3,867$) b
2 – Inverno	1,443 ($\pm 0,761$) b	4,175 ($\pm 1,918$) a	3,995 ($\pm 1,490$) a	9,613 ($\pm 3,140$) a
3 – Primavera	3,429 ($\pm 1,329$) a	4,622 ($\pm 1,482$) a	2,824 ($\pm 0,781$) b	10,875 ($\pm 1,988$) a
4 – Verão	3,987 ($\pm 1,275$) a	4,520 ($\pm 2,584$) a	2,146 ($\pm 0,615$) c	10,653 ($\pm 3,325$) a
Média	3,150	4,602	3,233	10,987

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si estatisticamente, pelo teste de comparação de médias SNK a 95% de probabilidade. Números entre parênteses representam os desvios padrões de cada resultado.

A carga total de material combustível fino obtida para a área de estudo pelas médias das coletas realizadas nas quatro estações do ano foi de 10,987 Mg.ha⁻¹. A carga de material combustível em regiões dominadas por vegetação rasteira (campos), caso das Estepes e das Savanas, pode ser bastante variável.

Segundo Miranda, Rocha e Silva e Miranda (1996), nesses ambientes geralmente existem interferências naturais (variáveis climáticas e pedológicas) e antrópicas, que influenciam na composição de espécies vegetais e no seu desenvolvimento. Uma revisão bibliográfica realizada pelos autores apontou valores de carga de material combustível com variações de 4,90 a 13,80 Mg.ha⁻¹ para a vegetação campestre em diferentes países (SAN JOSÉ; MEDINA, 1977; LACEY; WALKER; NOBLE, 1985; FROST; ROBERTSON, 1987; KELMANN; MIYANISHI; HIEBERT, 1987; BIDWELL; ENGLE; CLAYPOOL, 1990; BIDWELL; ENGLE, 1991; TROLLOPE; TROLLOPE, 2002; KUNST et al., 2012). Rego e Botelho (1990) citam, para áreas de pastagens gramíneas e arbustivas, variações entre 2,0 a 12,0 Mg.ha⁻¹. Portanto, o valor da carga de material combustível registrado nesse estudo está dentro da faixa de valores que geralmente é observada em estudos realizados com vegetação de campos.

Em relação às formações campestres do Brasil, o valor encontrado no presente estudo (10,987 Mg.ha⁻¹) é superior ao obtido por Fidelis et al. (2010) em uma área de campos alterados na região de Porto Alegre-RS, cujo valor para o material fino $\leq 0,7$ cm variou de 2,70 a 10,10 Mg.ha⁻¹. Também é maior que o encontrado por White et al. (2014) para os campos gramíneos do Parque Nacional Serra de Itabaiana - SE, com a carga determinada de material combustível fino $\leq 0,7$ cm de 3,70 Mg.ha⁻¹, e do estudo realizado por Conceição e Pivello (2011) em uma área de campo sujo no entorno do Parque Nacional da Chapada Diamantina - BA, onde foi determinada uma carga média de 4,47 Mg.ha⁻¹ para o material fino $\leq 0,7$ cm. Outros trabalhos realizados em vegetação de campos sujos de Cerrado (forma fisionômica do Bioma Cerrado dominada por gramíneas contendo até 1% de arbustos) também apresentaram valores abaixo deste estudo, como é o caso do estudo de Miranda, Rocha e Silva e Miranda (1996) que determinaram uma carga máxima de 9,90 Mg.ha⁻¹ para uma área com 18 anos sem ocorrência de fogo, e do estudo de Pivello e Coutinho (1992) que encontraram valor médio de carga de combustível igual a 6,30 Mg.ha⁻¹ na área de distribuição do Cerrado do estado de São Paulo. Entretanto, o valor é menor que o encontrado por Ottmar et al. (2001) em áreas de campos limpos na região do Cerrado (Savana), em que os autores determinaram a carga de material combustível (abrangendo apenas material fino $\leq 0,6$ cm e composto principalmente de gramíneas) valores de 14,65 Mg.ha⁻¹ para uma área com 4 anos sem queima, e de 16,33 Mg.ha⁻¹ para uma área de 3 anos sem a passagem de fogo.

Em uma análise comparativa no tocante a incêndios florestais, como a carga de material combustível e seu arranjo têm influência direta na propagação e comprimento das chamas, pode-se dizer, hipoteticamente, que a área de estudo por ter apresentado maior carga de material que as áreas da maioria dos trabalhos citados, apresentaria em princípio, maior intensidade do fogo e de calor liberado em um incêndio sob condições meteorológicas similares, consequentemente, com efeitos maléficos mais acentuados sobre o solo e a vegetação em geral.

Proporção representativa das classes do material combustível

Na Tabela 4 são apresentados os valores percentuais (%) registrados para as classes de material vivo, morto, miscelânea e carga total de material fino para cada estação do ano.

TABELA 4: Percentual de material vivo, morto e miscelânea em relação à carga total de material combustível fino, registrado para cada estação do ano, em vegetação Gramíneo-Lenhosa na Reserva Particular do Patrimônio Natural Caminho das Tropas, município de Palmeira, estado do Paraná.

TABLE 4: Percentage of live fuel, dead fuel and miscellaneous compared to the total load of fine fuel, recorded for each season, in Grassy Woody Steppe vegetation of the Private Reserve of Natural Heritage Caminho das Tropas, Palmeira municipality, Paraná state.

Coletas/Estação	Material vivo (%)	Material morto (%)	Miscelânea (%)
1 – Outono	29,76a	38,26a	31,98a
2 – Inverno	15,86b	42,51a	41,63b
3 – Primavera	31,45a	42,54a	26,01c
4 – Verão	38,93c	40,41a	20,66d

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si estatisticamente, pelo teste de comparação de médias SNK a 95% de probabilidade.

As análises estatísticas apresentadas na Tabela 4 demonstram que não houve diferenças significativas entre as médias do percentual de material combustível morto das quatro estações do ano. Já para o material vivo, a primavera e o outono apresentaram valores estatisticamente similares, enquanto que as estações do inverno e do verão apresentaram diferenças significativas entre si e com as demais estações.

No inverno, foi registrada uma queda significativa no percentual dessa classe, representando apenas 15,86% do total da carga de material combustível obtida para essa estação. A acentuada diminuição de material vivo no período do inverno certamente tem ligação direta com a variável precipitação (que geralmente é baixa nessa estação) e, principalmente, com a variável geada, cuja formação ocorre, na região, com temperatura igual a 0°C ou abaixo dela, provocando a morte de boa parte da vegetação dos estratos herbáceo e arbustivo.

No período de verão, com a elevação dos índices pluviométricos e das temperaturas, registrou-se um aumento no percentual de material vivo, que representou 38,93% do total da carga de material combustível registrado para essa estação. Somente nessa estação o percentual de material vivo chegou próximo ao do registrado para o material morto.

Para a classe miscelânea foram registradas diferenças significativas para os resultados obtidos nas 4 estações. Para essa classe, o menor percentual em relação à carga total de material foi verificado para o verão (20,66%) e o maior registrado para o inverno (41,63%).

De acordo com os resultados da Tabela 4, verifica-se que o percentual de material morto em pé foi sempre maior do que o do vivo. A maior diferença foi registrada para o período de inverno, quando praticamente o percentual de material morto foi três vezes maior que o material vivo. Somado ao material acamado sobre o solo (miscelânea), o total de material morto para a estação do inverno representou 84,14% do material coletado.

A grande diferença verificada para o inverno demonstra bem o quanto essa estação é crítica para a ocorrência de incêndios na região da estepe paranaense. Além da composição da vegetação do estrato herbáceo ser em grande parte de material fino (com espessura $\leq 0,7$ cm), considerado por Soares (1985) como material combustível perigoso devido à facilidade de ignição, também as condições meteorológicas da estação contribuem para a propagação do fogo. Além das geadas, as precipitações nesse período do ano geralmente decrescem bastante em relação às outras estações. No mês de agosto de 2012 (quando foram realizadas as coletas), a precipitação acumulada do mês ficou em 10,2 mm, ocorrendo chuvas em somente 9 dias, sendo que em cinco desses, a precipitação não atingiu mais do que 0,2 mm (FUNDAÇÃO ABC, 2013).

A menor diferença entre o percentual de material morto e vivo foi registrada para a estação do verão, quando 38,93% do material era vivo, 40,41% morto (em pé) e 20,66% morto acamado (miscelânea). Nessa estação do ano, além de não haver ocorrência de geadas, as precipitações também são mais frequentes e intensas. Mesmo com os valores das duas classes sendo muito próximos na estação do verão, ainda assim, o percentual de material morto foi maior em relação ao vivo. Com base nesses resultados, pode-se dizer que para ser utilizada para fins produtivos (pecuária, ovinocultura, caprinocultura, etc.), a vegetação das Estepes praticamente necessita ser periodicamente manejada por diferentes técnicas de manejo, entre outras, por meio de queimas controladas, para oferecer pastagem mais nutritiva e palatável aos animais, conforme indicam estudos realizados (BRÂNCIO et al., 1997; CARDOSO et al., 2003; MENDES et al., 2010).

Teor de umidade do material

Os resultados dos cálculos do teor de umidade para as classes de material combustível nas quatro coletas realizadas (estações do ano) são apresentados na Tabela 5.

TABELA 5: Teor de umidade obtido para as classes de combustível da vegetação de Estepe Gramíneo-Lenhosa na Reserva Particular do Patrimônio Natural Caminho das Tropas, município de Palmeira, estado do Paraná.

TABLE 5: Moisture content obtained for fuel classes in Grassy Woody Steppe vegetation of the Private Reserve of Natural Heritage Caminho das Tropas, Palmeira municipality, Paraná state.

Classes	Descrição	Teor de umidade (%)			
		Coleta – 1 (outono)	Coleta – 2 (inverno)	Coleta – 3 (primavera)	Coleta – 4 (verão)
MV	Material vivo	135,74 a	127,80 a	130,01 a	138,21 a
MM	Material morto	42,59 a	49,30 a	52,63 a	80,62 b
MS	Miscelânea	46,02 a	56,32 a	52,84 a	79,26 b
TM	Total de material combustível	74,79 a	77,81a	78,50a	99,27b

Médias seguidas da mesma letra na linha não diferem entre si estatisticamente, pelo teste de comparação de médias SNK a 95% de probabilidade.

Observa-se que para o material vivo, as variações no teor de umidade ao longo das quatro estações do ano não foram significativas. No entanto, para as classes de material morto, miscelânea e carga total, houve uma diferença estatística significativa entre a estação do verão e as demais estações. O maior teor de umidade verificado para as três classes para o verão certamente teve influência direta de variáveis meteorológicas, principalmente, das chuvas. Durante o mês em que foram realizadas as coletas de material para essa estação (fevereiro de 2013), foram registradas chuvas em 23 dias, com o acumulado de precipitação ficando em 316 mm no mês. Para as demais estações, nos meses em que foram feitas as coletas, os acumulados das precipitações foram: outono (maio/2012) = 72,8 mm, primavera (novembro/2012) = 70,8 mm e inverno (agosto de 2012) = 10,2 mm (FUNDAÇÃO ABC, 2013).

Devido à alta precipitação e ao maior teor de umidade dos combustíveis no verão, o perigo de incêndios na região é praticamente nulo nesta estação, aumentando nas demais, especialmente no inverno.

CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos nesse estudo, pode-se concluir que:

- O valor da carga de material combustível fino da região das Estepes no Paraná é compatível com o encontrado para a vegetação de campos, de acordo com os resultados encontrados na literatura;
- A relação entre material vivo e morto em pé varia durante as diferentes estações do ano, sendo que os valores do material morto são sempre maiores; e,
- A variação do teor de umidade e da proporção entre material vivo e morto nas estações do ano são fatores que têm influência sobre o perigo de incêndios nesse tipo de vegetação, em especial, no período mais crítico abrangendo a estação do inverno e o início da primavera.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Sr. Luiz Eduardo Veiga Lopes Jr., proprietário da RPPN Caminho das Tropas pela disponibilização da área para a realização do estudo. Também ao Dr. Ernandes Aparecido Saraiva, ao Prof. Dr. Marcos Pedro Ramos Rodriguez (Universidade de Pinar del Río - Cuba) e aos estagiários e monitores do Laboratório de Incêndios Florestais do Curso de Engenharia Florestal da UFPR pelo auxílio nos trabalhos de campo.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, C. G.; MORO, R. S. Análise da cobertura florestal no Parque Nacional dos Campos Gerais, Paraná, como subsídio ao seu plano de manejo. **Terr@Plural**, Ponta Grossa, v. 1, n. 1, p. 115-122, 2007.

- BATISTA, A. C. **Incêndios florestais**. Recife: Imprensa Universitária da UFRPE, 1990. 115 p.
- BEUTLING, A. et al. Caracterização e modelagem de material combustível superficial em povoamentos de *Pinus elliottii*. **Floresta**, Curitiba, v. 42, n. 3, p. 443-452, 2012.
- BEUTLING, A. et al. Quantificação de material combustível superficial em reflorestamentos de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. **Floresta**, Curitiba, v. 35, n. 3, p. 465-472, 2005.
- BIDWELL, T. G.; ENGLE, D. M. Behavior of headfires and backfires on tallgrass prairie. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM FIRE AND ENVIRONMENT: ECOLOGICAL AND CULTURAL PERPECTIVES, 1991, Knoxville, EUA. **Proceedings...** Knoxville: USDA Forest Service, 1991. p. 344-350.
- BIDWELL, T. G.; ENGLE, D. M.; CLAYPOOL, P. L. Effects of spring headfires and backfires on tallgrass prairie. **Journal of Range Management**, Denver, v. 43, n. 2, p. 11-14, 1990.
- BRÂNCIO, P. A. et al. Avaliação de pastagem nativa dos cerrados submetida à queima anual – qualidade da dieta de bovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Brasília, v. 26, n. 3, p. 438-442, 1997.
- BROWN, J. K.; OBERHEU, R. D.; JOHNSTON, C. M. **Handbook for inventorying surface fuels and biomass in the interior west**. [s. l.]: US Departamento of Agriculture; Forest Service, 1982. 18 p.
- BURGARDT, S.; LIMA LEITE, M.; VIRGENS FILHO, J. S. Direção horária predominante e de rajada de vento em localidades dos Campos Gerais do Paraná e arredores. **Revista Brasileira de Climatologia**, Curitiba, v. 8, p. 137-151, 2011.
- CARDOSO, E. L. et al. Efeitos da queima na dinâmica da biomassa aérea de um campo nativo no Pantanal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, p. 747-752, 2003.
- CONCEIÇÃO, A. A.; PIVELLO, V. R. Biomassa Combustível em Campo Sujo no Entorno do Parque Nacional da Chapada Diamantina, Bahia, Brasil. **Biodiversidade Brasileira**, Brasília, v. 1, n. 2, p. 146-160, 2011.
- FIDELIS, A. et al. Fire intensity and severity in brazilian campos grassland. **Interciencia**, Catanduva, v. 35, n. 10, p. 739-745, 2010.
- FROST, P. G.; ROBERTSON, F. The ecological effects of fire in savannas. In: WALKER, B. H. (Org.). **Determinants of Tropical Savannas**. Oxford: IRL Press, 1987.
- FUNDAÇÃO ABC. **Sistema de monitoramento agrometeorológico**. [2013]. Disponível em: <<http://sma.fundacaoabc.org.br/monitoramento/grafico/diario>>. Acesso em: 10/06/2013.
- GOULD, J. S.; MCCAW, W. L.; CHENEY, N. P. Quantifying fine fuel dynamics and structure in dry eucalypt forest (*Eucalyptus marginata*) in western Australia for fire management. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 262, p. 531- 546, 2011.
- IBGE. **Manual técnico da vegetação brasileira**. Rio de Janeiro: IBGE, 2012. 92 p. (Série manuais técnicos em geociências, 1). Disponível em: <<http://biblioteca.ibge.gov.br/vizualizacao/livros/liv63011.pdf>>. Acesso em: 12/06/2013.
- INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. **Mapas climáticos do estado do Paraná**. Disponível em: <http://www.pr.gov.br/iapar/sma/Rosa_dos_ventos.htm>. Acesso em: 10/06/2013.
- KELMANN, M.; MIYANISHI, K.; HIEBERT, P. Nutrients retention by savanna ecosystem. **Journal of ecology**, Carlton, v. 73, p. 953-962, 1987.
- KUNST, C. et al. Fire behavior in an ecotonal grassland of the Chaco region, Argentina. **RIA**, Paris, v. 38, n.1, p. 4-9, 2012.
- LACEY, C. J.; WALKER, L.; NOBLE, I. R. Fire in Australian tropical savana. In: HUNTLEY, B. J.; WALKER, B. H. (Org.). **Ecology of Tropical Savanas - Ecological studies**. Berlin: Springer Verlag, 1985. v. 42.
- MAACK, R. **Geografia física do estado do Paraná**. Curitiba: BADEP; UFPR; IBPT, 1981. 450 p.
- MENDES, C. R. et al. Influência da queima no teor de pigmentos, proteína solúvel e carboidratos em gramíneas de pastagens naturais. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, Maringá, v. 32, n. 3, p. 239-245, 2010.
- MICROSOFT. **Microsoft Office Excel, 12.0**. Washington: Microsoft Corporation, 2007.
- MIRANDA, H. S.; ROCHA E SILVA, E. P.; MIRANDA, A. C. Comportamento do fogo em queimadas de campo sujo. In: MIRANDA, H. S.; SAITO, C. H.; DIAS, B. F. S. (Org.). **Impactos de queimadas em áreas de cerrado e restinga**. Brasília: UnB; ECL, 1996. p. 1-10.

- OTTMAR, R. D. et al. **Stereo photo series for quantifying cerrado fuels in central Brazil**. Brasília: USDA; UNB, 2001. v. 1.
- 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**, Cambridge, v. 8, n. 4, p. 487-497, 1992.
- REGO, F. C.; BOTELHO, H. S. **A técnica do fogo controlado**. [s. l.: s. n.], 1990. 124 p.
- SAN JOSÉ, J. J.; MEDINA, E. Producción de matéria orgánica en la sabana de Tachypogon, Calabozo, Venezuela. **Boletín de la Sociedad Venezolana de Ciencias Naturales**, Caracas, v. 134, p. 75-100, 1977.
- SCHEIDER, B. H.; BELL, D. T. A simple, effective technique for rapid measurement of fuels in low shrub communities. **Australian Forest Research**, Melbourne, v. 15, n. 1, p. 84, 1985.
- SOARES, R. V. Determinação da quantidade de material combustível acumulado em plantios de *Pinus* spp. na região de Sacramento (MG). **Floresta**, Curitiba, v. 10, n. 1, p. 48-62, 1979.
- SOARES, R. V. **Incêndios florestais: controle e uso do fogo**. Curitiba: FUPEF, 1985. 213 p.
- SOARES, R. V.; BATISTA, A. C. **Incêndios florestais: controle, efeitos e uso do fogo**. Curitiba: [s. n.], 2007. 264 p.
- SOUZA, L. J. B.; SOARES, R. V.; BATISTA, A. C. Modelagem de material combustível em plantações de *Pinus taeda* no norte de Santa Catarina. **Floresta**, Curitiba, v. 33, n. 2, p. 157-168, 2003.
- STATPOINT **Statgraphics Centurion XV, 15.1.03**. Warrenton: Statpoint Technologies, 2010.
- TROLLOPE, W. S. W.; TROLLOPE, L. A. Fire behaviour a key fator in the fire ecology of African grassland and savannas. **Forest Fire Research & Wildland Fire Safety**, Rotterdam, p. 1 - 15, 2002.
- VELOSO, H. P.; RANGEL FILHO, A. L. R.; LIMA, J. C. A. **Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal**. Rio de Janeiro: IBGE, 1991. 123 p.
- WHITE, B. L. A. et al. Caracterização do Material Combustível Superficial no Parque Nacional Serra de Itabaiana – Sergipe, Brasil. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 24, n. 3, p. 699-706, 2014.