

**ESTIMACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DEL FUEGO EN QUEMADA
CONTROLADA EN LA HACIENDA EXPERIMENTAL DE NGONGOINGA
(HUAMBO, ANGOLA)**

ESTIMATION OF FIRE BEHAVIOR IN CONTROLLED BURN IN THE
NGONGOINGA EXPERIMENTAL FARM (HUAMBO, ANGOLA)

Isaú Alfredo Bernardo Quissindo¹

¹Facultad de Ciencias Agrarias (Chianga) de la Universidad José Eduardo dos Santos, Huambo
/ Angola. Email: josuealf.2011@hotmail.com

60

RESUMEN

Se realizó una quemada controlada en un lote de *Hypharrenia rufa* (Nees) Stapf (vulgarmente conocido por Jaragua) y *Brachystegia boehmii* Taub (conocido localmente por Ussamba, Lussamba, Misike, Quenge) de la Hacienda Experimental de Ngongoinga, municipio Sede de la provincia de Huambo (Angola), durante los días 30 de mayo y 01 de junio de 2018. La investigación tuvo el objetivo de prever el comportamiento del fuego para mejor planificación de prevención y combate a los incendios forestales en la región. Antes y durante la quema, en la zona preparada para la quema, se efectuaron observaciones y mediciones de variables que permitieron estimar parámetros relacionados con el comportamiento del fuego, tales como: dimensiones de la llama, velocidad de propagación e intensidad del fuego. Algunos valores medios obtenidos

ABSTRACT

An controlled burning was carried out in a field of *Hypharrenia rufa* (Nees) Stapf (commonly known as Jaragua) and *Brachystegia boehmii* Taub (locally known as Ussamba, Lussamba, Misike, Quenge) of the Experimental Farm of Ngongoinga), head-municipality of Huambo province (Angola), during the days of May 30th and June 1st, 2018. The aim of this research was to predict the behavior of fire with a view to the best planning of forest fire prevention and fighting in the region. Before and during burning, at the place prepared for burning, observations and measurements of variables were made that allowed the estimation of parameters related to fire behavior, such as flame dimensions, spread of the flame and fire intensity. Some

fueron: Longitud de la llama 3 metros, Altura de la llama 1,5 metros, Profundidad de la llama 3 metros, Velocidad de propagación de las llamas 0,03 m / s y Tiempo de residencia 1,5 minutos. Se observó además que las variables relacionadas con las dimensiones de las llamas varían directamente con la intensidad del fuego. Entre los factores que influyen en la rápida propagación del fuego en una quemada o un incendio, el más expresivo fue el viento sobre todo en las direcciones Este a Oeste y Norte a Sur.

Palabras clave: Incendios forestales, prevención, material combustible vegetal, propagación de las llamas.

average values obtained were: Flame length 3 meters, Flame height 1.5 meters, Flame depth 3 meters, Spread of the flame speed 0.03 m / s and Residence time 1.5 minutes. It was also observed that the variables related to the dimensions of the flames change directly to the intensity of the fire. Among the factors that influence the rapid spread of fire in a fire or a fire, the most expressive was the wind, especially in the east-west and north-south directions.

Key words: Forest fires, prevention, fuel combustible material, spread of flame.

INTRODUCCIÓN

El fuego cuando bien conducido, por medio de planificación adecuada, genera innumerables beneficios al hombre y al ambiente. Pero, desgraciadamente, en la mayoría de los casos, el fuego se utiliza sin ninguna planificación, o con una planificación deficiente, estando en la base de pérdida de su control, lo que acarrea desastres ecológicos y pérdidas materiales inmensurables (SOARES, 1985).

La elaboración de planes de prevención de incendios forestales, presencia de un batallón de bomberos y brigadas de combate a los incendios forestales son de gran utilidad para campañas de prevención y combate al fuego (RIBEIRO *et al.*, 2012), en detrimento gran parte de la extensión territorial de la Provincia del Huambo y quizá de Angola no cuenta con programas ambientales efectivos tendientes a la prevención de incendios forestales.

Angola en general y el Huambo en particular presentan estaciones del año bien definida; esta realidad asociada al elevado número de incendios forestales originados por quemas comúnmente realizadas sin técnica y control, justifica la necesidad de realizar estudios tendentes a la prevención de incendios forestales. Batista (2000), considera que en las regiones donde hay un período definido de sequía, la atención debe ser especial, con elaboración direccional y adecuada de políticas que vengan a minimizar la acción del fuego, ya que los riesgos son mayores en este período.

La elaboración de un plan de prevención debe observar el estudio del comportamiento del fuego, que es un término genérico utilizado para describir las principales características de la combustión en un incendio forestal o una quemada, y se refiere a la manera como el material entra en combustión, como se desarrollan las llamas y cómo el fuego se propaga y presenta otros fenómenos. Según Batista *et al.* (2013), el estudio del comportamiento del fuego ha posibilitado entender los factores que juegan un papel importante al inicio, la propagación y la dificultad de extinguir los incendios. Estos estudios han observado las siguientes variables: velocidad de propagación, intensidad de la línea de fuego, tasa de energía liberada y tiempo de residencia.

Si por un lado diversas investigaciones se han realizado en muchos países desde mediados del siglo pasado, relacionando las características con el comportamiento del fuego en ambiente forestal (ANDREWS, 1986; VEGA *et al.*, 1998; FERNANDES, 2001), lo que ha permitido la creación de simuladores del comportamiento del fuego, lo cierto es que para el caso de Angola, esta realidad sigue siendo poco expresiva; por eso, esta sencilla investigación viene a colmar parte de la brecha existente.

Por lo tanto, esta investigación tiene por objetivo estimar o predecir el comportamiento del fuego en quemada controlada en la Hacienda Experimental de Ngongoinga (Huambo, Angola), con vistas a la mejor planificación de prevención y combate a los incendios forestales en la región.

MATERIAL Y MÉTODOS

Área de Estudio

La quemada se realizó en una parcela (con tres sub-parcelas relativamente igual) de 400 m² ubicada en la Hacienda Experimental de Ngongoinga (Figura 1) de la Facultad de Ciencias Agrarias (Universidad José Eduardo dos Santos), a 11 Km. Al sur de la ciudad Capital de la Provincia de Huambo. Según Santareno (2015), esta hacienda está limitada a Nordeste por la Ribeira Caluapanda, al Sur por el Río Culimañala, y al Oeste por la Reserva Forestal del Ferrocarril de Benguela.

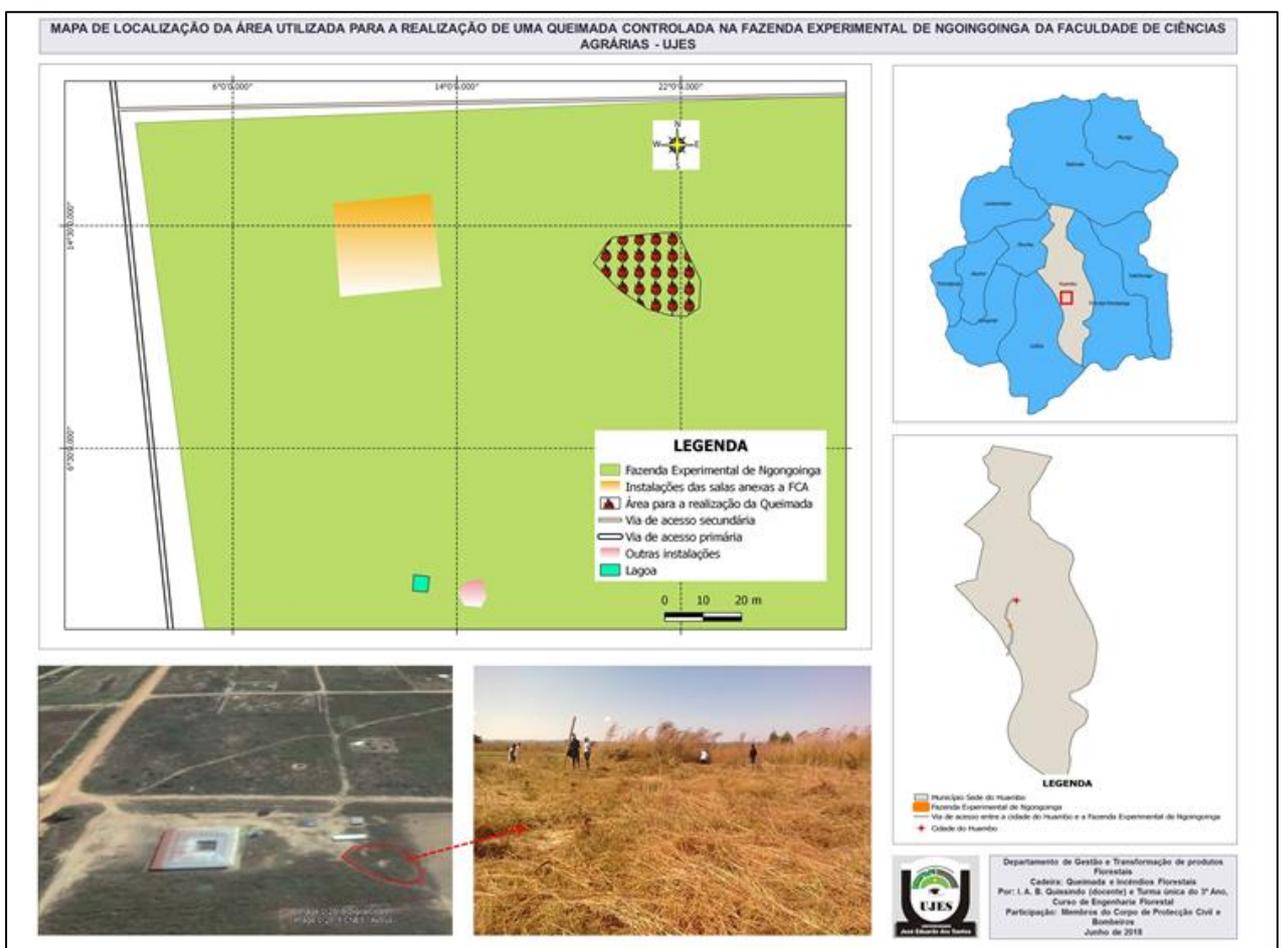


Figura 1. Mapa de localización del área de estudio

El suelo característico de la zona es el del tipo Ferralítico de color rojo y con pH que varía entre 5,3 y 6,2; el mismo presenta bajo contenido de materia

orgánica, baja capacidad de intercambio catiónico, mayor en el horizonte A (superficial) y con bajos contenidos de Nitrógeno, Fósforo y Potasio. El horizonte A no excede los 20 cm de profundidad, con textura débil arcillosa (MADEIRA y RICARDO, 2015).

La micro región de Ngongoinga presenta un clima marcado por dos estaciones a lo largo del año, una lluviosa y cálida y la otra seca y fría. De acuerdo con la clasificación de *Thornthuaie* se encuadra en la zona tropical de alternancia de climas húmedos y secos, con una temperatura media anual oscilando entre los 19°C y los 20°C, con una altitud por media de 1700 metros. Las medias anuales de temperatura máxima están entre 25 y 27°C, y las de temperatura mínima oscilan entre 11 y 13°C. La humedad relativa del aire es de 60 a 70% máximos en enero y mínimos en agosto (35-40%), considerada por tanto un clima templado caliente. Los valores de precipitación oscilan entre los 1100 mm hasta un poco por encima de los 1400 mm (SANTARENO, 2015).

Vegetación de la Zona de Quema

El área de quema corresponde a la zona de bosque de Miombo, donde hay abundancia de las especies *Hypharrenia rufa* (Nees) Stapf y *Brachystegia boehmii* Taub.

La *B. boehmii* es una especie de árbol que puede alcanzar hasta 15 metros de altura, dominantes en las formaciones de Miombo seco y en los suelos pobres; en la meseta central de Angola, se encuentra normalmente en zonas entre los 900 y los 1.600 metros de altitud; se distribuye en la región Austral de África (África del Sur, Angola, Malawi, Mozambique, República Democrática del Congo, Tanzania, Zambia, Zimbabwe), donde es muy utilizado como una buena especie melífera, aunque en Angola, particularmente, es una de las especies más utilizadas para la producción de carbón (SANFILIPPO, 2014). La *H. rufa*, muy usada como pastaje, es muy común en zonas de Miombo, que presenta áreas con sabanas y matorrales (WORLD BANK, 2008).

Pasos Metodológicos

En la siguiente ilustración (Figura 2) se presentan de forma sintetizada los pasos metodológicos que obedeció la elaboración del presente trabajo.

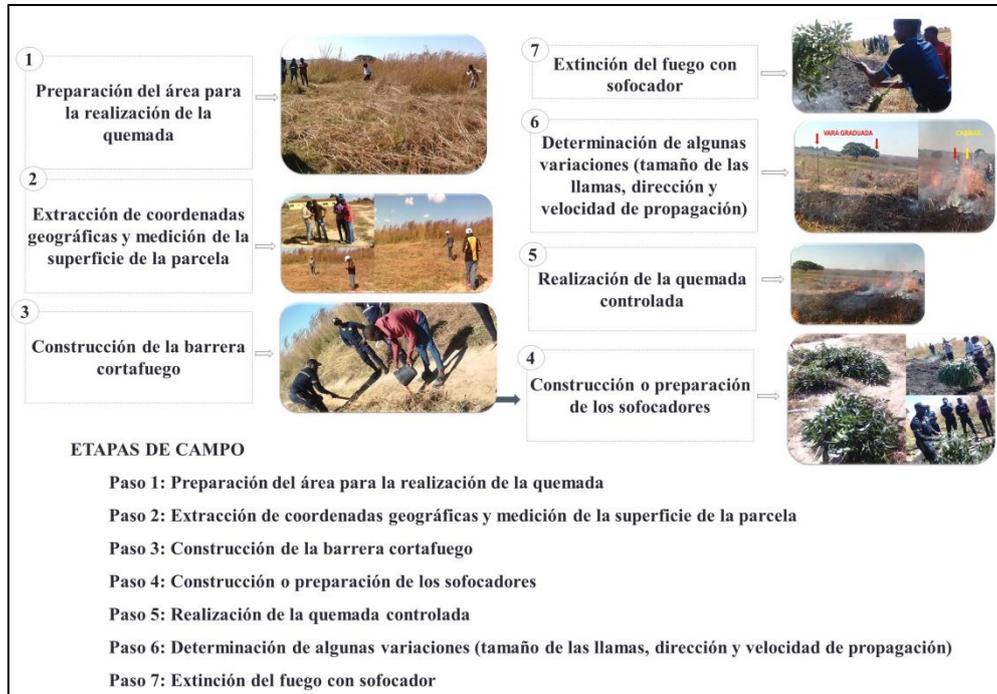


Figura 2. Pasos del trabajo de campo

Después de la actividad de campo se siguió la etapa de determinación o cálculo de diferentes parámetros relacionados al comportamiento del fuego. Así, de forma esquemática los parámetros determinados o calculados que condujeron a los resultados del presente estudio sobre el comportamiento del fuego son:

Iº Dimensiones de la llama

Este parámetro se determina a través de las estimaciones o mediciones de la longitud de la llama, la altura de la llama y la profundidad de la llama.

IIº Intensidad del fuego

Se corresponde con la tasa de energía o calor liberada por unidad de tiempo y por unidad de longitud del frente de fuego. Numericamente, se calcula a través de la ecuación de Byram, sin embargo, de acuerdo com Soares (1885) y

Batista (1995), la intensidad del fuego puede también ser estimada con la ecuación que relaciona la longitud media de las llamas:

$$I = 63,05 \cdot hc^{2,17}$$

Donde:

I = intensidad del fuego en kcal / m.s

hc = longitud de las llamas en m

IIIº Velocidad de propagación

Es el término usado para describir la tasa (en metros por segundo y sus variantes) según la cual el fuego aumenta, tanto en área como de forma lineal.

IVº Tiempo de residencia

Se calcula dividiendo el valor de la profundidad (o anchura) de la llama por la velocidad de propagación del fuego:

$$tr = P / r$$

Donde:

tr = tiempo de residencia en segundos

P = profundidad de la llama en metros

r = velocidad de propagación del fuego en m / s

Vº Calor por unidad de área

El calor liberado por unidad de área puede ser estimado a través de la intensidad del fuego, simplemente dividiéndose esta por la velocidad de propagación:

$$Ha = I/r$$

Donde:

Ha = calor liberado en kcal / m²

I = intensidad del fuego en kcal / m.s

r = velocidad de propagación del fuego en m / s

RESULTADOS

Dimensiones de la Llama

Los valores medios para la longitud de la llama son 2 m, para la altura de la llama 1,5 m y la profundidad de la llama 3 m. Los valores de estas variables correspondientes a cada una de las sub-parcelas se pueden ver en la tabla siguiente (tabla 1).

Tabla 1. Valores de las dimensiones de la llama

Nº. de la Sub parcela	Longitud de la llama (m)	Altura de la llama (m)	Profundidad de la llama (m)
Sub parcela 1	0,7	0,5	2,7
Sub parcela 2	2,2	1,5	3,5
Sub parcela 3	2,1	2	2,8
Valores medios	2	1,5	3

Intensidad del Fuego

El valor calculado para la intensidad del fuego es de 284 kcal / m.s. En la figura 3, se pueden ver las diferencias de los valores de intensidad del fuego en las tres sub-parcelas.

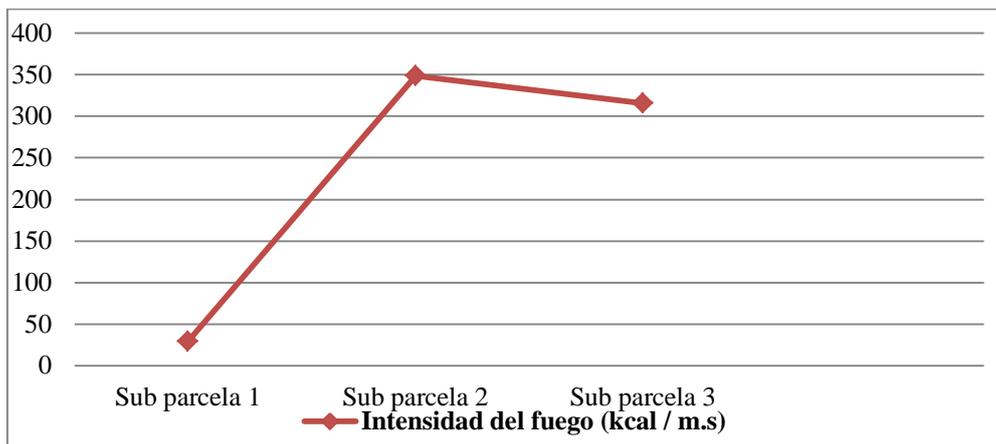


Figura 3. Diferencias de valores de intensidad del fuego en las sub-parcelas

Como se nota en la figura 3, la intensidad del fuego es mayor en la Sub parcela 2; esto se debe a que este parâmetro tiene relacion con la variable profundidad de la llama, o sea mayor profundidad de la llama generan mayor la intensidad del fuego, como es el caso de la Sub parcela 2.

Velocidad de Propagación

Los valores de la velocidad de propagación de las llamas en la quemada se pueden ver en la tabla siguiente (tabla 2).

Tabla 2. Valores de longitud, tiempo y velocidad de propagación de las llamas

Nº. de la Sub parcela	Longitud (m)	Tiempo (s)	Velocidad de propagación de las llamas (m/s)
Sub parcela 1	9	243	0,04
Sub parcela 2	8,4	230	0,04
Sub parcela 3	9,6	357	0,03
Valor medio	9	277	0,03

Com los datos de la tabla 2, fue posible estimar la variación de la velocidad en las tres sub-parcelas (Figura 4).

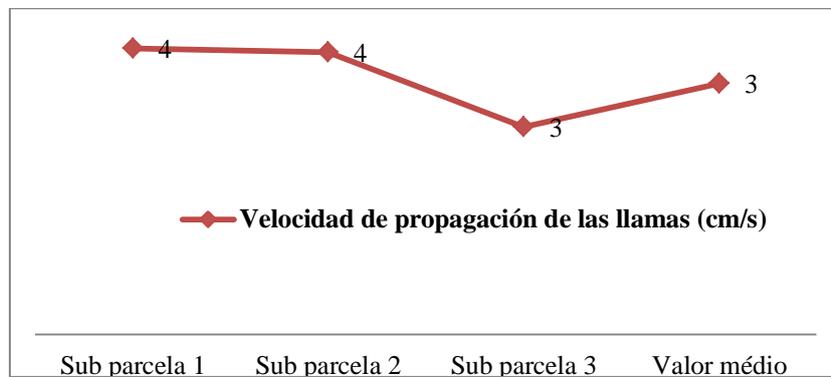


Figura 4. Variación de la velocidad de propagación de las llamas

En la tabla 2 y figura 4 se nota que las Sub parcelas 1 y 2 tienen mayor valores del parámetro velocidad de propagación de las llamas, lo que puede estar asociado a la velocidad del viento en dichas sub parcelas en relacion a la primera en momento de la quema.

Dirección de Propagación de las Llamas

Durante la realización de la quemada se hizo la lectura de la orientación que las llamas se fueron propagando (Figura 5). Según los niveles (distancias) alcanzados por las llamas, las direcciones más notables en esta quemada fueron: Dirección Este a Oeste con cerca de 10 m, dirección Norte a Sur con 9 m, dirección Sur a Norte con cerca de 6 my dirección Oeste a Este poco menos de 5 m.

Conforme se há observado en el campo, estas direcciones han variado según la dirección del viento en la zona durante la quema; ademas de eso, las

direcciones de propagación de las llamas fueron influenciadas por la inclinación del terreno, que como se ha observado en la zona el declive mas acentuado es del Este al Oeste.



Figura 5. Ilustración de las direcciones de propagación de las llamas

Tiempo de Residencia

El tiempo que la cabeza del incendio se mantienen parado en un lugar hasta que empieza a moverse es de 1,5 minuto. Los valores estimados en cada sub parcela dentro del área de estudio pueden ser visto en la tabla 3.

Tabla 3. Valores del tiempo de residència de las llamas en el área de estudio

Nº. da Sub parcela	tr (s)	tr (min)
Sub parcela 1	73	1,2
Sub parcela 2	96	1,6
Sub parcela 3	104	1,7
Valores medios	92	1,5

La Sub parcela 3 que, como se há presentado en la tabla 2 y figura 4, tuve el menor valor de velocidad de propagación de las llamas, logicamente presentó mayor tiempo de residència de las llamas en relacion a las parcelas 1 y 2.

Calor por Unidad de Área

La cantidad media de calor que se desprende por cada unidad de área considerada (m^2) es de 8722 kcal.

Tabla 4. Cantidad de calor liberado en m^2 en la zona de estudio

Nº. da Sub parcela	Ha (kcal/ m^2)
Sub parcela 1	785
Sub parcela 2	9554
Sub parcela 3	11730
Valor medio	8722

La Sub parcela 3, es la que mayor cantidad de calor liberó de las três sub parcelas en estudio; esto se debe a que esta sub parcela tiene uno de los mayores valores intensidad del fuego y la menor velocidad de propagación de las llamas, o sea, la alta intensidad del fuego que se propaga lentamente permite liberar mayor cantidad de calor por área en la atmosfera.

DISCUSIÓN

El fuego es un componente crítico del ecosistema de sabana africana y una estrategia antrópica para la gestión del uso de la tierra en la región. Sin embargo, según Burrough *et al.* (2015), el fuego ha estado siempre presente dentro de este sistema y desempeña un papel fundamental en el mantenimiento de estos bosques de sabana, Miombo, pero ha aumentado en frecuencia e intensidad lo que es preocupante cuando alcanza niveles incontrolables, ya que generalmente, a través de incendios queman superficie de capas de hierba y herbáceas debajo de la copa de los árboles durante la estación seca.

Experimentos sobre la quema realizada por Kalaba *et al.* (2013), dentro de bosques de Miombo muestran que después de una quema controlada el dosel del bosque no aparece para cerrar hasta después de 25 años.

Según Archibald *et al.* (2010), el régimen de fuego difiere en un gradiente de intensidad de uso del suelo humano, y puede explicarse por el efecto

diferencial de los seres humanos sobre las frecuencias de ignición y la propagación del fuego. Contrariamente a los hallazgos en las sabanas de Australia, no hay un aumento evidente en el tamaño del fuego o la intensidad del fuego desde la temporada de incendios tempranos a finales del sur de África, presumiblemente porque los patrones de ignición son muy diferentes.

Así se puede considerar que hay un efecto sustancial que las actividades humanas pueden tener en el fuego en un sistema con altas densidades de población rural y manejo activo de incendios. Por eso es fundamental hacer estudios sobre el comportamiento del fuego en una zona para mejorar los programas de educación ambiental.

Estudios similares a este ya han sido hecho en Africa, por ejemplo Meinrat *et al.* (1998), hizo la caracterización de la biomasa y la investigación del comportamiento del fuego en dos incendios experimentales en combustibles áridos de sabana en el Parque Nacional Kruger (Sudáfrica).

En un estudio de comparación del comportamiento del fuego MEINRAT *et al.* (1998), observado que las tasas de liberación de energía variaron significativamente entre los dos incendios, y esto se reflejó fuertemente en el desarrollo de la columna de convección. El fuego de menor intensidad produjo una columna de humo débil y poco definida, mientras que una columna bien desarrollada con un tope de cúspide se desarrolló durante el incendio de mayor intensidad. Estos autores han recomendado más estudios de combustión experimental, en sabanas con mayores cargas de combustible, para explorar más a fondo la relación dinámica de columna de conducta de fuego-convección investigada en el referido estudio.

CONCLUSIONES

Las ideas finales de este estudio sobre el comportamiento del fuego son:

- Los valores medios de las dimensiones de la llama son de 3 metros de Longitud de la llama, 1,5 metro de Altura de la llama y unos 3 metros de Profundidad de la llama;

- La velocidad media de propagación de las llamas estimada es de 0,03 m / s y las llamas se mantienen en un lugar durante 1,5 minuto;
- Por influencia del viento predominante en la zona, las direcciones más expresiva de las llamas son Este a Oeste y Norte a Sur.

AGRADECIMIENTOS

A mi amada esposa Helena Alves Paca Quissindo, fiel compañera en todo momento hasta en la caminhada científica además de la caminada de amor.

A Vice Rectora para Area Científica y Postgrado de la Universidad José Eduardo dos Santos, Profesora Doctora Virginia Quartin, por ser una fiel y dedicada mentora en la investigación científica.

Al Ingeniero y Profesor Lino Sangumbe, que en las vestiduras de Jefe interino del Departamento de Gestión y Transformación de Productos Forestales cedió todo apoyo relativo a la coordinación entre la Dirección de la Facultad y del Cuerpo de Bomberos.

A la Decana de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad José Eduardo dos Santos, Profesora Doctora Imaculada da Conceição, por todo apoyo cedido para la realización de la actividad práctica.

A la Dirección del Cuerpo de Protección Civil y Bomberos de la Provincia de Huambo por la participación especial en la actividad de campo, tanto con sus equipos como con sus técnicos.

A todos estudiantes y funcionarios de la facultad que directa o indirectamente participaron en la coordinación de esta actividad.

REFERENCIAS

ANDREWS, P. L. (1986). **Behave**: fire behavior prediction and fuel modeling system – BURN subsystem. Part 1. Ogden: USDA Forest Service, General Technical Report INT-194. 130p.

ARCHIBALD S., SCHOLES R. J., ROY D. P., ROBERTS G., BOSCHETTI L. (2010). **Southern African fire regimes as revealed by remote sensing**. International Journal of Wildland Fire 19, 861-878.

BATISTA, A. C.; BEUTLING, A.; PEREIRA, J. F. (2013). **Estimativa do comportamento do fogo em queimas experimentais sob povoamentos de *Pinus elliottii***. Revista Árvore, Viçosa-MG. v.37, n.5, p.779-787.

BATISTA, A. C. (1995). **Avaliação da Queima Controlada em Povoamentos de *Pinus taeda* L. no Norte do Paraná**. Curitiba. Tese (Doutorado em Eng. Florestal), Setor de Ciências Agrárias, UFPR. 108 p.

BATISTA, A. C. (2000). **Mapas de risco: uma alternativa para o planejamento de controle de incêndios florestais**. Revista Floresta, Curitiba, v. 30, n. 1/2, p. 45-54, jun./dez.

BURROUGH, S. L.; THOMAS, D. S. G.; ORIEMIE, E. A.; WILLIS, K. J. (2015). **Landscape sensitivity and ecological change in western Zambia: The long-term perspective from dambo cut-and-fill sediments**. Journal of Quaternary Science, 30(1) 44–58. ISSN 0267-8179. DOI: 10.1002/jqs.2757.

FERNANDES, P. M. (2001). **Fire spread prediction in shrub fuels in Portugal**. Forest Ecology and Management, v.144, n.1, p.67-74.

KALABA FK, Quinn CH, DOUGILL AJ, et al. (2013). **Floristic composition, species diversity and carbon storage in charcoal and agricultura fallows and management implications in miombo woodlands of Zambia**. Forest Ecology and Management 304: 99–109.

MADEIRA, M. e RICARDO, R. P. (2015). **Complexo de troca, classificação e gestão dos Solos Ferralíticos de Angola**. Rev. de Ciências Agrárias [online]. vol.38, n.3, pp.394-410. Disponível em: <http://www.scielo.mec.pt/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0871-018X2015000300014>. ISSN 0871-018X.

MEINRAT, A., ANDREAE, W. T., HAROLD, A., BEER, F., HÉLÈNE, C., ELBERT, W., HARRIS, G.W., WILLY, M., IMRE, S., ROBERT, S., WIENHOLD,

F., ZENKER, T. (1998). **Airborne studies of aerosol emissions from savanna fires in southern Africa: 2. Aerosol chemical composition.** Journal of Geophysical Research, v.103, 32,119-32,128. Vol. 103. DOI: 10.1029/98JD02280.

RIBEIRO, L.; SOARES, R. V.; BEPLER, M. (2012). **Mapeamento do risco de incêndios florestais no município de Novo Mundo, Mato Grosso, Brasil.** Cerne, Lavras, v. 18, n. 1, jan./mar. p. 117-126.

SANFILIPPO, M. (2014). **Trinta árvores do miombo Angolano.** Guia de campo para a identificação. COSPE, Firenze. 1 ed. 77 p.

SANTARENO, J. C. P. (2015). **Avaliação entomológica da consorciação Milho-Repolho nas condições da Fazenda Experimental Ngongoinga.** Monografia de Licenciatura em Engenharia Agronômica. Departamento de Agronomia da Faculdade de Ciências Agrárias. p. 25-26.

SOARES, R. V. (1985). **Incêndios Florestais - Controle e Uso do Fogo.** Curitiba : FUPEF, 213 p.

VEGA, J. A. et al. (1998). **Predicting fire behaviour in Galicia (NW Spain) shrubland fuel complexes.** In: VIEGAS, D. X., ed. INTERNATIONAL CONFERENCE ON FOREST FIRE RESEARCH, 3. Luso Proceedings. Coimbra: University of Coimbra. p.713-728.

WORLD BANK. (2008). **Managing the Miombo Woodlands of Southern Africa Policies, incentives and options for the rural poor.** Technical Annexes. May 2008, 53618 v2.

ANEXOS

Lista nominal de los estudiantes de la clase única del Curso de Ingeniería Forestal (época 2018) de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad José Eduardo dos Santos (Huambo)

1 Alice Marcelina Salukanga

2 Amadeu Severino Germano

- 3 Ambrósio André Bondo
- 4 Augusto Rafael Sebo Futi
- 5 Benita Tchopossi Angelino
- 6 Domingos Joaquim Cardoso
- 7 Gildo Nelito Paulo Pinto
- 8 Graça Dala Catuti
- 9 Idalina Rosária Mande
- 10 Isabel da Conceição Romeu
- 11 Joana Nguangua Bernardo
- 12 Joaquina Anabela Marqueta Maravilho
- 13 José Adelino Cambilo
- 14 Julino Timóteo Lundungo
- 15 Manuel António Honorio
- 16 Manuel Luciano Chipa
- 17 Moisés Sapinji Capocoio
- 18 Paulo Carlos Nolica Tchinhama
- 19 Rebeca Ngimbo Luciano
- 20 Ribeiro Epalanga de Oliveira
- 21 Vitorina Chissola Sucumula

Lista nominal de los miembros del Cuerpo de Protección Civil y Bomberos de la Provincia de Huambo presentes en la actividad práctica

- 1 Abel Emílio, técnico en la especialidad de prevención de incendios.
- 2 Manuel Alcides, técnico en la especialidad de extinción de incendios.
- 3 Don Simão, Comandante de la Brigada de prevención y extinción de incendios.

- 4 Victor Lucamba, técnico en la especialidad de extinción de incendios.