



Impactos del uso de los incendios en propiedades químicas y físicas de los suelos semiáridos Paraíba

Danilo Brito Novais¹, Joselândio Meira da Silva¹, Patrícia Carneiro Souto¹, Jacob Silva Souto¹, Jorge Danilo Zea Camaño¹

RESUMO: Las quemas prescritas o controladas son una práctica agrícola recurrente en el bioma Caatinga, particularmente en la región semiárida de Brasil y tiene la capacidad de alterar el ambiente. Sin embargo, el uso del fuego conlleva a una serie de alteraciones en las propiedades físicas y químicas del suelo. Con base en lo anterior, este trabajo tuvo como objetivo evaluar el impacto del uso de quemas prescritas en los atributos del suelo. El estudio fue realizado en cinco áreas experimentales de 100 m² localizadas en el Estado de Paraíba, nordeste de Brasil, cada una con tratamientos diferentes a saber: Área de Caatinga (AC), QHCA (Quema en hilera con arena), QMCA (Quema en montículos con arena), QHSA (Quema en hilera sin arena) y QMSA (Queimada en montículos sin arena). De forma general, el método de quema en hilera resultó ser más eficaz que aquel en que los materiales fueron apilados en montículos. Las quemas en hileras, además de la eficacia, aumentaron el pH del suelo. Los niveles de P, Ca, Mg, K, e Na registrados en el suelo, presentan aumento inmediatamente después del uso del fuego y presentaron reducción al final del experimento. Fue registrada alteración en la porosidad total del suelo.

Palavras-chave: Fertilidade, Fuego, La quema controlada

Impacts of the use of fires in chemical and physical properties in the Paraíba semiarid soils

ABSTRACT: Prescribed or controlled burning is a recurrent agricultural practice in the Caatinga biome, particularly in Brazil's semi-arid region, changing the environment. However, the use of fire leads to a series of alterations in the physical and chemical properties of the soil. Based on the above, this work had as objective to evaluate the impact of the use of prescribed burnings on soil attributes. The study was carried out in five experimental areas of 100 m² located in the State of Paraíba, northeast of Brazil, each with different treatments, namely: Caatinga Area (CA), QHCA (Quema in row with sand), QMCA Mounds with sand), QHSA (Burn in row without sand) and QMSA (Burned in mounds without sand). In general, the row burning method proved to be more effective than the one in which the materials were stacked on mounds. Row burns, in addition to efficiency, increased soil pH. The levels of P, Ca, Mg, K, and Na recorded in the soil, increase immediately after the use of the fire and presented reduction at the end of the experiment. It was registered alteration in the total porosity of the soil.

Keywords: Burning controlled, Fertility, Fire

INTRODUCCIÓN

El fuego desempeña un papel importante en la historia de la humanidad y es un agente con gran capacidad de alteración del ambiente, moldeando ecosistemas y formas de vida en todo el mundo. Este, es empleado por los agricultores desde el inicio de las civilizaciones como instrumento para facilitar la limpieza del terreno de forma rápida y eficiente, bien sea para cultivar o para cambiar el paisaje, práctica que continua siendo adoptada en el medio rural (CAMARGOS et al., 2015; SANTOS et al., 2015).

Desde la época de la colonia, la agricultura implementada en el bioma Caatinga es itinerante o

migratoria, es decir, el agricultor deforesta, quema durante aproximadamente dos años consecutivos y luego la deja el terreno en reposo para recuperación de su capacidad productiva (ARAÚJO FILHO & BARBOSA, 2000). En lo que corresponde a la región semiárida del Estado de Paraíba, los sistemas de producción se basan en la remoción de la cobertura vegetal del bosque para dar paso a la agricultura de subsistencia y, con mayor intensidad en los últimos años, a la explotación de la bovinocaprinocultura.

Sin embargo, a pesar que los seres humanos aprendieron a dominar y utilizar el fuego de diversas maneras, actualmente, de alguna forma, sigue representando un desafío (KOPROSKI, 2005). Su utilización indiscriminada y el escaso

conocimiento sobre su adecuado manejo, han sido los principales responsables por los incendios forestales, un serio problema ambiental (CAMARGOS et al., 2015).

A pesar de la importancia del fuego en la dinámica de algunos ecosistemas, especialmente en los mediterráneos (FERREIRA et al., 2010), los incendios afectan intensamente el paisaje por donde pasan y, las quemas sin control tienen gran influencia en las alteraciones de los diversos componentes del ecosistema (LOURENÇO et al., 2012), que para el caso del suelo, afecta sus propiedades, tanto en su estructura como la fertilidad.

En área de bosques nativos, su quema estimula la re-mineralización de la biomasa y la transferencia de minerales para la superficie del suelo en forma de cenizas constituidas por óxidos de calcio, potasio, magnesio y otros elementos minerales. Como consecuencia, los rebrotes son estimulados y se da el aumento inmediato de la producción de forraje. Sin embargo, cuando se realiza con frecuencia a largo y mediano plazo, la quema puede llevar al deterioro de las propiedades químicas del suelo (DICK et al., 2008), que conlleva a la pérdida de productividad en los años subsecuentes y dificulta la recuperación del área.

El deterioro del suelo en el semiárido brasileño es un tema a ser cuidadosamente considerado en relación al uso del fuego, tanto en la vegetación nativa como en las áreas cubiertas por gramíneas, porque es la confirmación de que esas formaciones vegetales una vez que son severamente degradadas pueden llegar a no recuperar su estado original aun cuando son abandonadas por décadas, esto debido al alto grado de impacto de quemas frecuentes y sin control.

Para Spera et al. (2000), la acción del fuego provoca una serie de modificaciones de naturaleza física, química y biológica en el suelo. Muchos autores se refieren al fuego como un método de manejo condenable del suelo, atribuyéndole posibles acciones degradantes e esterilizantes. Como modificador del ecosistema, el fuego ha sido colocado en evidencia en los últimos años, principalmente por ser considerada una de las grandes fuentes liberadoras de gases como CH₄ e N₂O (cerca de 13% por actividades rurales), responsables por el aumento del efecto invernadero (FIGUEIREDO, 2012).

Las modificaciones por el fuego dependen de una serie de factores como su intensidad, tiempo de quema, relieve, contenido de agua en el suelo, entre otros (NOGUEIRA, 2014). En general, luego de la quema se observa una disminución en la

permeabilidad del suelo (FERREIRA et al., 2010), aumento de los procesos erosivos debido a la pérdida de la cobertura de la vegetación, transporte y deposición de sedimentos (ICE et al., 2004).

Entre tanto, el conocimiento de las técnicas adecuadas para el manejo del fuego junto a informaciones relativas a su comportamiento mediante la caracterización del material ambiental combustible, a la topografía del terreno y a las condiciones climáticas de cada región, permiten el establecimiento de los planes de prevención y combate de incendios de forma eficiente.

La disposición de residuos vegetales en forma de hilera o en forma de montículos como material combustible, es una práctica de fundamental importancia para limitar la acción del fuego en quemas prescritas, reduciendo, consecuentemente, los riegos de incendios. Las diferentes formas de disposición de residuos en montículos o en líneas pueden propiciar diferentes intensidades de llamas y de calentamiento en el suelo, alterando el sistema edáfico. El conocimiento sobre el tipo y la forma como puede ser dispuesto o apilado el material combustible para la quema en los diferentes ecosistemas, es de fundamental importancia para determinar algunos parámetros como intensidad y duración, relacionados al comportamiento del fuego e imprescindibles para realización de una quema controlada eficiente.

Este trabajo tuvo como objetivo evaluar los impactos de quemas prescritas en los atributos físicos, químicos del suelo en área experimental del bioma Caatinga, analizando el comportamiento del fuego de acuerdo con la forma como puede ser apilado el material combustible en las áreas de estudio y probar el uso de la arena como aislante térmico durante la quema.

MATERIAL E MÉTODOS

El estudio fue realizado en una experimental de la hacienda Cachoeira de São Pofírio, ubicada en el municipio de Várzea, Estado de Paraíba, localizada en las coordenadas geográficas 7° 2' 20" S e 37° 26' 43". El clima de la región es caracterizado como Bsh (semiárido, caliente y seco) de acuerdo con la clasificación de Köppen, con precipitación pluviométrica anual aproximada de 500 mm. Los suelos del sitio de estudio, de acuerdo con Silva (2014) son de origen cristalino, rasos y pedregosos, con elevada susceptibilidad a la erosión y predominio de asociaciones de Neossolos litólicos, Luvisolos (conforme a la clasificación brasileña de suelos) y afloramientos rocosos.

Fueron demarcadas cinco áreas experimentales de 100m² (10m x 10m), con los siguientes

tratamientos: Área de Caatinga (AC), sin interferencia antrópica (control); Quema en hilera con arena (QHCA), en la que el material combustible (residuos vegetales) fue apilado en líneas sobre una capa de arena (± 3 cm); Quema en montículos con arena (QMCA), en la que el material combustible fue apilado en montículos sobre una capa de arena (± 3 cm); Quema del material combustible en hilera sin arena (QHSA) y; Quema del material combustible en montículos sin arena (QMSA).

Después de la quema del material combustible, fue calculado la intensidad del fuego y el tiempo de residencia del mismo. La intensidad del fuego, definida como la tasa de energía liberada por unidad de tiempo y por unidad de longitud de frente de fuego, fue calculada utilizando la ecuación de Byram (1959) a saber: $I = 62,08 h_c^{2,17}$, donde I = Intensidad del fuego en $\text{kcal m}^{-1} \text{s}^{-1}$; h_c = altura de la llama. El tiempo de residencia del fuego fue medido utilizando un cronómetro para determinar el tiempo que tarda el frente de fuego para pasar por un punto preestablecido en los diferentes tratamientos.

En cada área fueron colectadas muestras de suelo para análisis química y física antes de realizar la quema, y también a los 30 días, 120 días y 270 días después de efectuada la misma. En cada sitio, fueron colectadas 20 muestras aleatorias en la profundidad de 0-20 cm que fueron homogenizadas y luego, se sacó una muestra compuesta de 500 g. En el laboratorio de Suelos y Agua de la Unidad Académica de Ingeniería Forestal de la Universidad Federal de Campina Grande (UFCG), *campus* Patos, Estado de Paraíba, las muestras fueron secas al aire libre, desagregadas y pasadas por tamiz con malla de 2 mm para obtener tierra fina seca al aire libre

(TFSA) que fue utilizada para la realización de los procedimientos analíticos.

Los análisis químicos fueron realizados siguiendo la metodología recomendada por la Embrapa (1997) para determinar: pH en agua, carbono orgánico (CO) determinado por titulometría después de digestión húmeda Walkley-Black, cuyos valores obtenidos fueron transformados para materia orgánica (MO) a través de la relación $M.O. = 1,724 \times CO$; potasio (fotometría de llama) y fósforo por espectrofotometría utilizándose solución extractora Mehlich 1M; calcio y magnesio por titulometría después de extracción con solución extractora de KCl 1N. Con los resultados obtenidos, fueron calculados la suma de bases (SB), CIC (capacidad de intercambio catiónica) total (T) y saturación por bases (V%).

Los análisis físicos fueron realizados conforme a la metodología recomendada por la Embrapa (1997) para determinar: Densidad aparente (D_a) por el método del suelo compacto; densidad de partículas (D_p) por el método del balón volumétrico y porosidad total (P) utilizando la siguiente expresión: $P_t = [1 - (D_a/D_p)] \times 100$, donde: D_a = Densidad aparente; D_p = Densidad de partículas.

RESULTADOS

En la Tabla 1 puede ser verificado que en los tratamientos QHSA e QMSA fueron registrados los mayores valores de intensidad de fuego asociado con un bajo tiempo de residencia. En el tratamiento QMCA, la intensidad del fuego fue baja ($12,75 \text{ kcal m}^{-1} \text{ s}^{-1}$), sin embargo, el tiempo de residencia del fuego en esa área experimental fue superior a los demás tratamientos (34,7 min).

Tabela 1. Intensidad y tiempo de residencia del fuego en los diferentes tratamientos.

Tratamiento	Intensidade do Fogo ($\text{kcal m}^{-1} \text{ s}^{-1}$)	Tempo de Residência (min)
AC	-	-
QHCA	9,94	4,4
QMCA	12,75	34,7
QHSA	249,95	5,5
QMSA	160,82	3,5

(AC) - Área de Caatinga (controle); (QHCA) - Quema en hilera con arena; (QMCA) - Quema en montículos con arena; (QHSA) - Quema en hilera sin arena; QMSA - Queimada en montículos sin arena.

En la quema del material combustible en hileras la acción del fuego fue más rápida,

dejando el área prácticamente limpia, por lo que esta técnica resulto ser más eficiente en relación a la quema en montículos. En

contraste, los residuos dispuestos en montículos no fueron quemados totalmente debido a su disposición en pilas, esto, de acuerdo con Soares e Batista (2007), puede ser

explicado porque al favorecer la compactación, se dificulta la oxigenación del material combustible y por tanto, el proceso de combustión (Figura 1).



Figura 1 - Quema en montículos con arena - QMCA (a); Quema en hilera con arena - QHCA (b). Fonte: Souto (2010).

Se verificó durante la quema, que la presencia abundante del pasto *Aristida setifolia* (capim panasco) que posee alta inflamabilidad, redujo la eficiencia del fuego en el tratamiento QMCA debido a la forma en que fue dispuesto el material combustible (en montículo), llegando incluso a desaparecer las llamas por instantes, que con la acción del viento volvían a consumir el material. Esa baja eficiencia en la quema del material combustible dispuesto en montículos, induce frecuentemente al agricultor a colocar fuego nuevamente en el área, provocando un disturbio mayor en el ambiente que puede contribuir incluso para la ocurrencia de incendios.

En cuando a las alteraciones en los atributos químicos observase, de forma general, que después de la quema realizada en todos los tratamientos ocurrió un incremento en el pH del suelo (Tabla 2), principalmente a los 120 y 270 días.

Resultados semejantes fueron observados por Nunes et al. (2009) al evaluar el impacto del apilamiento y quema de los residuos orgánicos en los atributos biológicos del suelo en con vegetación típica del bioma Caatinga, región semiárida de Brasil; y por Rheinheimer et al. (2003) al evaluar los cambios en los atributos químicos del suelo luego de la quema de un área de estepa con plantas nativas en el municipio de Lages (RS), donde verificaron una ligera elevación del pH en la capa superficial y, luego, una disminución del mismo al ser evaluado 220 días después de la quema.

En relación a la materia orgánica, se puede observar aún en la Tabla 2 que, la quema del material combustible propició aumento en la concentración del material orgánico en todos los tratamientos evaluados a los 120 días después de la quema, y luego fue registrada una disminución al finalizar el experimento (270 días). Observase además que, los valores de fósforo en el suelo aumentaron después de 270 días de realiza la quema en relación a los valores iniciales, siendo registrada la mayor concentración ($11,89 \text{ mg dm}^{-3}$) 30 días después de la quema en el tratamiento QHSA. De acuerdo con Rheinheimer et al. (2003), ese aumento está relacionado con la formación de cenizas y, consecuente, resulta en la disponibilidad de nutrientes para las plantas.

Tabla 2. Atributos químicos del suelo durante el período experimental en los diferentes tratamientos.

Tratamientos	pH	M. O	P	Ca	Mg	K	Na	H + Al	SB	CTC	V
	H ₂ O	g dm ⁻³	mg dm ⁻³	----- cmolc dm ⁻³ -----							%
Antes de la quema											
AC	5,2	8,80	1,70	2,6	1,4	0,35	1,67	2,2	6,0	8,22	73,24
QHCA	4,5	5,87	1,86	1,6	1,4	0,36	1,68	2,4	5,0	7,44	67,74
QMCA	4,4	8,07	2,81	2,4	2,4	0,24	1,54	2,4	6,6	8,98	73,27
QHSA	4,6	5,87	1,11	1,4	1,2	0,27	1,51	2,1	4,4	6,48	67,61
QMSA	4,4	5,13	2,01	1,2	2,6	0,37	1,73	1,9	5,9	7,79	75,62
30 días después de la quema											
AC	5,3	6,60	2,98	1,4	1,8	0,45	1,96	1,7	5,6	7,31	76,75
QHCA	4,7	6,60	1,26	1,4	2,0	0,50	2,10	2,1	6,0	8,10	74,06
QMCA	4,2	5,87	2,98	2,2	0,6	0,33	1,69	2,2	4,8	7,01	68,64
QHSA	5,1	11,00	11,89	3,2	1,8	0,37	1,82	2,0	7,2	9,19	78,24
QMSA	5,1	5,13	2,48	1,8	2,0	0,38	1,80	1,6	6,0	7,58	78,90
120 días después de la quema											
AC	6,43	9,95	2,9	1,9	0,8	0,37	0,90	1,8	3,98	5,8	68,8
QHCA	5,88	7,82	1,8	2,0	1,1	0,22	0,65	2,2	3,97	6,2	64,3
QMCA	5,78	9,95	2,6	2,4	1,0	0,21	0,63	2,5	4,24	6,7	62,9
QHSA	6,62	15,63	6,6	3,0	1,1	0,32	0,91	1,8	5,33	7,1	74,8
QMSA	6,43	14,21	5,5	3,0	1,2	0,32	0,92	1,7	5,44	7,1	76,2
270 días después de la quema											
AC	6,85	4,05	3,3	2,0	0,4	0,45	1,26	2,0	4,11	6,1	67,3
QHCA	6,35	4,05	1,9	1,6	0,8	0,28	0,87	2,6	3,55	6,1	57,7
QMCA	5,90	5,68	6,5	2,4	0,4	0,19	0,67	3,1	3,67	6,8	54,2
QHSA	6,35	7,30	5,3	3,0	1,2	0,30	0,84	2,1	5,34	7,4	71,8
QMSA	6,30	1,62	2,9	2,4	0,6	0,20	0,81	1,6	4,05	5,6	71,5

(AC) - Área de Caatinga (controle); (QHCA) - Quema en hilera con arena; (QMCA) - Quema en montículos con arena; (QHSA) - Quema en hilera sin arena; QMSA - Queimada en montículos sin arena.

Se verificó a los 120 días después de la quema, un aumento en el tenor de calcio en todos los tratamientos, excepto en el sistema QMCA que permaneció con el valor inicial (2,4 mg dm⁻³). Posteriormente, a los 270 días ocurrió reducción en los tenores de calcio en todos los tratamientos, similar comportamiento fue registrado para magnesio. Entre tanto, el potasio y sodio obtuvieron aumento en su concentración en todos los tratamientos 30 días después de la quema, con posterior reducción al ser evaluados 270 días después, registrando

incluso valores inferiores a los iniciales. La pérdida o disminución de P, K, Ca e Mg según Sampaio et al. (2003), puede ser asociada al movimiento de partículas durante la quema.

En relación a los atributos físicos del suelo (Tabla 3), se observa, de forma general, que hubo reducción gradual en la porosidad de las áreas experimentales que fueron sometidas a la acción del fuego.

Tabla 3. Atributos físicos del suelo de las diferentes áreas estudiadas durante el período experimental.

Tratamientos	Granulometría			Clase textural	Porosidad Total (%)	Densidad	
	Arena	limo	Arcilla	USDA		Aparente	Partículas
	----- g kg ⁻¹ -----					----- g cm ⁻³ -----	
Antes de la quema							
AC	860	80	60	Arena	39,84	1,54	2,56
QHCA	820	100	80	Arena franca	44,49	1,46	2,63
QMCA	820	100	80	Arena franca	48,67	1,35	2,63
QHSA	840	80	80	Arena franca	45,70	1,39	2,56
QMSA	860	60	80	Arena franca	41,80	1,49	2,56
30 días después de la quema							
AC	900	40	60	Arena	39,26	1,64	2,70
QHCA	820	80	100	Arena franca	39,16	1,60	2,63
QMCA	740	160	100	Franco arenoso	43,73	1,48	2,63
QHSA	820	100	80	Arena franca	40,68	1,56	2,63
QMSA	900	40	60	Arena	37,20	1,57	2,50
270 días después de la quema							
AC	840	80	80	Arena Franca	40,71	1,50	2,53
QHCA	820	80	100	Arena Franca	35,60	1,61	2,50
QMCA	800	100	100	Arena Franca	40,49	1,47	2,47
QHSA	820	80	100	Arena Franca	40,00	1,50	2,50
QMSA	800	100	100	Arena Franca	39,20	1,52	2,50

(AC) - Área de Caatinga (controle); (QHCA) - Quema en hilera con arena; (QMCA) - Quema en montículos con arena; (QHSA) - Quema en hilera sin arena; QMSA - Queimada en montículos sin arena

Entre tanto, en el área de control (testimonio), la porosidad total del suelo presentó poca variación, permaneciendo prácticamente estable a lo largo del periodo de estudio. Ya en las áreas quemadas se verificaron los mayores cambios para esa variable, con una tendencia a reducción al final del experimento, principalmente en los tratamientos QHCA y QMCA que presentaron la mayor variación en la porosidad total en relación a la porosidad inicial (8,89% y 7,98%, respectivamente). La reducción de la porosidad total conlleva, subsecuentemente, al aumento en la densidad aparente del suelo.

Redin et al. (2011) afirman que algunas de las principales alteraciones físicas son evidenciadas en la disminución del volumen de los macroporos, como también del tamaño de los agregados y la tasa de infiltración del agua en el suelo, lo que consecuentemente aumenta la densidad del suelo, dificultando la penetración de raíces. Adicionalmente, el fuego puede alterar la disponibilidad de agua en el suelo.

Adicionalmente, observase que 270 días después de la quema, el tratamiento QHCA presentó un aumento en la densidad aparente del

suelo con 10,27% más en relación al valor inicial (1,46g.cm⁻³). Esa reducción en la porosidad puede ser atribuida a la ocupación de los espacios porosos por las cenizas, como también al movimiento de las partículas durante la quema. Resultado semejante fue observado por Thomaz (2007) trabajando en un Cambissolo y Neossolo lítico en Guarapuava, Estado de Paraná.

En ese mismo sentido, Spera et al. (2000), al evaluar los cambios en las propiedades físicas en un Latossolo que fue sometido a quemas bianuales durante un periodo de seis años, no registraron variaciones significativas en la densidad aparente del suelo, pero sí una disminución en la humedad del mismo en comparación con las parcelas que de control que no fueron sometidas al fuego. Estos autores registraron también un aumento en la microporosidad del suelo, pero indican que esta pudo ser provocada por el impacto de las gotas de lluvia en el suelo desnudo.

La acción del fuego ocasiona en el suelo, directa o indirectamente, una serie de alteraciones de naturaleza química, física e biológica. Estas pueden ser puntuales o tener un efecto

permanente, por tanto, el grado de deformación depende de varios factores como el tipo de suelo, cobertura vegetal, así como de la intensidad, frecuencia y tiempo de permanencia del fuego (REDIN et al., 2011).

CONCLUSÃO

El tiempo de residencia del fuego está más relacionado con la forma como es dispuesto el material combustible que con su composición, demostrando que en la quema en montículos es menos eficiente que aquella realizada en hileras, incluso cuando es utilizado pasto como material combustible. Entretanto, la utilización de arena en las quemas prescritas demostró ser un buen aislante térmico, disminuyendo la intensidad del fuego.

Las propiedades químicas del suelo en el área de estudio son alteradas con las quemas prescritas, tanto con el uso del material combustible dispuesto en montículos como en hileras, resultando principalmente en la elevación del pH y en variaciones en la concentración de P, Ca, Mg, K y Na con tendencia al incremento durante los primeros 120 días y posterior reducción de sus tenores al final del experimento.

Las propiedades físicas del suelo en el área de estudio son severamente alteradas con las quemas prescritas, principalmente la porosidad total del suelo y, subsecuentemente, la densidad aparente.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO FILHO, J. A.; BARBOSA, T. M. L. Manejo agroflorestal de Caatinga: uma proposta de sistema de produção. In: OLIVEIRA, T.S.; ASSIS JUNIOR, R.N.; ROMERO, R.E.; SILVA, J.R.C. **Agricultura, sustentabilidade e o semiárido**, p. 47-57, 2000.

BYRAM, G. M. Combustion of Forest fuels. In: DAVIS, K.P. **Forest Fire: control and use**. New York: Mc Graw Hill, p. 77-84, 1959.

CAMARGOS, V. L.; RIBEIRO, G. A.; SILVA, A. F.; MARTINS, S. V.; CARMO, F. M. S. Estudo do comportamento do fogo em um trecho de floresta estacional semidecídua no município de Viçosa, Minas Gerais. **Revista Ciência Florestal**, v. 25, n. 3, p. 537-545, 2015.

DICK, D. P.; MARTINAZZO, R.; DALMOLIN, R. S. D.; JACQUES, A. V. A.; MIELNICZUK, J.; ROSA, A. S. Impacto da queima nos atributos químicos do solo, na composição da matéria orgânica e na vegetação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 5, p. 633-640, 2008.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema Brasileiro**

de Classificação de Solos. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2nd ed., 1997. 212 p.

Ferreira, A. D, COELHO, C.; SILVA, J. S.; ESTEVES, T. Efeitos do Fogo no Solo e no Regime Hídrico. In: **Ecologia do Fogo e Gestão de Áreas Ardidadas**. Lisboa, 2010.

FIGUEIREDO EB. **Balço de gases de efeito estufa e emissões de CO₂ do solo nos sistemas de colheita da cana-de-açúcar manual queimada e mecanizada crua**. Tese (Doutorado em Agronomia). Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2012.108 p.

ICE, G. G.; NEARY, D. G.; ADAMS, P. W. Effects of wildfire on soils and watershed processes. **Journal of Forestry**, v. 102, p.16-20, 2004.

KOPROSKI, L. P. **O fogo e seus efeitos sobre a herpeto e a mastofauna terrestre no parque nacional de Ilha Grande (PR/MS), Brasil**. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005. 126 p.

LOURENÇO, L.; FERNANDES, S.; BENTO-GONÇALVES, A.; NUNES, A.; VIEIRA, A. Causas de incêndios florestais em Portugal continental. Análise estatística da investigação efetuada no último quinquênio (1996 a 2010). **Cadernos de Geografia**, Coimbra, v. 30, n. 31, p. 61-80, 2012.

NOGUEIRA, C. C. F. **Efeito do fogo controlado em propriedades químicas do solo em áreas de montanha sob coberto de matos: o caso de Aveleda, Parque Natural de Montesinho**. Dissertação (Mestrado em Gestão de Recursos Florestais). Instituto Politécnico de Bragança, Bragança. 2014, 71 p.

NUNES, L. A. P. L.; ARAÚJO FILHO, J. A.; MENEZES, R. I. Q. Diversidade da fauna edáfica em solos submetidos a diferentes sistemas de manejo no semiárido nordestino. **Scientia Agraria**, v. 10, p. 43-49, 2009.

RENDI, M.; SANTOS, G. F.; MIGUEL, P.; DENEGA, G. L.; LUPATINI, M.; DONEDA, A.; SOUZA, E. L. Impacto da queima sobre atributos químicos, físicos e biológicos do solo. **Ciência Florestal**, v. 12, n. 2, p. 381-392, 2011.

RHEINHEIMER, D. S.; SANTOS, J. C. P.; FERNANDES, V. B. B.; MAFRA, A. L.; ALMEIDA, J. A. Modificações nos atributos químicos de solo sob campo nativo submetido à queima. **Ciência Rural**, v. 33, n. 1, p. 49-55, 2003.

SAMPAIO, F. A. R.; FONTES, L. E. F.; COSTA, L. M.; JUCKSCH, I. Balanço de nutrientes e da fitomassa em um argissolo amarelo sob floresta tropical amazônica após a queima e cultivo com arroz. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 27, p. 1161-1170, 2003.

SANTOS, W. S.; SOUTO, P. C.; SOUTO, J. S.; MENDONÇA, I. F. C.; SOUTO, L. S.; MARACAJÁ, P. B. Estimativa dos riscos de ocorrência de incêndios florestais no Parque Estadual Pico do Jabre, na Paraíba. **Agropecuária Científica do Semiárido**, v. 11, n. 1, p. 80-84, 2015.

SPERA, S. T.; REATTO, A. CORREIA, J. R.; SILVA, J. C. S. Características físicas de um Latossolo Vermelho-Escuro no cerrado de Planaltina, DF, submetido à ação do fogo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, p. 1817-1824, 2000.

THOMAZ, E. L. Mudanças nas características físicas do topo do solo causadas por erosão laminar, em agricultura de subsistência no sistema de rodízio de terras - Guarapuava/PR. **Geosul**, v. 22, p.67-94, 2007.