

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ
CAMPUS PROFESSORA CINOBELINA ELVAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
MESTRADO EM SOLOS E NUTRIÇÃO DE PLANTAS

FRAÇÕES DE CARBONO E FÓSFORO NO SOLO EM AMBIENTES AGRÍCOLAS, E
NATURAIS COM E SEM QUEIMADAS NO CERRADO

GÉSSICA MARAFON

BOM JESUS - PI
2016

GÉSSICA MARAFON

FRAÇÕES DE CARBONO E FÓSFORO NO SOLO EM AMBIENTES AGRÍCOLAS, E
NATURAIS COM E SEM QUEIMADAS NO CERRADO

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Piauí, Campus Professora Cinobelina Elvas, para obtenção do título de “Mestre” em Agronomia, na área de concentração em Solos e Nutrição de Plantas.

Orientador: Prof. Dr. Ronny Sobreira Barbosa
Coorientador: Prof. Dr. Julian Junio de Jesus Lacerda

BOM JESUS - PI
2016

GÉSSICA MARAFON

FRAÇÕES DE CARBONO E FÓSFORO NO SOLO EM AMBIENTES AGRÍCOLAS, E
NATURAIS COM E SEM QUEIMADAS NO CERRADO

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Piauí, Campus Professora Cinobelina Elvas, para obtenção do título de “Mestre” em Agronomia, na área de concentração em Solos e Nutrição de Plantas.

APROVADA em 29 de julho de 2016

Prof. Dr. Bruno de Oliveira Dias

(CCA/UFPB)

Profa. Dra. Rossanna Barbosa Pragana

(UFRPE)

Prof. Dr. Ronny Sobreira Barbosa
(CPCE/UFPI)
(Orientador)

Profº. Dr. Julian Junio de Jesus Lacerda
(CPCE/UFPI)
(Coorientador)

BOM JESUS - PI
2016

“Por vezes sentimos que aquilo que fazemos não é senão uma gota de água no mar. Mas o mar seria menor se lhe faltasse uma gota”

Madre Teresa de Calcutá

Ao meu tão amado filho Pedro Vitor, e à
minha querida família que são a
fortaleza da vida.

DEDICO

AGRADECIMENTO

É com muita satisfação que expresso aqui o mais profundo agradecimento a todos aqueles que tornaram a realização deste trabalho possível.

Ao meu pai Ronaldo e minha mãe Zenira, que são exemplo de vida, meu porto seguro e por todo apoio, compreensão e amor.

Ao meu pequeno Pedro Vitor, bênção recebida de Deus, meu estímulo de seguir em frente, a tua presença meu filho é minha fortaleza.

Ao meu afilhado Gustavo Henrique, por trazer tanta alegria nas nossas vidas.

Ao meu namorado Rebert, por toda felicidade que me proporciona, por tornar a vida mais bela, e por todo seu amor.

As minhas irmãs Karlise e Gabriela, que também são amigas, companheiras, estão sempre prontas a me ajudar, e a me acolher; e ao meu cunhado Rogério por todo apoio.

A minha irmã do coração Nara Núbia, por sua amizade duradoura que mesmo estando longe está ao meu lado, me incentivando, apoiando, e me enchendo de força.

A toda minha família e amigos que sempre me incentivaram e me deram força para seguir em frente.

As minhas companheiras de pós-graduação, Daliane, Liliane, Daiane, Nayana e Keilane, aos alunos de graduação, João de Deus, Silvestre, e Hallef, aos técnicos do laboratório Esteferson e Enedina, por todo apoio.

Ao meu orientador Ronny e ao meu coorientador Julian Junio pela disponibilidade, atenção dispensada, paciência, dedicação e profissionalismo ... um Muito Obrigado.

Agradeço a Deus, porque é a luz, fortaleza, proteção e sabedoria que dá sentido à minha vida.

SUMÁRIO

RESUMO GERAL	i
GENERAL ABSTRACT.....	ii
LISTA DE TABELAS	iii
LISTA DE FIGURAS	iv
LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS	v
1. INTRODUÇÃO GERAL	1
2. REFERENCIAL TEÓRICO	3
2.1 Dinâmica da matéria orgânica no solo.....	3
2.2 Labilidade do carbono	6
2.3 Carbono pirogênico e a matéria orgânica do solo.....	7
2.4 Fósforo em Latossolos	10
3. REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO	14
CAPÍTULO 2	18
RESUMO	18
ABSTRACT	19
1. INTRODUÇÃO	20
2. MATERIAL E MÉTODOS	22
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	26
4. CONCLUSÃO	39
5. REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO	40
ANEXO	44

RESUMO GERAL

MARAFON, GÉSSICA. **Frações de carbono e fósforo no solo em ambientes agrícolas, e naturais com e sem queimadas no cerrado.** 2016. 45 p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal do Piauí, PI¹.

Tanto o desmatamento para ocupação agrícola quanto os incêndios, alteram o fluxo e a natureza do carbono orgânico do solo, resultando em impactos nos corpos hídricos, e na qualidade dos solos. Nos solos cultivados, onde há adições periódicas de fosfatos, o sistema de manejo determina as alterações na distribuição das formas e nas concentrações do fósforo no perfil e, mais especificamente, na camada superficial. Assim, os objetivos deste trabalho foram avaliar as frações de carbono oxidável e o comportamento do C, frações de fósforo inorgânico e orgânico e a labilidade do C em áreas de cerrado, com vegetação natural protegida de queimadas e uma área adjacente sem proteção e comparar com áreas usadas para agricultura em sistema de plantio direto (SPD) e convencional (PC). O estudo foi realizado na Fazenda Dois Irmãos, cujas coordenadas geográficas são 09° 18'48" S e 44° 45'26" W e altitude de 645 m, situada no município de Bom Jesus-PI. O solo foi classificado como Latossolo Amarelo distrófico típico, com textura média. Foram coletadas amostras de solo nas camadas de 0-10 cm e 10-20 cm em quatro áreas adjacentes na Serra do Quilombo, duas naturais e duas usadas em cultivos agrícolas. Uma das áreas naturais está protegida das queimadas por 10 anos, e na outra tem ocorrido incêndios a cada dois anos, entre os meses de agosto a outubro, que são os mais quentes no ano. As áreas em exploração agrícola são usadas no cultivo de soja e milho, uma cultivada no SPD por 13 anos (2002-2015) e outra no sistema PC com cinco anos de implantação (2010-2015). Foram determinadas quatro frações de C com graus crescentes de oxidação: lábil (F1), facilmente lábil (F2), moderadamente lábil (F3) e resistente (F4), carbono orgânico total (COT), N total, estoque de C, estoque de N, relação C/N, relação C/P, Índice de Compartimento do C (ICC), Índice de labilidade, Índice de manejo do C (IMC), labilidade, relação C lábil/C total. Foram determinadas também as frações de P orgânico e inorgânico do solo, P-NaOH temperatura ambiente por 1 hora, P-NaOH a 90° C por 8 horas de aquecimento e P-HCl. Na camada de 0-10 cm, para a fração F1 não houve diferença entre as quatro áreas avaliadas. Para a F2 a mata com queimadas apresentou menor teor de C ($2,3 \text{ g kg}^{-1}$) do que as demais. Para a F3, a área em PC apresentou maior teor de C do que as demais e para F4 as áreas não diferiram entre si. Na camada de 10-20 cm, F1 e F3 não diferiram entre as áreas estudadas, F2 foi maior na área em SPC, e F4 foi menor nas áreas protegidas do que nas cultivadas, a área em SPC apresentou maior teor de C na F4 do que a área em SPD. A mata nativa com eventos periódicos de queimada diminuiu os teores de COT e das frações de carbono oxidáveis do solo em relação a mata sem queimada. Os sistemas cultivados (SPD e SPC) apresentam maior estoque de carbono até 20 cm de profundidade do que as áreas de mata. Os valores percentuais de P-orgânico em relação ao P-total na camada de 0-10 cm, nas áreas de mata, foram maiores do que nas áreas cultivadas, 54%, 30,8% e 38,6% para as áreas de mata, SPC e SPD, respectivamente. A mata protegida e sem proteção contra os eventos de queimada apresentam semelhante distribuição percentual das frações de P orgânicas e inorgânicas no solo.

Palavras-chave: carbono orgânico oxidável, carbono lábil, manejo conservacionista, fósforo orgânico, fósforo inorgânico.

¹Orientador: Ronny Sobreira Barbosa – UFPI/Bom Jesus

¹Coorientador: Julian Junio de Jesus Lacerda – UFPI/Bom Jesus

GENERAL ABSTRACT

MARAFON, GÉSSICA. **Carbon and phosphorus fractions in soil in agricultural environments, natural and cerrado fires.** 2016. p. 45. Dissertation (Masters in Soil and Plant Nutrition) – Federal University of Piauí. PI¹.

Both deforestation for agricultural occupation as fires, alter the flow and nature of soil organic carbon, resulting in impacts on water bodies, and soil quality. In the cultivated soil, where there are periodic additions of phosphates, the management system determines changes in the distribution of forms and phosphorus concentrations in the profile and, more specifically, the surface layer. The objectives of this study were to evaluate the fractions of oxidized carbon in grassland areas with natural vegetation protected from fires and an adjacent area without protection; and compare the lability of the C of native areas (with and without fire) with the areas used for agriculture in no-tillage (NT) and conventional (PC); evaluate inorganic and organic phosphorus fractions in savanna areas with natural vegetation protected and unprotected against fire, and areas of agriculture in SPD and PC. The geographical coordinates of the location is 09 ° 18'48 "S and 44 ° 45'26" W and altitude of 645 m, in the municipality of Bom Jesus-PI. The soil was classified as typical dystrophic Yellow Latosol with medium texture. Soil samples were collected at 0-10 cm and 10-20 cm in four adjacent areas in the Serra do Quilombo, two natural and used in agricultural crops. One of the natural areas are protected from fire for 10 years, and the other has been fire every two years between the months of August to October, which are the hottest in the year. The areas in farm are used in the cultivation of soybeans and corn, a crop in the SPD for 13 years (2002-2015) and another on the PC system with five years of implementation (2010-2015). Were determined four fractions C with increasing degrees of oxidation: labile (F1) easily labile (F2), moderately labile (F3) and resistant (F4), and total organic carbon (TOC), total nitrogen (total N), C stock, relation C/N, relation C/P, index carbon compartment (ICC), lability, carbon management index (CMI), index lability, relation C labile / C total, organic phosphorus (P-organic), inorganic phosphorus (P-inorganic) extractable phosphorus with sodium hydroxide (NaOH) and extractable phosphorus with hydrochloric acid (P-HCl). At 0-10 cm for the F1 fraction there was no difference between the four areas evaluated. For F2 kills with burnt showed lower content of C (2.3 g kg⁻¹) than the others. For F3, the area in PC showed higher C content than the other and F4 areas did not differ. In the layer of 10-20 cm, F1e F3 did not differ between the studied areas, F2 was significantly higher in the PC, and F4 was lower in protected areas than in cultivated area in PC showed higher C content in F4 than the area in the SPD. The percentage values of P-organic in relation to the total-P in the 0-10 cm layer in the areas of forest were higher than in grain production areas, 54%, 30.8% and 38.6% for areas of forest, PC and SPD, respectively. The native forest burned with periodic events decreased TOC and oxidizable soil carbon fractions in relation to forest without fire. The protected and unprotected from the burned forest events have similar percentage distribution of organic and inorganic P fractions in soil. Cultivated systems (SPD and SPC) have higher carbon stock up to 20 cm depth of the forest areas. The SPD had stock of N similar to the forest area protected against fires.

Key words: oxidizable organic carbon, labile carbon, conservation management, organic phosphorus, inorganic phosphorus.

LISTA DE TABELAS

Capítulo 2

Tabela 1. Atributos químicos e físicos de LATOSSOLO AMARELO Distrófico típico em diferentes ambientes: Mata Nativa Protegida (MN), Mata Nativa com Queimadas (MQ), Sistema Plantio Direto (SPD) e Sistema Plantio Convencional (SPC), nas camadas de 0-10 cm e 10-20 cm.....	23
Tabela 2. Correlação de Pearson entre os valores do fracionamento do carbono oxidável (F1, F2, F3 e F4), Po e Pi (orgânico e inorgânico), P-total, N-total e COT do solo.....	38

LISTA DE FIGURAS

Capítulo 2

- Figura 1- Localização dos diferentes ambientes: Mata Nativa Protegida (MN), Mata Nativa com Queimadas (MQ), Sistema Plantio Direto (SPD) e Sistema Plantio Convencional (SPC).....22
- Figura 2- Frações de Carbono oxidável (F1, F2, F3 e F4) em LATOSSOLO AMARELO Distrófico típico com diferentes ambientes: Mata Nativa Protegida (MN), Mata Nativa com Queimadas (MQ), Sistema Plantio Direto (SPD) e Sistema Plantio Convencional (SPC), nas camadas de 0-10 e 10-20 cm26
- Figura 3- Carbono orgânico total do solo (A), nitrogênio total (B), estoque de carbono (C), estoque de nitrogênio (D), relação C/N (E) e relação C/P (F) em LATOSSOLO AMARELO Distrófico típico sob diferentes ambientes: Mata Nativa Protegida (MN), Mata Nativa com Queimadas (MQ), Sistema Plantio Direto (SPD) e Sistema Plantio Convencional (SPC), nas camadas de 0-10 e 10-20 cm.....29
- Figura 4- Índice de compartimento de carbono (A), Índice de labilidade (B), Índice de manejo do carbono (C), labilidade (D) e relação carbono lábil/carbono total (E) em diferentes ambientes: diferentes ambientes: Mata Nativa Protegida (MN), Mata Nativa com Queimadas (MQ), Sistema Plantio Direto (SPD) e Sistema Plantio Convencional (SPC), nas camadas de 0-10 e 10-20 cm33
- Figura 5 - Fosforo total no solo e as frações de P-orgânico e P-inorgânico em diferentes ambientes: diferentes ambientes: Mata Nativa Protegida (MN), Mata Nativa com Queimadas (MQ), Sistema Plantio Direto (SPD) e Sistema Plantio Convencional (SPC), nas camadas de 0-10 e 10-20 cm35
- Figura 6 - Valores percentuais do P-NaOH aquecido a 90° por 8hr, P-NaOH em temperatura ambiente por 1hr, e o P-HCl na Mata Nativa Protegida (MN), Mata Nativa com Queimadas (MQ), Sistema Plantio Direto (SPD) e Sistema Plantio Convencional (SPC), nas camadas de 0-10 e 10-20 cm37

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

Al³⁺ - Alumínio
C - Carbono
Ca²⁺ - Cálcio
COS- Carbono orgânico do solo
CTC - Capacidade de troca de cátions
Cu²⁺ - Cobre
DS – Densidade do solo
Fe²⁺ - Ferro
H⁺Al³⁺ - Acidez
ICC – Índice de compartimento do carbono
IL – Índice de labilidade
IMC – Índice de manejo do carbono
K⁺ - Potássio
L - Labilidade
m % - Índice de saturação por alumínio trocável
Mg²⁺ - Magnésio
MN - Mata nativa
Mn²⁺ - Manganês
MOPi – Matéria orgânica pirogênica
MOS- Matéria orgânica do solo
MQ – Mata queimada
N – Nitrogênio
P - Fósforo
pH em H₂O - Potencial hidrogeniônico em água
P-HCl – Fósforo extraível com ácido clorídrico
P-NaOH – Fósforo extraível com hidróxido de sódio
S - Enxofre
SB - Soma de bases
SPC – Sistema plantio convencional
SPD – Sistema plantio direto
V% - Saturação por bases
Zn²⁺ - Zinco

CAPÍTULO 1

1. INTRODUÇÃO GERAL

O bioma cerrado é a vegetação dominante da região central do Brasil, abrangendo cerca de dois milhões de km², o que representa cerca de vinte e cinco por cento da área do país. O cerrado é composto por um mosaico de tipos de vegetação, formando gradiente estrutural de paisagem através da floresta de savana. No entanto é um ambiente altamente susceptível ao fogo na estação seca (Durigan e Ratter, 2016).

O fogo desempenha um papel importante em modificar muitas propriedades do solo, principalmente através da formação de carvão. Este material é rapidamente incorporado no solo e por causa da sua composição química e morfologia, é difícil de distingui-lo do carbono orgânico formado através de processos biológicos (Skjemstad & Graetz, 2003).

A transformação de ambientes naturais para sistemas produtivos leva a um rápido esgotamento do compartimento de carbono orgânico do solo (COS). Algumas dessas práticas são: o desmatamento e a queima da biomassa, aração e outras formas de perturbação do solo, o manejo inadequado da fertilidade do solo e a remoção de resíduos culturais (Lal, 2002). O desmatamento e o uso e manejo inadequado do solo interrompem a deposição da serrapilheira, aumenta a decomposição da matéria orgânica estocada no solo com perda da fertilidade, com aumento na emissão de CO₂ e outros gases para a atmosfera (Resende e Rosolen, 2013).

Maior quantidade de matéria orgânica do solo (MOS) aumenta a produtividade das culturas devido aos efeitos favoráveis da matéria orgânica na fertilidade, na estrutura e na capacidade de retenção de umidade do solo. Práticas de manejo conservacionistas também podem promover o aumento do estoque de carbono através de uma maior fixação do CO₂ atmosférico no solo, pelo acúmulo de biomassa (Batlle-Bayer et al., 2010).

O conteúdo da MOS é responsável por manter a qualidade dos solos e a sustentabilidade dos agroecossistemas. Estes são influenciados pelos sistemas de manejo, assim para incrementar a MOS é importante adotar sistemas de manejo mais conservacionistas, como o plantio direto. Adota-lo é uma alternativa sustentável para os agroecossistemas, que visam adicionar carbono orgânico ao solo, e com isso o incremento da capacidade produtiva das áreas cultivadas e diminuição da emissão de dióxido de carbono (CO₂) à atmosfera.

Os sistemas de manejo conservacionistas apresentam aporte de material orgânico satisfatórios, pois podem aumentar a ciclagem de nutrientes como o P e aumentar sua disponibilidade para as plantas (Silva e Mendonça, 2007). O P está presente no solo na forma orgânica (Po) e inorgânica (Pi). A contribuição do Po no solo para aumentar o P disponível (P lábil) pode ser mais relevante quando as práticas que aumentam o teor de MOS fazem parte do manejo do solo (Braos et al 2015). O P orgânico pode ser importante na nutrição das plantas, onde a porção biológica do ciclo do P é controlada pela decomposição de restos culturais por bactérias e fungos, imobilização e mineralização, além de absorção pelas plantas (Janegitz et al., 2013). Para o caso dos solos do cerrado Piauiense, esta é uma fonte de P de grande importância, tendo em vista que os solos da região são oriundos, na sua maior parte, de arenitos, que possuem baixas concentrações de P.

Assim, a escassez de informações a respeito do comportamento do C e as frações de P no solo são de grande importância no cerrado piauiense. Pois esta região tem características diferentes em relação a temperatura em que são elevadas, e também a textura do solo, fazendo com que a MOS esteja mais susceptível a perdas pela ação microbiana e pelas queimadas, pois com o menor teor de argila estará menos protegida.

Neste contexto, o estudo de áreas sujeitas ao fogo e de áreas protegidas podem informar os efeitos das queimadas sobre o estoque, a labilidade do C e do P em áreas com vegetação natural. Em adição a comparação da dinâmica do C e do P dessas áreas com vegetação natural e com áreas usadas na agricultura podem informar se o manejo dessas áreas está promovendo sua degradação ou conservação. Assim, o objetivo deste trabalho é avaliar o estoque e a labilidade do C e a compartimentalização do P em frações orgânicas e inorgânicas em quatro áreas no cerrado: 1ª sujeitas a eventos periódicos de queimadas, 2ª áreas protegidas do fogo por 10 anos, 3ª área manejada no SPD e 4ª área manejada no SPC.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Dinâmica da matéria orgânica no solo

A matéria orgânica do solo (MOS) é produzida principalmente pelas plantas, através da conversão do CO₂ atmosférico em compostos contendo carbono, durante o processo de fotossíntese. O termo “MOS” refere-se a todos os compostos que contém carbono orgânico no solo, incluindo os microrganismos vivos e mortos, resíduos de plantas e animais parcialmente decompostos, produtos de sua decomposição e substâncias orgânicas microbiologicamente e/ou quimicamente alteradas (Silva et al., 2012). A MOS é composta em termos gerais por carbono (58%), hidrogênio (6%), oxigênio (33%), nitrogênio (3%), enxofre (3%) e fósforo (3%) (Silva & Mendonça, 2007).

As características físicas, químicas e biológicas dos solos tropicais e subtropicais possuem estreita relação com a MOS. Ela atua na ciclagem de nutrientes, complexação de elementos tóxicos e estruturação do solo. Além disso, sua característica físico-química ajuda na mitigação de limitações relacionadas com a baixa capacidade de troca catiônica (CTC), elevada fixação de fosfatos, a baixa disponibilidade de nutrientes e as altas concentrações de íons de alumínio (Al³⁺) (Baldotto et al., 2015). Isso é possível devido a sua composição por grupos funcionais, principalmente ácidos carboxílicos e fenóis negativamente carregados (Hanke et al., 2015).

Em ambientes naturais, a vegetação nativa é a principal fonte de materiais orgânicos para a deposição e decomposição. O conteúdo deste material é determinado a partir do equilíbrio entre a entrada de C ao solo e saída de CO₂. A ciclagem da MOS é controlada por taxas de deposição, decomposição e renovação dos resíduos, que ocorrem de forma dinâmica (Mulvaney et al., 2010).

Apesar de todos os seus benefícios, a manutenção e o aumento dos teores de MOS em áreas agrícolas, principalmente em solos de cerrado, é um grande desafio. As características climáticas das regiões de clima tropical proporcionam uma taxa de decomposição cinco vezes mais rápida do que em solos de regiões temperadas (Silva & Machado, 2000). As características intrínsecas do solo como granulometria, umidade e as relações massa-volume do solo também afetam o acúmulo, a dinâmica e a composição da MOS (Guimarães et al., 2014).

A substituição de ambientes naturais por ambientes agrícolas geralmente resulta em alterações na dinâmica da MOS. Em sistemas agrícolas, diferente do ambiente natural, a

magnitude dessas mudanças varia de acordo com a cultura implantada e com o sistema de manejo adotado. Sistemas de manejo que visam a concentração de MOS são de grande importância para a reposição de nutrientes, aumento da CTC, complexação de metais e para o fornecimento de C e energia aos microrganismos do solo (Mielniczuk, 2008). Além disso, a infiltração e retenção de água são facilitados nestas condições, caracterizando portanto, a MOS como um componente fundamental na manutenção da sustentabilidade dos solos (Vezzani & Mielniczuk, 2009).

A dinâmica da MOS nos agroecossistemas é influenciada pelo impacto direto dos sistemas de manejo adotados. Sistemas de produção agrícolas capazes de manter e/ou incrementar o conteúdo de carbono orgânico no solo, via de regra, contribuem para a manutenção da capacidade produtiva das áreas cultivadas e para a diminuição da emissão de dióxido de carbono (CO₂) à atmosfera (Rossi et al., 2012). Nesse sentido, o manejo sustentável da MOS é fundamental para obtenção e manutenção de elevadas produtividades em longo prazo.

Várias abordagens têm sido utilizadas por pesquisadores para minimizar os efeitos degradantes dos sistemas produtivos nos ambientes agrícolas (Pragana et al., 2012; Paul et al., 2013; Pereira et al., 2013; Winck et al., 2014; Sales et al., 2016). Tecnologias, tais como plantio direto e o uso de cobertura do solo, reduzem a demanda por energia e água ao reduzir a evaporação, aumentam o teor de carbono do solo, melhoram a estrutura do solo, aumentam as populações de minhoca e combatem a erosão eólica e hídrica (Venetti Junior et al., 2009). Por outro lado, os sistemas de manejo que promovem a perturbação do solo (como aração), resultam em perda de matéria orgânica e nutrientes (Xavier et al., 2013).

Os sistemas convencionais de cultivo conduzem a degradação do solo, pela rápida redução nos teores de MOS. No entanto, os sistemas conservacionistas aumentam a quantidade de entrada C para o solo, aumentam a agregação, e assim reduzem a taxa de perda de C. Esta estrutura auxilia na redução das taxas de perdas de C por decomposição da MOS e por erosão (Santos et al., 2012). A este respeito, as melhores práticas de manejo incluem métodos de preparo conservacionistas, manejo dos resíduos culturais para a ciclagem de nutrientes e adequado manejo da fertilidade do solo (Bronick e Lal, 2005).

O sistema de plantio direto (SPD) é uma das mais efetivas práticas de conservação, pois contribui para a redução das perdas de solo e de carbono orgânico, principalmente, devido à manutenção dos resíduos vegetais na superfície do solo e à proteção física da matéria orgânica em agregados (Costa Junior et al., 2012). A manutenção de resíduos culturais na superfície do solo no SPD proporciona aumento da retenção de água e maior

proteção do solo contra o impacto direto das chuvas, em relação a sua incorporação mediante o preparo convencional (Sales et al., 2016).

O não revolvimento do solo leva a uma decomposição mais lenta e gradual do material orgânico, tendo como consequência a melhoria das condições físicas, químicas e biológicas do solo, que irão repercutir em sua fertilidade e na produtividade das culturas (Paul et al., 2013). A ausência de revolvimento do solo e a adoção de rotação de culturas que agregam espécies e retornam mais carbono ao solo, implicam em menor redução no estoque de MOS sob cultivo, em relação ao plantio com aração e gradagem do solo (Signor et al., 2014).

Em trabalho realizado em ambientes agrícolas no cerrado piauiense, Pragma et al. (2012) observaram que os quatro anos de implantação do SPD não proporcionaram aporte de matéria orgânica suficiente para elevar os teores de COT para valores equivalentes os encontrados em ambiente natural. Os autores ainda relataram que a contribuição de matéria orgânica de um cultivo para o outro era incipiente, pois as condições climáticas favorecem a rápida decomposição desses resíduos. Isto reforça a importância de um estudo sobre culturas mais resistentes à decomposição para formação de palhada nessa área.

Porém, a eficiência do SPD em manter o estoque de C orgânico do solo em sistemas agrícolas está relacionada ao manejo de culturas utilizado, sendo fundamental a associação de um sistema de rotação e sucessão de culturas diversificadas que produza adequada quantidade de resíduos vegetais na superfície do solo durante todo o ano (Verneti Júnior et al., 2009). Por outro lado, o estoque de carbono do solo sob vegetações naturais representam a dinâmica do balanço entre a adição de material vegetal morto e a perda pela decomposição ou mineralização. A taxa de adição e a qualidade do carbono da vegetação dependem muito do clima, principalmente da temperatura do ar e das chuvas; dependem também do tipo de vegetação, pois as plantas da família poaceae decompõem-se mais lentamente que plantas fabaceae; e da fertilidade do solo, porque solos férteis resultam em maior produção de biomassa, por sua vez, mais carbono a ser depositado no solo (Pereira et al., 2013).

A grande expansão agrícola na região do Cerrado desde os anos 1970 e a extensão do bioma Cerrado têm maior consciência do papel do Cerrado no ciclo C global e mudança climática. Compensação e cultivo de terras nativas no Cerrado levam, em geral para uma diminuição na COS quando são usadas por práticas inadequadas de manejo (ou seja, sem adubação ou monocultura).

2.2 Labilidade do carbono

Conceitualmente, carbono lábil é aquele constituinte de compostos orgânicos mais facilmente mineralizados pelos microrganismos do solo (Rangel et al., 2008). As frações lábeis de carbono orgânico total (COT) são importantes, uma vez que são fontes de C mais facilmente disponíveis para microrganismos do solo e, portanto, influenciam os ciclos de nutrientes e muitas propriedades do solo biologicamente relacionadas. As frações lábeis de C do solo são frequentemente chamadas de compartimento ativo de C, que se distinguem do compartimento passivo de C por serem lentamente alteradas por atividades microbianas (Melero et al., 2009).

A matéria orgânica particulada (MOP) (fração areia > 53 μm) é a fração lábil que é composta por materiais facilmente disponíveis, mais sensíveis às mudanças no uso da terra, e pode contribuir para a fertilidade do solo através da ciclagem de nutrientes. A qualidade do solo em plantio direto, por exemplo está relacionada ao sistema de culturas e pode ser avaliada pelo teor de MOP (>53 μm), em razão da funcionalidade que esta fração proporciona ao solo e à sua sensibilidade às diferenças de manejo (Winck et al., 2014). Devido à sua labilidade, MOP é altamente sensível à decomposição, constituindo, assim, uma reserva frágil C no solo. Em contraste, matéria orgânica associada aos minerais (MOM) (fração silte e argila-silte, <53 μm) é uma fração de C mais estável, tem uma taxa de volume de *turnover* inferior, e pode estar relacionada com o sequestro de C (Guimarães et al., 2014).

A fração lábil apresenta alta taxa de decomposição e um curto período de permanência no solo, e sua principal função é o fornecimento de nutrientes às plantas pela mineralização, além de energia e C aos microrganismos do solo. Por outro lado, a fração humificada representa cerca de 2/3 do C orgânico e tem maior permanência no solo, sua principal função é atuar sobre as condições físicas e químicas do solo, além de ser importante no sequestro de C atmosférico (Silva & Mendonça, 2007).

Alguns índices determinados pelo teor de COS visam avaliar de forma conjunta o efeito dos sistemas de manejos na quantidade e na qualidade (labilidade) da MOS como: o índice de manejo de carbono (IMC), índice de estoque de carbono (IEC) e o índice de labilidade do carbono (ILC), propostos por Blair et al. (1995). As estimativas do IMC são realizadas considerando o IEC que relaciona o estoque do tratamento em estudo com o estoque de um sistema de referência. Como referência, usualmente, são utilizadas áreas que não sofreram interferência antrópica (referência positiva), mas também podem ser utilizadas áreas sujeitas à degradação (referência negativa). Para calcular o IMC, é necessário obter o

ILC, que avalia a proporção entre os compartimentos da MOS (lábeis e não lábeis). Assim, o IMC é calculado tomando por base um sistema de referência.

O estudo de frações oxidáveis, em que é possível quantificar os diferentes graus de oxidação da MOS por meio de concentrações crescentes de ácido sulfúrico, analisa o impacto da interferência do manejo nos compartimentos da matéria orgânica. Essas frações podem ser utilizadas como indicadoras da qualidade do solo (Rangel et al., 2008). As frações oxidáveis do C do solo são determinadas por graus crescentes de oxidação com concentrações de 3, 6, 9 e 12 mol L⁻¹ de ácido sulfúrico, correspondendo respectivamente, as frações denominadas de F1, F2, F3 e F4 (Chan et al., 2001).

As frações F1 e F2 estão associadas à disponibilidade de nutrientes e com a formação de macroagregados, sendo a fração F1 a de maior labilidade no solo e altamente correlacionada com a fração leve livre da MOS (Maia et al., 2007). As frações F3 e F4 estão relacionadas com compostos de maior estabilidade química e massa molar, oriundos da decomposição e humificação da MOS (Stevenson, 1994).

Loss, 2011, trabalhando em Latossolo observou que na profundidade de 0-5 cm de profundidade o cerradão apresentou maiores teores na frações oxidáveis (10,9 a 18 g kg⁻¹), com exceção da fração F2 (7,7 g kg⁻¹), onde observaram valores iguais aos da área de intergração lavoura-pecuária. Já em áreas de cultivo, nas profundidades de 5-10 e 10-20 cm (11,2 e 10,8 g kg⁻¹), a área de integração lavoura-pecuária apresentou maiores teores de carbono na fração F1 e nas profundidades de 0-5, 10-20 e 20-40 cm (7,6 a 3,9 g kg⁻¹) maiores teores de carbono na F2, quando comparado ao SPD (5,8 a 2,4 g kg⁻¹).

Um dos principais mecanismos responsáveis pela preservação da MOS sob sistemas de cultivos conservacionistas parece ser a formação e a estabilização de macroagregados. Dentre os compartimentos da MOS, os microrganismos são os mais afetados pelo uso e manejo do solo, e exercem ação importante na agregação dos solos. As queimadas e práticas de cultivo com revolvimento aumentam a oxidação da MOS, pela mineralização causada pelo fogo ou quebra dos agregados do solo, expondo novas superfícies ao ataque de microrganismos (Passos et al., 2007).

2.3 Carbono pirogênico e a matéria orgânica do solo

Nas principais savanas do mundo, o fogo periódico é um fator ambiental determinante e necessário para a manutenção do equilíbrio biológico. Sua importância nas savanas da

África e Austrália é relativamente bem conhecida, mas existem grandes lacunas no conhecimento científico dos efeitos do fogo nas savanas do Brasil. (Alves & Silva, 2011). Embora o fogo seja considerado um determinante da vegetação de cerrado, a rápida ocupação da região do cerrado mudou o regime de fogo natural (temporada e frequência de queima) com consequências para a estrutura da vegetação e composição (Miranda et al., 2002).

No cerrado, muitas espécies de plantas parecem depender de fogo para a reprodução sexual. Pode ser observada floração intensa alguns dias ou semanas após as queimadas para muitas espécies do estrato herbáceo. A maioria das espécies lenhosas do cerrado apresentam fortes suberificações do tronco e ramos, resultando em um isolamento térmico eficiente dos tecidos internos desses órgãos durante incêndios. No entanto, as plantas são muito diferentes em sua tolerância ao fogo e na sua capacidade de se recuperar posteriormente (Miranda et al., 2002).

Embora uma parte dos nutrientes seja perdida durante um incêndio, a outra parte volta para o ecossistema como deposição. Além do retorno de nutrientes através da deposição seca e úmida, também considera-se a transferência de nutrientes através da decomposição das folhas queimadas que prematuramente caíram após o incêndio (Miranda et al., 2002).

Considerando-se que as folhas senescentes tem uma concentração de nutrientes menor do que folhas verdes maduras, a queda prematura de folhas queimadas pode desempenhar um papel importante na reciclagem de nutrientes durante os incêndios, mesmo considerando a baixa taxa de decomposição da liteira no cerrado. A diferença de estoque de nutrientes e o consumo de biomassa mais elevado durante os incêndios em zonas mais abertas do cerrado pode explicar a diminuição da perda de nutrientes com o aumento da densidade de plantas lenhosas (Miranda et al., 2002).

O fogo desempenha um papel importante em modificar propriedades do solo. Talvez o maior impacto do fogo seja a formação de carvão. Este material é rapidamente incorporado no solo e, por causa da sua composição química e morfologia, é difícil de distinguir de carbono orgânico formado através de processos biológicos (Skjemstad & Graetz, 2003). O C-carvão é um importante reservatório de C no solo, em virtude do longo tempo de residência, com capacidade de armazenar água e cátions, ou seja, não é inerte nos ambientes, interferindo na dinâmica da MOS (Silva & Mendonça, 2007). Quando as cinzas presentes na superfície dos solo, ocorre acúmulo de Ca e Mg, e portanto aumentando temporariamente a CTC do solo. Portanto, depois da queima, o solo fica sujeito à ação da chuva, e,

conseqüentemente, os minerais ficarão sujeitos ao transporte pela água de escoamento (Spagnollo, 2004).

O C-carvão faz parte do compartimento da MOS não viva e representa o material orgânico carbonizado originado da queima (natural ou antrópica) de resíduos vegetais, a qual tem maior importância em ecossistemas de cerrado, em que o fogo é um componente presente há milhões de anos (Silva & Mendonça, 2007; Dick et al., 2009).

O aumento na percentagem de COT mineralizado em solo amostrado após a queimada, em relação ao mineralizado antes do fogo, também aponta para a presença de compostos lábeis que estavam ausentes antes do fogo (Kauffman et al., 1993). As temperaturas elevadas na camada 0-2 cm certamente resultaram na morte da maior parte da microfauna e provavelmente alteraram a MOS protegida física e quimicamente.

A matéria orgânica pirogênica (MOPi) representa uma importante fonte do reservatório de carbono de ciclagem lenta em solos. Devido ao seu longo tempo de residência aparente, a formação de MOPi é considerada como um importante processo de estabilização de carbono que resulta na retenção de carbono eficaz no solo. Por conseguinte, a alteração na entrada de detrito após a queima é susceptível de ter um impacto a longo prazo na natureza, mas também sobre a estabilidade dos reservatórios de MOS (Knicker et al., 2012).

Uma possível explicação para o aumento do teor de carbono dos solos com fogo controlado pode ser a entrada constante de MOPi depois de cada queima, com a elevada resistência a degradação microbiana. Esta deposição representa uma fonte de carbono, o que pode levar à acumulação de MOS. Em solos não queimados, por outro lado, a fonte exclusiva de nova MOS é a liteira das plantas frescas, que é rapidamente degradada e, por conseguinte, num longo prazo, só pode fornecer pequenas contribuições para a maior parte dos compartimentos da MOS (Knicker et al., 2012).

A estrutura da MOPi deve ser determinada pela composição química do carvão e, assim, deve conter concentrações elevadas de C aromáticos. Além disso, espera-se que o conteúdo C aromático diminua com períodos mais longos de tempo após o último incêndio, devido a contribuições crescentes de planta fresca na liteira. A maior aromaticidade deveria ser detectada em 5 cm de profundidade, pois a hidrofobicidade das partículas carbonizadas agrava a sua baixa translocação com a solução do solo (Knicker et al., 2012).

O carvão tem uma estrutura aromática altamente condensada que é resistente à oxidação química e biológica. Carvão vegetal não pode ser totalmente inerte, pois as taxas de produção atuais tornariam o carvão vegetal como a forma dominante de carbono em quase todos os solos. Este não é claramente o caso, uma vez que processos de decomposição de

carvão vegetal devem ocorrer em tempos médios de residência nos solos. Por causa de sua recalcitrância, a contribuição do C-carvão para alguns tipos de solo é relativamente grande, a sua presença pode ter um impacto profundo sobre a dinâmica do carbono do solo e deve ser contabilizado em quaisquer estudos sobre o *turnover* de carbono no solo (Skjemstad & Graetz, 2003).

2.4 Fósforo em Latossolos

Em comparação com outros nutrientes, o fósforo (P) é de longe o menos móvel e disponível para as plantas, particularmente nos Latossolos (Carvalho et al., 2014). A manipulação mecânica do solo durante o cultivo pode aumentar a possibilidade de contato entre o P da solução do solo e as partículas de solo exposto, facilitando a formação de compostos insolúveis e estáveis de P (Picone et al., 2003).

O fornecimento de P para os organismos vivos é fortemente dependente da dinâmica do solo P orgânico. No entanto, o fluxo de P através de matéria orgânica do solo permanece incerto, pois menos de 30% do P orgânico do solo foi identificado como biomoléculas reconhecíveis de baixo peso molecular (McLaren et al., 2015).

Na conversão de ambientes naturais em ambientes agrícolas, as plantas nativas que são bem adaptadas a baixos níveis de P disponível, são substituídas por culturas com altas exigências nutricionais, com menor capacidade e estratégias para a absorção e utilização de P (Tiecher et al., 2012). A baixa disponibilidade de fósforo nos solos tropicais e subtropicais, normalmente relacionada com a adsorção de fosfato para as superfícies minerais, pode ser atenuada quando a matéria orgânica (MO) é acumulada nos solos (Fink et al., 2014).

A disponibilidade do P é geralmente descrita pelo grau de labilidade desse nutriente no solo, ou seja, pela forma e interação que o P está respondendo aos sítios de adsorção do solo, que pode ser influenciada por alguns fatores do solo através do processo de adsorção que é muito comum em solos tropicais devido ao avançado estágio de intemperismo (Pavinato & Rosolem, 2008).

Em virtude da baixa quantidade total de água retida pelo solo e da baixa concentração de P na solução, a quantidade prontamente disponível de P para as plantas é muito baixa, havendo a necessidade de solubilização de P da fase sólida para a solução, para suprir as necessidades das culturas. O solo pode ser considerado como fonte ou como dreno de P, dependendo de sua característica relacionada com o grau de intemperismo. Assim, serve

como fonte quando ainda apresenta reservas naturais ou pela adição de fertilizantes (Novais et al., 2007). Naturalmente, em solos tropicais e subtropicais, solos-dreno, o P encontra-se em concentrações muito baixas na solução, sendo limitante para o crescimento e desenvolvimento de culturas comerciais (Pavinato & Rosolem, 2008).

A biomassa microbiana do solo (BMS) é considerada reservatório de P lábil e desempenha papel importante na ciclagem e disponibilização de P nos ecossistemas naturais. O uso de queimadas como ferramenta de manejo pode afetar o crescimento e desenvolvimento da vegetação campestre e alterar a BMS. O fogo pode alterar as taxas de imobilização/mineralização biológica do P no longo prazo (Oliveira et al., 2011).

O fósforo é encontrado no solo em formas inorgânicos (Pi) e as formas orgânicas (Po). De acordo com o grau de estabilidade ou solubilidade, estas formas permitem diferente biodisponibilidade de P. O Pi pode ser encontrado em solução (P-solução) e fixado por meio do fenômeno da adsorção com óxidos de Fe e Al da fração argila (Costa et al., 2016). As formas orgânicas de P (Po) representam os íons fosfatos ligados aos compostos orgânicos, e sua labilidade está diretamente relacionada à suscetibilidade de decomposição do radical orgânico ao qual o fosfato está ligado. Por outro lado, as formas de P inorgânico (Pi) compreendem, principalmente, aquelas adsorvidas aos grupos funcionais dos coloides inorgânicos (Gatiboni et al., 2008).

A contribuição do Po no solo para aumentar o P disponível (P lábil) pode ser mais relevante quando a adubação orgânica ou outras práticas que aumentam o teor de MOS fazem parte do manejo do solo (Braos et al., 2015). A importância relativa do Po na nutrição das plantas aumenta quando ocorre deficiência de P, resultante dos baixos teores totais de P e, ou, forte adsorção de P pelos oxi-hidróxidos de Fe e Al no solo. Em tais condições, a ciclagem de formas orgânicas mais lábeis é acelerada, sendo mais importante em solos tropicais altamente intemperizados (Silva & Mendonça, 2007). A estabilidade desses compostos é dependente de sua natureza e de sua interação com a fração mineral, pois esses mesmos compostos são usados como fonte de carbono e elétrons pelos microrganismos, cujo resultado é a sua mineralização e disponibilização do fósforo (Rossi et al., 2013).

O tempo é um fator importante para as transformações do Pi no solo e na sua disponibilidade, bem como para as transformações Po. No que diz respeito ao Po, após a fase inicial rápida de decomposição de resíduos orgânicos aplicados ao solo, ocorre a liberação de P e aumenta a disponibilidade de P, espera-se que as frações de Po mais estáveis (ou recalcitrantes) possam permanecer no solo, e que parte do Po lábil seja convertido em Po não-lábil (Braos et al., 2015).

A manutenção de elevados níveis de carbono orgânico do solo resulta no acúmulo de P na forma orgânica, levando em consideração a aplicação racional de fertilizantes fosfatados, de acordo com as necessidades das plantas e tipo de solo. No sistema plantio direto, uma grande quantidade de resíduos vegetais é depositada na superfície do solo, o que contribui para a prevenção de adsorção de fosfato inorgânico por coloides, aumenta o teor de P orgânico no solo, o teor de P armazenado na biomassa microbiana do solo e da atividade da enzima fosfatase ácida (Tiecher et al., 2012).

Ao longo do processo de intemperismo, as reações químicas, atuantes no material de origem e no próprio solo, levam à formação de minerais mais estáveis, como os oxihidróxidos de Fe e Al, os quais atuam como fixadores deste elemento, propiciando limitação da disponibilidade deste elemento no sistema. Com isso, o P inorgânico (Pi) vai-se tornando mais intensamente fixado aos óxidos de Fe e Al, ao mesmo tempo que aumenta a participação do P orgânico (Po) no P total no solo (Cross e Schlesinger, 1995; Prado, 2009).

Em um trabalho realizado com diferentes formas de P, sob sistemas de manejo com plantas de cobertura em rotação com milho, em Latossolo Vermelho-Amarelo, o P orgânico constituiu 70% do P lábil na estação seca sob plantio direto, quando plantas de cobertura foram cultivadas. As plantas de cobertura foram capazes de manter maiores frações de P disponível para o milho, resultando em redução de perdas de P para compartimentos indisponíveis, principalmente no sistema de plantio direto (Carvalho et al., 2014).

O sistema plantio direto, afeta algumas características químicas relacionadas com a acidez do solo que podem influenciar a disponibilidade de P, o crescimento da planta, e rendimento da cultura (Ernani et al., 2002). Frações de P são geralmente mais elevadas sob sistema de plantio direto, e a MOS não apresenta tendência específica. Acúmulo de frações de P biológico disponível no solo pode ser atribuído a um maior armazenamento no ciclo de P pelo conteúdo de MOS relativamente mais elevado. A MOS e as frações de P desempenham um papel fundamental na manutenção da produtividade de Latossolo ácido de savana e são influenciados por práticas de cultivo (Basamba et al., 2006).

A liberação de P após uma queima é importante não só para as plantas, mas também à crescente preocupação da poluição. Por isso Galang et al. (2010) observaram que em altas temperaturas (1000°C) a duração da queima de curto tempo (2,5 minutos) favorecer a liberação de P na solução. Do mesmo modo, uma temperatura média (300°C) durante a queima pode produzir o mesmo efeito. A liberação potencial de P na solução do solo e do escoamento depois que o solo é aquecido durante a queima é, no entanto, dependente de eventos de precipitação na pós-queima. No caso de um evento de precipitação intensa após

o incêndio de alta gravidade, o P pode ser lixiviado para outros horizontes do solo ou exportados por escoamento (Galang et al., 2010). Wang et al., 2015 também observaram que o fogo acelerou o ciclo biogeoquímico do P em pântano ombrotófico convertendo P orgânico para a forma inorgânica e aumentando a disponibilidade de P inorgânico em mais de duas vezes.

Os compartimentos lábeis de P são influenciados pelo conteúdo de matéria orgânica do solo, a sua manutenção possivelmente favorece a biodisponibilidade de P para as culturas. Ao avaliar 14 diferentes classes de solo, Duda et al. (2013), quantificaram o teor de P biodisponível, utilizando *Brachiaria decubens* Stapf como planta de cobertura. Os teores de P orgânico lábil e P microbiano, juntos, foram maiores que o Pi lábil na maioria das amostras de solos. A acumulação de P na parte aérea da *B. decumbens* mostrou-se positivamente relacionada com o reservatório biodisponível deste elemento.

O cerrado é um bioma que possui uma vasta extensão territorial, e também está em constante exploração agrícola. Por isso, há necessidade de que as áreas utilizadas para a agricultura apresentem um manejo sustentável. Para isso é fundamental a adoção de práticas conservacionistas como o plantio direto e proteção de áreas com vegetação natural a fim de evitar a decomposição acelerada da MOS e a emissão de CO₂ para a atmosfera, e com isso o acréscimo de material orgânico no solo. A entrada da matéria orgânica no solo, através da implantação do sistema de plantio direto traz como benefício um incremento no teor de carbono orgânico, P orgânico e conseqüentemente melhoria na fertilidade do solo.

Os carvões originados da queima dos resíduos vegetais apresentam como característica a ciclagem de C e a maior disponibilização de outros nutrientes, como o P no solo. O aumento no teor de C nos solos onde ocorre a presença do fogo, pode estar relacionado ao carvão que posteriormente é incorporado ao solo e pode interferir na dinâmica da matéria orgânica.

3. REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

- ALVES, R. J. V.; SILVA, N. G. O fogo é sempre um vilão nos campos rupestres? **Biodiversidade Brasileira**, v. 2, p. 120-127, 2011.
- BALDOTTO, M. A. Estoque e frações de carbono orgânico e fertilidade de solo sob floresta, agricultura e pecuária. **Ceres**, v. 62, n. 03, 2015.
- BASAMBA, T.A.; BARRIOS, E.; AMÉZQUITA, E.; RAO, I.M.; SINGH, B.R. Tillage effects on maize yield in a Colombian savanna Oxisol: Soil organic matter and P fractions. **Soil & Tillage Research**. v. 91, p. 131-142, 2006.
- BATLLE-BAYER, L.; BATJES, N. H.; BINDRABAN, P. S. Changes in organic carbon stocks upon land use conversion in the Brazilian Cerrado: a review. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 137, n. 1, p. 47-58, 2010.
- BLAIR, G. J.; LEFROY, R. D.; LISLE, L. Soil carbon fractions based on their degree of oxidation, and the development of a carbon management index for agricultural systems. **Crop and Pasture Science**, v. 46, n. 7, p. 1459-1466, 1995.
- BRAOS, L. B.; CRUZ, M. C. P. D.; FERREIRA, M. E.; KUHNEN, F. Organic phosphorus fractions in soil fertilized with cattle manure. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, n. 01, p. 140-150, 2015.
- BRONICK, C. J.; LAL, R. Soil structure and management: a review. **Geoderma**, v. 124, n. 01, p. 3-22, 2005.
- CARVALHO, A. M. D.; BUSTAMANTE, M. M. D. C.; ALMONDES, Z. A. D. P.; FIGUEIREDO, C. C. D. Forms of phosphorus in an oxisol under different soil tillage systems and cover plants in rotation with maize. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, n. 03, p. 972-979, 2014.
- CHAN, K. Y.; BOWMAN, A.; OATES, A. Oxidizable organic carbon fractions and soil quality changes in an paleustalf under different pasture leys. **Soil Science, Baltimore**, v. 166, n. 1, p. 61-67, 2001.
- COSTA JUNIOR, C.; PÍCCOLO, M. D. C.; SIQUEIRA NETO, M.; CAMARGO, P. B. D.; CERRI, C. C.; BERNOUX, M. Carbono em agregados do solo sob vegetação nativa, pastagem e sistemas agrícolas no Bioma Cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, n. 04, p. 1311-1322, 2012.
- COSTA, M. G.; GAMA-RODRIGUES, A. C.; GONÇALVES, J. L. D. M.; GAMA-RODRIGUES, E. F.; SALES, M. V. D. S.; ALEIXO, S. Labile and Non-Labile Fractions of Phosphorus and Its Transformations in Soil under Eucalyptus Plantations, Brazil. **Forests**, v. 7, n. 01, p. 15, 2016.
- CROSS, A. F.; SCHLESINGER, W. H. A literature review and evaluation of the Hedley fractionation: Application to the biogeochemical cycle of soil phosphorus in natural ecosystems. **Geoderma**, v. 64, p. 197-214, 1995.
- DICK, D. P.; NOVOTNY, E. H.; DIECKOW, J.; BAYER, C. Química da matéria orgânica do solo. In: MELO, V. F.; ALLEONI, R. F. **Química e mineralogia do solo, Parte II**, Cap. 1, 685p, 2009.
- DUDA, G. P.; GUERRA, J. G. M.; PEREIRA, M. G.; DOS ANJOS, L. H. C.; RIBEIRO, M. R. Avaliação da biodisponibilidade de fósforo em diferentes classes de solos do Brasil. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 34, n. 04, p. 1563-1576, 2013.
- DURIGAN, G.; RATTER, J. A. The need for a consistent fire policy for Cerrado conservation. **Journal of Applied Ecology**, v. 53, n. 01, p. 11-15, 2016.
- ERNANI, P.R.; BAYER, C.; MAESTRI, L. Corn yield as affected by liming and tillage system on an acid Brazilian Oxisol. **Agronomy Journal**, v. 94 p. 305-309, 2002.

FINK, J. R.; INDA, A. V.; BAYER, C.; TORRENT, J.; BARRÓN, V. Mineralogy and phosphorus adsorption in soils of south and central-west Brazil under conventional and no-tillage systems. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 36, n. 03, p. 379-387, 2014.

GALANG, M. A.; MARKEWITZ, D.; MORRIS, L. A. Soil phosphorus transformations under forest burning and laboratory heat treatments. **Geoderma**, v. 155, n. 03, p. 401-408, 2010.

GATIBONI, L. C.; KAMINSKI, J.; RHEINHEIMER, D. S.; BRUNETTO, G. Fósforo da biomassa microbiana e atividade de fosfatases ácidas durante a diminuição do fósforo disponível no solo. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 43: n. 08, p. 1085-1091, 2008.

GATIBONI, L. C.; KAMINSKI, J.; RHEINHEIMER, D. S.; SAGGIN, A. Quantificação do fósforo disponível por extrações sucessivas com diferentes extratores em latossolo vermelho Distroférico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 26, p. 1023-1029, 2002.

GUIMARÃES, D. V.; GONZAGA, M. I.; MELO NETO, J. D. O. Management of soil organic matter and carbon storage in tropical fruit crops. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 03, p. 301-306, 2014.

HANKE, D.; MELO, V. F.; DIECKOW, J.; DICK, D. P.; BOGNOLA, I. A. Influência da Matéria Orgânica no Diâmetro Médio de Minerais da Fração Argila de Solos Desenvolvidos de Basalto no Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, p. 1611-1622, 2015.

JANEGITZ, M. C.; INOUE, B. S.; ROSOLEM, C. A. Formas de fósforo no solo após o cultivo de braquiária e tremoço branco. **Ciência Rural**, p. 1381-1386, 2013.

KAUFFMAN, J. B.; SANFORD JR., R. L.; CUMMINGS, D. L.; SALCEDO, I. H.; SAMPAIO, E. V. S. B. Biomass and nutrient dynamics associated with slash fires in neotropical dry forest. **Ecology**, v.74, p.140-151, 1993.

KNICKER, H.; NIKOLOVA, R.; DICK, D. P.; DALMOLIN, R. S. D. Alteration of quality and stability of organic matter in grassland soils of Southern Brazil highlands after ceasing biannual burning. **Geoderma**, v. 181, p. 11-21, 2012.

LAL, R. Soil carbon dynamics in cropland and rangeland. **Environmental pollution**, v. 116, n. 03, p. 353-362, 2002.

LOSS, A. Dinâmica da matéria orgânica, fertilidade e agregação do solo em áreas sob diferentes sistemas de uso no Cerrado Goiano. Seropédica, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2011. 122p. (Tese de Doutorado)

MACHADO, M.I.C.S.; BRAUNER, J.L.; VIANNA, A.C.T. Formas de fósforo na camada arável de solos do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 17, p. 331-336, 1993.

MAIA, S.M.F.; XAVIER, F.A.S.; SENNA, O.T.; MENDONÇA, E.S.; ARAUJO, J.A. Organic carbon pools in a Luvisol under agroforestry and conventional farming systems in the semi-arid region of Ceará, Brazil. **Agroforestry Systems**, v. 71, p. 127-138, 2007.

MCLAREN, T. I.; SMERNIK, R. J.; MCLAUGHLIN, M. J.; MCBEATH, T. M.; KIRBY, J. K.; SIMPSON, R. J.; ... RICHARDSON, A. E. Complex forms of soil organic phosphorus—a major component of soil phosphorus. **Environmental science & technology**, v. 49, n. 22, p. 13238-13245, 2015.

MELERO, S.; LÓPEZ-GARRIDO, R.; MADEJÓN, E.; MURILLO, J. M.; VANDERLINDEN, K.; ORDÓÑEZ, R.; MORENO, F. Long-term effects of conservation tillage on organic fractions in two soils in southwest of Spain. **Agriculture, ecosystems & environment**, v. 133, n. 01, p. 68-74, 2009.

MIELNICZUK, J. Matéria orgânica e a sustentabilidade dos sistemas agrícolas. In: SANTOS, G.A.; SILVA, L.S.; CANELLAS, L.P.; CAMARGO, F.A.O. **Fundamentos da**

matéria orgânica do solo – ecossistemas tropicais e subtropicais. Porto Alegre, Metrópole. 2 ed. cap. 1, p.1-5, 2008.

MIRANDA, H. S.; BUSTAMANTE, M. M. C.; MIRANDA, A. C. The Fire Factor. In: PAULO S. OLIVEIRA AND ROBERT J. MARQUIS. **The cerrados of Brazil: ecology and natural history of a neotropical savanna.** 2002, 367p.

MULVANEY, M. J.; WOOD, C. W.; BALKCOM, K. S.; SHANNON, D. A.; KEMBLE, J. M. Carbon and nitrogen mineralization and persistence of organic residues under conservation and conventional tillage. **Agronomy Journal**, v.102, p.1425-1433, 2010.

NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J.; NUNES, F. N. Fósforo. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. **Fertilidade do solo**, cap.8, 2007. 1017p.

OLIVEIRA, L. B.; TIECHER, T.; DE QUADROS, F. L. F.; RHEINHEIMER, D. S. Fósforo microbiano em solos sob pastagem natural submetida à queima e pastejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, p. 1509-1515, 2011.

PAUL, B.K.; VANLAUWE, B.; AYUKE, F.; GASSNER, A.; HOOGMOED, M.; HURISSO, T.T.; KOALA, S.; LELEI, D.; NDABAMENYE, T.; SIX, J.; PULLEMAN, M. M. Medium-term impact of tillage and residue management on soil aggregate stability, soil carbon and crop productivity. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 164, p.14-22, 2013.

PAVINATO, P. S.; ROSOLEM, C. A. Disponibilidade de nutrientes no Solo - decomposição e liberação de compostos orgânicos de Resíduos vegetais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 911-920, 2008.

PEREIRA, M. F. S.; NOVO JUNIOR, J., SÁ, J.; LINHARES, C.; BEZERRA NETO, F.; PINTO, R. Ciclagem do carbono do solo nos sistemas de plantio direto e convencional. *Revista ACSA*, v. 9, n. 02, p. 21-32, 2013.

PICONE, L. I.; ZAMUNER, E. C.; BERARDO, A.; MARINO, M.A. Phosphorus transformations as affected by sampling date, fertilizer rate and phosphorus uptake in a soil under pasture. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 67, p. 225-232, 2003.

PRADO, G. R. **Superfosfato simples contendo fosfato de ferro de baixa solubilidade aplicado em solos de várzea do Rio Grande do Sul.** 78p, 2009. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria – Santa Maria.

PRAGANA, R. B.; NÓBREGA, R. S. A.; RIBEIRO, M. R.; LUSTOSA FILHO, J. F. Atributos biológicos e dinâmica da matéria orgânica em Latossolos Amarelos na região do Cerrado piauiense sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, n. 03, p. 851-858, 2012.

RANGEL, O. J. P.; SILVA, C. A.; GUIMARÃES, P. T. G.; GUILHERME, L.R.G. Frações oxidáveis do carbono orgânico de Latossolo cultivado com cafeeiro em diferentes espaçamentos de plantio. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, p. 429- 437, 2008.

RESENDE, T. M.; ROSOLEN, V. Impactos da conversão de uso e manejo do solo do cerrado utilizando dados de carbono total e isotópico. **GEOUSP: espaço e tempo**, v. 33, n. 33, p. 39-52, 2013.

ROSSI, C. Q.; PEREIRA, M. G.; GARCÍA, A. C.; PERIN, A.; GAZOLLA, P. R.; GONZÁLEZ, A. P. Fósforo em Cronosequência de Cana-de-Açúcar Queimada no Cerrado Goiano-Análise de Ácidos Húmicos por RMN de ³¹P. **Química Nova**, v. 36, n. 08, p. 1126-1130, 2013.

ROSSI, C. Q.; PEREIRA, M. G.; GIÁCOMO, S. G.; BETTA, M.; POLIDORO, J. C. Frações orgânicas e índice de manejo de carbono do solo em Latossolo Vermelho sob plantio de soja no cerrado goiano. **Brazilian Journal of Agricultural Sciences/Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 7, n. 2, 2012.

SALES, R. P.; PORTUGAL, A. F.; MOREIRA, J. A.; KONDO, M. K.; PEGORARO, R. F. Qualidade física de um Latossolo sob plantio direto e preparo convencional no semiárido. **Revista Ciência Agronômica**, v. 47, n. 03, p. 429, 2016.

SANTOS, D. C.; DE LIMA, C. L. R.; KUNDE, R. J.; DOS SANTOS CARVALHO, J.; ABEIJON, L. M.; PILLON, C. N. Agregação e proteção física da matéria orgânica em planossolo háplico sob diferentes sistemas de manejo. **Bioscience Journal**, v. 28, n. 01, 2012.

SIGNOR, D.; ZANI, C. F.; PALADINI, A. A.; DEON, M. D. I.; CERRI, C. E. P. Estoques de carbono e qualidade da matéria orgânica do solo em áreas cultivadas com cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, n. 05, p. 1402-1410, 2014.

SILVA, C. A.; MACHADO, P. L. O. de A. Seqüestro e emissão de carbono em ecossistemas agrícolas: estratégias para o aumento dos estoques de matéria orgânica em solos tropicais. **Embrapa Solos. Documentos**, 2000. 23p.

SILVA, I. R.; MENDONÇA, E. S. Matéria orgânica do solo. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. **Fertilidade do solo**, 2007, p. 1017.

SILVA, L. S.; CAMARGO, F. A. de O.; CERETTA, C. A. Composição da fase sólida orgânica do solo. In: MEURER, E. J. **Fundamentos de química do solo**. 5ª ed. Porto Alegre, 2012. 285p.

SKJEMSTAD, J. O.; GRAETZ, R. D. The impact of burning on the nature of soil organic matter in Australia. **Agronomia**, v. 37, p. 85-90, 2003.

STEVENSON, F. J. Humus chemistry: genesis, composition, and reactions. **John Wiley & Sons**, New York, 1994. 496p

TIECHER, T.; RHEINHEIMER, D. S.; KAMINSKI, J.; CALEGARI, A. Forms of inorganic phosphorus in soil under different long term soil tillage systems and winter crops. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, p. 271-281, 2012.

VERNETTI JÚNIOR, F. J.; GOMES, A. S.; SCHUCH, L. O. B. Sustentabilidade de sistemas de rotação e sucessão de culturas em solos de várzea no Sul do Brasil. **Ciência Rural**, v.39, p.1708-1714, 2009.

VEZZANI, F. M.; MIELNICZUK, J. Uma visão sobre qualidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, p. 743-755, 2009.

WANG, G.; YU, X.; BAO, K.; XING, W.; GAO, C.; LIN, Q.; LU, X. Effect of fire on phosphorus forms in Sphagnum moss and peat soils of ombrotrophic bogs. **Chemosphere**, v. 119, p. 1329-1334, 2015.

WINCK, B. R.; VEZZANI, F. M.; DIECKOW, J.; FAVARETTO, N.; MOLIN, R. Carbono e nitrogênio nas frações granulométricas da matéria orgânica do solo, em sistemas de culturas sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, n. 38, p. 980-9, 2014.

XAVIER, F. A. D. S.; MAIA, S. M. F.; RIBEIRO, K. A.; DE SÁ MENDONÇA, E.; DE OLIVEIRA, T. S. Effect of cover plants on soil C and N dynamics in different soil management systems in dwarf cashew culture. **Agriculture, ecosystems & environment**, v. 165, p. 173-183, 2013.

CAPÍTULO 2

CARBONO E FÓSFORO EM AMBIENTES AGRÍCOLAS E NATURAIS COM E SEM QUEIMADAS EM LATOSSOLO NO CERRADO PIAUIENSE

RESUMO

MARAFON, GÉSSICA. **Carbono e fósforo em ambientes agrícolas, naturais e com queimadas em Latossolo no cerrado piauiense.** 2016, Cap. 2, p 18-45. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal do Piauí, PI¹.

O desmatamento para exploração da madeira ou para ocupação agrícola e a ocorrência de incêndios alteram o fluxo e natureza do carbono (C) e do fósforo (P) no solo. Objetivou-se, com este trabalho, avaliar as frações de carbono oxidável e frações de fósforo no solo em área de cerrado, com mata nativa protegida de queimadas (MN) por 10 anos e outra área adjacente sem proteção (MQ) e comparar o estoque e a labilidade do carbono de ambientes com matas nativas (com e sem queimadas) com ambientes usados para agricultura em sistema de plantio direto (SPD) e plantio convencional (SPC). As amostras foram retiradas em triplicatas nas camadas de 0-10 cm e 10-20 cm, em solo sob mata nativa com restrição de queimadas, em solo sob mata nativa sem restrição de queimadas, em solo sob exploração agrícola no SPD e em solo sob SPC. Foram analisadas as frações de carbono oxidável (F1, F2, F3 e F4) e os teores de carbono orgânico total (COT), nitrogênio total (N-total), estoque de C, estoque de N, relação C/N, relação C/P, índice de compartimento do carbono (ICC), Índice de labilidade, Índice de manejo do carbono (IMC), labilidade, relação C lábil/C total, fósforo orgânico (P-orgânico), fósforo inorgânico (P-inorgânico), fósforo extraível com hidróxido de sódio (P-NaOH) e fósforo extraível com ácido clorídrico (P-HCl). O solo sob MQ apresentou menores teores de COT e das frações de carbono oxidáveis em relação ao solo sob MN. Ambos os solos sob mata nativa apresentam semelhante distribuição percentual das frações de P orgânicas e inorgânicas. Os ambientes com solo sob sistemas cultivados (SPD e SPC) apresentaram maior estoque de carbono até 20 cm de profundidade do que os ambientes com matas nativas. O solo sob SPD apresentou estoque de N semelhante ao solo sob MN. Os teores de P inorgânico do solo estão relacionados positivamente à fração mais lábil de C, enquanto os teores de P orgânico estão relacionados inversamente às frações mais recalcitrantes de C.

Palavras-chave: Sistema plantio direto; Sistema plantio convencional; Mata nativa; Carbono pirogênico; P orgânico; P inorgânico

¹Orientador: Ronny Sobreira Barbosa – UFPI/Bom Jesus

¹Coorientador: Julian Junio de Jesus Lacerda – UFPI/Bom Jesus

ABSTRACT

MARAFON, GÉSSICA. **Carbon and phosphorus in agricultural environments, natural and burned in cerrado oxisol of Piauí.** 2016, Chap. 2, p.18 – 45. Dissertation (Masters in Soil and Plant Nutrition) – Federal University of Piauí, PI¹.

Deforestation for logging or agricultural occupation and the occurrence of fires alter the flow and nature of carbon (C) and phosphorus (P) in the soil. The objective of this study was to evaluate the fractions of oxidized carbon and phosphorus fractions in soil in cerrado area, with protected native forest fires (MN) for 10 years and an adjacent area without protection (MQ) and compare the stock and environments carbon lability with native forests (with and without fire) environments used for agriculture in no-tillage (NT) and conventional tillage (SPC). Samples were taken in rejoinders in layers of 0.0-0.1 me 0.1-0.2 m in soil under native forest with restriction burned in soil under native forest without restriction burned in soil under farm the SPD and soil under SPC. The oxidizable carbon fractions were analyzed (F1, F2, F3 and F4) and total organic carbon (TOC), total nitrogen (total N), C stock, relation C/N, relation C/P, index carbon compartment (ICC), lability, carbon management index (CMI), index lability, relation C labile / C total, organic phosphorus (P-organic), inorganic phosphorus (P-inorganic) extractable phosphorus with sodium hydroxide (NaOH) and extractable phosphorus with hydrochloric acid (P-HCl). The soil under MQ showed lower levels of COT and oxidizable carbon fractions in the ground under MN. Both soils under native forest have similar percentage distribution of organic and inorganic P fractions. The environments with soil under cultivated systems (SPD and SPC) had higher carbon stock up to 20 cm depth than the environments with native forests. The soil under NTS showed stock N similar to the soil under MN. The levels of inorganic P soil are positively related to more labile fraction of C, while organic P concentrations are inversely related to the most recalcitrant fractions of C.

Keywords: No tillage; Conventional tillage system; Native forest; Pyrogenic carbon; Organic P; Inorganic P

1. INTRODUÇÃO

A cobertura vegetal remanescente do bioma cerrado é de 1.039.854 km², o que corresponde a 53% da área total do bioma (MMA, 2014). Além do desmatamento para exploração da madeira, outro aspecto preocupante se refere aos incêndios florestais (Hardestry et al., 2005; Pivello, 2011). O fogo influencia a distribuição e a composição florística das savanas, afeta a estrutura dos trechos de vegetação, age positivamente sobre grupos de espécies adaptadas e negativamente nas espécies não adaptadas (Walter et al., 2008). Contudo, a introdução inadequada do fogo pode alterar substancialmente o equilíbrio destes ecossistemas (Shlisky et al., 2007). Em 2010, a frequência de focos de incêndio no cerrado superou a marca de 100.000 focos devido ao acúmulo de material combustível e baixos índices pluviométricos (MMA, 2014).

Tanto o desmatamento para exploração da madeira ou para ocupação agrícola quanto os incêndios, alteram o fluxo e natureza do carbono orgânico do solo, resultando em impactos nos corpos hídricos, biodiversidade e na qualidade dos solos. O desmatamento e o manejo inadequado interrompem a deposição da serrapilheira, aumentam a decomposição da matéria orgânica do solo (MOS) e aumentam as emissões de CO₂ e outros gases para a atmosfera (Rosolen et al., 2012). A conversão de sistemas naturais para a agricultura envolve um elenco de atividades que influenciam nas taxas de adição e decomposição da matéria orgânica do solo, que é especialmente acelerada pela perturbação física com implementos no preparo do solo, com a ruptura dos macroagregados e exposição do solo (Zinn et al., 2005; Resck et al., 2008).

A MOS modera muitos processos do solo, como o desenvolvimento estrutural, ciclagem de nutrientes, a capacidade de retenção de água e poder tampão do solo, entre outros. Algumas práticas de manejo podem diminuir as taxas de decomposição e em alguns casos até aumentar o estoque de MOS, tais como plantio direto, que altera os componentes da MOS e propriedades estruturais do solo a longo prazo (Costa et al., 2015; Kibet et al., 2016). O compartimento da MOS é um equilíbrio entre as taxas de adição e de decomposição (taxas de turnover) e, como tal, mudanças nas práticas agrícolas podem resultar em alterações marcantes, tanto no tamanho do compartimento e taxa de turnover de MOS, e, por consequência dos nutrientes (Blair et al., 1995).

O C do solo pode acumular-se e perder-se a taxas de 0,1 a 10 Mg C ha⁻¹ ano⁻¹. As taxas de acúmulo e perda de C do solo, refletem diferenças no processo dominante, contribuindo para a estabilização da MOS (Pinheiro et al., 2015). Além da quantidade é

importante saber a qualidade do carbono orgânico do solo, especialmente o carbono lábil que corresponde às formas de fácil mineralização pela microbiota do solo. O carbono lábil pode ser oriundo da decomposição de resíduos orgânicos, resíduos culturais, exsudados de raízes e de origem microbiana. O carbono lábil também representa as formas solúveis de C, que formam complexos com cátions metálicos como o Ca e Mg, e desse modo facilita a translocação destes cátions para as camadas mais profundas (Silva e Mendonça, 2007).

Em trabalho realizado em ambientes agrícolas no cerrado piauiense, Pragana et al. (2012) observaram que os quatro anos de implantação do SPD não proporcionaram aporte de matéria orgânica suficiente para elevar os teores de COT para valores equivalentes os encontrados em ambiente natural. Os autores ainda relataram que a contribuição de matéria orgânica de um cultivo para o outro era incipiente, pois as condições climáticas favorecem a rápida decomposição desses resíduos. Isto reforça a importância de um estudo sobre culturas mais resistentes à decomposição para formação de palhada nessa área.

As formas de fósforo orgânico e inorgânico do solo, também são influenciadas pelo uso e manejo do solo, como em solos cultivados, onde há adições periódicas de fosfatos, o sistema de manejo determina alterações na distribuição das formas e das concentrações do fósforo no seu perfil e, mais especificamente, no horizonte superficial. Basicamente, as diferenças são relatadas entre os sistemas de manejo onde há revolvimento sistemático do solo (sistema plantio convencional) e naquele onde não se aplica o revolvimento (sistema plantio direto) (Santos et al., 2008). Rodrigues et al. (2016) observaram que o P orgânico nos solos de cerrado aumentou após a conversão para a agricultura, mas essa fração ainda é inferior a 20% do total de P no solo. Os autores concluíram que o plantio direto levou a um acúmulo de P orgânico, e aumentou frações de P inorgânico, em comparação ao preparo convencional.

Neste contexto, é possível que os incêndios nas áreas de cerrado alterem o estoque e a labilidade do carbono no solo, e que a agricultura conservacionista mantenha o estoque e a labilidade de C semelhante às áreas nativas. Assim, os objetivos deste trabalho foram: avaliar as frações de carbono oxidável e frações de fósforo no solo em área de cerrado, com vegetação natural protegida de queimadas por 10 anos e outra área adjacente sem proteção; e comparar o estoque e labilidade do C das áreas nativas (com e sem queimadas) com áreas usadas para agricultura em sistema de plantio direto e plantio convencional.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado na Fazenda Dois Irmãos, no município de Bom Jesus-PI. As coordenadas geográficas do local de coleta das amostras de solo são 9°18'38,41" S e 44°45'45.36" O e altitude de 645 m (Figura 1). O clima da região é do tipo quente e semi-úmido (AW, segundo a classificação de Köppen) e apresenta duas estações bem definidas: uma chuvosa, que vai de novembro a abril e uma seca que dura de maio a outubro. A precipitação média anual está em torno de 944,4 mm. A temperatura máxima média nos últimos 13 anos foi de 34,6°C, e a mínima 20,0°C (INMET,2016).

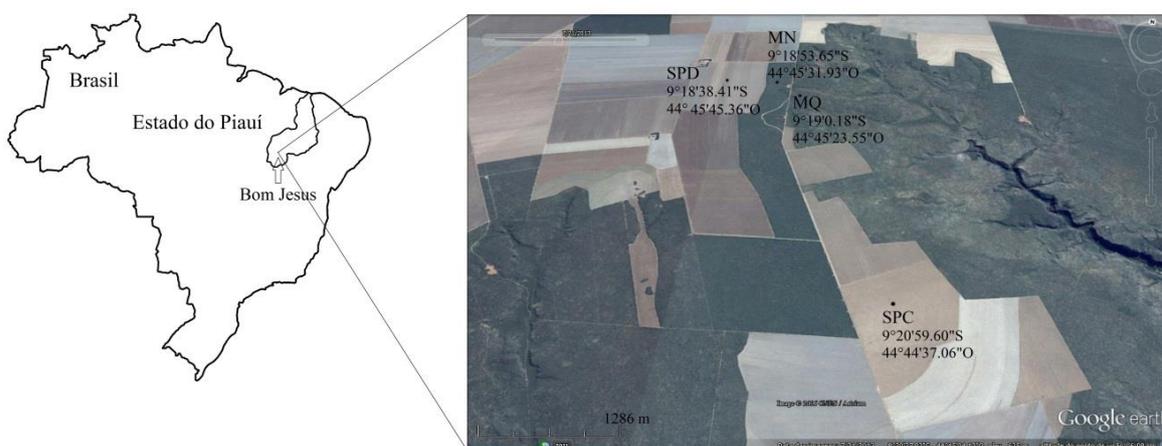


Figura 1- Localização dos diferentes ambientes: Mata Nativa Protegida (MN), Mata Nativa com Queimadas (MQ), Sistema Plantio Direto (SPD) e Sistema Plantio Convencional (SPC).

O solo foi classificado como LATOSSOLO AMARELO Distrófico típico (Santos et al., 2013), oriundo de Arenitos da Formação Piauí Grupo Balsas, depositados na Era Paleozóica (CPRM, 2006). As amostras, deformadas e indeformadas, foram coletadas em triplicatas por área em mini trincheiras (20 x 10 cm), sendo amostras compostas, totalizando uma distância de 50 metros por ponto de coleta. As profundidades foram de 0-10 cm e 10-20 cm, em quatro áreas adjacentes, duas com vegetação natural e duas em exploração agrícola. Os ambientes com mata nativa são de reserva, sendo uma protegida de queimadas (naturais ou antrópicas) (MN) ao longo de 10 anos e outra com ocorrência de incêndios bianuais (MQ) entre os meses de agosto e outubro (meses mais quentes do ano com temperaturas de até 42,4° C). Uma das áreas de reserva é protegida devido a presença de uma estrada que separa as duas áreas e auxilia as operações de combate ao fogo (Figura 1). As áreas em exploração agrícola são usadas no cultivo de soja e milho, uma cultivada no sistema

de semeadura direta (SPD) por 13 anos (2002-2015) e outra no sistema de preparo convencional (SPC) com cinco anos de implantação (2010-2015).

As amostras deformadas foram secas ao ar, destorroadas e homogeneizadas manualmente, e tamisadas em peneira de malha 2 mm (TFSA), para caracterização física e química (Tabela 1). Entre os atributos físicos, foram realizadas as análises granulométrica, pelo método da pipeta e a densidade do solo (DS) (Donagema et al., 2011). Os atributos químicos P, K⁺, Cu²⁺, Fe²⁺, Mn²⁺ e Zn²⁺, foram analisados através da solução extratora de Mehlich-1 (HCl 0,05 mol L⁻¹ + H₂SO₄ 0,0125 mol L⁻¹) e Ca²⁺, Mg²⁺ e Al³⁺ trocáveis foram determinados no extrato com KCl a 1 mol L⁻¹. A acidez potencial (H+Al) foi determinada com extração em acetato de cálcio a 0,5 mol L⁻¹ e o pH em água na relação solo-água 1:2,5 (Silva et al., 2009).

Tabela 1- Atributos químicos e físicos de LATOSSOLO AMARELO Distrófico típico em diferentes ambientes: Mata Nativa Protegida (MN), Mata Nativa com Queimadas (MQ), Sistema Plantio Direto (SPD) e Sistema Plantio Convencional (SPC), nas camadas de 0-10cm e 10-20 cm.

Atributos Avaliados	Sistemas Avaliados							
	MN		MQ		SPD		SPC	
	0-10	10-20	0-10	10-20	0-10	10-20	0-10	10-20
pH H ₂ O	4,39	4,30	4,38	4,34	5,12	4,84	5,53	4,71
P (mg dm ⁻³)	0,86	0,32	0,50	0,13	6,23	8,17	16,67	10,78
Cu ²⁺ (mg dm ⁻³)	0,17	0,17	0,17	0,17	0,15	0,07	1,55	0,52
Mn ²⁺ (mg dm ⁻³)	2,79	0,89	1,68	0,63	2,35	1,23	5,84	2,82
Fe ²⁺ (mg dm ⁻³)	177,69	177,39	162,27	167,11	133,52	155,96	121,88	145,77
Zn ²⁺ (mg dm ⁻³)	0,41	0,18	0,00	0,50	0,29	0,00	4,15	2,09
Al ³⁺ (cmol _c dm ⁻³)	1,00	1,00	0,90	0,80	0,30	0,40	0,00	0,40
H+Al (cmol _c dm ⁻³)	8,86	6,11	7,43	5,45	5,61	5,28	5,45	6,44
Ca ²⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0,11	0,03	0,06	0,03	1,09	0,62	1,84	0,79
Mg ²⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0,19	0,03	0,06	0,01	0,11	0,04	0,49	0,09
K ⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0,06	0,04	0,05	0,04	0,12	0,07	0,19	0,10
SB (cmol _c dm ⁻³)	0,37	0,10	0,18	0,08	1,32	0,73	2,53	0,99
CTC (cmol _c dm ⁻³)	9,23	6,26	7,77	5,91	6,93	5,90	7,92	7,42
V (%)	4,01	1,67	2,33	1,40	19,16	12,36	31,88	13,08
m (%)	73,26	90,33	84,24	90,37	18,44	38,48	0,00	35,73
Areia g kg ⁻¹	591,8	497,2	551,4	503,3	877,4	874,4	673,6	657,0
Silte g kg ⁻¹	122,7	154,3	139,7	225,4	7,3	18,7	74,9	48,4
Argila g kg ⁻¹	285,5	348,5	308,9	271,3	123,6	106,9	251,5	294,6
DS (g cm ⁻³)	1,22	1,29	1,16	1,33	1,41	1,53	1,44	1,50

O nitrogênio total foi quantificado nas amostras pela digestão com ácido sulfúrico e peróxido de hidrogênio, seguida de destilação a vapor (Kjedahl) com hidróxido de sódio e titulação com indicador de ácido bórico e ácido clorídrico (adaptado de Bremner e Mulvaney, 1982; Tedesco et al, 1995). O carbono orgânico total (COT) foi quantificado por oxidação da matéria orgânica via úmida com dicromato de potássio ($K_2Cr_2O_7$ 0,167 mol L⁻¹) e ácido sulfúrico concentrado (H_2SO_4), a determinação foi feita por titulação com sulfato ferroso amoniacal (Yeomans e Bremner, 1988).

Foram avaliadas as frações de C oxidável através da metodologia de Chan et al. (2001). As amostras de 0,5 g de solo foram acondicionadas em erlenmeyer de 250 mL, onde se adicionaram 10 mL $K_2Cr_2O_7$ 0,167 mol L⁻¹ e quantidades de H_2SO_4 correspondentes às concentrações de 3, 6 e 9 mol L⁻¹. A oxidação foi realizada sem fonte externa de calor e a titulação dos extratos foi feita com uma solução de $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$ 0,5 mol L⁻¹, utilizando-se como indicador a fenantrolina. Foram obtidas quatro frações, com graus crescentes de oxidação do C: Fração muito facilmente lábil (F1): C oxidado por $K_2Cr_2O_7$ em meio ácido de 3 mol L⁻¹ de H_2SO_4 . Fração facilmente lábil (F2): diferença do C oxidado por $K_2Cr_2O_7$ em meio ácido com 6 e 3 mol L⁻¹ de H_2SO_4 . Fração moderadamente lábil (F3): diferença do C oxidado por $K_2Cr_2O_7$ em meio ácido com 9 e 6 mol L⁻¹ de H_2SO_4 . Fração resistente (F4): diferença do COT e 9 mol L⁻¹ de H_2SO_4 .

O teor de C na fração F1 foi considerado como carbono lábil (CL) do solo, enquanto que o carbono não lábil (CNL) foi obtido por diferença (CNL = COT - CL). Os estoques de carbono e nitrogênio (Mg ha⁻¹) em cada camada do solo foram determinados pela expressão: $Estoque_{(COT\ ou\ NT)} = COT\ ou\ NT \times Ds \times esp$, em que: COT = teor de C total (g kg⁻¹); NT = teor de N total (g kg⁻¹); DS = densidade do solo (g cm⁻³) e esp = espessura da camada de solo (m). A relação C/N foi calculada a partir dos valores dos estoques de carbono e nitrogênio total das amostras, a relação C/P foi calculada a partir dos valores totais do carbono e do fósforo e a relação C lábil/C total, foi calculada a partir do C lábil e COT. Também foram avaliados o índice de compartimento de carbono (ICC), a labilidade (L), o índice de labilidade (IL) e o índice de manejo de carbono (IMC), conforme as expressões: $ICC = COT\ cultivado / COT\ referência$; $L = CL / CNL$; $IL = L\ cultivado / L\ referência$; e $IMC = ICC \times IL \times 100$ (Blair et al., 1995). A área nativa protegida das queimadas foi considerada como área de referência para a determinação dos índices.

Para determinar as frações de P inorgânico foi, adicionado 10 mL de HCl concentrado em 1 g de solo e aquecido em banho-maria por 10 minutos a 70°C, logo em seguida adicionou-se mais 10 mL de HCl por 1 h a temperatura ambiente, então centrifugou-

se e decantou-se o sobrenadante. No solo residual foi adicionado 30 mL de NaOH a 0,5 mol L⁻¹ em temperatura ambiente por 1 h, decantou-se o sobrenadante e foi adicionado mais 60 mL de NaOH 0,5 mol L⁻¹ ao resíduo e colocou-se em banho-maria por 8 h a 90°C separando em seguida o sobrenadante. No solo residual foi adicionado 3 mL de H₂SO₄ e 1 mL de HClO₄, que permaneceu no bloco digestor por 30 minutos a 200°C (Mehta, et al, 1954, adaptado). As leituras foram realizadas com molibdato de amônio e ácido ascórbico em espectrofotometria a 660 nm (Murphy & Riley (1962)).

P total = HCl + NaOH 1 h + NaOH 8 h + P mineralizado

P inorgânico = HCl + NaOH 1 h + NaOH 8 h

P orgânico = P mineralizado

Os dados foram submetidos a análise de variância, e as médias, comparadas pelo teste de *Scott-Knott* ($p < 0,05$), com o auxílio do programa estatístico Sisvar.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados referentes ao fracionamento de carbono orgânico, em relação às frações de oxidação com dicromato de potássio, são apresentados na Figura 2. Na camada de 0-10 cm, para a fração F1 não houve diferença estatística entre as quatro áreas avaliadas, a média foi de 6,7 g kg⁻¹ de C. Para a F2 a MQ apresentou menor teor de C (2,3 g kg⁻¹) do que as demais diferindo estatisticamente. Resultados semelhantes foram observado por Guareschi et al (2013), estudando área de cerrado nativo, pastagens, SPD com 3, 15 e 20 anos de implantação, os autores observaram nas frações F1 e F2 semelhança entre áreas com SPD de 15 e 20 anos de implantação (6,16 e 8,66 g kg⁻¹ para a F1 e 2,17 e 3,5 g kg⁻¹ para a F2, respectivamente) com as área de cerrado nativo (F1 7,5 e F2 3,0 g kg⁻¹). As frações F1 e F2 estão associadas à disponibilidade de nutrientes e com a formação de macroagregados, sendo a fração F1 a de maior labilidade no solo e altamente correlacionada com a fração leve livre da MOS (Maia et al., 2007).

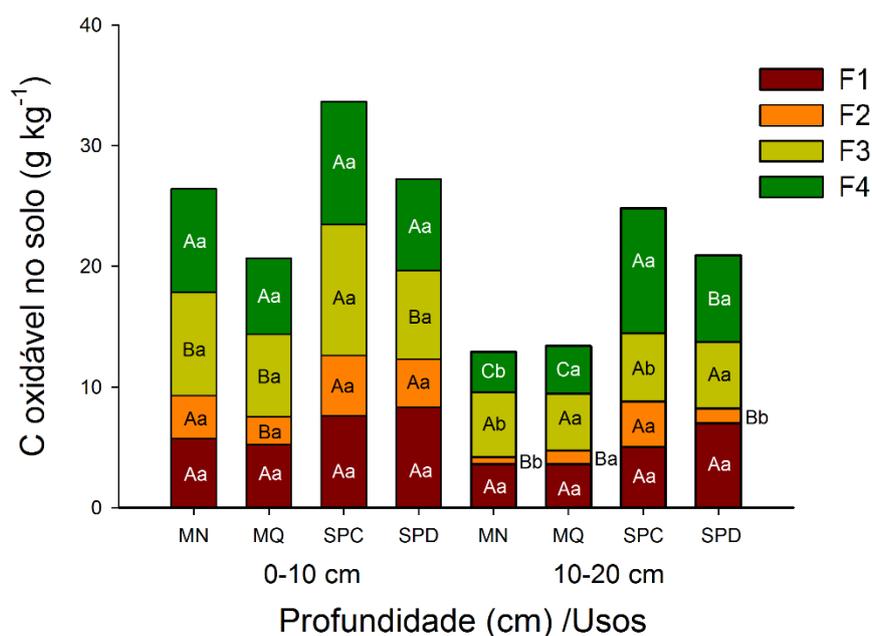


Figura 2- Frações de Carbono oxidável (F1, F2, F3 e F4) em LATOSSOLO AMARELO Distrófico típico em diferentes ambientes: Mata Nativa Protegida (MN), Mata Nativa com Queimadas (MQ), Sistema Plantio Direto (SPD) e Sistema Plantio Convencional (SPC), nas camadas de 0-10 cm e 10-20 cm.

Para a F3, a área em SPC apresentou maior teor de C do que as demais e para F4 as áreas não diferiram estatisticamente entre si. Com a utilização do revolvimento do solo, há uma maior disponibilidade da MOS para ser degradada pelos microrganismos do solo, favorecendo o processo de humificação e estabilização da mesma, já nas demais áreas o

aporte constante de MOS fresca (lábil) pode fazer com que a MOS esteja mais protegida pela formação dos agregados e serrapilheira (pouco contato direto com o solo). Em relação a mata queimada a intensidade do fogo e o tempo de renovação da vegetação nativa podem ter sido suplantados os valores de C lábil, nessa camada 0-10, talvez houvesse maiores respostas nas camadas mais superiores (0-5). Resultados diferentes foram encontrados por Benbi et al. (2015) na avaliação das frações F3 e F4 com solo não cultivado, sistema agroflorestais, rotação milho-trigo, arroz-trigo e cana de açúcar em agro ecossistema, onde os autores observaram que o solo sob vegetação nativa apresentou maiores valores de F3 e F4 na camada de 0-15 cm quando comparado aos solos cultivados. As frações F3 e F4 estão relacionadas com compostos de maior estabilidade química e massa molar, oriundos da decomposição e humificação da MOS (Stevenson, 1994).

Na camada de 10-20 cm, F1 e F3 não diferiram estatisticamente entre as áreas estudadas, F2 foi maior na área em SPC, e F4 foi menor nas áreas de matas do que nas cultivadas, a área em SPC apresentou maior teor de C na F4 do que a área em SPD. A área em SPD apresentou maior percentual da fração lábil em relação ao COT do que as demais áreas, com 32% do COT, seguida das MN (25% do COT) e do SPC, com 21% do COT.

Os resultados referentes ao COT, N-total, estoque de C, estoque de N e relação C/N estão apresentados na Figura 3. A área sob SPC apresentou maior conteúdo de COT (Figura 3.A) na superfície do solo (0-10 cm), comparado ao SPD, em subsuperfície não houve diferença significativa, onde os valores foram inferiores, o que pode ser explicado pelo alto teor de areia no SPD (Tabela 1) (87,43% e 87,41%, para camada de 0-10 e 10-20 cm respectivamente), onde ocorre maior atividade dos microrganismos e assim maior oxidação da matéria orgânica. Nos cerrados o efeito priming é maior que em outras áreas, o constante aporte de MOS estimula a biota do solo a oxidar a MOS nativa do solo, favorecendo a redução dos teores totais de C.

Resultados semelhantes foram encontrados por Matoso et al. (2012), onde o SPC apresentou maiores teores de COT no solo comparado ao SPD, os autores justificam que os resultados podem ser explicados pelo fato do SPC analisado acumular massa vegetal durante o período de pousio. Em trabalho realizado em áreas de cerrado, Pragana et al. (2012) observaram que os quatro anos de implantação do SPD não proporcionaram aporte de matéria orgânica suficiente para elevar o COT ao nível do cerrado nativo. Os autores ainda relataram que a contribuição de matéria orgânica de um cultivo para o outro era incipiente, pois as condições climáticas favorecem a rápida decomposição desses resíduos, o que reforça

a importância de um estudo sobre culturas mais resistentes à decomposição para formação de palhada nessa área.

Em outras condições de ambiente no estado do Paraná (Nitossolo vermelho), Loss et al. (2014), observaram resultados contrários ao estudado, ocorrendo maiores valores de COT no SPD e os menores para a área de SPC na camada de 5- 10 cm, os autores justificaram o resultado em razão do uso de cobertura morta e da ausência de revolvimento do solo no SPD. Nos solos onde os sistemas de manejo se apresentam sem perturbação, há maior diferenciação no teor de C em profundidade (Corazza et al., 1999).

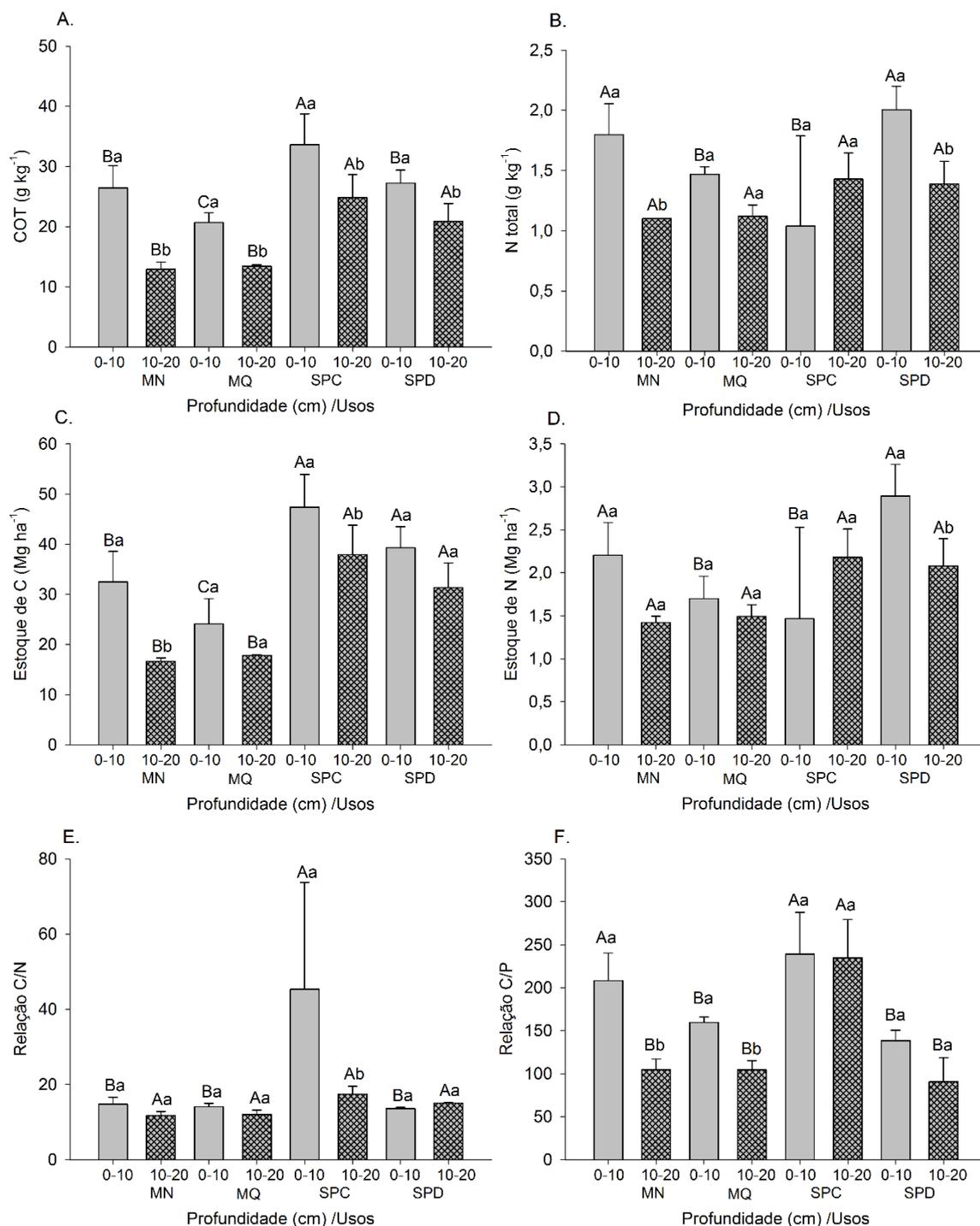


Figura 3- Carbono orgânico total do solo (A), nitrogênio total (B), estoque de carbono (C), estoque de nitrogênio (D), relação C/N (E) e relação C/P (F) em LATOSSOLO AMARELO Distrófico típico sob diferentes ambientes: Mata Nativa Protegida (MN), Mata Nativa com Queimadas (MQ), Sistema Plantio Direto (SPD) e Sistema Plantio Convencional (SPC), nas camadas de 0-10 cm e 10-20 cm. Letras maiúsculas diferentes representam diferença estatística entre ambientes, e letras minúsculas diferentes entre camadas, médias comparadas pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$). Barra: desvio padrão médio.

A MQ apresentou menor valor de COT na profundidade de 0-10 cm e em 10-20 cm não diferiu estatisticamente comparado com a MN, o que pode ser um efeito das queimadas

em diminuir o COT da camada superficial. As temperaturas elevadas na camada 0-2 cm certamente resultaram na morte da maior parte da microfauna e provavelmente alteraram a MOS protegida física e quimicamente. Em estudo do COT do solo realizado em área com queima na pré-colheita de cana de açúcar em um Latossolo Vermelho, Rossi et al. (2016) observaram um decréscimo de carbono do solo onde o fogo foi aplicado em comparação com áreas de cerrado e pastagem onde não ocorre queimada.

Uma possível explicação para o teor de carbono dos solos com fogo controlado pode ser a entrada constante de matéria orgânica pirogênica depois de cada queima, com a elevada resistência a degradação microbiana. Esta fonte de carbono pode levar à acumulação de MOS. Em solos não queimados, por outro lado, a fonte exclusiva de nova MOS é a liteira das plantas frescas, que é rapidamente degradada e, por conseguinte, num longo prazo, só pode fornecer pequenas contribuições para a maior parte dos compartimentos da MOS (Knicker et al., 2012).

O maior teor de N-total (Figura 3.B) foi observado na camada superficial (0-10 cm) do solo no SPD ($2,0 \text{ g kg}^{-1}$) em relação ao SPC ($1,03 \text{ g kg}^{-1}$), e em subsuperfície não apresentou diferença significativa. A razão de não ocorrer diferença em subsuperfície pode estar relacionada ao tempo de adoção do plantio direto e aos aportes de plantas de cobertura que não foram suficientes para promover alterações positivas nos conteúdos de N-total do solo em profundidade (Matias et al.2009). O milheto utilizado como planta de cobertura por ser uma granífera com relação C/N elevada dificulta a sua decomposição e liberação de N ao solo, além de causar a mineralização. A MN foi superior a MQ na superfície, em subsuperfície não ocorreu diferença significativa entre as áreas. O sistema cultivado com SPD foi similar à MN, o que pode ser atribuído ao não revolvimento do solo o qual está proporcionando uma recuperação das condições originais do solo. A dinâmica do N está intimamente ligada a do C, pois 95% do N do solo está associado a MOS, onde há mais MOS, teoricamente tem maior disponibilidade de N.

O valor de estoque de C (Figura 3.C) na superfície foi superior no SPC com valor de $47,36 \text{ Mg ha}^{-1}$, devido ao maior teor de COT do solo desta área seguido do SPD, com $39,28 \text{ Mg ha}^{-1}$. Conceição et al. (2013), em trabalho com SPD e SPC observaram que em solos subtropicais a conversão de SPC para o SPD depende do estabelecimento do sistema de cultivo e da diversificação das culturas de cobertura, para que ocorra maiores conteúdos de matéria orgânica no solo. Freixo et al. (2002), observando a camada de 0-30 cm, o estoque de C na área sob Cerrado foi de $52,6 \text{ Mg ha}^{-1}$ de C, ao passo que o estoque de C encontrado no solo sob SPD foi de $40,2$ a $47,3 \text{ Mg ha}^{-1}$ de C, e em comparação com a área sob SPD, o

solo sob SPC apresentou estoque de C significativamente superior (53,8 a 60,4 Mg ha⁻¹ de C).

Nos sistemas não cultivados, a MN apresentou maior estoque de carbono em relação a MQ (Figura 3.C). Corroborando com os resultados, Signor et al. (2014) observaram que as áreas sem queima da cana de açúcar apresentaram maior estoque de C em relação as áreas com a queima da colheita da cana, nas áreas sem queima o estoque foi de 19,4 a 33,4 Mg ha⁻¹, enquanto nas áreas queimadas foi de 11,2 a 23,2 Mg ha⁻¹.

Os estoques de carbono nos solos cultivados apresentaram maiores valores em relação às matas, nas duas profundidades, resultando assim em maior acúmulo de material vegetal nos sistemas cultivados comparado as áreas de mata, pois proporcionam maior incremento nos teores de C, conseqüentemente permitem recuperar os estoques de MOS. Nota-se que na MN o aporte dos resíduos vegetais mantem o equilíbrio com a taxa de decomposição, mas nas áreas cultivadas a quantidade de biomassa produzida é maior que a taxa de decomposição. Por outro lado, a MQ também indica que o fogo tem contribuído para a deterioração da material orgânico do solo, favorecendo as perdas de C nas formas de CO₂.

O SPD apresentou maior estoque de N (Figura 3.D) na superfície em relação ao SPC, sendo 2,89 Mg ha⁻¹ e 1,46 Mg ha⁻¹, respectivamente. A MN apresentou maior estoque de N em relação a mata com queimada, pois a queima favorece a volatilização do N. Em subsuperfície não ocorreu diferença significativa entre as áreas. Na camada de 0-10 cm, o estoque de N no solo sob SPD foi semelhante ao da área com MN, por outro lado o estoque de N da MQ foi similar ao do solo sob SPC. Estes resultados reforçam que a adoção do SPD pode resultar em melhoria da qualidade do solo.

A relação C/N (Figura 3.E) foi maior no SPC na superfície em relação às outras áreas analisadas, no entanto não se observou variação em subsuperfície. Esse comportamento é observado por Matoso et al. (2012), onde os autores também não encontram diferença entre os tratamento (mata nativa, pastagens, SPD e SPC) nas duas profundidades (0-10 e 10-20 cm) em que ocorre o equilíbrio na mineralização do N em todos os usos do solo e nas profundidades. Em trabalho realizado por Zhang et al. (2016), com SPD com retenção de resíduos e SPC com resíduos removidos, os autores observaram que a relação C/N do solo no SPD é elevada na superfície em comparação ao SPC que é atribuída ao aporte de resíduos, e também pode ser um resultado do aumento do teor de argila. Os autores ainda comentam que a relação C/N do solo é um indicador importante da fertilidade dos resíduos, que pode ser utilizada para refletir a interação ou a ligação entre COS e SPD. A maior C/N no SPD pode reduzir a disponibilidade de N através da imobilização. A adição de N como

fertilizantes pode ser necessária para equilibrar o carbono orgânico sequestrado durante a formação da matéria orgânica do solo. Portanto, a gestão eficiente N é necessária para melhorar a disponibilidade de N no solo no sistema de SPD.

A relação C/P, observada na Figura 3.F, foi maior no SPC nas duas profundidades comparado ao SPD, o que ocorreu devido a maior presença de COT e menor de P-total no SPC, ocorrendo portanto, mineralização no SPD. No SPC, a imobilização e mineralização operam com a mesma intensidade, pois quando a relação C/P está na faixa de 200-300 a imobilização e a mineralização operam com a mesma intensidade, havendo equilíbrio entre esses processos e sem alteração imediata na disponibilidade dos nutrientes (Moreira e Siqueira, 2006). Em relação as matas estudadas, a relação C/P naquela com restrição de queimadas foi maior em superfície, ocorrendo equilíbrio entre mineralização e imobilização, comparado à área sem restrição de queimadas, onde predomina a mineralização. Em relação aos sistemas cultivados, a relação C/P foi maior nas duas profundidades no SPC em relação ao SPD.

O índice de compartimento do carbono (ICC), Índice de labilidade (IL), Índice de manejo do carbono (IMC), Labilidade e a relação C lábil/C total estão apresentados na Figura 4. O ICC é significativamente maior no SPC nas duas profundidades em relação ao SPD, indicando que os teores de COT apresentam-se superiores nessa área, em relação aos da mata (referência), ou seja, apresentaram valores maiores que 1. A mata queimada, nas duas profundidades apresentou no ICC valores inferiores a 1, o que representa um decréscimo dos teores de COT.

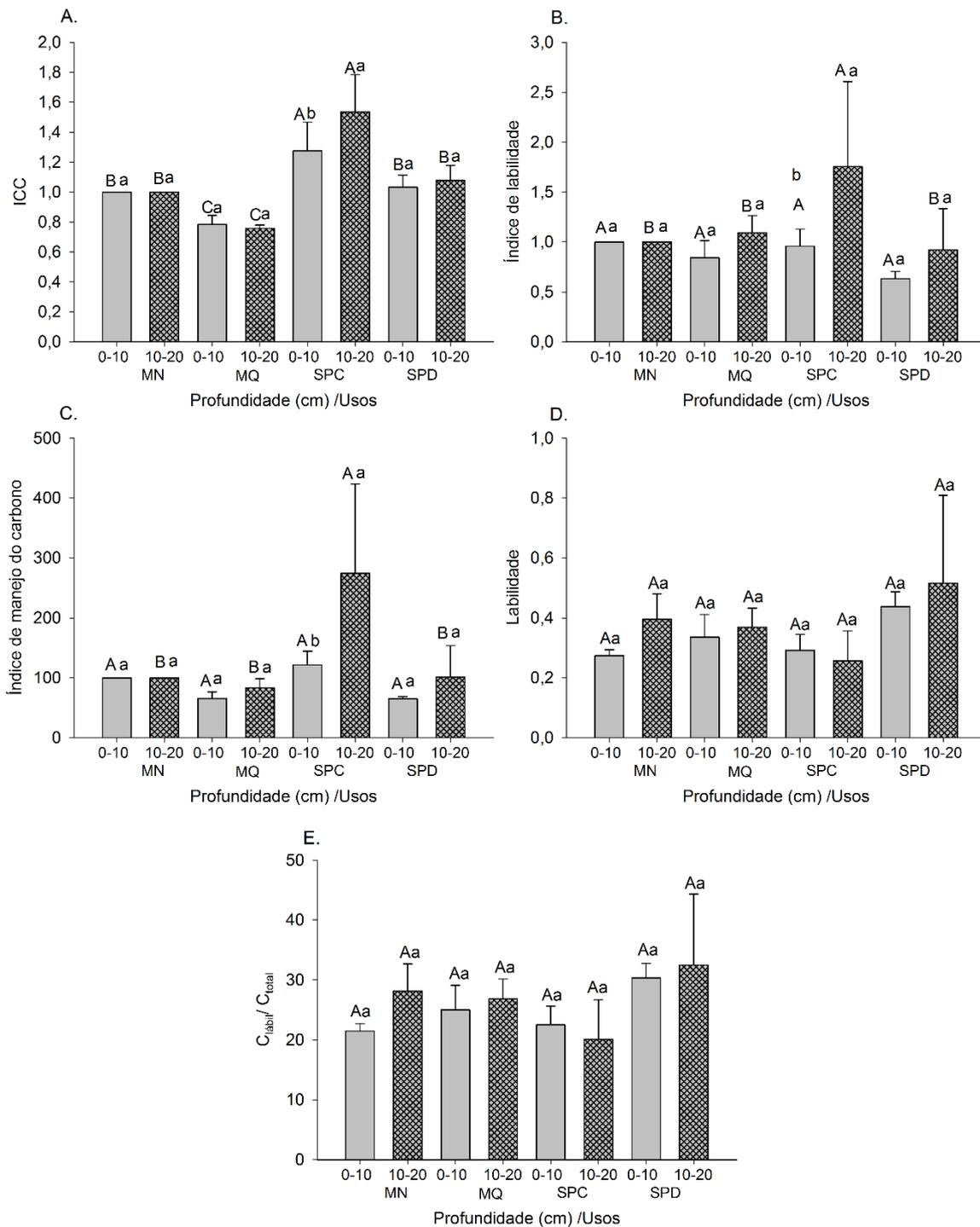


Figura 4- Índice de compartimento de carbono (A), Índice de labilidade (B), Índice de manejo do carbono (C), labilidade (D) e relação carbono lábil/carbono total (E) nas camadas de 0-10 e 10-20 cm em diferentes ambientes: diferentes ambientes: Mata Nativa Protegida (MN), Mata Nativa com Queimadas (MQ), Sistema Plantio Direto (SPD) e Sistema Plantio Convencional (SPC). Letras maiúsculas diferentes representam diferença estatística entre ambientes, e letras minúsculas diferentes entre camadas, médias comparadas pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$). Barra: desvio padrão médio.

A variável IL, não apresentou diferença entre as áreas na camada de 0-10cm, sendo seus valores inferiores a 1. Na camada de 10-20 cm o SPC (maior que 1) foi superior ao SPD. A MQ não diferiu estatisticamente em relação a mata de referência. Os resultados referentes a labilidade e relação C lábil/C total não apresentaram diferenças estatística entre as áreas estudadas e entre as profundidades. O IMC não diferiu entre as áreas na camada 0-10 cm, e na camada de 10-20 cm o SPC apresentou IMC superior ao SPD. O SPC apresenta maior teor de COT no solo, pois ocorre maior decomposição dos resíduos orgânicos no solo do SPD, por conter maior conteúdo de areia neste sistema.

Trabalhando com integração lavoura-pecuária (ILP), SPD, pastagem e cerrado, Gazolla et al. (2015), observaram que os maiores valores de IMC foram nas áreas de SPD e ILP em comparação a área de pastagem. Os autores justificam os resultados devido a rotação de culturas e maior aporte de resíduos vegetais depositados ao solo nestes sistemas. Blair, (1995) propõe que não existe um valor ideal para o IMC, relata que o índice fornece uma medida sensível da dinâmica do C do solo a um sistema de referência mais estável, que indica se um determinado sistema de manejo é mais degradante ou ocorre maior preservação do C do solo.

O fósforo total no solo, representado pelo P-orgânico e P-inorgânico (Figura 5), foi maior no SPD em superfície ($198,3 \text{ mg kg}^{-1}$), e em subsuperfície ($241,9 \text{ mg kg}^{-1}$) comparado ao SPC, $142,6 \text{ mg kg}^{-1}$ e $108,3 \text{ mg kg}^{-1}$ respectivamente. As áreas de matas apresentaram teores de P total semelhantes e não houve diferença entre as profundidades. As áreas cultivadas apresentaram maiores teores de P total no solo em relação as matas, o que se deve à aplicação de fertilizantes fosfatados para o cultivo de grãos (Figura 5). A natureza e a dinâmica da MOS e P estão associados, e podem ser a base para prever as modificações que as mudanças no uso da terra podem ter na disponibilidade de P (Aguiar et al, 2013).

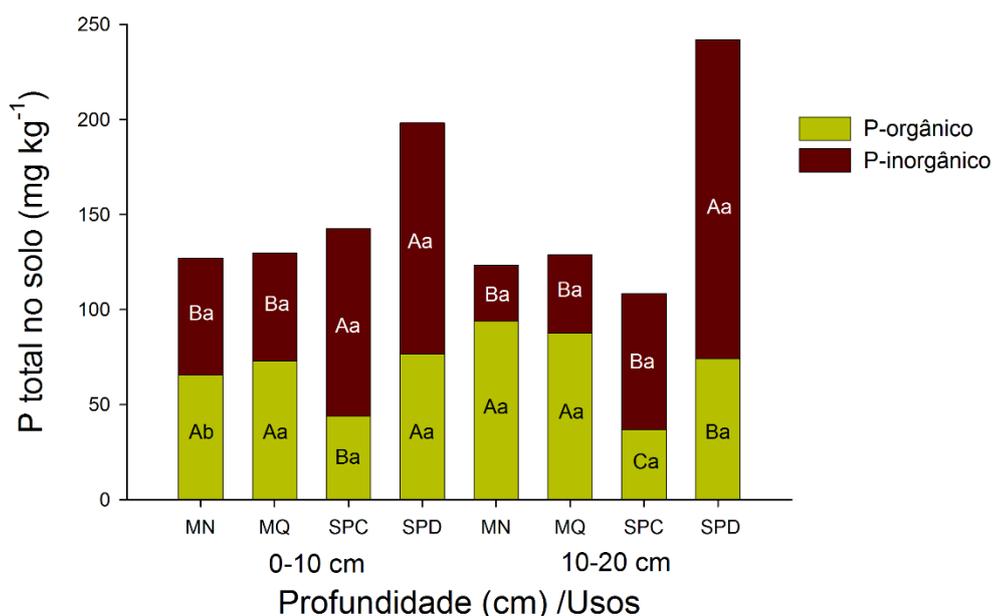


Figura 5 - Fosforo total no solo e as frações de P-orgânico e P-inorgânico em diferentes ambientes: diferentes ambientes: Mata Nativa Protegida (MN), Mata Nativa com Queimadas (MQ), Sistema Plantio Direto (SPD) e Sistema Plantio Convencional (SPC), nas camadas de 0-10 e 10-20 cm.

O SPD apresentou maior teor de P-inorgânico no solo comparado ao SPC, nas duas profundidades. No entanto, ao comparar as duas profundidades em cada sistema, nota-se um comportamento inverso, de modo que no SPD, o P-inorgânico é maior na camada de 10-20 cm, enquanto no SPC os maiores valores estão na camada de 0-10 cm. Os valores de P-inorgânico no SPD na profundidade de 0-10cm e 10-20 cm foram 121,63 e 167,9 mg kg⁻¹, respectivamente, enquanto no SPC foram 98,65 e 71,31 mg kg⁻¹, respectivamente. Nos teores de P-inorgânico nas áreas de mata, MN e MQ não observaram-se diferença estatística. Este comportamento indica que a restrição dos eventos de queimada por 10 anos não foi suficiente para diferenciação nos teores de P-inorgânico. Além disso, como não há retirada das cinzas onde ocorrem as queimadas, possivelmente a ciclagem no nutriente não permitiu a diferenciação nos teores de P-inorgânico das duas áreas. Os sistemas cultivados apresentaram maiores valores de P-inorgânico comparado com as áreas não cultivadas, o que pode ser explicado pela adição de fertilizantes fosfatados para o cultivo de grãos.

Durante as queimadas, alguns nutrientes contidos no material vegetal podem perder-se da área por volatilização/convecção, mas outros retornaram ao solo nas cinzas e, ainda permanecem nos resíduos vegetais que não sofreram combustão completa. A volatilização/convecção resulta em perda de nutriente na área, principalmente de C, N e S,

podendo perder-se também P se a queima atingir temperaturas elevadas (Salcedo e Sampaio, 2008).

O P-orgânico no solo do SPD apresentou maior proporção comparado ao SPC, nas duas profundidades. No SPD a manutenção dos resíduos culturais na superfície do solo reduz sua taxa de decomposição, aumentando o conteúdo de matéria orgânica e de Po (Gatiboni et al, 2007). Na comparação entre as matas, não houve diferença significativa nos teores de P-orgânico, sendo que na camada de 10-20 cm os teores de P-orgânico das duas áreas foram maiores do que os teores na superfície. Provavelmente, este maior teor de P-orgânico na subsuperfície das duas áreas de mata esteja relacionado ao efeito mineralização do P-orgânico dos eventos de queimada anteriores ao início da proteção contra os incêndios. Por outro lado, ao comparar os valores percentuais de P-orgânico em relação ao P-total na camada de 0-10 cm, as áreas de mata apresentaram média de 54% de P-orgânico, enquanto as áreas de produção de grãos apresentaram 30,8% e 38,6% de P-orgânico para o SPC e SPD, respectivamente.

Não houve diferença nos teores de P inorgânico extraídos com HCl nas áreas estudadas. Esta fração representa (Figura 6) a forma do P ligado ao Ca, assim, os baixos valores observados revelam pouca expressividade desta fração no compartimento do P inorgânico (Gonçalves & Meurer, 2009; Santos et al., 2008). Esse baixo conteúdo de P-Ca pode estar atribuído a solos tropicais que são mais intemperizados, e favorecem a formação de compostos de P ligado a Fe e Al (Raij, 1991). No entanto, cabe ressaltar que no SPD na camada de 0-10 cm o teor de P extraído com HCl foi maior do que na camada de 10-20 cm, o que está relacionado à calagem sem incorporação, pois a maior atividade de cálcio na superfície pode formar precipitados de fosfatos de cálcio na superfície.

O P inorgânico, extraído com NaOH em temperatura ambiente por 1 h foi maior no SPC comparado ao SPD nas duas profundidades, porém nos dois sistemas o P-NaOH foi maior na subsuperfície em relação a superfície. Na camada de 10-20 cm, os teores de P-NaOH foram similares nas matas com valores entre 34,2 e 35,12% do P inorgânico, mas na camada de 0-10 cm a MQ apresentou maiores valores, 42,95% do P inorgânico.

Os teores de P inorgânico extraídos com NaOH a 90° C por 8 h de aquecimento foram maiores no SPD em comparação ao SPC nas duas profundidade, pois apresentaram valores próximos mas dentro de cada sistema não houve diferença entre as profundidades. As matas foram semelhantes entre si apresentando valores entre 55,73 e 65,38% do P total do solo.

Na camada de 0-10cm a mata protegida e o SPD nas duas profundidades representaram similaridade entre os resultados, 34% do P-inorgânico para o NaOH

(temperatura ambiente por 1h), e 65% do P-inorgânico para o NaOH (90°C por 8h). A MN e MQ na camada de 10-20 cm apresentaram valores próximos (63% e 61%, respectivamente), o que pode ser justificado pela presença do fogo, pois este afetou o solo na MQ apenas na camada mais superficial, e em subsuperfície o solo mantém as suas condições originais. O SPC apresentou valores semelhantes das frações de P nas duas profundidades estudadas, ocorrendo menor proporção de NaOH 1 h a temperatura ambiente (42%) e 56% do P-NaOH (8 h a 90°C).

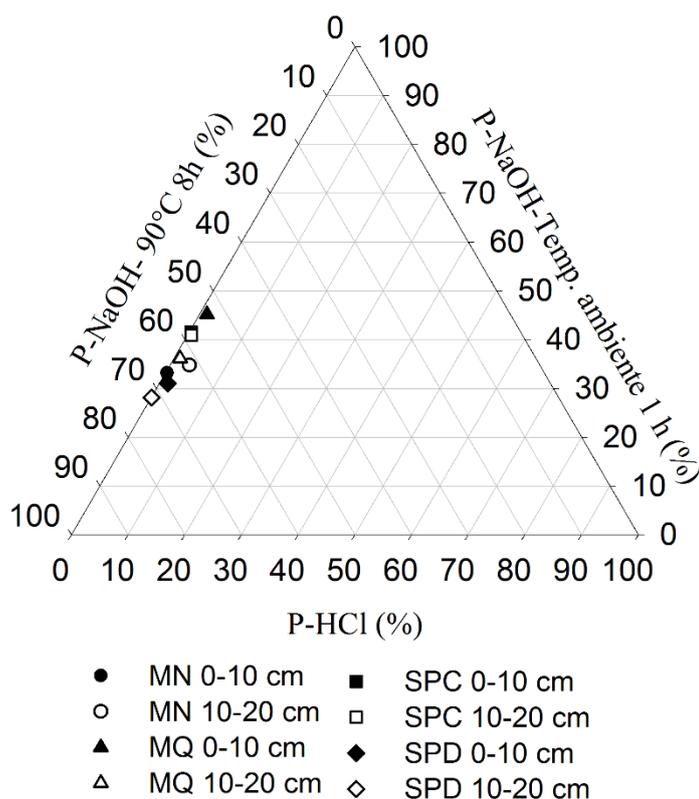


Figura 6 - Valores percentuais do P-NaOH aquecido a 90° por 8hr, P-NaOH em temperatura ambiente por 1hr, e o P-HCl na mata protegida, mata queimada, sistema plantio convencional e sistema plantio direto nas duas profundidades 0-10 e 10-20 cm.

Na Tabela 2, observa-se as frações de carbono oxidável estão correlacionadas com as frações de P. A F1 está correlacionada significativamente com o P-inorgânico e o P-total do solo, ou seja a fração mais lábil do C apresenta relação com o P do solo. As frações de carbono oxidável mais recalcitrantes (F2, F3 e F4) e o COT estão correlacionadas significativamente com o P-orgânico do solo. As frações de C oxidável que são mais recalcitrantes apresentam maior relação com o P-orgânico quando as frações de C forem

mais oxidadas. O N-total do solo não apresentou correlação com as variáveis estudadas. Essas relações podem ser devidas aos reservatórios de C, N, P, S e outros nutrientes que ocorrem em diferentes formas orgânicas, e que são depositados por materiais orgânicos, assim como parte das frações orgânicas pré-existentes do solo (Moreira e Siqueira, 2006).

Tabela 2- Correlação de Pearson entre os valores do fracionamento do carbono oxidável (F1, F2, F3 e F4), Po e Pi (orgânico e inorgânico), P-total, N-total e COT do solo.

	F1	F2	F3	F4	COT	N-total
Pi	0,60**	0,19	0,06	0,38	0,40*	0,21
Po	-0,34	-0,59**	-0,44*	-0,79**	-0,7**	-0,08
P-total	0,47**	-0,05	-0,11	0,06	0,12	0,184
N-total	0,3	0,18	0,11	0,13	0,22	1

** Significativo ($p < 0,05$) e * ($p < 0,01$)

O aumento nos teores de C e N-total sem alterar os teores de P-orgânico, indica que a ciclagem do P é menos eficiente do que a do N e do C, pois sofre reações de adsorção, e é mineralizado preferencialmente, o que resulta em acúmulo pronunciado de P inorgânico na camada superficial (Kingery et al., 1996; Rheinheimer e Anghinoni, 2001).

4. CONCLUSÃO

O solo sob mata nativa com eventos periódicos de queimadas possui menores teores de COT e menores teores das frações de carbono oxidáveis do solo em relação ao solo sob mata protegida.

A mata protegida e a mata com eventos periódicos de queimadas contém semelhante distribuição percentual das frações de P orgânicas e inorgânicas no solo.

Os teores de P inorgânico do solo estão relacionados positivamente à fração mais lábil de C, enquanto os teores de P orgânico estão relacionados inversamente às frações mais recalcitrantes de C.

Os ambientes agrícolas (SPD e SPC) possuem maior estoque de carbono até 20 cm de profundidade do que no solo sob ambientes naturais.

5. REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

AGUIAR, A. D. C. F.; CÂNDIDO, C. S.; CARVALHO, C. S.; MONROE, P. H. M.; DE MOURA, E. G. Organic matter fraction and pools of phosphorus as indicators of the impact of land use in the Amazonian periphery. **Ecological indicators**, v. 30, p. 158-164, 2013.

BENBI, D. K.; BRAR, K.; TOOR, A. S.; SINGH, P. Total and labile pools of soil organic carbon in cultivated and undisturbed soils in northern India. **Geoderma**, v. 237, p. 149-158, 2015.

BLAIR, G. J.; LEFROY, R. D.; LISLE, L. Soil carbon fractions based on their degree of oxidation, and the development of a carbon management index for agricultural systems. **Crop and Pasture Science**, v. 46, n. 07, p. 1459-1466, 1995.

BREMNER, J. M.; MULVANEY, C.S. Total nitrogen. In: PAGE, A. L. **Methods of soil analysis**. Madison: American Society of Agronomy, 1982. p. 595-624.

CHAN, K. Y.; BOWMAN, A.; OATES, A. Oxidizable organic carbon fractions and soil quality changes in an paleustalf under different pasture leys. **Soil Science**, v. 166, n. 1, p. 61-67, 2001.

CONCEIÇÃO, P. C.; DIECKOW, J.; BAYER, C. Combined role of no-tillage and cropping systems in soil carbon stocks and stabilization. **Soil & Tillage Research**, v. 129, p. 40-47, 2013.

CORAZZA, E. J.; SILVA, J. E.; RESCK, D. V. S.; GOMES, A. C. Comportamento de diferentes sistemas de manejo como fonte ou depósito de carbono em relação à vegetação de cerrado. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v. 23, p. 425-432, 1999.

COSTA, N. R.; ANDREOTTI, M.; LOPES, K. S. M.; YOKOBATAKE, K. L.; FERREIRA, J. P.; PARIZ, C. M.; BONINI, C. S. B. & LONGHINI, V. Z. Atributos do Solo e Acúmulo de Carbono na Integração Lavoura-Pecuária em Sistema Plantio Direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, n. 03, p. 852-863, 2015.

CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. Mapa geológico do Estado do Piauí: 2º versão. Teresina: CPRM, 2006. 1 CD Rom. Escala 1:1.000.000.

DONAGEMA, G. K.; DE CAMPOS, D. V. B.; CALDERANO, S. B.; TEIXEIRA, W. G.; VIANA, J. H. M. **Manual de métodos de análise de solo**. Embrapa Solos-Documentos (INFOTECA-E), 2011.

FREIXO, A.A.; CANELLAS, L.P.; MACHADO, P.L.O.A. Propriedades espectrais da matéria orgânica leve-livre e leve intra-agregados de dois Latossolos sob plantio direto e preparo convencional. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v. 26, p. 445-453. 2002

GATIBONI, L. C.; KAMINSKI, J.; RHEINHEIMER, D. D. S.; FLORES, J. P. C. Biodisponibilidade de formas de fósforo acumuladas em solo sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n. 4, p. 691-699, 2007.

GAZOLLA, P. R.; GUARESCHI, R. F.; PERIN, A.; PEREIRA, M. G.; ROSSI, C. Q. Frações da matéria orgânica do solo sob pastagem, sistema plantio direto e integração lavoura-pecuária. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 36, n. 2, p. 693-704, 2015.

GONÇALVES, G. K.; MEURER, E. J. Frações de fósforo no solo e sua relação com a absorção pelas plantas de arroz irrigado por alagamento em solos do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, p. 357-362, 2009.

GUARESCHI, R. F.; PEREIRA, M. G.; PERIN, A. Oxidizable carbon fractions in Red Latosol under different management systems. **Revista Ciência Agronômica**, v. 44, n. 2, p. 242-250, 2013.

HARDESTRY, J.A; MYERS, R., FULKS, W. Fire, ecosystems, and people: a preliminary assessment of fire as a global conservation issue. **The George Wright Forum**. v. 22, p. 78–87, 2005.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br>. Acessado em: 11/07/2016.

KIBET, L. C.; BLANCO-CANQUIA, H.; JASA, P. Long-term tillage impacts on soil organic matter components and related properties on a Typic Argiudoll. **Soil & Tillage Research**, v. 155, p. 78–84, 2016.

KINGERY, W. L.; WOOD, C. W.; WILLIAMS, J. C. Tillage and amendment effects on soil carbon and nitrogen mineralization and phosphorus release. **Soil and Tillage Research**, v. 37, n. 4, p. 239-250, 1996.

KNICKER, H.; NIKOLOVA, R.; DICK, D. P.; DALMOLIN, R. S. D. Alteration of quality and stability of organic matter in grassland soils of Southern Brazil highlands after ceasing biannual burning. **Geoderma**, v. 181, p. 11-21, 2012.

LOSS, A.; PEREIRA, M. G.; COSTA, E. M.; BEUTLER, S. J. Frações granulométricas e oxidáveis de matéria orgânica sob diferentes sistemas de uso do solo, no Paraná, Brasil. **Bioscience Journal**, v. 30, n.1, p. 43-54, 2014.

MAIA, S.M.F.; XAVIER, F.A.S.; SENNA, O.T.; MENDONÇA, E.S. ARAUJO, J.A. Organic carbon pools in a Luvisol under agroforestry and conventional farming systems in the semi-arid region of Ceará, Brazil. **Agroforestry Systems**, v. 71, p. 127-138, 2007

MATIAS, M. D. C. S.; SALVIANO, A. A. C.; DE CARVALHO LEITE, L. F.; DE ARAÚJO, A. S. F. Biomassa microbiana e estoques de C e N do solo em diferentes sistemas de manejo, no Cerrado do Estado do Piauí. **Acta Scientiarum: Agronomy**, v. 31, n. 03, 2009.

MATOSO, S. C. G.; SILVA, A.N.; FIORELLI-PEREIRA, E. C.; COLLETA, Q. P.; MAIA, E. Frações de carbono e nitrogênio de um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico sob diferentes usos na Amazônia brasileira. **Acta Amazonica**, vol. 42, n. 02, p. 231-240, 2012.

MEHTA, N. C.; LEGG, J. D.; GORING, C. A. I.; BLACK, C. A. Determination of organic phosphorous in soil. **Soil Science Society of America Journal**, v. 18, n. 4, p. 443–449, 1954.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (Org.). PPCerrado –Plano de Ação para prevenção e controle do desmatamento e das queimadas no Cerrado: 2ª fase (2014-2015). Brasília: MMA, 2014. 132 p.

MOREIRA, F. M. S. E SIQUEIRA, J. O. Microbiologia e Bioquímica do solo. Lavras, 729p, 2006.

MURPHY, J.; RILEY, J. P. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. **Analytica Chimica Acta**, v. 27, p. 31-36, 1962.

PINHEIRO, É. F. M.; DE CAMPOS, D. V. B.; DE CARVALHO BALIEIRO, F.; DOS ANJOS, L. H. C.; PEREIRA, M. G. Tillage systems effects on soil carbon stock and physical fractions of soil organic matter. **Agricultural Systems**, v. 132, p. 35-39, 2015.

PIVELLO, V.R. The use of fire in the cerrado and Amazonian rainforests of Brazil: past and present. **Fire Ecology**, v. 7, n. 01, p. 24-39, 2011.

PRAGANA, R. B.; NÓBREGA, R. S. A.; RIBEIRO, M. R.; LUSTOSA FILHO, J. F. Atributos biológicos e dinâmica da matéria orgânica em Latossolos Amarelos na região do Cerrado piauiense sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, n. 03, p. 851-858, 2012.

RAIJ, B. V. Fertilidade do solo e adubação. Editora Agronômica Ceres, 1991.

RESCK, D.V.S.; FERREIRA, E. A. B.; FIGUEIREDO, C. C.; ZINN, Y. L. Dinâmica da matéria orgânica no cerrado. In: SANTOS, G. A.; SILVA, L. D., CANELLAS, L. P., & CAMARGO, F. D. O. **Fundamentos de matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre, 2008, 645p.

RHEINHEIMER, D. S.; ANGHINONI, I. Distribuição do fósforo inorgânico em sistemas de manejo de solo. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 36, n. 1, p. 151-160, 2001.

RODRIGUES, M.; PAVINATO, P. S.; WITHERS, P. J. A.; TELES, A. P. B.; HERRERA, W. F. B. Legacy phosphorus and no tillage agriculture in tropical oxisols of the Brazilian savana. **Science of the Total Environment**, v. 542, p. 1050–1061, 2016.

ROSOLEN, V.; RESENDE, T. M.; BORGES, E. N.; FRARE, C. T.; MACHADO, H. A. Variações nos teores do C total e isotópico do solo após substituição do cerrado em sistemas agrícolas no Triângulo Mineiro. **Revista Sociedade & Natureza**, v. 24, n. 1, p. 157-168, 2012.

ROSSI, C. Q.; PEREIRA, M. G.; GARCÍA, A. C.; BERBARA, R. L. L.; GAZOLLA, P. R.; PERIN, A.; GONZÁLEZ, S. P. Effects on the composition and structural properties of the humified organic matter of soil in sugarcane strawburning: A chronosequence study in the Brazilian Cerrado of Goiás State. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 216, p. 34–43, 2016.

SALCEDO, I. H.; SAMPAIO, E. V. S. B. Matéria orgânica do solo no bioma caatinga. **Fundamentos da matéria orgânica do solo: Ecossistemas tropicais e subtropicais**, v. 2, p. 419-441, 2008.

SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; OLIVEIRA, J. B. de; COELHO, M. R.; LUMBRERAS, J. F.; CUNHA, T. J. F. (Ed.). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3.ed. Brasília, Embrapa Solos, 2013. 353p.

SANTOS, J. Z. L.; FURTINI NETO, A. E.; RESENDE, Á. D.; CURI, N.; CARNEIRO, L. F.; COSTA, S. D. A. Frações de fósforo em solo adubado com fosfatos em diferentes modos de aplicação e cultivado com milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 2, p. 705-714, 2008.

SANTOS, J. Z. L.; FURTINI NETO, A. E.; RESENDE, Á. D.; CURI, N.; CARNEIRO, L. F.; COSTA, S. D. A. Frações de fósforo em solo adubado com fosfatos em

diferentes modos de aplicação e cultivado com milho. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 32, n. 02, p. 705-714, 2008.

SCHIAVO, J. A.; ROSSET, J. S.; PEREIRA, M. G.; SALTON, J. C. Índice de manejo de carbono e atributos químicos de Latossolo Vermelho sob diferentes sistemas de manejo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 46, p. 1332-1338, 2011.

SHLISKY, A.; WAUGH, J.; GONZALEZ, P.; GONZALEZ, M.; MANTA, M., SANTOSO, H.; ... SCHMIDT, D. **Fire, ecosystems and people: threats and strategies for global biodiversity conservation**. Arlington: The Nature Conservancy, 2007.

SIGNOR, D.; ZANI, C. F.; PALADINI, A. A.; DEON, M. D.; CERRI, C. E. P. Estoques de carbono e qualidade da matéria orgânica do solo em áreas cultivadas com cana-de-açúcar. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 38, p. 1402-1410, 2014

SILVA, F. C. D. S. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Embrapa Informação Tecnológica; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009.

SILVA, I. R.; MENDONÇA, E. S. Matéria orgânica do solo. In: Novais, R.F.; Alvarez, V.; Barros, N. F.; Fontes, R. L. F.; Cantarutti, R. B.; Neves, J. C. L. **Fertilidade do solo**, Viçosa, 1017p. 2007.

STEVENSON, F. J. Humus chemistry: genesis, composition, and reactions. **John Wiley & Sons**, New York, 1994. 496p

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S.J. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre, UFRGS, 1995.174p.

WALTER, B. M. T.; CARVALHO, A. M.; RIBEIRO, J. F. O conceito de savana e de seu componente Cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P.; RIBEIRO, J. F. **Cerrado: ecologia e flora**. Brasília: Embrapa, p. 21-45, 2008

YEOMANS, J. C.; BREMNER, J. M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 19, p. 1467-1476, 1988.

ZHANG, H.; ZHANG, Y.; YAN, C.; LIUA, E.; CHEN, B. Soil nitrogen and its fractions between long-term conventional and no-tillage systems with straw retention in dryland farming in northern China. **Geoderma**, v. 269, p. 138-144, 2016.

ZINN, Y. L.; LAL, R.; RESCK, D. V. S. Changes in soil organic carbon stocks under agriculture in Brazil. **Soil & Tillage Research**, v. 84, p. 28-40, 2005.

ANEXO

Tabela 1 – Valores médios dos percentuais do P-NaOH aquecido a 90° por 8hr, P-NaOH em temperatura ambiente por 1hr, e o P-HCl na mata protegida, mata queimada, sistema plantio convencional e sistema plantio direto nas duas profundidades 0-10 e 10-20 cm.

Sistemas avaliados		P-NaOH - 90° 8hr (%)	P-NaOH - Temp. ambiente 1 h (%)	HCl (%)
MN	0-10 cm	65,38 Aa	34,30 Aa	0,32 Aa
MN	10-20 cm	61,74 Ba	34,78 Ba	3,48 Aa
MQ	0-10 cm	55,73 Aa	42,95 Aa	1,32 Aa
MQ	10-20 cm	63,74 Ba	35,12 Ba	1,13 Aa
SPC	0-10 cm	58,81 Aa	40,82 Aa	0,38 Aa
SPC	10-20 cm	56,40 Ba	42,78 Aa	0,82 Aa
SPD	0-10 cm	65,76 Aa	32,32 Aa	1,91 Aa
SPD	10-20 cm	65,67 Aa	34,19 Aa	0,15 Aa