



Universidade de Brasília
Instituto de Ciências Biológicas
Departamento de Ecologia

**EFEITO DA QUEIMADA NA ESTABILIDADE DE AGREGADOS,
NA RESISTÊNCIA AO SELAMENTO SUPERFICIAL E NA TAXA
DE INFILTRAÇÃO DE ÁGUA EM SOLOS DE CERRADO**

EIYTI KATO

Brasília - 2001



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
DEPARTAMENTO DE ECOLOGIA**

**EFEITO DA QUEIMADA NA ESTABILIDADE DE AGREGADOS,
NA RESISTÊNCIA AO SELAMENTO SUPERFICIAL E NA TAXA
DE INFILTRAÇÃO DE ÁGUA EM SOLOS DE CERRADO**

EIYTI KATO

Tese apresentada e defendida como requerimento parcial para obtenção do título de Doutor, junto ao programa de Pós-Graduação em Ecologia, do Departamento de Ecologia da Universidade de Brasília, sob a orientação do professor Mundayatan Haridasan.

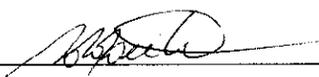
Brasília
Julho/2001

Trabalho realizado junto ao Departamento de Ecologia do Instituto de Ciências Biológicas da Universidade de Brasília, sob orientação do Professor Mundayatan Haridasan, com recursos financeiros do CNPq/FINATEC no âmbito do projeto PRONEX-2.

Aprovado por



Professor Mundayatan Haridasan
Orientador



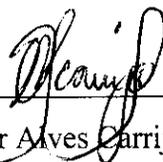
Professor Laércio Leonel Leite
Membro da Banca Examinadora



Professora Heloísa Sinátora Miranda
Membro da Banca Examinadora



Professor Wenceslau J. Goedert
Membro da Banca Examinadora



Dr. Osmar Alves Carrijo
Membro da Banca Examinadora

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, por terem me dado a oportunidade de iniciar e concluir os meus estudos na graduação.

À minha esposa Sônia, pelo carinho, pela compreensão e paciência, pelo incentivo constante e otimista nos momentos mais difíceis.

Aos meus filhos, Luciano, Lilian e Lissa, que são a razão da minha vida.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela esperança e ânimo.

Ao Diretor da FAL, Professor Antônio Xavier de Campos, por permitir o afastamento para a realização do curso.

Agradeço ao professor Mundayatan Haridasan pela amizade e orientação em todas as fases do curso.

Agradeço a Dra Maria Iracema Gonzáles, Chefe da Divisão de Estudos Ambientais do Cerrado, RECOR-DF e a Professora Heloísa Sinátora Miranda, Coordenadora do Projeto Fogo, pelo apoio logístico e autorização para a realização do trabalho na RECOR.

Agradeço ao professor e colega Wenceslau J. Goedert por todos os momentos do trabalho em que me deu sugestões.

Agradeço ao técnico do Laboratório da Ecologia, Anastácio Lourenço Ferreira, por ter me acompanhado e auxiliado em todos os trabalhos de campo.

Agradeço à técnica do Laboratório de Solos da Ecologia, Mara Rúbia Suzana Chaves, por ter me auxiliado nas análises laboratoriais.

Agradeço ao técnico do Laboratório de Solos da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Vandeley da Silva Reis, por ter me auxiliado nas análises laboratoriais.

Ao funcionário da FAL, Augusto Álvaro Pereira dos Santos, pela abertura das trincheiras.

Agradeço ao técnico de laboratório, Vantuir Caixeta Vieira, do Laboratório de Física de Solo e Água do Centro de Pesquisa Agropecuária do Cerrado/EMBRAPA, pelo empréstimo do amostrador de solos.

Agradeço ao colega de curso, Jair Max Furtunato Maia, pela editoração dos mapas da Reserva Ecológica do IBGE.

Aos meus colegas de curso que me incentivaram em todos os momentos, em especial José Roberto Rodrigues Pinto e Marcos Silveira.

A todos que contribuíram direta e indiretamente para a realização deste trabalho.

ÍNDICE

LISTA DE FIGURAS	ii
LISTA DE TABELAS	iv
RESUMO	v
ABSTRACT	vii
INTRODUÇÃO	1
REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	5
MATERIAL E MÉTODOS	11
Descrição da área	11
Coleta de amostras de solo	21
Estabilidade dos agregados do solo	21
Textura do solo	22
Argila dispersa em água	23
Porosidade e densidade	23
Matéria orgânica do solo	23
Taxa de infiltração	23
Formação do selamento superficial	24
RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
Estabilidade dos agregados do solo	27
Carbono orgânico do solo	30
Densidade do solo	34
Densidade de partículas	38
Porosidade total do solo	38
Textura e argila dispersa em água	43
Infiltração de água no solo	45
Selamento superficial	47
CONCLUSÕES	51
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	52

LISTA DE FIGURAS

1	Mapa de vegetação da Reserva Ecológica do IBGE no Distrito Federal.	12
2	Mapa de geologia da Reserva Ecológica do IBGE no Distrito Federal.	13
3	Mapa de solos da Reserva Ecológica do IBGE no Distrito Federal.	14
4	Mapa de curvas de nível da Reserva Ecológica do IBGE no Distrito Federal.	15
5	Localização das parcelas de diferentes tratamentos do Projeto Fogo na Reserva Ecológica do IBGE no Distrito Federal.	16
6	Aspecto da vegetação de campo sujo nas parcelas do Projeto Fogo na Reserva Ecológica do IBGE no Distrito Federal no final da estação chuvosa em março de 2000.	17
7	Aspecto da vegetação de cerrado denso nas parcelas do Projeto Fogo na Reserva Ecológica do IBGE no Distrito Federal no final da estação chuvosa em abril de 2000.	18
8	Aspecto da vegetação de cerrado <i>sensu stricto</i> nas parcelas do Projeto Fogo na Reserva Ecológica do IBGE no Distrito Federal no final da estação chuvosa em abril de 2000.	19
9	Aspecto da vegetação e da distribuição das cinzas sobre o solo após a queimada, em agosto de 1999, nas parcelas de cerrado <i>sensu stricto</i> do Projeto Fogo na Reserva Ecológica do IBGE no Distrito Federal.	20
10	Simulador de chuva e infiltrômetro de anel instalados em campo sujo na Reserva Ecológica do IBGE.	25
11	Desenho esquemático da distribuição de difusores do simulador de chuva.	26
12	Influência do regime de queima sobre o diâmetro médio ponderado dos agregados do solo estáveis em água em diferentes fitofisionomias do cerrado.	28
13	Influência da profundidade sobre o diâmetro médio ponderado dos agregados do solo estáveis em água em diferentes fitofisionomias do cerrado.	30
14	Influência do regime de queima sobre o teor de carbono orgânico do solo em diferentes fitofisionomias do cerrado.	32

15	Perfil de solo da parcela de cerrado denso destacando a presença de raízes e resíduos de carvão.	33
16	Influência da profundidade do solo sobre o teor de carbono orgânico do solo em diferentes fitofisionomias do cerrado.	34
17	Influência do regime de queima sobre a densidade do solo em diferentes fitofisionomias do cerrado.	37
18	Influência da profundidade do solo sobre a densidade do solo em diferentes fitofisionomias do cerrado.	37
19	Influência da profundidade do solo sobre a densidade de partículas em diferentes fitofisionomias do cerrado.	41
20	Influência do regime de queima sobre a porosidade total do solo, pelo método direto, em diferentes fitofisionomias do cerrado.	42
21	Influência do regime de queima sobre a porosidade total do solo, pelo método indireto, em diferentes fitofisionomias do cerrado.	42
22	Influência da profundidade do solo sobre a porosidade total, pelo método direto e indireto em diferentes fitofisionomias do cerrado.	43
23	Influência do regime de queima sobre a argila dispersa em água em diferentes fitofisionomias do cerrado.	46
24	Influência da profundidade do solo sobre a argila dispersa em água em diferentes fitofisionomias do cerrado.	46
25	Influência do regime de queima sobre a infiltração acumulada em diferentes fitofisionomias do cerrado.	48
26	Influência do regime de queima sobre a formação do selamento superficial na fitofisionomia de campo sujo.	49

LISTA DE TABELAS

1	Regime de queima nas parcelas do Projeto Fogo em diferentes fitofisionomias do cerrado na Reserva Ecológica do IBGE no Distrito Federal.	21
2	Influência do regime de queima e da profundidade do solo sobre o diâmetro médio ponderado dos agregados do solo em diferentes fitofisionomias do cerrado na Reserva Ecológica do IBGE no Distrito Federal.	29
3	Influência do regime de queima e da profundidade sobre o teor de carbono orgânico do solo em diferentes fitofisionomias do cerrado na Reserva Ecológica do IBGE no Distrito Federal.	31
4	Influência do regime de queima e da profundidade do solo sobre a densidade do solo em diferentes fitofisionomias do cerrado na Reserva Ecológica do IBGE no Distrito Federal.	36
5	Influência do regime de queima e da profundidade do solo sobre a densidade de partículas em diferentes fitofisionomias do cerrado na Reserva Ecológica do IBGE no Distrito Federal.	39
6	Influência do regime de queima e da profundidade sobre a porosidade total do solo, pelos métodos direto e indireto, em diferentes fitofisionomias do cerrado na Reserva Ecológica do IBGE no Distrito Federal.	40
7	Influência do regime de queima sobre a textura do solo em diferentes fitofisionomias do cerrado na Reserva Ecológica do IBGE no Distrito Federal.	44
8	Influência do regime de queima e da profundidade do solo sobre a argila dispersa em água em diferentes fitofisionomias do cerrado na Reserva Ecológica do IBGE no Distrito Federal.	45

RESUMO

O bioma Cerrado cobre uma área aproximada de 200 milhões de hectares no Brasil. Nesta região, o clima é sazonal, caracterizado por um período seco, que favorece a alta frequência das queimadas, e um período chuvoso. As queimadas causam importantes modificações no ecossistema, inclusive no seu ambiente edáfico. Apesar das propriedades físicas e químicas do solo terem grande influência na vegetação e nos processos importantes no funcionamento destes ecossistemas, os efeitos de queima na modificação das propriedades do solo foram pouco investigados. O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos de queima sobre as propriedades do solo em três fitofisionomias do cerrado para testar as hipóteses de que a queimada diminui a estabilidade dos agregados do solo, contribui para o aumento do selamento superficial causado pela chuva e diminui a taxa de infiltração de água no solo. Foram analisados solos sob campo sujo, cerrado denso e cerrado *sensu stricto* submetidos a regimes de queima de dois em dois anos (bienal) e de quatro em quatro anos (quadrienal), por um período de dez anos. Os tratamentos de queimadas bienais incluíram queimadas no início (bienal precoce), no meio (bienal modal) e no final (bienal tardia) da estação seca. As queimadas quadrienais foram realizadas no meio de estação seca. Este estudo foi realizado na Reserva Ecológica do IBGE, no Distrito Federal, nas parcelas experimentais do projeto de pesquisa, "Efeito de diferentes regimes de queima sobre a estrutura e dinâmica de comunidades do cerrado". As amostras de solo para análises foram retiradas de três perfis em cada parcela nas profundidades de 0-5, 5-10, 10-15, 15-20, 20-30 e 30-40 cm, em abril de 2000. Foram realizadas análises de estabilidade de agregados, textura, densidade do solo e de partículas, porosidade, argila dispersa em água e teor de carbono orgânico. A taxa de infiltração de água no solo foi medida de quinze em quinze minutos por um período de duas horas, utilizando-se de infiltrômetros de cilindros concêntricos. Para induzir a formação do selamento superficial foi utilizado um simulador de chuva e para avaliar o selamento superficial foram feitas medidas de infiltração antes e depois da chuva. As últimas queimas foram realizadas nas parcelas de queima bienal nos meses de junho a setembro de 2000 e nas parcelas de queima quadrienal em agosto de 1999. As medições de infiltração foram realizadas entre agosto de 2000 e março de 2001. Os solos das parcelas das fitofisionomias do cerrado denso e cerrado *sensu stricto* foram Latossolo Vermelho Escuro. As parcelas de campo sujo apresentaram Latossolo Vermelho Escuro e Latossolo Vermelho Amarelo. Todos os solos apresentaram textura argilosa e o teor de argila dispersa variou entre 102 g kg⁻¹ e 382 g kg⁻¹ do solo. Os valores da densidade de solo variaram entre 0,73 g cm⁻³ e 0,86 g cm⁻³ e

a porosidade entre 69% e 73%. O teor de carbono orgânico variou entre 1,53% e 2,24%. A queima da vegetação, de modo geral, aumentou a estabilidade dos agregados. Na fitofisionomia de campo sujo, a parcela com queima de quatro em quatro anos apresentou o valor médio de 2,88 mm de diâmetro médio ponderado dos agregados e as parcelas de queima bienal e sem queima apresentaram valores de 2,79 mm. Os maiores valores do diâmetro médio ponderado apresentados no cerrado denso (2,85 mm) e no cerrado *sensu stricto* (2,88 mm) foram das parcelas com queimas bienais. A taxa de infiltração diminuiu com o aumento da frequência das queimas nas três fitofisionomias. No campo sujo a maior taxa de infiltração de 114 cm h⁻¹ foi registrado na parcela sem queima e a menor taxa de 59 cm h⁻¹ na parcela com queima bienal tardia. No cerrado *sensu stricto* a parcela com queima quadrienal apresentou a taxa de 102 cm h⁻¹ e a parcela com queima bienal de 96 cm h⁻¹. Nas parcelas do cerrado denso o tratamento sem queima apresentou taxa de infiltração de 201 cm h⁻¹ e a bienal tardia de 182 cm h⁻¹. O regime de queima não alterou a formação de selamento superficial no solo do campo sujo. Nas parcelas de controle, queima bienal e queima quadrienal a redução média da taxa de infiltração após a indução do selamento superficial foi de 33%.

Palavras-chave: Estabilidade de agregados, diâmetro médio ponderado de agregados, latossolos, taxa de infiltração, selamento superficial, simulador de chuva.

ABSTRACT

Title: The effects of fire on stability of soil aggregates, resistance to surface sealing and water infiltration rate in soils under cerrado vegetation.

The Cerrado biome extends over an area of approximately 200 million hectares in Brazil. In this region the climate is seasonal, characterized by a dry season, which favors high frequency of fires, and a rainy season. The fires cause important changes in the ecosystem, including the soil environment. In spite of the great influence of physical and chemical properties of soils on vegetation and processes affecting the functioning of these ecosystems, few studies are reported in the literature on the effects of fire on modifying soil properties in the cerrado region. The objective of the present study was to determine the effects of fire on the properties of soils under three physiognomic types of the cerrado vegetation to test the hypotheses that fires diminish the stability of soil aggregates, fires contribute to an increase in surface sealing caused by rain and fires diminish the rate of water infiltration in the soil. Soils under the vegetations of *campo sujo*, dense cerrado and cerrado *sensu stricto* submitted to fire regimes of burning every 2 or 4 years for a 10-year period were investigated. The 2-year burning regime included three treatments where the vegetation was burnt at the beginning, in the middle or at the end of the dry season. In the 4-year burning regime, the vegetation was burnt in the middle of the dry season. This study was carried out in the experimental plots set up under the long term research project, "Effects of different fire regimes on the structure and dynamics of the cerrado communities" at the Ecological Reserve of the IBGE in the Federal District. The soil samples for analysis were collected in April 2000 from three profiles in each plot at the depths of 0-5, 5-10, 10-15, 15-20, 20-30 e 30-40 cm. The soil samples were analyzed to determine aggregate stability, texture, percentage of dispersed clay, bulk density, particle density, porosity and organic carbon content. Infiltration rate was measured in the field every 15 minutes over a 2-hour period using concentric ring infiltrometers. A rainfall simulator was used for the induction of surface sealing which was evaluated by comparing the infiltration rates before and after the rain. The last burnings were carried out during the months of June to September 2000 in the plots of 2-year burning regime and in August 1999 in the plots of 4-year burning regime. The infiltration measurements were carried out between August 2000 and March 2001. The soils of the dense cerrado and cerrado *sensu stricto* were dark red latossol. The *campo sujo* plots were spread over dark red and red yellow latossols. All the soils had a clay texture and the content of dispersed clay ranged from 102 g kg⁻¹ to 382

g kg⁻¹. The bulk density varied from 0.73 g cm⁻³ to 0.86 g cm⁻³ and soil porosity from 69% to 73%. The organic carbon content ranged from 1.53% to 2.24%. The burning of the vegetation generally increased the stability of soil aggregates. The mean weight diameter of water stable aggregates was 2.88 mm in the *campo sujo* plot burnt every four years as compared to 2.79 mm in the unburnt plot and that burnt every two years. The highest values of mean weight diameter in the dense cerrado (2.85 mm) and cerrado *sensu stricto* (2.88 mm) were encountered in plots burnt every two years. The infiltration rate diminished in all vegetation types with increasing fire frequency. The highest infiltration rate of 114 cm h⁻¹ in *campo sujo* was observed in the unburnt plot and the lowest rate of 59 cm h⁻¹ in the plot burnt every four years. In cerrado *sensu stricto* the plot burnt every four years showed an infiltration rate of 102 cm h⁻¹ and the plot burnt every two years a rate of 96 cm h⁻¹. In the dense cerrado, the unburnt plot showed an infiltration rate of 201 cm h⁻¹ and the plot burnt every two years at the end of the dry season a rate of 182 cm h⁻¹. Surface sealing did not vary under different fire regimes in the *campo sujo*. The average reduction in infiltration rate after induction of surface sealing was 33% in the *campo sujo* plots under different fire regimes.

Key words: Water stable aggregates, Mean weight diameter, Latossolos, Surface sealing, Infiltration rate, Rainfall simulator

INTRODUÇÃO

Mais de 1,5 milhão de km², isto é cerca de 20% do território nacional, são cobertos por áreas de vegetação típica de cerrados. O bioma cerrado apresenta um gradiente de formas fitofisionômicas que dependem dos fatores edáficos como a fertilidade, profundidade, grau e duração de saturação da camada superficial ou subsuperficial e relevo e dentro deste gradiente, as formações são: cerradão, cerrado denso, cerrado *sensu stricto*, campo cerrado que na sua forma mais rala é denominada de campo sujo e o campo limpo (Eiten, 1993). O cerrado *sensu stricto* é a forma fitofisionômica que cobre maior extensão da região dos cerrados.

O solo de maior área é o Latossolo com 46% (Adámoli *et al.*, 1987). Os latossolos são solos minerais, não hidromórficos, em avançado estágio de intemperização, muito evoluídos, com seqüência de horizontes A, B e C pouco diferenciados (EMBRAPA, 1999). Do ponto de vista edafológico, Haridasan (1993) destaca que os latossolos do cerrado, apesar de possuírem altos teores de argila, caracterizam-se pela baixa capacidade de retenção de água, alta taxa de infiltração, baixa capacidade de troca catiônica e não apresentam problemas de aeração após chuvas intensas, pois, comportam-se como solos de textura mais grossa. Os solos são fortemente ácidos, com baixos teores de Ca, Mg, K e P disponível para as planta. Os níveis de alumínio disponível e a saturação de alumínio são altos. Na maioria a densidade do solo é baixa ($< 1 \text{ g cm}^{-3}$) sob vegetação nativa e após desmatamento são altamente susceptíveis à erosão. Resck (1998) ressalta ainda a alta porosidade destes solos (70%) com igual proporção entre micro e macroporos e o conteúdo médio de matéria orgânica de 2,5% a 3,0%. Mesmo comportando-se como solos com características de solo com textura mais grosseira, a agricultura intensiva tem exigido um alto grau de terraceamento para proteger os Latossolos da erosão; indicando que as propriedades físico-hídricas são constantemente alteradas durante os anos.

Degradação dos recursos solo e água, e poluição ambiental são os principais problemas percebidos nos trópicos, onde vastas áreas são degradadas, algumas de forma irreversível, através de amplos processos de degradação como, erosão e desertificação acelerada, compactação, acidificação, declínio do conteúdo de matéria orgânica do solo, perda de biodiversidade e depleção da fertilidade do solo (Lal, 1994). A crescente pressão populacional tem tornado esses recursos escassos ou tem abusado em muitas partes do mundo, o que faz a necessidade de se manejar esses recursos eficientemente numa base sustentável. O cerrado tem sido, cada vez mais, alvo principal da ocupação tanto agrícola

como urbana. Nos últimos 30 anos a região foi considerada como uma área de expansão da fronteira agrícola e hoje resta menos de 25% da vegetação nativa¹. É iminente a necessidade do conhecimento das respostas deste bioma as alterações de ação antrópica. Estas alterações significativas podem ter conseqüências irreversíveis ao meio ambiente, quando não são tomadas medidas preventivas necessárias à minimização de seus impactos.

A queima é um dos aspectos característicos das savanas tropicais, e apresenta periodicidade sazonal (Frost & Robertson, 1987). O fogo tem papel importante na ecologia dos cerrados, e dependendo da sua freqüência, intensidade e escala pode causar grandes mudanças na vegetação e na fauna (César, 1980; Ramos, 1990; Sambuichi, 1991; Araújo *et al.*, 1996; Naves, 1996; Diniz, 1997). Vários relatos indicam que desde a era pré-humana existiam queimadas naturais causadas principalmente pelos raios (Ramos-Neto & Pivello, 2000). No cerrado, as primeiras observações relacionadas às queimadas foram do século XVIII e os primeiros estudos foram realizados no século XIX, mas foi a partir de meados da década de 70 que esses estudos tomaram maior impulso. Ninguém duvida que atualmente o homem é o principal causador de incêndios de vegetação e que o número e a freqüência deles são superiores aos dos incêndios naturais (Coutinho *et al.*, 1980). As características dos ecossistemas são alterados pela passagem do fogo e também pelas mudanças posteriores derivadas das modificações simultâneas das características físico-químicas do solo, cobertura vegetal e o espectro biológico (Giovannini & Lucchesi, 1997).

Os efeitos do fogo sobre o acúmulo da biomassa do cerrado foram estudados por alguns autores, destacando a produção primária após queima e influência do regime de queima (Batmanian & Haridasan, 1985; Andrade, 1998). A da biomassa do combustível fino propício para queima no cerrado varia com o gradiente de formas fisionômicas (Kauffman *et al.*, 1994; Castro & Kauffman, 1998). Vários autores estudaram os efeitos do fogo no ambiente edáfico em diferentes ecossistemas, principalmente as modificações importantes nas características químicas do solo (Ahlgren & Ahlgren, 1960; Kang & Sajjapongse, 1980; Frost & Robertson, 1987; Giovannini *et al.*, 1990; Giovannini, 1994; Mallik *et al.*, 1984). Os aumentos de concentração de nutrientes e pH no solo do cerrado após o fogo foram constatados por vários pesquisadores (Cavalcanti, 1978; Coutinho, 1979; Batmanian & Haridasan, 1985; Bustamante *et al.*, 1998; Nardoto, 2000).

Para estudar em longo prazo o efeito do fogo sobre a estrutura e comunidades de cerrado, foi instalado um projeto na Reserva Ecológica do IBGE, Distrito Federal, em 1989.

¹ <http://www.embrapa.br> (dados de julho de 2001)

O desenho experimental do Projeto Fogo inclui três regimes de queima: queima de quatro em quatro anos, queima de dois em dois anos e sem queima. No regime quadrienal a queima é realizada em apenas uma época do ano, no auge da época seca. No regime bienal as queimadas são realizadas em três épocas na estação seca: no início, no meio e no final. Estão sendo estudadas em três fitofisionomias: cerrado denso, cerrado *sensu stricto* e campo sujo. O projeto foi instalado em áreas protegidas contra fogo por mais de 18 anos. Os regimes de queima apresentam características diferentes. Vários trabalhos já foram realizados neste projeto (Kauffman *et al.*, 1994; Sato, 1996; Andrade, 1998; Cardinot, 1998; Silva, 1999) sobre mortalidade de plantas, quantidade de biomassa e dinâmica de nutrientes em função de diferentes tratamentos de queima. Apesar das propriedades do solo terem papel importante na produtividade e distribuição de comunidade de plantas, estudos sobre os efeitos do fogo no solo nas parcelas deste projeto não foram feitos.

Existem evidências de que do fogo altera as propriedades físicas e hídricas do solo (Mallik *et al.*, 1984; Giovannini, 1994). Dentro das propriedades físicas, a agregação do solo tem grande importância por influenciar diretamente a estrutura do solo. Com as evidências de que a agregação do solo sofre influência do fogo, pelo aquecimento ou pela mudança nas propriedades químicas e também pela lixiviação de cinzas, é importante realizar estudos para melhor compreensão do comportamento do solo diante das queimadas. A infiltração de água depende diretamente da estrutura do solo. Existem evidências de que a queimada afeta a infiltração de água no solo (Mallik *et al.*, 1984; Martinez-Fernandez & Diaz-Pereira, 1994; Leite, 1996). Os resultados das pesquisas sobre a infiltração não apresentam um padrão definido, e portanto, é imprescindível estudos que possam entender melhor o comportamento da infiltração em solo submetidos a queimadas. O selamento superficial ocorre em solos desnudos que recebem o impacto direto das gotas de chuva causando a quebra dos agregados da superfície ocasionando a obstrução dos poros (Kato, 1995). Neste aspecto da quebra pelas chuvas, a estabilidade dos agregados tem um papel de grande importância na formação do selamento superficial em Latossolos. A queimada diminui a proteção da superfície do solo exercida pela vegetação e a serapilheira além de apresentar evidências de auxiliar na diminuição no teor de matéria orgânica do solo. Sendo a matéria orgânica um agente cimentante dos agregados, o efeito da queimada sobre a agregação do solo é importante. É necessário o conhecimento do efeito do fogo sobre o solo para que se possa entender melhor a resposta do ecossistema à modificação causada pelo fogo.

Os efeitos da queimada sobre o solo não foram estudados dentro do Projeto Fogo. O objetivo específico do presente trabalho foi avaliar os efeitos do regime de queima sobre o

solo nas parcelas das três fitofisionomias, que vem sendo queimadas há dez anos, por meio de análises físicas, químicas e hídricas do solo.

Na área experimental, a partir das queimadas realizadas nas parcelas a dez anos de acordo com os tratamentos foram levantadas as seguintes hipóteses:

A queimada diminui a estabilidade dos agregados em Latossolos do cerrado.

A queimada contribui para o aumento do selamento superficial do solo causado pela chuva.

A queimada diminui a taxa de infiltração em Latossolos de cerrado, pela modificação da vegetação e atividade da fauna.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Na maioria das vezes de ação antrópica, o fogo é um elemento presente nas áreas de cerrado com grande frequência. O fogo, na agricultura e na pecuária, é utilizado para abertura de novas áreas, limpeza da área e controle de doenças e pragas. A queimada no cerrado, data de milhares de anos (Coutinho, 1981, Ferraz-Vicentini, 1993); porém, até hoje, apesar de vários estudos e observações neste ecossistema os efeitos do fogo não são bem conhecidos. Nos cerrados da região do Distrito Federal, as queimadas são mais frequentes na época seca, tendo seu auge no final, quando a umidade do ar se torna muito baixa, o calor durante o dia aumenta, além da vegetação rasteira que se torna ressequida, e se tornam mais difíceis de serem controladas. Estudos com relação à fauna e à flora têm sido realizados de forma mais intensa (César, 1980; Ramos, 1990; Sambuichi, 1991; Naves, 1996; Diniz, 1997). Pouco se conhece sobre os efeitos do fogo nos solos dos cerrados considerando suas características físico-hídricas. Vários autores evidenciam de que a queima pode interferir nas propriedades físicas do solo (Frost & Robertson, 1987; Mallik *et al.*, 1984; Giovannini, 1994). Para tentar estimar o efeito da queimada no ambiente edáfico em savanas é necessário distinguir entre os efeitos diretos e indiretos do fogo, resultante da adição da matéria vegetal parcialmente queimada e a exposição da superfície do solo (Trollope, 1984).

A extensão do aquecimento do solo durante a queimada depende da intensidade e duração do fogo, bem como do conteúdo de água no solo (Miranda *et al.*, 1993; Christensen, 1994). DeBano *et al.* (1979) inferiram que em geral, os efeitos diretos do intenso aquecimento estão confinados a 2 a 3 cm de profundidade do solo, porém, em áreas com grande acúmulo de combustível, queimando lentamente, o calor pode alcançar até entre 10 e 20 cm de profundidade do solo, resultando em consideráveis alterações químicas e esterilização do solo. Exceto onde o aquecimento do solo é extremo, mudanças nas características físicas tais como textura e mineralogia são desprezíveis (Christensen, 1994). Na revisão feita por Ahlgren & Ahlgren (1960), a maioria dos estudos indicam que as queimadas não produzem calor suficiente para produzir efeitos diretos na textura do solo. Onde ocorre remoção completa da vegetação e serapilheira, a consequente exposição do solo às chuvas resulta em compactação e selamento da superfície.

A queimada de campo sujo de cerrado possui duração do pulso de calor rápido, estando em torno de 120 segundos com temperaturas a um centímetro da superfície em torno de 600°C (Miranda *et al.*, 1996), o que pode diferir de queimadas de outros biomas, como por

exemplo, floresta de coníferas que alcançam altas temperaturas acima de 400°C (Ulery & Graham, 1993), trazendo resultados diferentes no comportamento do solo.

Castro Neves & Miranda (1996) observaram que a temperatura do solo na área de campo sujo de cerrado durante a queimada, nas profundidades de 1, 5 e 10 cm foi de 52,8°C, 26,6°C e 22,3°C. O regime térmico do solo sofreu alteração após a passagem do fogo, com um aumento na amplitude diária da temperatura na ordem de 26,6°C a 1 cm de profundidade. Resultados semelhantes foram obtidos por Dias *et al.* (1996) que relataram que antes de uma queimada em campo limpo de cerrado, a amplitude da temperatura a 1 cm de profundidade no solo era de 10°C, passando para 25°C após a queimada. Concluíram ainda que as gramíneas nas áreas queimadas estão expostas a um regime térmico no solo bem diferente daquele observado em área não queimada há 5 anos. Miranda *et al.* (1993) estudando o cerrado *sensu stricto*, observaram temperaturas de 55°C a 1 cm de profundidade durante as queimadas. Coutinho (1978) observou temperaturas de 74°C na superfície do solo e 47°C a 1 cm de profundidade em campo cerrado.

No experimento de Giovannini & Lucchesi (1997), realizado na Itália em clima do Mediterrâneo, variando a intensidade do fogo, controlado através da quantidade de combustível disponível, foram observadas modificações em vários parâmetros físico-químicos causados pelo fogo, que foram relacionados com o aumento da temperatura na superfície do solo, tais como maior agregação de argila e maior resistência contra forças de ruptura da água, decréscimo de pH em temperaturas até 395°C seguido por aumento com maiores temperaturas, e diminuição de capacidade de troca catiônica e do teor de matéria orgânica. Giovannini *et al.* (1990) utilizando um programa de aquecimento com temperaturas previamente definidas, com aquecimento padronizado em uma hora de duração, observaram nenhum efeito sobre o conteúdo de matéria orgânica do solo até 170°C. Um pequeno decréscimo foi notado a 220°C enquanto que a 460°C, as qualidades físicas do solo começaram a deteriorar-se. Não tem sido constatado o efeito direto das queimadas nas propriedades físicas do solo em áreas de savanas em curto prazo após o fogo, porém, em longo prazo, a densidade global e a porosidade do solo podem ser adversamente afetados pela redução na cobertura vegetal e da serapilheira, mudanças no microclima, aumento na taxa de mineralização da matéria orgânica e mudanças na atividade da fauna do solo (Frost & Robertson, 1987). Carbono orgânico do solo exerce importante papel na estabilidade dos agregados (Le Bissonais & Arrouays, 1997). Existem numerosas pesquisas que estabelecem correlações entre o conteúdo de carbono orgânico nos solos e a agregação estável em água. Tisdall & Oades (1982) descrevem que a correlação não tem sido boas por algumas ou todas

das seguintes razões: (a) somente parte da matéria orgânica é responsável pela agregação estável em água; (b) há um conteúdo de carbono orgânico acima do qual não há mais aumento da agregação estável em água; (c) materiais orgânicos não são agentes aglutinantes majoritários; (d) é a disposição e não o tipo ou quantidade de matéria orgânica que é importante; e (e) a estabilidade dos agregados do solo virgem em água está relacionada com fatores físicos como a reorganização das partículas associados com o primeiro distúrbio do solo virgem, reduzindo a estabilidade na água. A estabilidade, às vezes, relaciona melhor com materiais orgânicos livres do que com carbono orgânico, porque esta fração age como um substrato para produção microbiana de adesivos orgânicos (Oades, 1967).

Em longo prazo, fatores como clima, vegetação e atividade humana, criam condições divergentes, que tem uma profunda influência nas respostas dos solos e ao fogo (Cass *et al.*, 1984). Spera *et al.* (2000) em seu trabalho, concluíram que a queima bienal de vegetação cerrado ralo em Planaltina no Distrito Federal, no período de seis anos, não alterou significativamente a densidade, retenção de água e o conteúdo de carbono orgânico no solo.

Dentre os efeitos indiretos do fogo, podem ocorrer alterações no estado de agregação do solo causado pela lixiviação das cinzas através da água da chuva (Giovannini, 1994), aumento do escoamento superficial e o selamento superficial causado pelo impacto das gotas de chuva sobre o solo desnudo (McIntyre, 1958; Moore, 1981; Dickey *et al.*, 1985; Chu *et al.*, 1986; Reichert *et al.*, 1992). Existem muitos métodos diferentes para medir macro-agregados do solo; alguns focalizam a distribuição do tamanho dos agregados e outros a estabilidade de agregados (Jastrow & Miller, 1991). A argila dispersa em água é uma outra propriedade que pode variar com a queima da vegetação devido principalmente pela lixiviação das cinzas. As cinzas que contém cátions podem agir como floculante da argila (Giovannini *et al.*, 1987).

A porosidade é uma propriedade que depende, principalmente, da textura e da estrutura dos solos. A estrutura do solo é descrita como sendo a mais importante propriedade física do solo, especialmente aqueles referentes à retenção e transporte de soluções, gases e calor e pode ser medida de várias maneiras, mas talvez seja significativamente melhor avaliado através de alguns conhecimentos de quantidade, tamanho, forma ou distribuição dos poros do solo (Danielson & Sutherland, 1986). Como a estrutura do solo está ligada diretamente à presença de agregados, a porosidade também é uma das propriedades que pode variar com a queimada. Uma boa estrutura do solo, para o crescimento das plantas, depende da presença de agregados de 1 a 10 mm de diâmetro, os quais permanecem estáveis quando umedecidos. Os poros entre os agregados deveriam ser largos o suficiente para permitir rápida infiltração e drenagem (Tisdall & Oades, 1982). Estes agregados estáveis em água devem ser

porosos (poros > 75 μm de diâmetro) de tal maneira que permaneçam bem aerados e ainda possuam número suficiente de poros de 30 a 0,2 μm de diâmetro para reter água para o crescimento das plantas.

A resistência dos agregados tem uma importância muito grande na manutenção da infiltração de água no solo. Pesquisadores têm estudado a influência do fogo sobre a infiltração de água no solo que não apresenta um padrão definido. Martinez-Fernandez & Diaz-Pereira (1994) estudaram o efeito do fogo sobre as propriedades hídricas de um solo após nove meses da queimada, em Sierra Larga na Espanha, e verificaram decréscimo de 29,75% na umidade do solo e 20,7 % no valor da condutividade hidráulica saturada do solo com um permeâmetro de carga constante. Mallik *et al.* (1984) observaram decréscimo na infiltração de água na Escócia, utilizando infiltrômetros de anéis concêntricos e aumento de retenção de água em solos que sofreram queima. Leite (1996) utilizou infiltrômetros de anéis concêntricos para medir a infiltração de água no solo no Distrito Federal em vegetação de campo sujo e obteve na parcela queimada, taxa de infiltração ligeiramente superior à da parcela sem queima e concluiu que este comportamento está relacionado às alterações nas propriedades físicas do solo e/ou a uma maior atividade biológica. A infiltração de água no solo é um processo físico de extrema complexidade, dado que o solo é um meio heterogêneo, com ampla variabilidade espacial, apresentando características que sofrem alterações diferenciadas no tempo e no espaço. Vários fatores afetam a infiltração de água no solo, como as características da chuva, umidade antecedente à chuva, histórico de uso e manejo, cobertura vegetal e resíduos culturais, atividade biológica, rugosidade superficial, declividade e forma da paisagem (Reichert *et al.*, 1992).

Os Latossolos normalmente possuem alta taxa de infiltração de água e são afetados pela ação antrópica, principalmente através da agricultura onde se retira a vegetação nativa e se realiza o preparo do solo, destruindo desta forma a sua estrutura original e expondo o solo principalmente às chuvas. Estas chuvas, na região central do Brasil, são de dois tipos: chuvas frontais de grande volume e de longa duração, mas de baixa intensidade e chuvas convectivas de curta duração e alta intensidade, mas de menor volume (Dedecek, 1988). As chuvas de grande intensidade podem provocar grandes impactos na superfície do solo desnudo, causando desagregação e transporte do solo.

A cobertura vegetal afeta significativamente a infiltração de água no solo conforme demonstrou Hino *et al.* (1987) em experimento laboratorial em que considerou os processos de infiltração e escoamento superficial em lisímetros com superfície plantado com grama e sem cobertura. O escoamento superficial no lisímetro sem cobertura foi 32 vezes maior do

que no lisímetro com grama. Johnson & Gordon (1988) estudaram o efeito da cobertura vegetal no escoamento superficial de água e na erosão do solo. Com o uso de um simulador de chuvas de alta intensidade sobre anéis circulares, verificaram que nas áreas sem vegetação o escoamento superficial da água foi 2,5 vezes maior e a perda do solo 8 vezes maior. Vários estudos comprovam que os resíduos vegetais na superfície do solo contribuem para a redução do escoamento superficial (Alves *et al.*, 1995; Lopes *et al.* 1987; Dickey *et al.*, 1985).

Geralmente os autores descrevem o efeito destrutivo do fogo sobre a serapilheira, vegetação e a fauna do solo que reduz a adsorção, a taxa de infiltração e a condutividade hidráulica do solo (Cass *et al.*, 1984).

A exposição do solo à chuva pode ser causada através da queima da vegetação e da serapilheira. Com o impacto das gotas de chuva, além da compactação, os agregados da superfície são destruídos, formando o selo que diminui a infiltração da água no solo. Aliados a este fator, os solos dos cerrados apresentam valores extremamente baixos na capacidade de retenção de água disponível (Lopes, 1984), o que se faz necessário maiores estudos sobre a modificação das características do solo que influenciam o ciclo da água.

Uma das causas de diminuição da infiltração de água no solo é o selamento superficial que consiste na destruição dos agregados da superfície do solo, dispersão de argila, obstrução de poros de uma camada de solo próximo à superfície. Em experimento com chuva simulada, Le Bissonais & Arrouays (1997) mostraram que a formação do selamento superficial é um resultado da quebra dos agregados sob o impacto das gotas de chuva. Shainberg *et al.* (1997) mostram que a taxa de formação do selo é determinada pela taxa de desintegração dos agregados e que a espessura da camada formada não é relacionado à permeabilidade do selo. A camada passa a ter uma maior densidade e menor macroporosidade do que o solo logo abaixo. Com o secamento, o selo diminui de espessura formando uma dura crosta (Moore, 1981). Tackett & Pearson (1965) caracterizaram a crosta formada por chuva simulada como sendo uma camada extremamente densa, de 1 a 3 mm de espessura, com uma camada mais porosa logo abaixo. A superfície fica coberta por uma fina camada de argila muito bem orientada. Amostras submetidas à pressão mecânica não apresentam este efeito superficial.

Reichert *et al.* (1992) verificaram que em condições laboratoriais, com a formação do selamento superficial durante a chuva, a velocidade de infiltração foi sensivelmente reduzida em sete solos do Rio Grande do Sul, classificados como Podzólico, Vertissolo, Latossolo e Brunizém. Este efeito foi mais pronunciado em solos argilosos com argila expansiva ou com alta dispersão de partículas finas. Edwards & Larson (1969) obtiveram nos Estados Unidos, em seis solos franco-siltoso, a diminuição da condutividade hidráulica. Kato (1995) em

experimento com Latossolo no Distrito Federal, de três áreas com manejos diferentes, obteve resultados que mostram a diminuição da condutividade hidráulica do solo, medidas com permeâmetro de carga constante em laboratório, em função do tempo em que amostras desses solos foram expostas à chuva simulada. A diminuição da condutividade hidráulica saturada teve comportamento diferenciado em cada tipo de solo analisado e, segundo os autores, isto se deve à resistência diferenciada de agregados do solo.

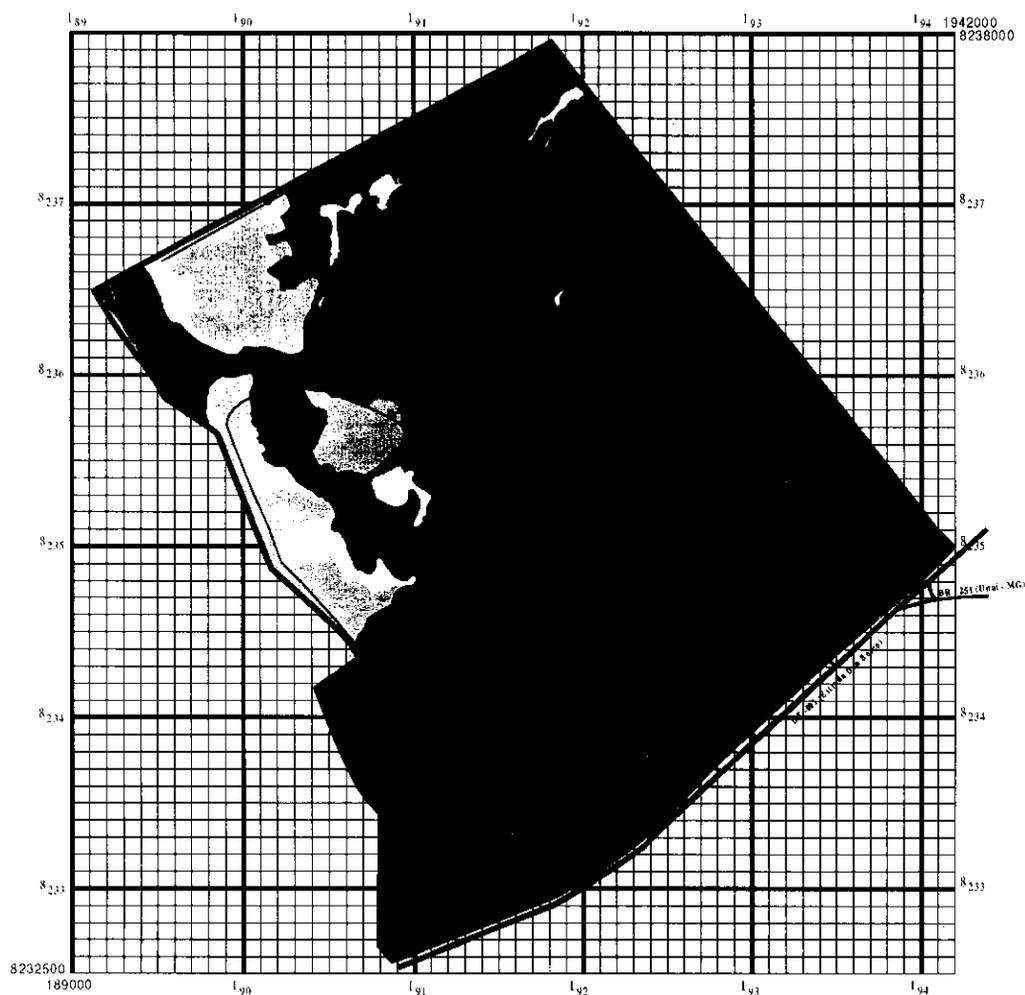
MATERIAL E MÉTODOS

Descrição da área

O experimento foi conduzido na Reserva Ecológica do IBGE situada a 35 km ao sul de Brasília, nas parcelas experimentais do projeto de pesquisa "Efeito de Diferentes Regimes de Queima sobre a Estrutura e Dinâmica de Comunidades de Cerrado em Brasília" (Projeto Fogo) local onde já se tem feito vários estudos, principalmente da fauna e flora (Araújo *et al.*, 1996; Naves, 1996; Cardinot, 1998, Andrade, 1998). A Reserva está situada entre as altitudes de 1050 a 1140 metros e ocupa uma área de 1.375 ha. Pela classificação de Köppen o clima é Aw com uma estação seca de maio a setembro e a precipitação média anual de 1478 mm entre os anos de 1990 e 2000, conforme registros na estação meteorológica local (15° 56' 41" S, 47° 53' 07" W) na altitude de 1100m.

As fisionomias que cobrem maior parte da área (73%) são de campo limpo, campo sujo, campo cerrado, cerrado *sensu stricto* e cerrado denso (Figura 1). As parcelas das fitofisionomias de cerrado denso e cerrado *sensu stricto* estão localizadas a Leste da Reserva, na divisa com a área do Jardim Botânico de Brasília. A vegetação apresenta continuidade na área do Jardim Botânico, com a mesma fitofisionomia, em extensa área. O mapa mostra duas manchas da fitofisionomia cerradão, mas existe um gradiente de cerrado denso para cerrado *sensu stricto*. Entretanto no "Projeto Fogo" as cinco parcelas da parte mais densa da vegetação foram consideradas como cerrado denso e outros cinco como cerrado *sensu stricto*. As parcelas das fisionomias de cerrado denso e cerrado *sensu stricto* com áreas de 10 ha cada uma e parcelas do campo sujo com 4 ha cada uma, estavam isentas de fogo desde 1972.

As formações geológicas que deram origem aos solos profundos, com fertilidade natural muito baixa e textura muito argilosa das parcelas em estudo foram originadas da Cobertura Detrito-laterítico do Terciário (Figura 2), localizado nas áreas mais altas da Reserva. O solo das fitofisionomias de cerrado *sensu stricto* e cerradão é classificado como Latossolo Vermelho-Escuro. A fitofisionomia de campo sujo apresenta duas classes de solo. A parcela de tratamento bienal modal apresenta Latossolo Vermelho-Escuro e a parcela bienal tardia Latossolo Vermelho-Amarelo. As outras parcelas apresentam Latossolo Vermelho-Escuro e Latossolo Vermelho-Amarelo (Figura 3). No Latossolo Vermelho-Amarelo há predominância da argila gibbsita sobre a caulinita, com teores de Fe₂O₃ entre 7 e 11% e no Latossolo Vermelho-Escuro há predominância da argila caulinita com teor de Fe₂O₃ entre 8 e 18% (IBGE, 1995). O relevo nas áreas das parcelas das três fitofisionomias é suave com declividades que variam de 1 a 4% e se encontram na mesma faixa de altitude (Figura 4).



RESERVA ECOLÓGICA DO IBGE – RECOR
BRASÍLIA – DF

LEGENDA

- | | |
|--|---|
| Cerradão (14,85 ha) | Mata ciliar (103,82 ha) |
| Cerrado (409,47 ha) | Murunda (49,76 ha) |
| Campo cerrado (247,74 ha) | Brejo + Murunda (27,13 ha) |
| Campo sujo (331,30 ha) | Brejo / Vereda (57,74 ha) |
| Campo limpo (85,89 ha) | Área antrópica (47,8 ha) |
| Limites da RECOR | Estrada não Pavimentada (não utilizada) |
| Estrada Pavimentada | Córregos e riachos |
| Estrada não Pavimentada (em uso utilizada) | Represa |
| Estrada não Pavimentada (apoco utilizada) | Edificações |

PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSAL DE MERCADOR
ESCALA GRÁFICA SIMPLES



Origem da quilometragem: Equador e Meridiano 45°W.Gr., acrescidos das constantes 10.000 km e 500 km, respectivamente.

Datum Horizontal: SAD 69

Figura 1. Mapa de vegetação da Reserva Ecológica do IBGE no Distrito Federal.

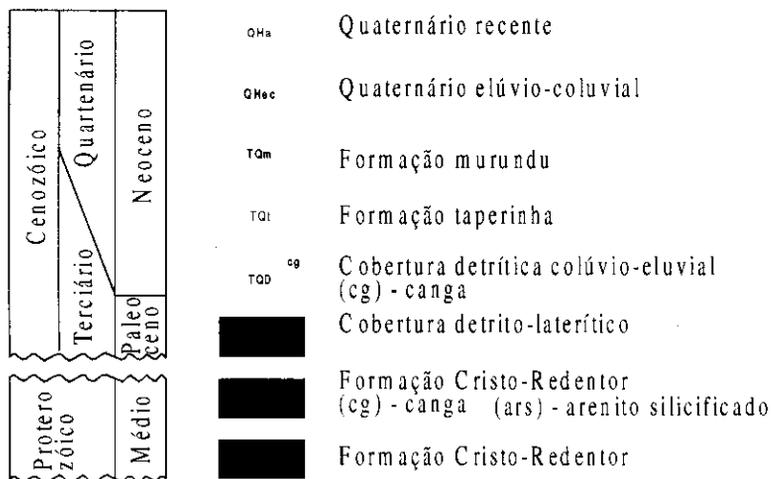
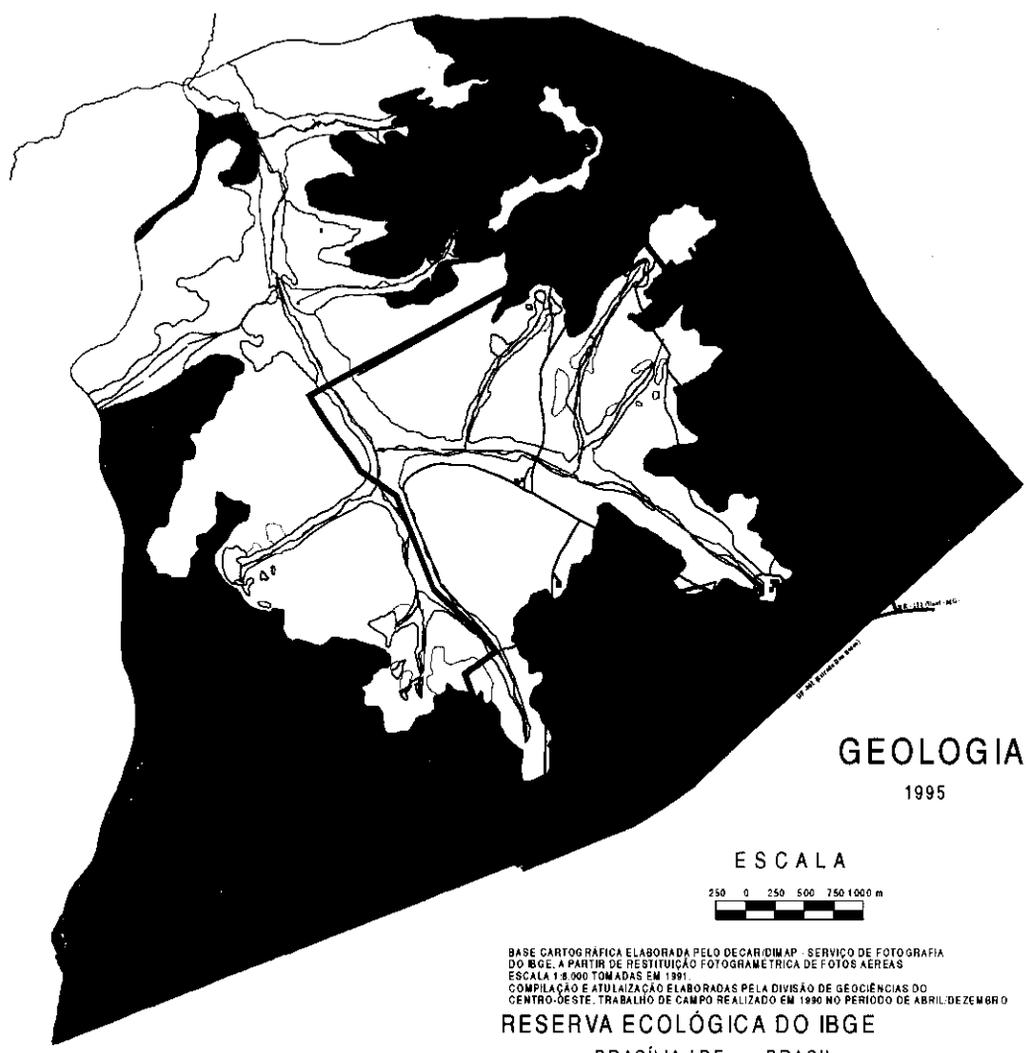
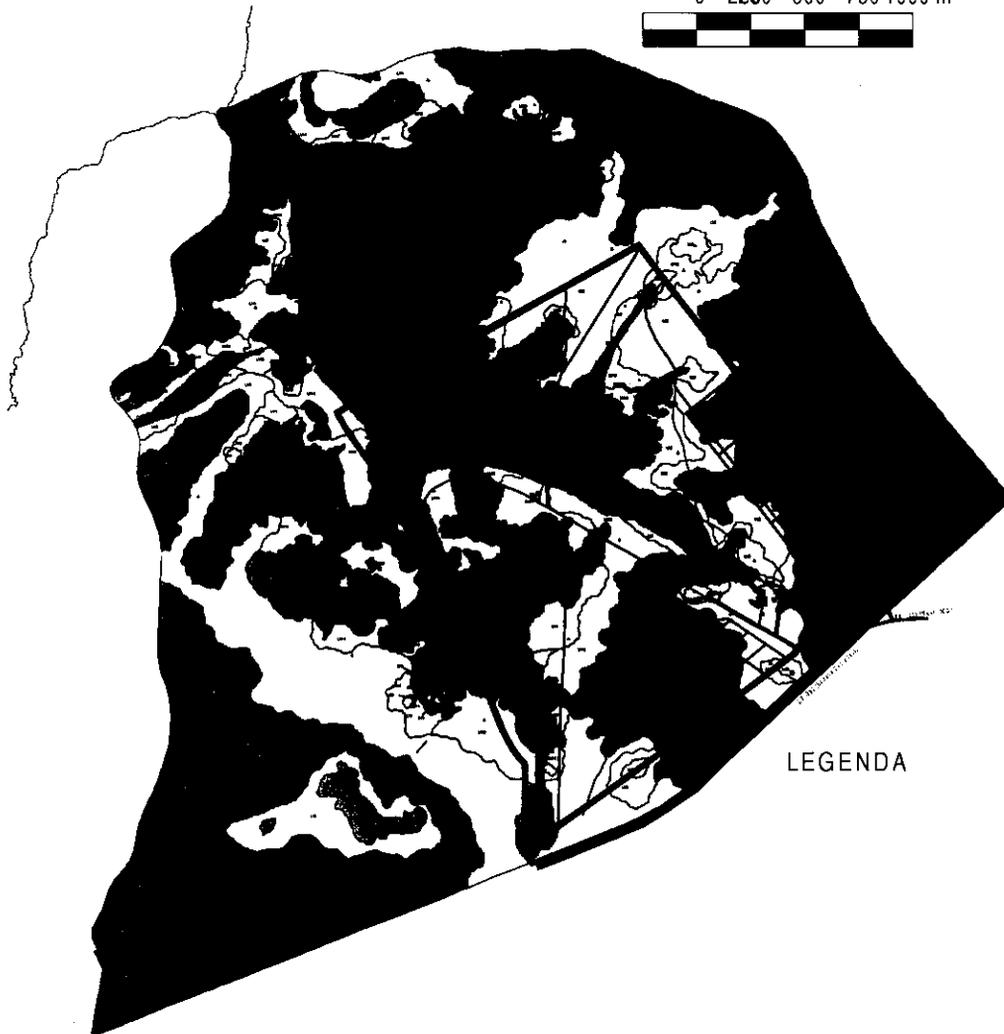


Figura 2. Mapa de geologia da Reserva Ecológica do IBGE no Distrito Federal.

RESERVA ECOLÓGICA DO IBGE
BRASÍLIA / DF - BRASIL
SOLOS

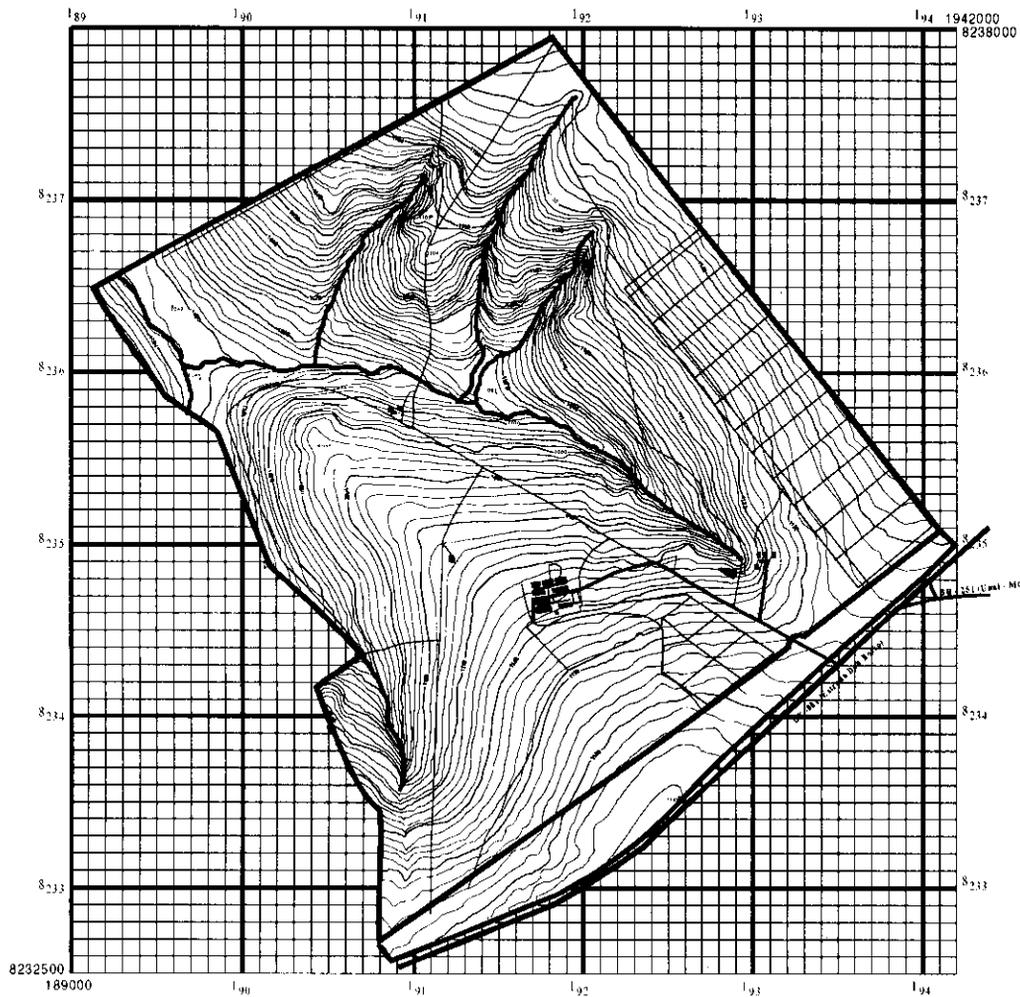
0 250 500 750 1000 m



LEGENDA

	Latossolo Vermelho-Escuro		Plintossolo
	Latossolo Vermelho-Amarelo		Gleissolo
	Latossolo Variação Úna		Solo Orgânico
	Cambissolo		Solo Aluvial
	Solo Petroplântico		Solo Litólico

Figura 3. Mapa de solos da Reserva Ecológica do IBGE no Distrito Federal.



RESERVA ECOLÓGICA DO IBGE - RECOR
BRASÍLIA - DF

LEGENDA

-  Limites da RECOR
-  Estrada Pavimentada
-  Estrada não Pavimentada (muito utilizada)
-  Estrada não Pavimentada (pouco utilizada)
-  Córregos e riachos
-  Represa
-  Edificações

PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSAL DE
 MERCADOR
 ESCALA GRÁFICA SIMPLES



Origem da quilometragem: Equador e Meridiano 45°W.Gr., acrescidos das constantes 10.000 km e 500 km, respectivamente.

Datum Horizontal: SAD 69

Figura 4. Mapa de relevo da Reserva Ecológica do IBGE no Distrito Federal.

O Projeto Fogo foi iniciado em 1990 em parcelas demarcadas nas fitofisionomias de cerrado denso, cerrado *sensu stricto* e campo sujo (Figura 5). Figuras 6, 7 e 8 mostram os aspectos da vegetação das fitofisionomias de todos os tratamentos e a figura 9 mostra o aspecto da vegetação após a queimada e a quantidade de cinzas na superfície do solo.

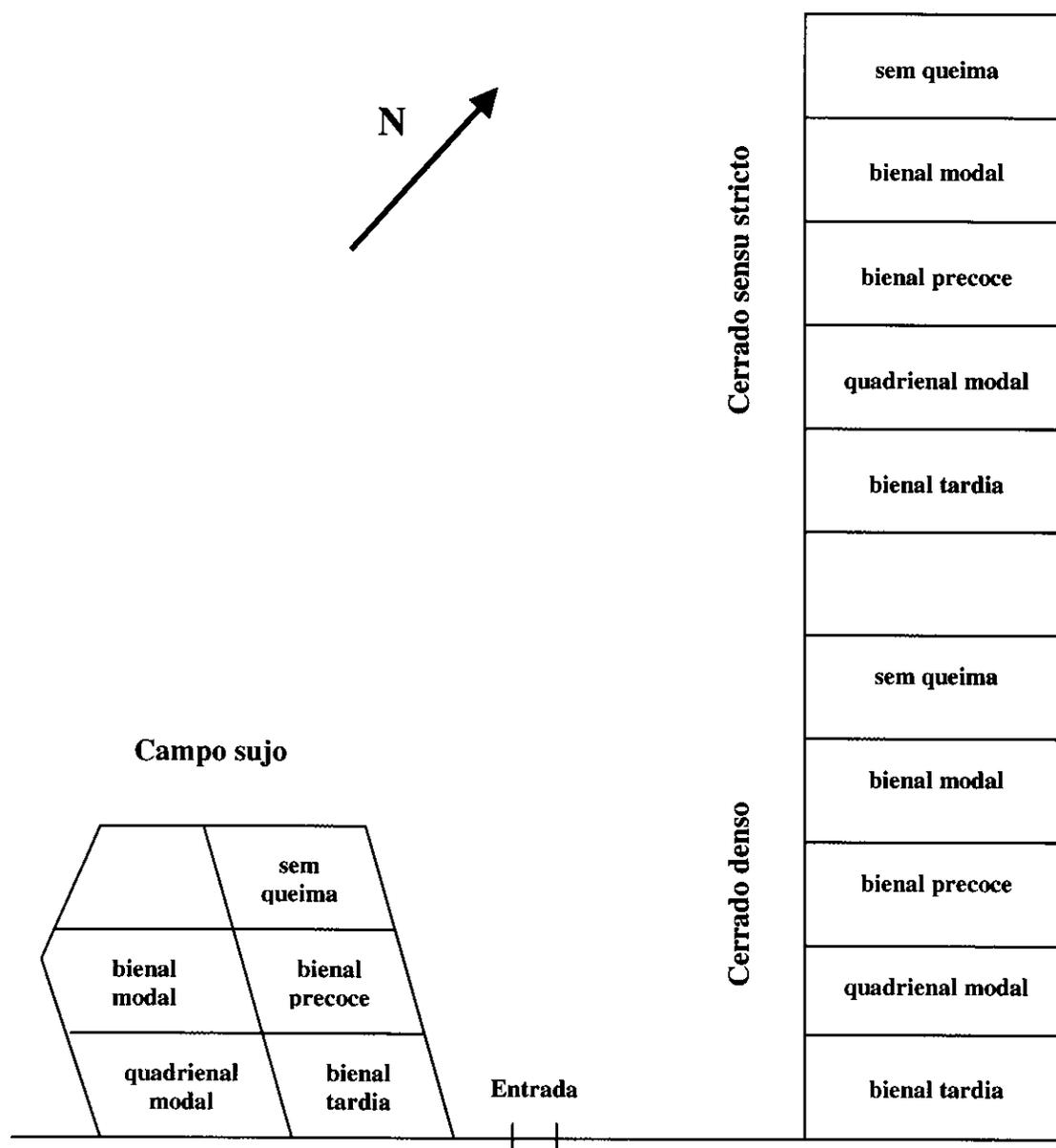
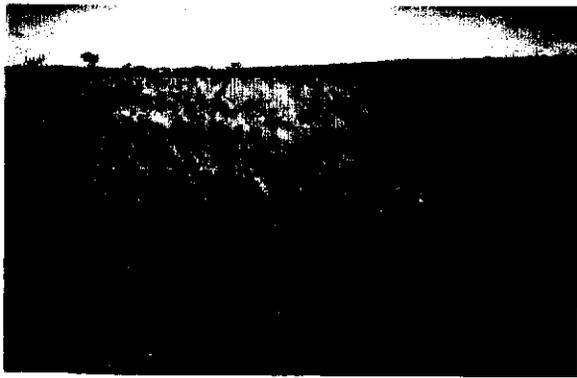


Figura 5. Localização das parcelas de diferentes tratamentos do Projeto Fogo na Reserva Ecológica do IBGE no Distrito Federal.



Queima bienal tardia



Queima quadrienal modal



Queima bienal precoce



Queima bienal modal



Sem queima

Figura 6. Aspecto da vegetação de campo sujo nas parcelas do Projeto Fogo na Reserva Ecológica do IBGE no Distrito Federal no final da estação chuvosa em março de 2000.



Queima bienal tardia



Queima quadrienal modal



Queima bienal precoce



Queima bienal modal



Sem queima

Figura 7. Aspecto da vegetação de cerrado denso nas parcelas do Projeto Fogo na Reserva Ecológica do IBGE no Distrito Federal no início da estação chuvosa em abril de 2000.



Queima bienal tardia



Queima quadrienal modal



Queima bienal precoce



Queima bienal modal

Figura 8. Aspecto da vegetação de cerrado *sensu stricto* nas parcelas do Projeto Fogo na Reserva Ecológica do IBGE no Distrito Federal no final da estação chuvosa em abril de 2000.

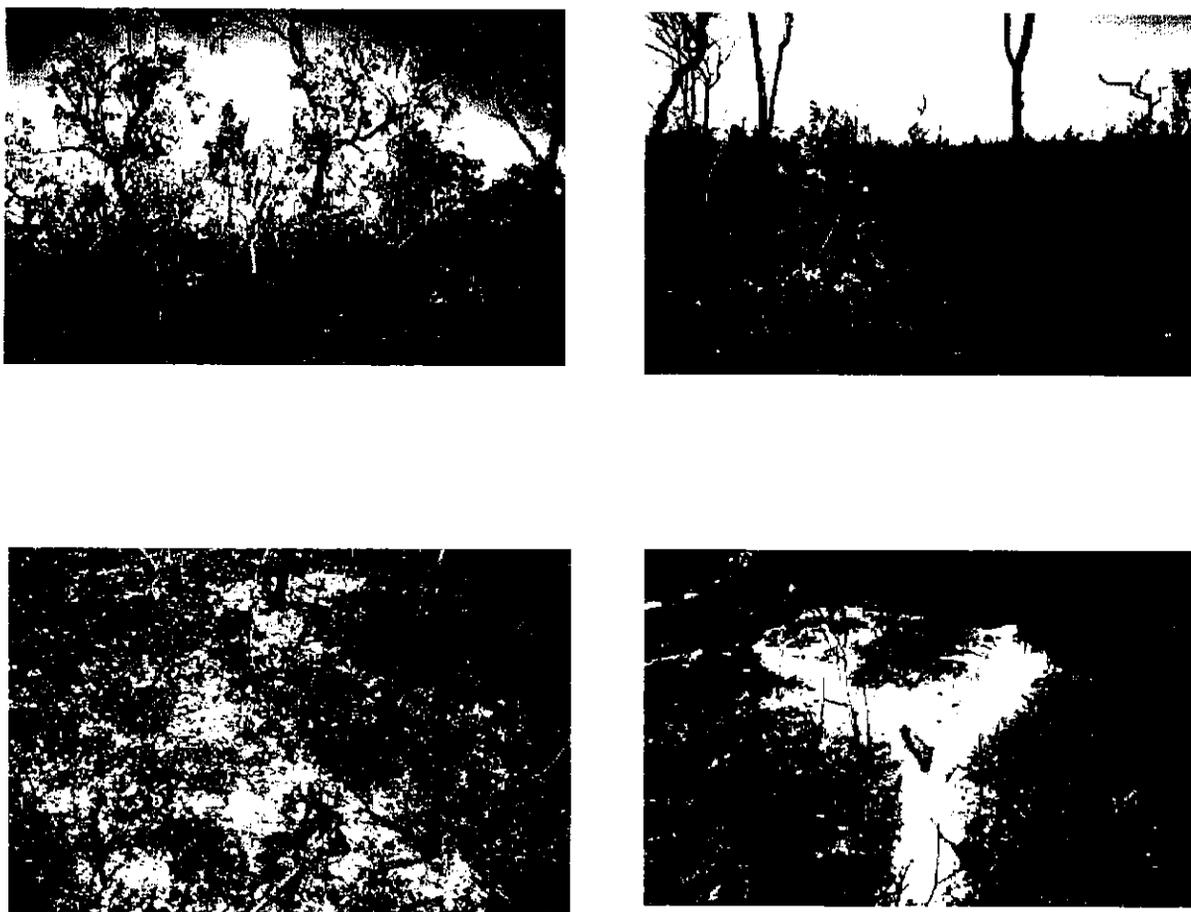


Figura 9. Aspecto da vegetação e da distribuição das cinzas sobre o solo após a queimada, em agosto de 1999, nas parcelas de cerrado *sensu stricto* na Reserva Ecológica do IBGE no Distrito Federal.

A queimada prescrita, que foram iniciadas em 1991 (Tabela 1), cada fisionomia possui uma parcela sem queima, três parcelas de queima bienal e uma de queima quadrienal. Os três tratamentos de queima bienal são: uma no início da estação seca (junho) denominado bienal precoce, a outra no auge da estação seca (agosto) denominada bienal modal e a última no final da estação seca (setembro) denominada bienal tardia. O tratamento de queima quadrienal é realizado no auge da estação seca (agosto), e denominada quadrienal modal. Em outubro de 1994, houve queima acidental da parcela controle da fisionomia cerrado *sensu stricto*, motivo pelo qual esta parcela não foi incluída neste estudo.

Tabela 1. Regime de queima nas parcelas do Projeto Fogo em diferentes fitofisionomias do cerrado na Reserva Ecológica do IBGE no Distrito Federal.

Vegetação	Parcela	Ano									
		91	92	93	94	95	96	97	98	99	00
Campo sujo	Bienal tardia		x		x		x		x		x
	Quadrienal modal	x				x				x	
	Bienal precoce		x		x		x		x		x
	Bienal modal		x		x		x		x		x
	Sem queima										
Cerrado denso	Bienal tardia		x		x		x		x		x
	Quadrienal modal	x			*					x	
	Bienal precoce		x		x		x		x		x
	Bienal modal		x		x		x		x		x
	Sem queima										
Cerrado <i>sensu stricto</i>	Bienal tardia		x		x		x		x		x
	Quadrienal modal	x			*					x	
	Bienal precoce		x		x		x		x		x
	Bienal modal		x		x		x		x		x
	Sem queima				*						

*Queima acidental no mês de outubro

Coleta de amostras de solo

Em todas as parcelas foram abertas três trincheiras de aproximadamente 1m x 1m x 0,5 m, alinhada na direção da maior declividade do terreno. A primeira trincheira na parte mais alta, a segunda na altura média e a terceira na parte mais baixa da parcela.

Foram retiradas duas amostras de solos de todas as parcelas, nas profundidades de 0 a 5 cm, 5 a 10 cm, 10 a 15 cm, 15 a 20 cm, 20 a 30 cm e 30 a 40 cm, utilizando-se pá e enxada e acondicionadas em sacos plásticos devidamente identificados para as análises de estabilidade de agregados, argila dispersa em água, textura, densidade de partículas e do carbono orgânico. Para determinação da porosidade pelo método direto, foram retiradas duas amostras em cada profundidade em anéis volumétricos de 100 cm³. Foram feitas análises de estabilidade de agregados, porosidade total, argila dispersa em água e textura, densidade do solo, densidade de partículas e a análise química para determinação do carbono orgânico.

Estabilidade dos agregados do solo

As amostras de solo retiradas para análise de agregados foram secas ao ar e posteriormente passadas na peneira de 20 cm de diâmetro com abertura de malha de 4 mm e

retidas na peneira com abertura de malha de 2 mm. Foram pesadas três amostras de 50 g. Uma das amostras foi seca a 105°C e foi utilizada para o cálculo do teor de umidade dos agregados seco a ar. As duas amostras foram colocadas cada uma numa peneira de 13 cm de diâmetro com abertura de malha de 2 mm, forrada com disco de papel filtro e colocadas em uma bandeja plástica, com água num nível suficiente apenas para tocar o papel filtro, para umedecimento da amostra por capilaridade, durante 4 minutos. Em seguida, após retirar o papel filtro, montou-se estas peneiras no suporte sobre um conjunto de peneiras na seguinte seqüência: 4 mm, 2 mm, 1 mm, 0,5 mm e 0,25 mm, e posterior montagem no agitador de oscilação vertical, regulado para amplitude de 4 cm de altura e uma freqüência de 32 oscilações por minuto. O tempo de agitação foi de 4 minutos. Após esta operação, as frações retidas em cada peneira foram transferidas para latas de alumínio com auxílio de jatos de água. Os recipientes foram deixados em repouso para decantação, e após retirar o excesso de água, foram levados para a estufa a 105°C por 24 h. Cada fração, após o esfriamento, foi pesada e posteriormente calculada a percentagem de umidade, baseado no peso seco da primeira amostra. Esta metodologia foi feita de acordo com EMBRAPA (1997). Para representar a distribuição do tamanho dos agregados utilizou-se o diâmetro médio ponderado (DMP) que facilita a comparação entre agregação de diferentes solos ou horizontes de um mesmo solo. Para o cálculo do DMP utilizou-se da equação proposta por Van Bavel (1949),

$$DMP = \sum_{i=1}^n D_i P_i \quad (1)$$

em que:

D_i = média dos diâmetros de cada classe;

P_i = proporção do peso de cada fração em relação ao peso total da amostra.

As análises de estabilidade de agregados foram realizadas apenas nas amostras coletadas das parcelas de tratamento bienal tardia, quadrienal modal e controle.

Textura do solo

Utilizaram-se apenas as amostras de solo de um dos perfis das parcelas com tratamento bienal tardia, quadrienal modal e sem queima de cada fitofisionomia, para determinação de textura do solo pelo método de Bouyoucos conforme EMBRAPA (1997).

Argila dispersa em água

Conforme EMBRAPA (1997), as amostras de solo foram secas ao ar e passadas na peneira com 20 cm de diâmetro e abertura de malha de 2 mm. Pesou-se 50 g do solo de cada amostra, que foram colocadas em recipientes de 250 ml, adicionadas com 125 ml de água destilada. Misturou-se com um bastão de vidro e deixou-se em repouso por uma noite. A mistura foi transferida para o copo metálico do agitador, acrescentando água destilada até aproximadamente 3/4 do copo e procedendo-se a agitação por 15 min. Após a agitação, a mistura foi transferida para uma proveta de 1000 ml e completou-se o volume com água destilada. Após a agitação com agitador manual por 20 s, deixou-se em repouso por 90 min, quando foram feitas as leituras com o densímetro e a leitura da temperatura com o termômetro. Para esta determinação foram utilizadas as amostras das parcelas bienal tardia, quadrienal modal e sem queima de cada fitofisionomia.

Porosidade e densidade

Para determinação de porosidade pelo método direto conforme EMBRAPA (1997), as amostras dentro dos anéis volumétricos sem as tampas de proteção, foram protegidas na parte de baixo com papel filtro e colocadas numa bandeja de bordas com altura superior ao dos anéis. Foi colocada água na bandeja, vagarosamente, até atingir o nível próximo da altura dos anéis. O tempo para saturação das amostras foi de 24 h. As amostras saturadas foram pesadas e posteriormente levadas à estufa a 105°C por 48 h. Após o esfriamento, foram novamente pesadas e a porosidade calculada.

Para determinação da densidade de partículas utilizou-se o método do balão volumétrico com álcool etílico e para determinação da densidade do solo utilizou-se o método do anel volumétrico (EMBRAPA, 1997). A porosidade foi calculada também a partir dos dados da densidade do solo e densidade de partículas.

Matéria orgânica do solo

A determinação da matéria orgânica do solo foi feita pelo método de Walkey-Black, conforme Embrapa (1997).

Taxa de infiltração

A taxa de infiltração foi medida pelo método do infiltrômetro de anéis concêntricos. Antes da instalação, na área de cada um dos infiltrômetros fez-se uma poda da vegetação ao nível do solo e retirou-se todo material podado. As medições da infiltração de água no solo

foram feitas através de três infiltrômetros, simultaneamente em três locais, durante duas horas, com leitura da quantidade infiltrada no solo a cada 15 minutos. Os diâmetros dos cilindros interno e externo eram de 25 e 48 cm e a altura de 25 e 15 cm respectivamente. As medidas de campo das taxas de infiltração em todas as parcelas da fisionomia de campo sujo foram realizadas nos meses de agosto e setembro de 2000. Na fisionomia de cerrado denso, as medidas das taxas de infiltração foram feitas nas parcelas bienal tardia, quadrienal modal e sem queima nos meses de outubro e novembro de 2000 e no cerrado *sensu stricto*, foram feitas medições apenas nas parcelas, bienal tardia e quadrienal modal, no mês de novembro de 2000. Em cada parcela realizaram-se 6 medições da taxa de infiltração. A infiltração acumulada foi calculada somando-se a média da infiltração de cada 15 min.

A água para as medições foi transportada por um caminhão pipa de 4000 litros para encher uma carreta pipa de 2000 litros colocada nas proximidades do local das medidas. Esta carreta pipa abastecia através de mangueiras os três tonéis de 200 litros cada um, fixado ao lado dos infiltrômetros.

Formação do selamento superficial

A avaliação da formação do selamento superficial foi feita medindo-se a taxa de infiltração antes e depois da indução da formação do selamento através de um simulador de chuva descrito em Kato (1995) (Figuras 10 e 11).

Para abastecer o simulador de chuva foram utilizadas uma moto-bomba e um caminhão pipa com capacidade para 4000 litros de água, e pressão de trabalho do simulador de 2 kgf cm⁻². O tempo de simulação da chuva foi de 21 minutos em função da capacidade do reservatório de água do caminhão pipa e a sucção da moto-bomba. Após a simulação da chuva, a determinação da energia cinética sobre o solo através da chuva foi calculada pela equação de Wisheier & Smith (1958):

$$E_c = 0,119 + 0,0873 \log I \quad (2)$$

em que:

I = Intensidade da chuva, em mm h⁻¹;

E_c = Energia cinética, em MJ ha⁻¹ mm⁻¹.

Cada área da instalação do infiltrômetro, a vegetação foi podada rente ao solo e retirado todo o material da superfície. Posteriormente escarificou-se a superfície do solo com um rastelo para quebrar o selo formado anteriormente à medição da infiltração. A indução da formação do selamento superficial foi feita logo ao término da medida da infiltração da água no solo antes da indução. Ao término das medições de infiltração, foram retiradas as bóias



Figura 10. Simulador de chuva e infiltrômetros de anel instalados em campo sujo na Reserva Ecológica do IBGE.

reguladoras do nível de água dos anéis para que as gotas de chuva alcançassem o solo diretamente. Após a indução da formação do selamento superficial, os infiltrômetros foram cobertos com plástico para prevenir contra chuva e insetos que por ventura pudessem danificar o selo formado e fez se novamente as medições das infiltrações de cada local. Em cada parcela foram realizadas seis medições da taxa de infiltração com exceção da parcela com tratamento bienal tardia, que por motivo de perda de dados, foram considerados apenas três repetições. A redução da taxa de infiltração de cada medição indica maior ou menor suscetibilidade do solo na formação do selo.

A intensidade da precipitação foi calculada através do volume de chuva recolhida por três coletores, em volta de cada infiltrômetro. Foi calculada a média dos volumes de água recolhida nos três coletores e posteriormente calculada a intensidade de precipitação em cada infiltrômetro. O limite superior do valor da energia cinética é igual a $0,283 \text{ MJ ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ por considerar que as gotas não aumentam de tamanho quando a intensidade da chuva excede a 76 mm h^{-1} (Wishmeier & Smith, 1958).

Além dos troncos da vegetação arbórea dificultar a instalação local do simulador de chuvas, a copa das árvores e a presença de arbustos impedem que as gotas produzidas

alcancem o solo diretamente, portanto esta avaliação não foi feita nas parcelas de cerrado denso e cerrado *sensu stricto*, foi feita apenas nas parcelas de campo sujo.

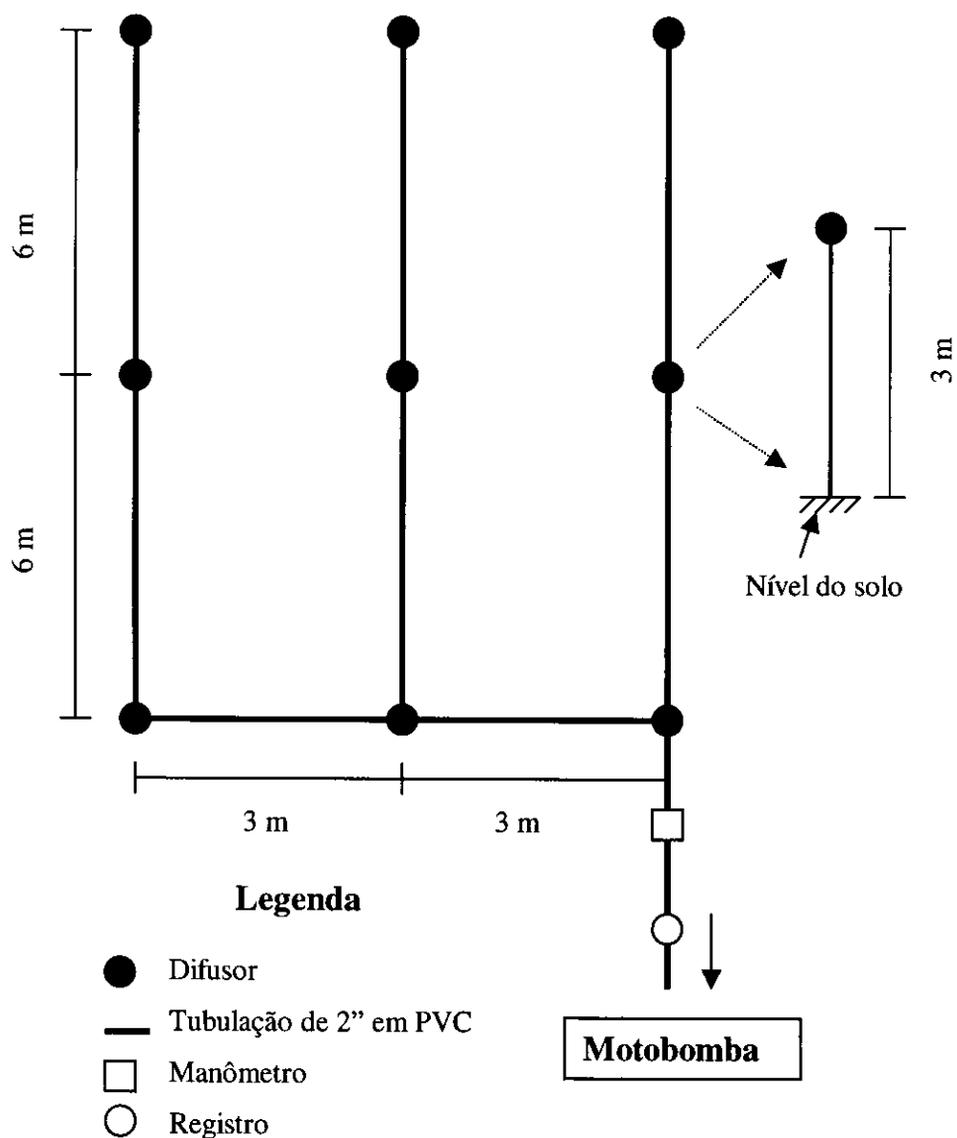


Figura 11. Desenho esquemático da distribuição de difusores do simulador de chuva.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Estabilidade dos agregados do solo

O maior tamanho médio de agregados foi observado nas parcelas de queima quadrienal modal da fisionomia de campo sujo e queima bienal tardia na fisionomia de cerrado *sensu stricto* (Figura 12). O DMP variou entre 2,79 mm e 2,88 mm e apresentou diferenças significativas entre os tratamentos nas três fitofisionomias (Tabela 2). O maior DMP na parcela quadrienal modal da fisionomia de campo sujo pode ser explicado em parte como conseqüência da mudança na composição florística das parcelas e também pelos fatores pedogenéticos do solo. Com o período maior entre as queimadas, o tratamento quadrienal modal apresenta arbustos e árvores maiores quando comparado com o tratamento bienal tardia. A morte de vários arbustos e árvores causados pelo fogo, prejudicando a biomassa aérea e conseqüentemente a morte das raízes, contribui no aumento do carbono orgânico nas camadas intermediárias quando comparado com o tratamento bienal tardia. Quanto ao solo, na parcela com tratamento quadrienal modal há ocorrência dos Latossolos Vermelho-Escuro e Vermelho-Amarelo, que apresentam teores de óxido de ferro diferentes e também apresentarem diferenças na argila como conseqüência do maior grau de intemperização. Uma outra explicação pode ser pela lixiviação das cinzas produzidas pelo fogo. As cinzas são ricas em cátions, que podem estar auxiliando na estabilidade dos agregados. As interações entre as causas acima descritas podem também estar ocorrendo.

Nas fitofisionomias de cerrado denso e de cerrado *sensu stricto*, as parcelas com tratamento bienal tardia diferem significativamente das outras duas parcelas com tratamento sem queima e quadrienal modal. O valores dos DMPs são maiores nos tratamentos bienal tardia. Na fitofisionomia de cerrado denso os DMPs dos tratamentos sem queima e quadrienal modal são iguais. Os valores maiores dos tratamentos bienal tardia nas fitofisionomias de cerrado denso e cerrado *sensu stricto* podem ser explicados em parte pela morte da vegetação arbórea causada pelo fogo e a conseqüente queima dos troncos, produzindo cinzas (Figura 9), que devem estar auxiliando na estabilidade dos agregados. Observa-se que nas fisionomias cerrado denso e cerrado *sensu stricto* existe uma tendência de que os agregados do tratamento bienal tardia apresentam-se mais estáveis do que os outros tratamentos, além de mostrar um comportamento semelhante nas duas fisionomias, sugerindo que o fogo pode causar modificações na estabilidade de agregado ao longo do tempo. Observa-se também que, esta possível modificação, fica restrita nas camadas superiores, isto é, até aproximadamente a 30 cm de profundidade. Abaixo desta camada ocorre provavelmente a predominância dos

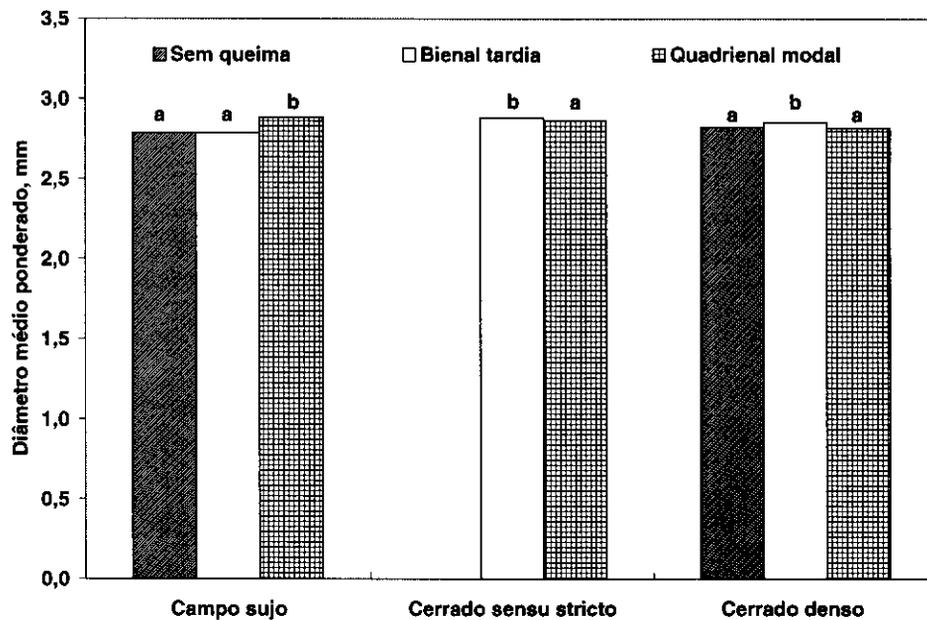


Figura 12. Influência do regime de queima sobre o diâmetro médio ponderado dos agregados do solo estáveis em água em diferentes fitofisionomias do cerrado. Médias, para a mesma fitofisionomia, seguidas pela mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5%.

fatores genéticos do solo. As três fisionomias apresentam semelhanças no tratamento quadrienal. A fitofisionomia campo sujo apresenta-se com estabilidade maior e o cerrado denso com estabilidade menor neste tratamento quadrienal.

Em todas as fitofisionomias o tamanho médio dos agregados diminuiu de valores acima de 2,9 mm perto da superfície a valores menores que 2,8 mm a 30-40 cm de profundidade. Apesar de valores menores na fitofisionomia de cerrado denso, o comportamento do decréscimo do DMP é semelhante ao decréscimo na fitofisionomia de cerrado sensu stricto. O decréscimo do DMP até a camada de 20-30 cm foi menor do que o decréscimo entre 30-40 cm e que pode corresponder à diferença entre os horizontes A e B nestes solos (Figura 13). O decréscimo da estabilidade dos agregados do solo em relação ao aumento da profundidade do solo pode ser explicado em parte pelo teor de carbono orgânico que decresce também com a profundidade. A matéria orgânica por ser um agente cimentante dos agregados do solo o seu conteúdo é em parte responsável pela sua estabilidade. O comportamento do decréscimo da estabilidade dos agregados da fitofisionomia de campo sujo difere das outras duas provavelmente pela predominância dos fatores pedogenéticos do solo. Esta fitofisionomia está localizada sobre duas classes diferentes de solos, Latossolo Vermelho Escuro e Latossolo Vermelho-Amarelo.

Tabela 2. Influência do regime de queima e da profundidade do solo sobre o diâmetro médio ponderado dos agregados do solo em diferentes fitofisionomias do cerrado na Reserva Ecológica do IBGE no Distrito Federal (n = 6; desvio padrão entre parênteses).

Profundidade (cm)	Diâmetro médio ponderado (mm)			Média*
	Sem queima	Bienal tardia	Quadrienal modal	
Campo sujo				
0 - 5	2,91 (0,04)	2,89 (0,02)	2,93 (0,01)	2,91 d
5 - 10	2,83 (0,03)	2,92 (0,03)	2,91 (0,01)	2,89 d
10 - 15	2,83 (0,03)	2,87 (0,02)	2,89 (0,03)	2,87 cd
15 - 20	2,75 (0,09)	2,82 (0,06)	2,90 (0,01)	2,82 bc
20 - 30	2,76 (0,11)	2,74 (0,07)	2,87 (0,03)	2,79 b
30 - 40	2,59 (0,10)	2,48 (0,25)	2,80 (0,06)	2,64 a
Média*	2,79 a	2,79 a	2,88 b	
Cerrado denso				
0 - 5	2,92 (0,02)	2,94 (0,01)	2,84 (0,04)	2,92 d
5 - 10	2,83 (0,06)	2,90 (0,02)	2,84 (0,03)	2,86 c
10 - 15	2,82 (0,04)	2,86 (0,03)	2,76 (0,07)	2,84 bc
15 - 20	2,82 (0,07)	2,84 (0,02)	2,75 (0,03)	2,82 b
20 - 30	2,80 (0,05)	2,82 (0,04)	2,73 (0,08)	2,81 b
30 - 40	2,72 (0,05)	2,74 (0,05)	2,77 (0,09)	2,74 a
Média*	2,82 a	2,85 b	2,82 a	
Cerrado <i>sensu stricto</i>				
0 - 5		2,93 (0,01)	2,78 (0,11)	2,93 d
5 - 10		2,91 (0,02)	2,83 (0,12)	2,90 cd
10 - 15		2,89 (0,02)	2,83 (0,07)	2,89 bc
15 - 20		2,89 (0,03)	2,85 (0,08)	2,87 bc
20 - 30		2,89 (0,02)	2,85 (0,06)	2,86 b
30 - 40		2,78 (0,05)	2,87 (0,02)	2,78 a
Média*		2,88 b	2,86 a	

*Médias, para a mesma fitofisionomia, seguidas pela mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5%.

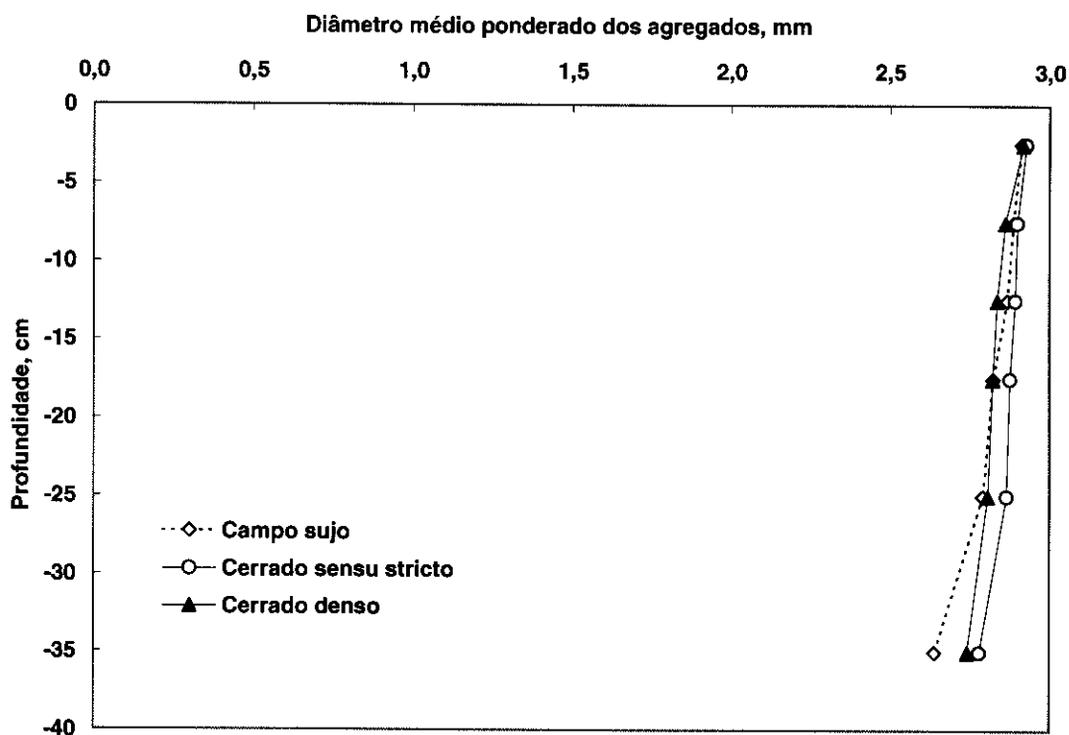


Figura 13. Influência da profundidade sobre o diâmetro médio ponderado dos agregados do solo estáveis em água em diferentes fitofisionomias do cerrado.

A abertura da malha das peneiras utilizadas difere de autor para autor dando como consequência valores extremamente diferentes. Carpenedo & Mielniczuk (1990) encontraram valores de 5,5 mm e 6,2 mm em condições de campo nativo e mato nativo em Latossolo Roxo no Rio Grande do Sul. Castro Filho *et al.* (1998) obtiveram valor de 1,029 mm em Latossolo Roxo cultivado com mecanização intensiva no Paraná. Roth *et al.* (1991) obtiveram valor de 1,93 mm em mata natural de Latossolo Roxo no Paraná. A metodologia utilizada neste trabalho é o mesmo de Roth *et al.* (1991) e os valores encontrados são bem maiores do que aquele, justamente pelo fato deste trabalho ter sido realizado em área virgem. A mecanização do solo afeta a agregação do solo.

Carbono orgânico do solo

O comportamento do teor de carbono orgânico apresenta diferenças significativas entre os tratamentos (Tabela 3). Na fitofisionomia de campo sujo o teor de carbono orgânico na parcela bienal precoce foi maior entre os tratamentos com 2,24%, sendo que o menor foi na parcela com tratamento bienal tardia com 1,67% (Figura 14). Nesta fitofisionomia a vegetação é predominantemente rasteira, dominado por gramíneas o que se pode inferir sobre a menor incorporação de matéria orgânica em profundidades maiores. O menor teor de

Tabela 3. Influência do regime de queima e da profundidade sobre o teor de carbono orgânico do solo em diferentes fitofisionomias do cerrado na Reserva Ecológica do IBGE no Distrito Federal (n = 3; desvio padrão entre parênteses).

Profundidade (cm)	Porcentagem de carbono orgânico no solo					Média*
	Sem queima	Bienal precoce	Bienal modal	Bienal tardia	Quadrienal modal	
Campo sujo						
0 - 5	2,61 (0,34)	2,86 (0,28)	2,84 (0,15)	2,41 (0,23)	2,64 (0,53)	2,67 e
5 - 10	2,47 (0,22)	2,61 (0,15)	2,38 (0,06)	2,02 (0,11)	1,94 (0,34)	2,29 d
10 - 15	2,13 (0,25)	2,29 (0,11)	2,22 (0,19)	1,70 (0,12)	1,77 (0,39)	2,02 c
15 - 20	1,96 (0,25)	2,26 (0,26)	1,89 (0,20)	1,53 (0,12)	1,73 (0,31)	1,87 c
20 - 30	1,75 (0,20)	1,95 (0,21)	1,63 (0,24)	1,26 (0,15)	1,31 (0,15)	1,58 b
30 - 40	1,42 (0,18)	1,46 (0,22)	1,24 (0,20)	1,12 (0,15)	1,12 (0,18)	1,27 a
Média*	2,06 a	2,24 b	2,03 a	1,67 a	1,75 a	
Cerrado denso						
0 - 5	2,80 (0,36)	2,54 (0,16)	2,64 (0,25)	3,22 (0,44)	2,59 (0,27)	2,76 d
5 - 10	2,13 (0,22)	2,23 (0,13)	1,83 (0,10)	2,24 (0,24)	1,67 (0,08)	2,02 c
10 - 15	1,69 (0,15)	1,95 (0,10)	1,61 (0,17)	1,94 (0,05)	1,48 (0,08)	1,73 b
15 - 20	1,64 (0,12)	1,67 (0,02)	1,49 (0,21)	1,87 (0,18)	1,42 (0,11)	1,62 c
20 - 30	1,52 (0,18)	1,49 (0,17)	1,41 (0,15)	1,48 (0,19)	1,20 (0,20)	1,42 b
30 - 40	1,31 (0,15)	1,38 (0,06)	1,22 (0,31)	1,32 (0,08)	0,82 (0,29)	1,21 a
Média*	1,85 c	1,88 c	1,70 b	2,01 d	1,53 a	
Cerrado sensu stricto						
0 - 5		3,20 (0,29)	3,22 (0,33)	2,72 (0,46)	2,41 (0,13)	2,89 e
5 - 10		2,65 (0,18)	2,82 (0,40)	2,35 (0,36)	1,95 (0,18)	2,44 d
10 - 15		2,33 (0,24)	2,13 (0,28)	1,91 (0,21)	1,96 (0,03)	2,08 c
15 - 20		1,96 (0,09)	2,06 (0,35)	1,79 (0,25)	1,77 (0,40)	1,89 c
20 - 30		1,74 (0,19)	1,77 (0,22)	1,59 (0,11)	1,44 (0,05)	1,63 b
30 - 40		1,44 (0,08)	1,43 (0,08)	1,26 (0,09)	1,11 (0,11)	1,31 a
Média*		2,22 c	2,24 c	1,94 b	1,77 a	

*Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% para a mesma fitofisionomia.

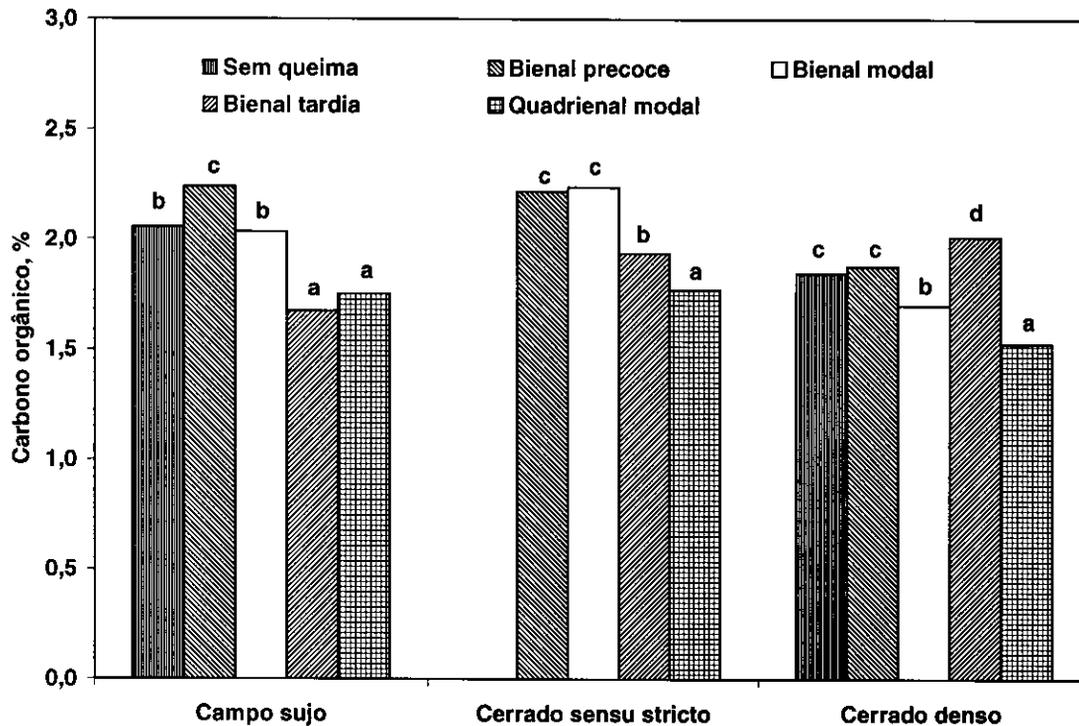


Figura 14. Influência do regime de queima sobre o teor de carbono orgânico do solo em diferentes fitofisionomias do cerrado. Médias, para a mesma fitofisionomia, seguidas pela mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5%.

carbono orgânico no tratamento bienal tardia pode ser explicado em parte pela queima mais eficiente que ocorre nesta parcela. Na parcela com tratamento bienal precoce a queima do combustível é menos eficiente entre os tratamentos, causado pela alta umidade ainda presente na vegetação. Com a menor eficiência, uma parte da vegetação é parcialmente queimada, facilitando desta forma a decomposição da matéria orgânica, o que pode estar auxiliando em determinados momentos no aumento do teor de carbono orgânico do solo.

Na fitofisionomia de cerrado denso, a parcela que apresentou maior teor de carbono orgânico no solo foi no tratamento bienal tardia com o valor de 2,01%. A parcela que apresentou menor valor foi a quadrienal modal com 1,53%. Nesta fitofisionomia a queima bienal tardia prejudica a biomassa aérea e conseqüentemente a morte das raízes. As clareiras abertas pela morte das árvores são invadidas principalmente pelas gramíneas, que incorporam grandes quantidades de matéria orgânica no solo através das raízes. O comportamento do teor de carbono orgânico maior na parcela bienal tardia pode ser explicado em parte pela incorporação de matéria orgânica pelas raízes mortas das árvores e das gramíneas. Na superfície do solo, a presença de resíduos de carvão produzidos pela queima dos troncos das árvores podem estar influenciando no teor de carbono orgânico do solo (Figura 15). Os

tratamentos sem queima com teor de carbono orgânico de 1,85% e a bienal precoce com 1,88% não apresentaram diferença significativa. Este comportamento do teor de carbono orgânico da parcela bienal precoce ser semelhante ao teor da parcela sem queima pode ser explicado em parte pela alta umidade ainda presente na vegetação que diminui a eficiência de queima. A vegetação parcialmente queimada facilita a sua decomposição e desta forma pode estar auxiliando no teor de carbono orgânico do solo.



Figura 15. Perfil de solo da parcela da fitofisionomia de cerrado denso destacando a presença de raízes e resíduos de carvão.

Na fitofisionomia de cerrado *sensu stricto*, a parcela que apresentou maior teor de carbono orgânico foi a bienal modal com 2,24% e a menor foi a quadrienal modal com 1,77%. Nesta fitofisionomia a presença de vegetação rasteira é bem mais contínua do que na fitofisionomia de cerrado denso, fazendo com que a queima mais eficiente não tenha tanto efeito como naquela fitofisionomia. Também no cerrado *sensu stricto* ocorre a morte da biomassa aérea ocasionando a morte das raízes não só das árvores, mas também da grande quantidade de arbustos, o que pode estar influenciando no teor de carbono orgânico nestes tratamentos.

Com a profundidade, as três fitofisionomias apresentam comportamentos semelhantes com relação ao teor de carbono orgânico no solo (Figura 16). Normalmente é a biomassa das raízes que incrementa o teor de matéria orgânica no solo, portanto, é de se esperar que ocorra

um decréscimo do carbono orgânico com a profundidade, pois, as raízes estão em maior quantidade na superfície e decrescem gradativamente com a profundidade.

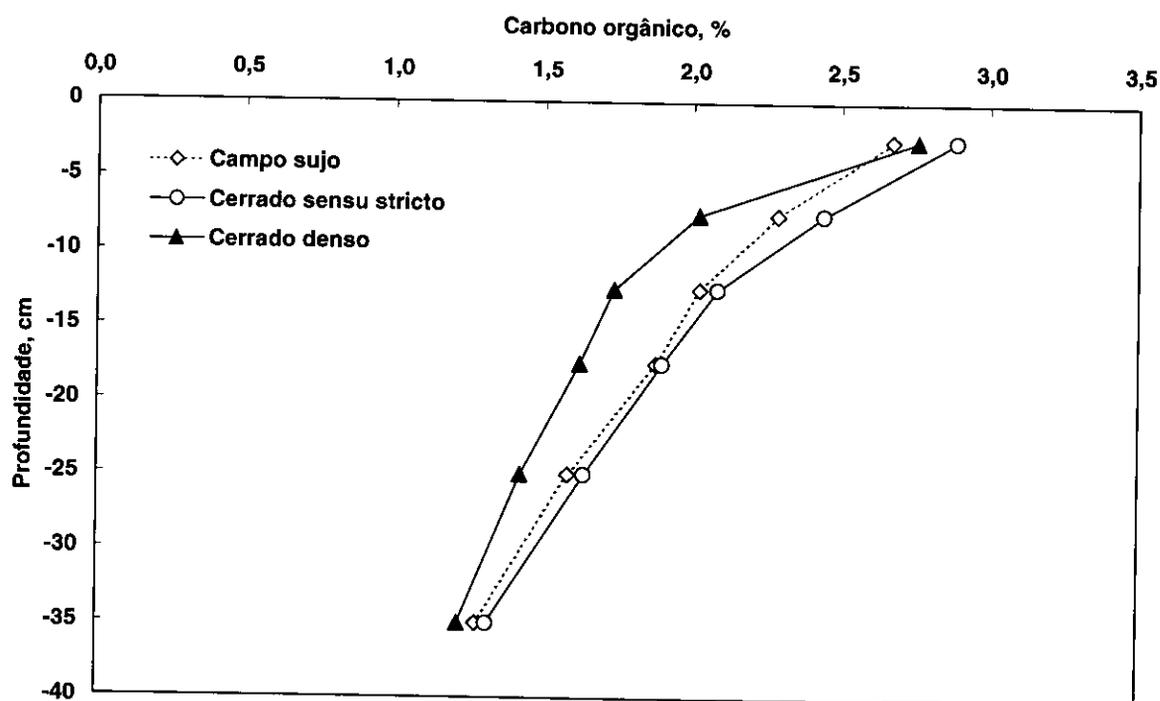


Figura 16. Influência da profundidade do solo sobre o teor de carbono orgânico em diferentes fitofisionomias do cerrado.

Todos os valores encontrados concordam com os valores descritos por Lopes (1984) que encontrou amplitude de 0,7% a 6,0% de matéria orgânica, estando a mediana em 2,2% e a maioria das amostras por ele analisadas apresentou valores entre 1,5% e 3,0%, considerados valores médios. Mendes, citado por Resck (1981) mais de 58,1% das amostras de solos analisadas estão entre 1,8% e 2,6%. Os valores do teor de carbono orgânico encontrado neste trabalho concordam com os valores descritos em IBGE (1995), onde os valores descritos para o Latossolo Vermelho-Escuro nas proximidades das parcelas de cerrado denso e cerrado *sensu stricto* e para o Latossolo Vermelho-Amarelo no local das parcelas de campo sujo o valor é de 1,9% de carbono orgânico na camada superficial para os dois solos.

Densidade do solo

A densidade do solo apresenta diferenças significativas entre os tratamentos na fitofisionomia de campo sujo (Tabela 4 e Figura 17). Os tratamentos bienal tardia e quadrienal modal apresentam os maiores valores nesta fitofisionomia e não possuem diferenças significativas. Os tratamentos que apresentam menores valores e não apresentam diferenças

significativas são as parcelas com tratamento sem queima e bienal modal. Nesta fitofisionomia as diferenças entre os valores da densidade foram maiores do que nas outras fitofisionomias, variando de $0,74 \text{ g cm}^{-3}$ no tratamento sem queima a $0,86 \text{ g cm}^{-3}$ para a quadrienal modal. Esta maior diferença pode ser da densidade em parte explicado pelos fatores pedogenéticos, já que nesta área ocorre variação no solo. O tratamento sem queima é a que apresenta menor densidade do solo, que pode ser explicado em parte pela atividade da fauna do solo bem como pelo tipo de vegetação arbustiva que vem dominando a área, e provavelmente possuem raízes de maior espessura do que a das gramíneas, produzindo dessa forma poros com diâmetros maiores, já que a maior porosidade implica na menor densidade. A fitofisionomia de cerrado denso também apresenta diferenças significativas entre os tratamentos, porém as diferenças são pequenas, variando de $0,73 \text{ g cm}^{-3}$ da bienal tardia a $0,77 \text{ g cm}^{-3}$ da bienal precoce. Na fitofisionomia de cerrado sensu stricto não ocorre diferença significativa entre os tratamentos e variaram de apenas $0,75 \text{ g cm}^{-3}$ da bienal modal para $0,76 \text{ g cm}^{-3}$ do restante dos tratamentos. Na fitofisionomia de cerrado denso as diferenças podem estar na grande presença de gramíneas nas áreas de clareiras abertas com a morte das árvores e arbustos, bem como pela morte das raízes das árvores.

Os valores encontrados neste trabalho condizem com os valores encontrados por Leite (1996), que variou de $0,76 \text{ g cm}^{-3}$ a $0,87 \text{ g cm}^{-3}$ no campo sujo na mesma área. Spera *et al.* (2000), obtiveram valores da densidade global em Latossolo no Distrito Federal de $0,82 \text{ g cm}^{-3}$ na camada de 10 a 20 cm até $1,01 \text{ g cm}^{-3}$ na camada superficial. Estes valores são maiores devido ao fato de que esta área foi utilizada como pastagem nativa por 20 anos, o que pode ter sofrido compactação pelo pisoteio dos animais. Da Ros *et al.* (1997) estudando a forma e a estrutura de um Latossolo no Rio Grande do Sul, obtiveram em campo nativo, na camada até 7 cm de $1,36 \text{ g cm}^{-3}$, $1,40 \text{ g cm}^{-3}$ de 7 a 14 cm e $1,35 \text{ g cm}^{-3}$ de 14 a 21 cm de profundidade. Nos estudos de Cintra *et al.* (1983) com Latossolo de mata nativa no Rio Grande do Sul, apresentaram valores de $0,86 \text{ g cm}^{-3}$ na camada superficial até 15 cm e $1,11 \text{ g cm}^{-3}$ na camada de 15 a 30 cm de profundidade. Medina (1985) estudando um Latossolo da Amazônia encontrou valores da densidade do solo em mata virgem entre $1,12 \text{ g cm}^{-3}$ na camada de 30-40 cm de profundidade e $1,15 \text{ g cm}^{-3}$ na camada superficial e $1,16 \text{ g cm}^{-3}$ na camada intermediária. Roth *et al.* (1991) obtiveram valor de $1,25 \text{ g cm}^{-3}$ na camada superficial de mata natural em Latossolo no Paraná. Estes valores são maiores do que os encontrados neste trabalho, provavelmente por serem estes solos diferentes na sua gênese. Em profundidade as três fitofisionomias apresentam diferenças significativas. A densidade do solo aumenta com a profundidade (Figura 18), alcançando valor máximo na profundidade entre 20 e 30 cm

Tabela 4. Influência do regime de queima sobre a densidade do solo em diferentes fitofisionomias do cerrado, na Reserva Ecológica do IBGE no Distrito Federal (n = 6; desvio padrão entre parênteses).

Profundidade (cm)	Densidade do solo (g cm ⁻³)					Média*
	Sem queima	Bienal precoce	Bienal modal	Bienal tardia	Quadrienal modal	
Campo sujo						
0 - 5	0,73 (0,01)	0,74 (0,01)	0,73 (0,02)	0,79 (0,04)	0,78 (0,06)	0,75 a
5 - 10	0,72 (0,02)	0,79 (0,01)	0,73 (0,03)	0,80 (0,08)	0,87 (0,04)	0,78 b
10 - 15	0,76 (0,02)	0,80 (0,03)	0,76 (0,00)	0,88 (0,06)	0,84 (0,03)	0,81 c
15 - 20	0,76 (0,02)	0,80 (0,01)	0,77 (0,03)	0,87 (0,06)	0,87 (0,06)	0,81 c
20 - 30	0,76 (0,04)	0,85 (0,01)	0,77 (0,03)	0,86 (0,03)	0,90 (0,05)	0,83 c
30 - 40	0,74 (0,03)	0,77 (0,04)	0,77 (0,05)	0,88 (0,09)	0,87 (0,06)	0,81 c
Média*	0,74 a	0,79 b	0,76 a	0,85 c	0,86 c	
Cerrado denso						
0 - 5	0,68 (0,02)	0,75 (0,06)	0,75 (0,02)	0,66 (0,10)	0,72 (0,01)	0,71 a
5 - 10	0,77 (0,06)	0,78 (0,06)	0,75 (0,04)	0,71 (0,03)	0,70 (0,03)	0,74 b
10 - 15	0,77 (0,04)	0,75 (0,02)	0,75 (0,03)	0,75 (0,04)	0,73 (0,01)	0,75 bc
15 - 20	0,78 (0,04)	0,77 (0,05)	0,78 (0,02)	0,74 (0,02)	0,78 (0,04)	0,77 cd
20 - 30	0,78 (0,02)	0,77 (0,02)	0,78 (0,02)	0,76 (0,05)	0,80 (0,00)	0,78 d
30 - 40	0,77 (0,03)	0,81 (0,02)	0,76 (0,02)	0,75 (0,04)	0,77 (0,01)	0,77 d
Média*	0,76 bc	0,77 c	0,76 bc	0,73 a	0,75 b	
Cerrado <i>sensu stricto</i>						
0 - 5		0,74 (0,02)	0,72 (0,02)	0,74 (0,03)	0,75 (0,02)	0,73 a
5 - 10		0,73 (0,04)	0,72 (0,05)	0,75 (0,02)	0,75 (0,03)	0,74 a
10 - 15		0,77 (0,01)	0,76 (0,02)	0,76 (0,02)	0,75 (0,05)	0,76 b
15 - 20		0,79 (0,01)	0,77 (0,02)	0,77 (0,03)	0,78 (0,01)	0,78 b
20 - 30		0,78 (0,00)	0,76 (0,02)	0,78 (0,05)	0,77 (0,01)	0,77 b
30 - 40		0,77 (0,01)	0,76 (0,01)	0,77 (0,02)	0,75 (0,03)	0,76 b
Média*		0,76 a	0,75 a	0,76 a	0,76 a	

*Médias não seguidas com a mesma letra indicam diferenças significativas no teste de Tukey ao nível de 5% para a mesma fitofisionomia.

aproximadamente, nas três fitofisionomias e o comportamento é semelhante. A fitofisionomia que apresenta maior densidade é o campo sujo. As fitofisionomias de cerrado denso e cerrado *sensu stricto* possuem valores muito próximos. A maior densidade do solo na fitofisionomia de campo sujo se deve aos fatores pedogenéticos. As raízes da vegetação influenciam

diretamente a densidade. No solo da fitofisionomia de campo sujo a vegetação dominante é o extrato rasteiro que possuem menos raízes pivotantes e conseqüentemente menos abertura de

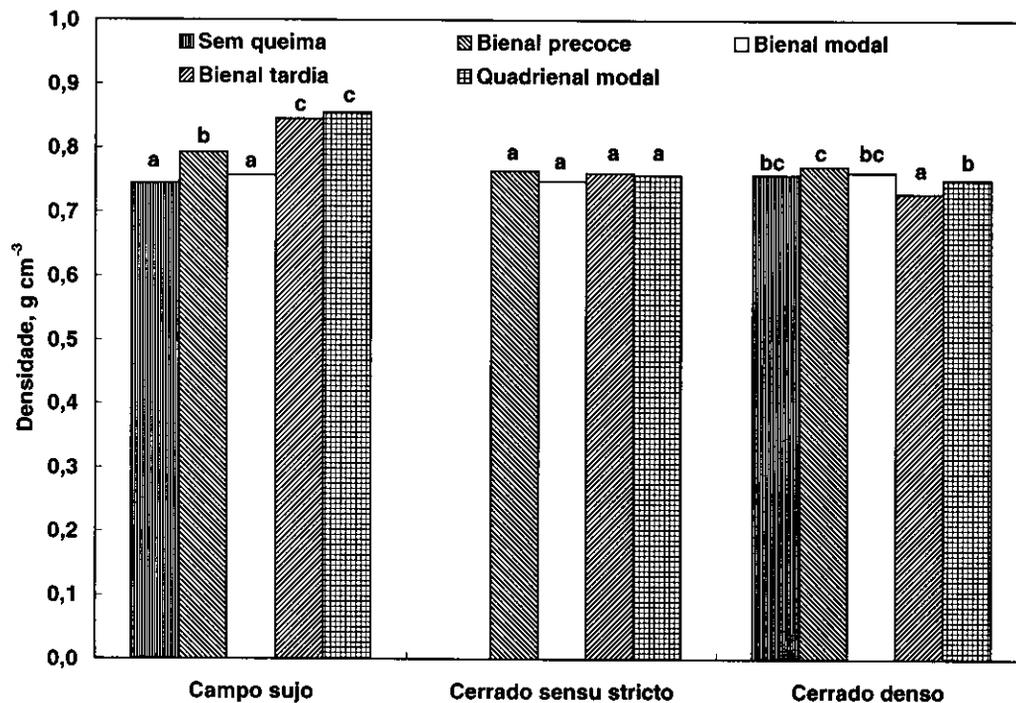


Figura 17. Influência do regime de queima sobre a densidade do solo em diferentes fitofisionomias do cerrado. Médias, para a mesma fitofisionomia, seguidas pela mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5%.

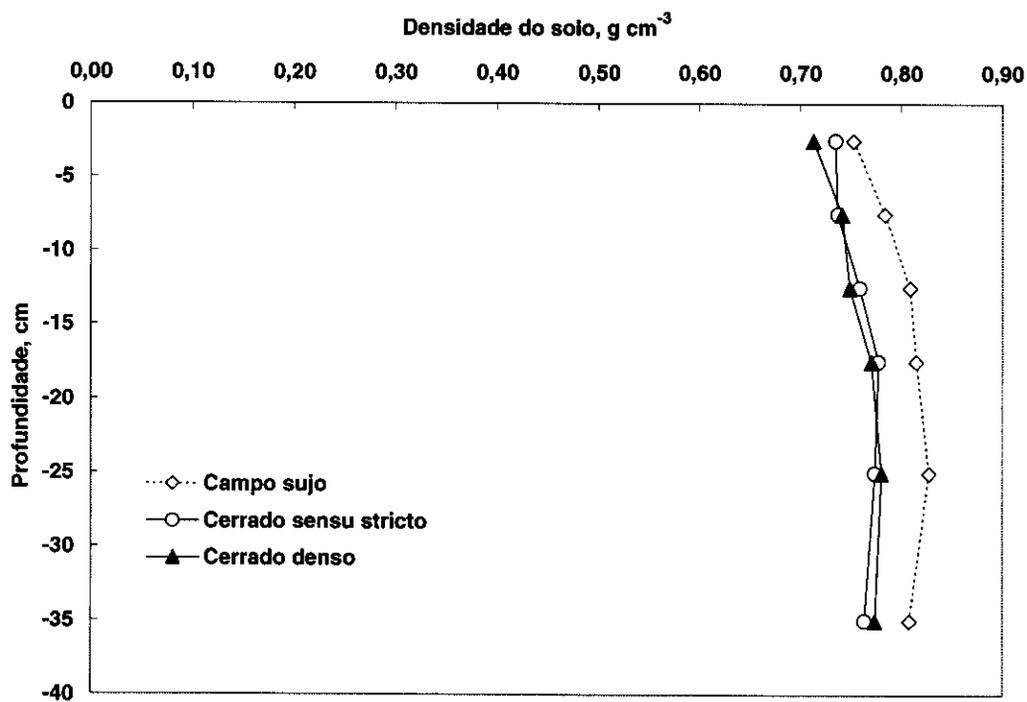


Figura 18. Influência da profundidade do solo sobre a densidade do solo, em diferentes fitofisionomias do cerrado.

poros em profundidades maiores. Outro fato que pode estar influenciando na densidade do solo é o teor de matéria orgânica maior nas camadas superficiais, pois a densidade da matéria orgânica é baixa. Em maiores profundidades os óxidos de ferro devem predominar aumentando desta forma a densidade do solo.

Densidade de partículas

A densidade de partículas apresentou diferenças significativas entre tratamentos na fitofisionomia de campo sujo (Tabela 5) e não apresentou diferenças significativas nas outras duas fitofisionomias. No campo sujo, as diferenças pré-existentes entre solos pode estar influenciando nos resultados visto que ocorrem variações nos teores de óxidos de ferro e do tipo de argila predominante. A maior densidade de partículas no campo sujo entre todos os tratamentos foi no tratamento bienal tardia ($2,80 \text{ g cm}^{-3}$) e a menor no tratamento bienal precoce ($2,72 \text{ g cm}^{-3}$). Estes dois valores coincidem com menor e maior teores de carbono orgânico no solo (Tabela 3). De modo geral o aumento do teor de matéria orgânica no solo influencia muito no decréscimo do valor da densidade de partículas (Kiehl, 1979). Em profundidade, houve aumento gradativo dos valores da densidade de partículas (Figura 19). O maior valor encontrado de $2,83 \text{ g cm}^{-3}$ foi na profundidade entre 30 cm e 40 cm da fitofisionomia de cerrado *sensu stricto* e o menor de $2,62 \text{ g cm}^{-3}$ foi na camada superficial da fisionomia de cerrado denso. Este comportamento provavelmente se deve ao teor de matéria orgânica maior nas camadas superficiais. Os valores encontrados neste trabalho concordam com os valores apresentados por Kiehl (1979) dentro dos Latossolos.

Porosidade total do solo

A porosidade total dos solos das parcelas foi determinada por dois métodos. Os valores encontrados pelo método direto ficaram entre 59% e 65% e os valores encontrados pelo método indireto entre 68% e 75% (Tabela 7). Os menores valores determinados pelo método direto se devem ao fato de que nem todos os espaços porosos são ocupados pela água no momento da saturação das amostras. A diferença entre os dois métodos variou em torno de 10% (Figuras 20, 21 e 22). Os valores determinados pelo método indireto são semelhantes aos descritos por Resck *et al.* (1991) em Latossolos. Na fitofisionomia de campo sujo as parcelas com menor porosidade foram aquelas com tratamento bienal tardia e quadrienal modal com

Tabela 5. Influência do regime de queima e da profundidade sobre a densidade de partículas do solo em diferentes fitofisionomias do cerrado, na Reserva ecológica do IBGE no Distrito Federal (n = 3; desvio padrão em parênteses).

Profundidade (cm)	Densidade de partículas (g cm ⁻³)					Média*
	Sem queima	Bienal precoce	Bienal modal	Bienal tardia	Quadrienal modal	
Campo sujo						
0 - 5	2,67 (0,06)	2,64 (0,02)	2,81 (0,17)	2,77 (0,18)	2,70 (0,08)	2,72 a
5 - 10	2,73 (0,10)	2,69 (0,06)	2,70 (0,01)	2,71 (0,09)	2,79 (0,04)	2,72 a
10 - 15	2,75 (0,03)	2,75 (0,10)	2,74 (0,23)	2,86 (0,16)	2,66 (0,10)	2,75 ab
15 - 20	2,75 (0,05)	2,74 (0,03)	2,77 (0,05)	2,75 (0,04)	2,78 (0,09)	2,76 ab
20 - 30	2,80 (0,05)	2,81 (0,11)	2,82 (0,04)	2,83 (0,09)	2,83 (0,06)	2,82 b
30 - 40	2,74 (0,06)	2,72 (0,14)	2,91 (0,09)	2,88 (0,11)	2,80 (0,04)	2,81 b
Média*	2,74 ab	2,72 a	2,79 b	2,80 b	2,76 ab	
Cerrado denso						
0 - 5	2,72 (0,13)	2,74 (0,17)	2,59 (0,08)	2,57 (0,07)	2,62 (0,06)	2,65 a
5 - 10	2,64 (0,02)	2,71 (0,01)	2,69 (0,06)	2,74 (0,07)	2,68 (0,07)	2,69 ab
10 - 15	2,65 (0,25)	2,79 (0,17)	2,66 (0,03)	2,73 (0,07)	2,65 (0,10)	2,70 ab
15 - 20	2,73 (0,03)	2,75 (0,04)	2,66 (0,04)	2,72 (0,05)	2,79 (0,04)	2,73 b
20 - 30	2,70 (0,15)	2,82 (0,10)	2,71 (0,04)	2,76 (0,06)	2,76 (0,08)	2,75 b
30 - 40	2,71 (0,01)	2,84 (0,09)	2,63 (0,07)	2,77 (0,05)	2,79 (0,15)	2,75b
Média*	2,69 ab	2,77 b	2,66 ab	2,71 ab	2,71 ab	
Cerrado <i>sensu stricto</i>						
0 - 5		2,72 (0,15)	2,65 (0,02)	2,61 (0,01)	2,76 (0,12)	2,68 a
5 - 10		2,69 (0,01)	2,70 (0,07)	2,69 (0,04)	2,72 (0,08)	2,70 ab
10 - 15		2,82 (0,13)	2,73 (0,11)	2,76 (0,07)	2,67 (0,15)	2,75 ab
15 - 20		2,74 (0,05)	2,68 (0,05)	2,71 (0,07)	2,76 (0,05)	2,72 ab
20 - 30		2,76 (0,07)	2,74 (0,02)	2,77 (0,05)	2,74 (0,07)	2,76 b
30 - 40		2,82 (0,07)	2,84 (0,12)	2,90 (0,09)	2,75 (0,04)	2,83 c
Média*		2,74 a	2,76 a	2,72 a	2,73 a	

*Médias, para a mesma fitofisionomia, não seguidas com a mesma letra indicam diferenças significativas no teste de Tukey ao nível de 5%.

Tabela 6. Influência do regime de queima e da profundidade sobre a porosidade total do solo, pelos métodos direto e indireto, em diferentes fitofisionomias do cerrado na Reserva Ecológica do IBGE no Distrito Federal (n = 6; desvio padrão entre parênteses).

Profundidade (cm)	Porcentagem da porosidade total											
	Método direto					Método indireto						
	Sem queima	Bienal precoce	Bienal modal	Bienal tardia	Quadrinial modal	Média*	Sem queima	Bienal precoce	Bienal modal	Bienal tardia	Quadrinial modal	Média*
	Campo sujo											
0-5	63 (2)	60 (9)	64 (1)	61 (2)	62 (2)	62 c	73 (1)	72 (1)	74 (2)	72 (2)	71 (3)	72 b
5-10	63 (1)	63 (1)	64 (1)	61 (3)	60 (2)	62 bc	73 (1)	71 (1)	73 (1)	70 (3)	69 (1)	71 a
10-15	63 (1)	62 (2)	64 (1)	59 (2)	61 (2)	62 bc	72 (1)	71 (1)	72 (2)	69 (3)	68 (2)	71 a
15-20	61 (3)	61 (1)	62 (1)	60 (2)	60 (2)	61 ab	72 (1)	71 (1)	72 (2)	68 (2)	69 (2)	70 a
20-30	61 (2)	61 (1)	62 (1)	60 (2)	59 (2)	61 ab	73 (2)	70 (1)	73 (1)	70 (2)	68 (2)	71 a
30-40	63 (1)	63 (1)	62 (1)	59 (3)	60 (3)	61 ab	73 (2)	71 (2)	73 (2)	70 (3)	69 (2)	71 a
Média*	62 b	62 b	63 b	60 a	60 a	60 a	73 c	71 b	73 c	70 a	69 a	72 a
	Cerrado denso											
0-5	63 (1)	60 (1)	63 (1)	63 (1)	62 (1)	62 ab	75 (1)	73 (3)	71 (1)	74 (3)	72 (1)	73 b
5-10	64 (1)	61 (1)	62 (3)	63 (1)	63 (2)	63 b	71 (2)	71 (2)	72 (2)	74 (1)	74 (2)	72 ab
10-15	62 (2)	62 (3)	63 (1)	62 (2)	63 (1)	63 ab	71 (4)	73 (2)	72 (2)	73 (3)	72 (1)	72 ab
15-20	62 (1)	62 (1)	63 (1)	61 (1)	61 (2)	62 a	71 (2)	72 (2)	71 (1)	73 (1)	72 (2)	72 a
20-30	63 (1)	62 (1)	62 (0)	62 (1)	61 (1)	62 ab	71 (2)	73 (1)	71 (1)	72 (2)	71 (1)	72 a
30-40	62 (1)	61 (1)	63 (0)	63 (2)	63 (1)	62 ab	72 (1)	71 (1)	71 (1)	73 (2)	72 (2)	72 a
Média*	63 b	61 a	62 b	62 b	62 b	62 b	72 ab	72 ab	71 a	73 c	72 bc	72 a
	Cerrado sensu stricto											
0-5	62 (1)	62 (1)	65 (1)	63 (2)	64 (1)	64 c	73 (2)	73 (2)	73 (0)	72 (1)	73 (1)	73 bc
5-10	64 (1)	64 (1)	64 (1)	63 (1)	63 (1)	63 bc	73 (1)	73 (2)	73 (1)	72 (1)	72 (2)	73 bc
10-15	62 (2)	62 (2)	63 (1)	63 (1)	62 (1)	63 ab	72 (2)	72 (2)	72 (1)	73 (1)	72 (3)	72 bc
15-20	63 (2)	63 (2)	62 (1)	62 (2)	62 (2)	62 a	71 (1)	71 (1)	71 (0)	72 (2)	72 (1)	71 a
20-30	62 (2)	62 (2)	63 (1)	62 (2)	61 (1)	62 a	72 (1)	72 (1)	72 (1)	72 (1)	72 (1)	72 bc
30-40	62 (1)	62 (1)	63 (1)	62 (1)	62 (1)	62 a	73 (1)	73 (1)	73 (2)	73 (1)	73 (1)	73 c
Média*	62 a	62 a	63 b	63 ab	62 a	62 a	72 a	72 a	73 a	72 a	72 a	72 a

*Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% para a mesma fitofisionomia.

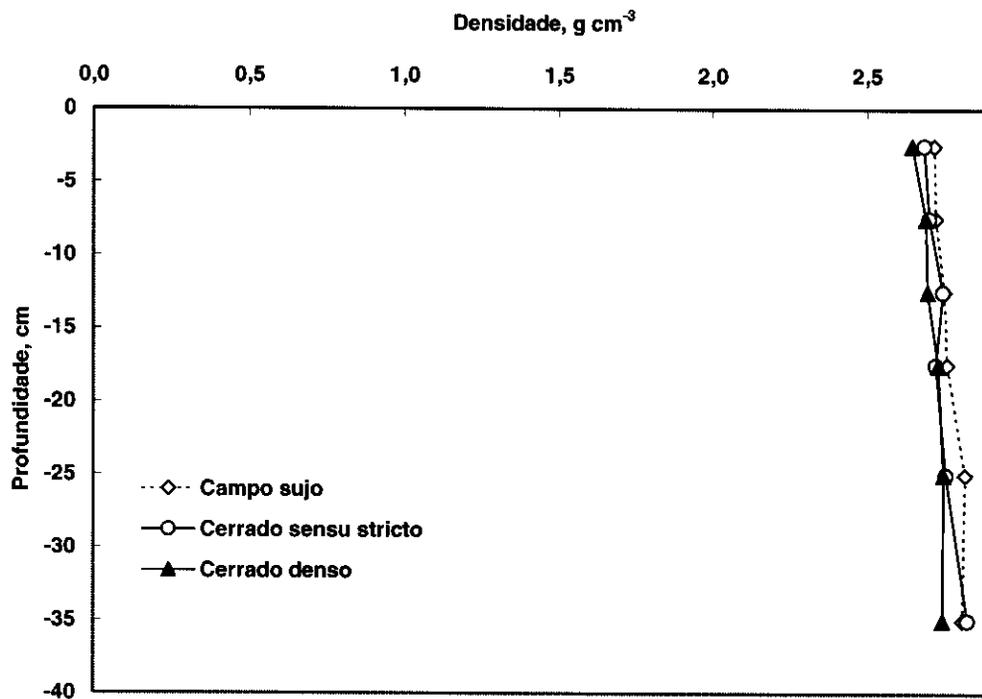


Figura 19. Influência da profundidade do solo sobre a densidade de partículas em diferentes fitofisionomias do cerrado.

70% e 69% respectivamente. As parcelas que apresentaram maiores valores foram os tratamentos sem queima e bienal modal com 73% de porosidade. As diferenças significativas entre os tratamentos podem ser devidas às diferenças nos sistemas radiculares e atividades biológicas. O regime de queima influencia a composição florística (Ramos, 1990; Sambuichi, 1991) podendo afetar a formação dos poros pela morte das raízes das plantas. A atividade biológica da pedofauna parece estar relacionada com a frequência e intensidade do fogo (Naves, 1996; Diniz, 1997). Os tratamentos que apresentaram a maior porosidade foram nas parcelas sem queima e com queima bienal modal, onde ocorre a presença de maior número de árvores e arbustos.

No cerrado denso, apesar de existir diferenças significativas entre alguns tratamentos, a magnitude da diferença é apenas 2% entre o maior e o menor valor. No cerrado *sensu stricto* não apresenta diferença significativa entre os tratamentos.

Em todas as fitofisionomias a camada superficial difere significativamente das outras camadas. Esse comportamento pode ser explicado pela quantidade maior de raízes e maior atividade biológica na camada superficial.

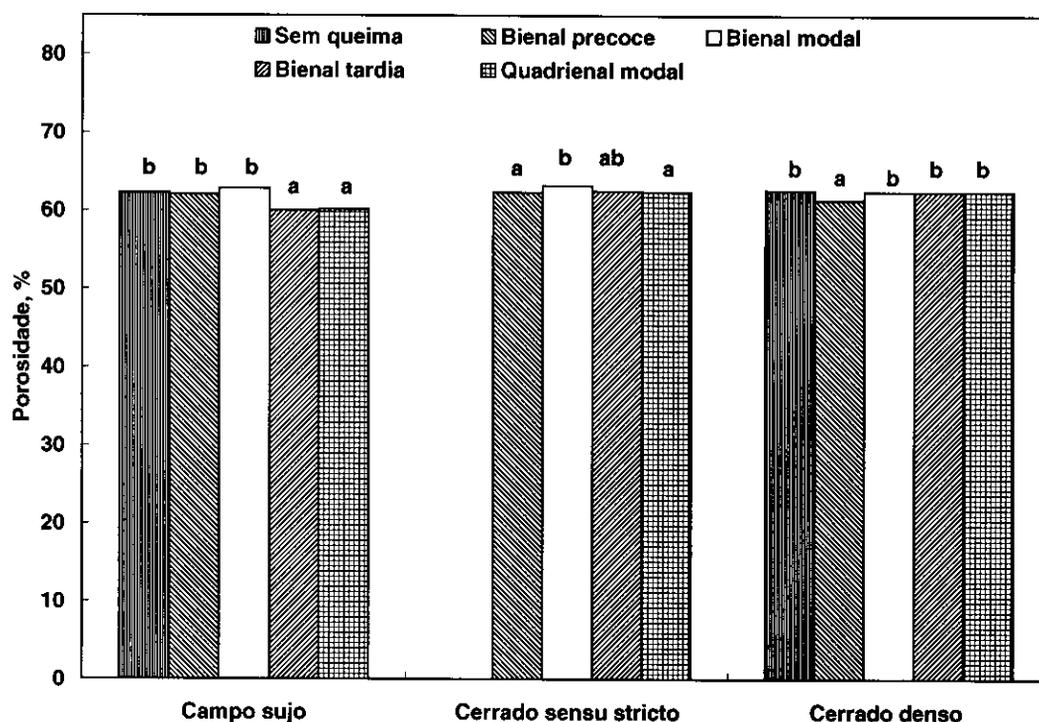


Figura 20. Influência do regime de queima sobre a porosidade total do solo, pelo método direto, em diferentes fitofisionomias do cerrado. Médias, para a mesma fitofisionomia, seguidas pela mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5%.

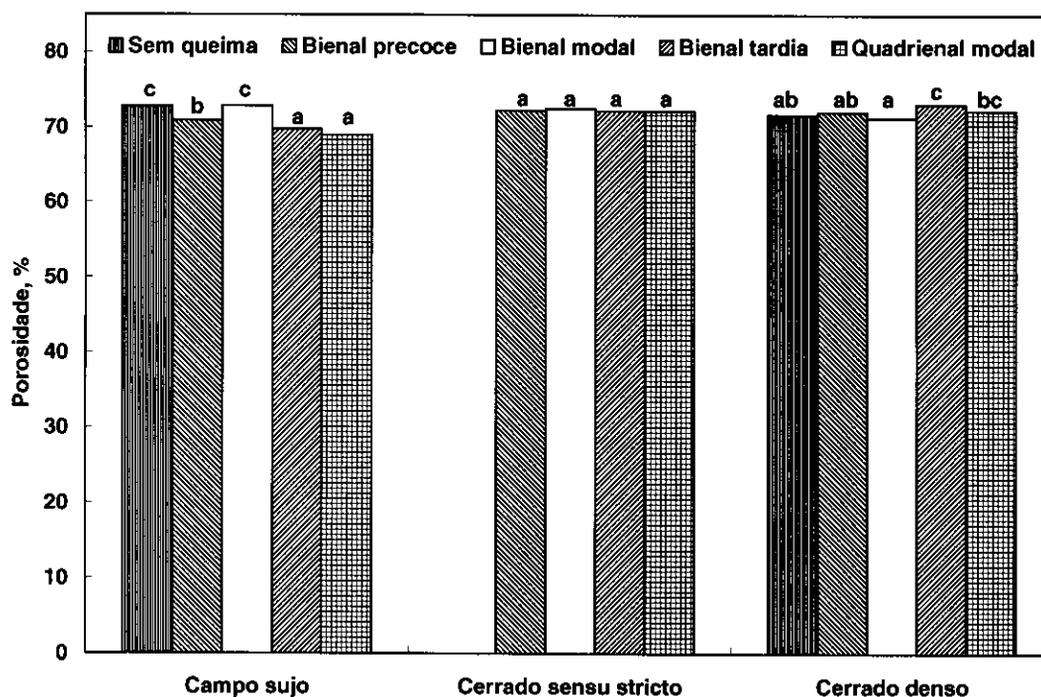


Figura 21. Influência do regime de queima sobre a porosidade total do solo, pelo método indireto, em diferentes fitofisionomias do cerrado. Médias, para a mesma fitofisionomia, seguidas pela mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5%.

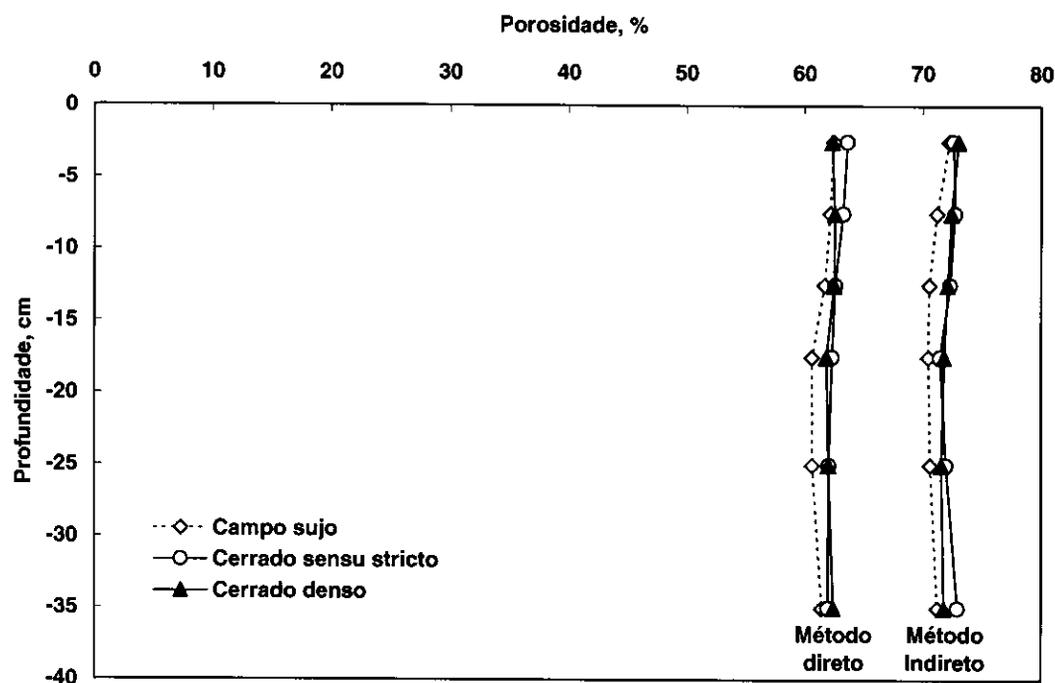


Figura 22. Influência da profundidade do solo sobre a porosidade total pelo método direto e indireto, em diferentes fitofisionomias do cerrado.

Textura e argila dispersa em água

A textura do solo foi determinada de apenas um perfil de cada parcela e sem repetição (Tabela 7) com o intuito de confirmar os valores descritos em IBGE (1995) e comparar com os valores da argila dispersa em água (Tabela 8).

Os solos das parcelas são na maioria muito argilosos com exceção da parcela com tratamento bienal tardia e quadrienal modal do campo sujo que apresentaram teor de argila menor do que 600 g kg^{-1} e sendo classificado como argiloso. A porcentagem de argila dispersa em água ficou entre 49% e 17% da argila total. Na fitofisionomia de campo sujo o tratamento sem queima apresentou diferença significativa quando comparado com as parcelas com tratamento bienal tardia e quadrienal modal (Figura 23). O valor da argila dispersa na parcela sem queima foi de 252 g kg^{-1} e as outras duas parcelas que não tiveram diferença significativa foi de 221 g kg^{-1} para a parcela com tratamento bienal tardia e 201 g kg^{-1} para quadrienal modal. Estas duas parcelas apresentaram menor teor de argila total do que a parcela sem queima. Como as parcelas estão localizadas em solos diferentes, a diferença significativa provavelmente é devido aos fatores pedogenéticos. Na fitofisionomia de cerrado denso o tratamento quadrienal modal diferiu significativamente das outras duas fitofisionomias. Os tratamentos sem queima e bienal tardia não apresentaram diferenças significativas, o que leva a inferir que a cinza resultante da queima não aparentemente não

causou floculação da argila dispersa. O menor valor apresentado pelo tratamento quadrienal modal pode estar relacionado com os fatores pedogenéticos. A fitofisionomia de cerrado *sensu stricto* os tratamentos não apresentaram diferenças significativas.

A profundidade do solo não apresenta diferenças significativas entre as camadas do perfil com exceção das fitofisionomias de campo sujo e cerrado *sensu stricto* que, apresentaram diferenças significativas na camada mais profunda do perfil (Figura 24). Provavelmente os fatores pedogenéticos podem estar influenciando nos resultados, já que as cinzas lixiviadas passam obrigatoriamente através das camadas mais superficiais.

Tabela 7. Influência do regime de queima sobre a textura do solo, em diferentes fitofisionomias de cerrado na Reserva Ecológica do IBGE no Distrito Federal (n=1).

Profundidade (cm)	Textura (g kg ⁻¹)								
	Sem queima			Bienal tardia			Quadrienal modal		
	Argila	Silte	Areia	Argila	Silte	Areia	Argila	Silte	Areia
Campo sujo									
0 - 5	732	91	177	581	115	304	696	24	281
5 - 10	653	128	219	508	164	328	624	107	269
10 - 15	699	95	206	570	117	313	573	145	282
15 - 20	746	112	142	581	143	276	586	142	271
20 - 30	712	140	147	564	118	318	575	116	309
30 - 40	703	142	155	591	141	268	588	142	271
Cerrado denso									
0 - 5	806	84	110	840	83	77	773	100	127
5 - 10	806	134	60	767	140	94	806	100	94
10 - 15	773	150	77	840	66	94	806	100	94
15 - 20	773	133	94	840	100	60	806	134	60
20 - 30	806	150	43	740	100	160	706	134	160
30 - 40	790	150	60	773	133	94	740	133	127
Cerrado <i>sensu stricto</i>									
0 - 5				866	67	67	799	50	151
5 - 10				749	117	134	716	34	251
10 - 15				749	150	101	733	100	167
15 - 20				766	150	84	716	134	151
20 - 30				733	183	84	766	133	101
30 - 40				866	100	34	766	133	101

Infiltração de água no solo

O maior valor da infiltração acumulada foi observado na parcela sem queima da fitofisionomia de cerrado denso (Figura 25). Os valores da infiltração acumulados em 120 min variaram entre 116 cm e 402 cm. Na fitofisionomia de cerrado denso os valores da infiltração acumulada em 120 min foram acima de 370 cm. Este comportamento de altos valores da infiltração acumulada pode ser explicado em parte pela maior densidade de árvores

Tabela 8. Influência do regime de queima e da profundidade do solo sobre a argila dispersa em água, em diferentes fitofisionomias do cerrado (n = 3; desvio padrão entre parênteses).

Profundidade (cm)	Argila dispersa em água (g kg ⁻¹)			
	Sem queima	Bienal tardia	Quadrienal	Média*
Campo sujo				
0 - 5	302 (36)	221 (33)	230 (37)	251 a
5 - 10	274 (28)	221 (33)	241 (47)	245 a
10 - 15	274 (28)	226 (35)	230 (41)	243 a
15 - 20	263 (53)	221 (44)	230 (41)	238 a
20 - 30	285 (30)	226 (35)	213 (19)	242 a
30 - 40	119 (117)	209 (19)	102 (43)	129 b
Média*	252 b	221 a	201 a	
Cerrado denso				
0 - 5	344 (9)	336 (33)	341 (9)	340 a
5 - 10	366 (10)	374 (33)	363 (22)	368 a
10 - 15	355 (16)	369 (18)	336 (17)	353 a
15 - 20	371 (17)	380 (23)	202 (178)	318 a
20 - 30	382 (8)	352 (39)	186 (200)	305 a
30 - 40	355 (1)	352 (23)	230 (170)	312 a
Média*	362 b	361 b	275 a	
Cerrado <i>sensu stricto</i>				
0 - 5		318 (39)	300 (9)	309 a
5 - 10		329 (23)	289 (25)	309 a
10 - 15		307 (17)	314 (17)	311 a
15 - 20		329 (36)	326 (6)	327 a
20 - 30		329 (36)	309 (18)	319 a
30 - 40		162 (129)	220 (160)	191 b
Média*		296 a	293 a	

*Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% para a mesma fitofisionomia.

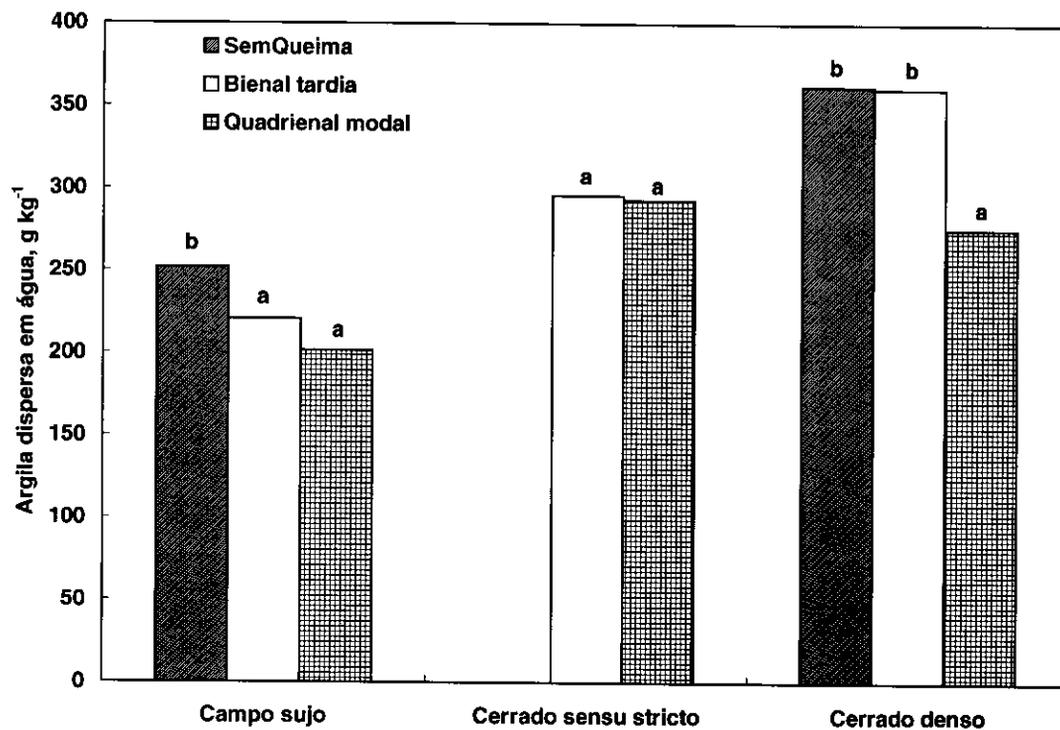


Figura 23. Influência do regime de queima sobre a argila dispersa em água em diferentes fitofisionomias do cerrado. Médias, para a mesma fitofisionomia, seguidas pela mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5%.

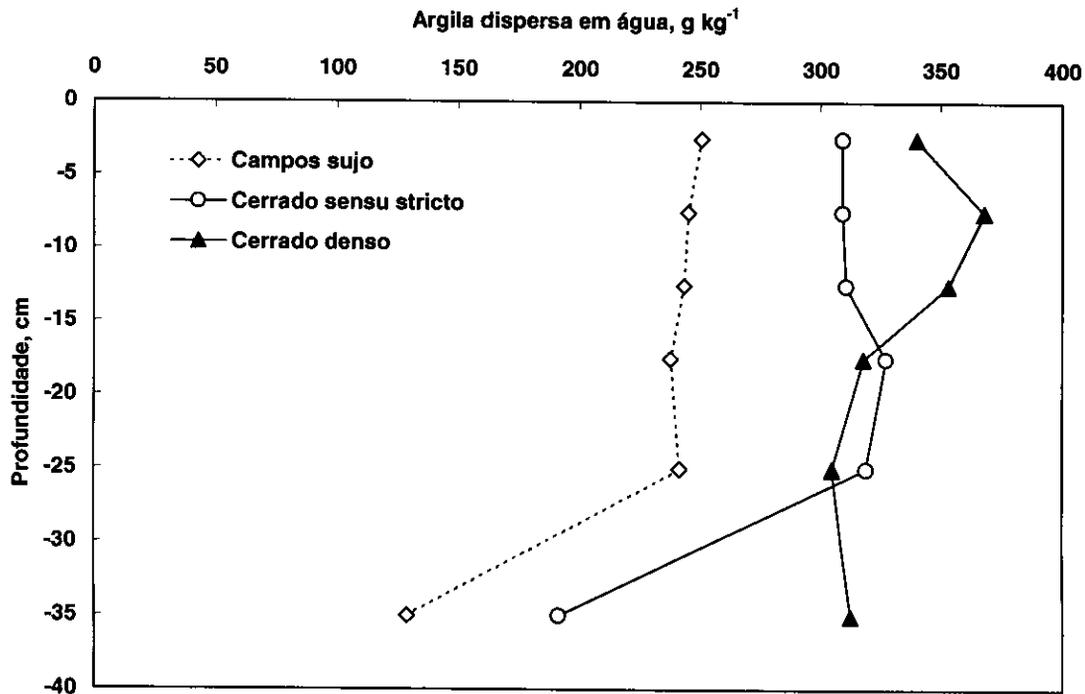


Figura 24. Influência da profundidade do solo na argila dispersa em água em diferentes fitofisionomias do cerrado.

e arbustos nesta fisionomia. Também existe grande quantidade de serapilheira nestas parcelas de cerrado denso, que pode estar ocasionando maior atividade biológica e melhor agregação. O valor das declividades das retas que representa a infiltração acumulada variou entre 3,03 e 3,36 cm min^{-1} no cerrado denso e de 1,59 e 1,71 cm min^{-1} no cerrado *sensu stricto*, mostrando que o regime de queima não teve efeito marcante sobre a infiltração acumulada nestas parcelas. Os valores da infiltração acumulada em 120 min no campo sujo variaram entre 116 cm na parcela bienal tardia e 228 cm na parcela sem queima. Os valores das declividades das retas que representa a infiltração acumulada variaram entre 0,98 e 1,89 cm min^{-1} mostrando a maior variabilidade entre as três fitofisionomias. Na fisionomia de campo sujo as parcelas apresentam duas classes de solos, o que pode estar interferindo em parte na diferença da infiltração acumulada entre as parcelas. A parcela bienal tardia apresenta Latossolo Vermelho-Amarelo e possui a menor porosidade entre todas as parcelas. A parcela sem queima apresenta o Latossolo Vermelho-Escuro em quase sua totalidade igualando na porosidade com a parcela bienal modal que apresenta Latossolo Vermelho-Escuro em sua totalidade. Estas duas parcelas são as que apresentaram maior porcentagem de porosidade total. Na parcela sem queima ocorre a maior densidade de árvores e arbustos desta fitofisionomia o que pode também estar influenciando na maior infiltração. Os valores da infiltração acumulada, encontrados neste trabalho no campo sujo, são semelhantes aos encontrados por Leite (1996), que obteve valores entre 100 e 150 cm após 120 min, nesta mesma área. Leite *et al.* (1994) encontraram valores próximos de 60 cm e 70 cm de infiltração acumulado em 120 min, no campo sujo e cerrado do Parque Nacional de Brasília. Estes valores são bem menores do que os encontrados neste trabalho. Provavelmente o comportamento diferenciado se deve aos fatores pedogenéticos por se tratar de locais diferentes.

Selamento superficial

O maior valor da infiltração acumulada antes da indução do selamento superficial foi na parcela sem queima e a menor na parcela bienal tardia (Figura 26). Os valores da infiltração acumulados em 120 min, antes da indução do selamento superficial, variaram entre 186 cm e 93 cm. Os valores das declividades das retas que representam a infiltração acumulada das parcelas antes da indução do selamento superficial variaram entre 1,52 e 0,92 cm min^{-1} . Os valores da infiltração acumulada após 120 min observados nestas medições foram menores do que aquelas medições feitas anteriormente, causadas pela diferença da

umidade do solo. Nestas medições o solo se encontrava mais úmido devido às chuvas. A intensidade média da

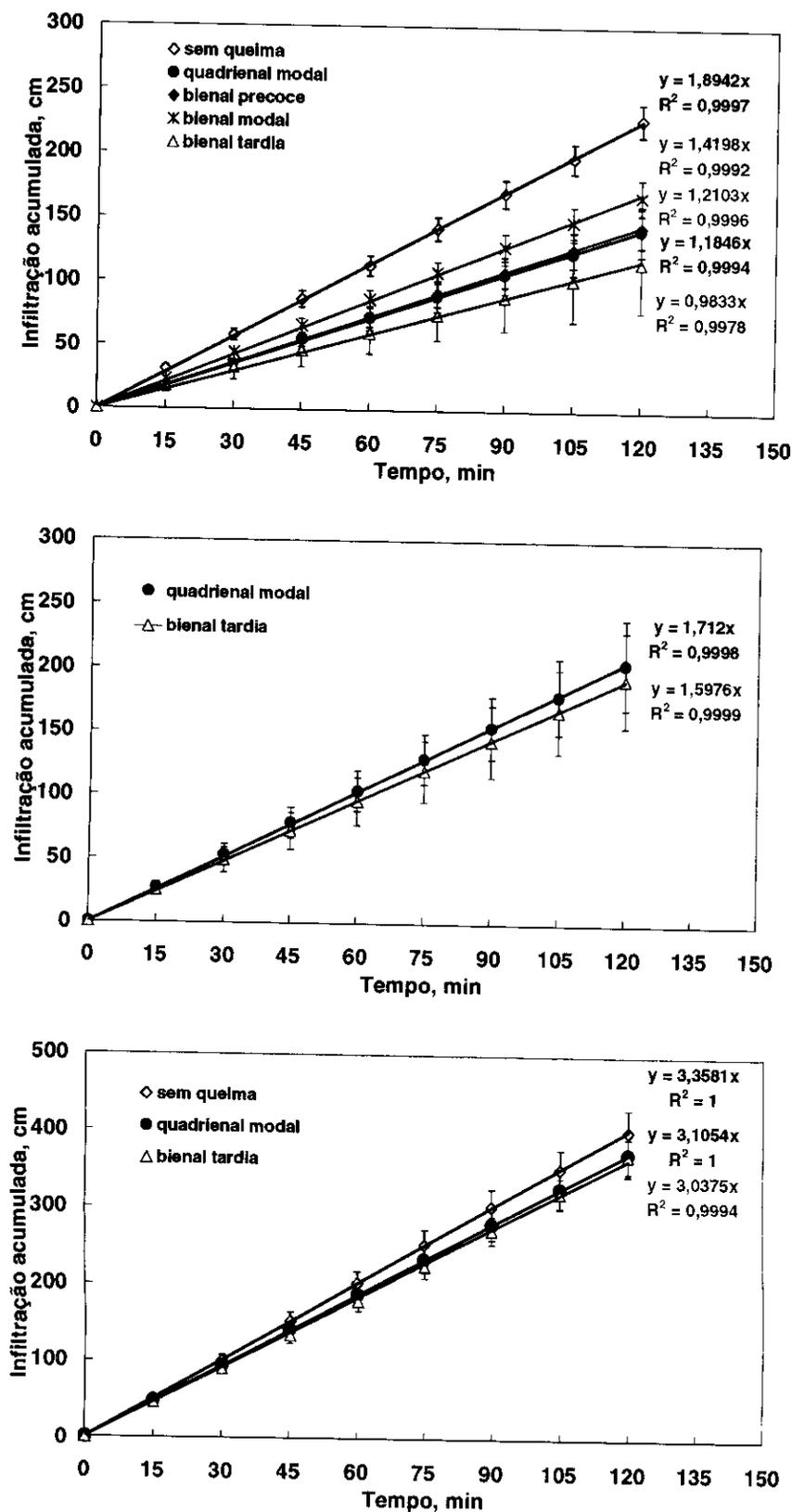


Figura 25. Influência do regime de queima sobre a infiltração acumulada em diferentes fitofisionomias.

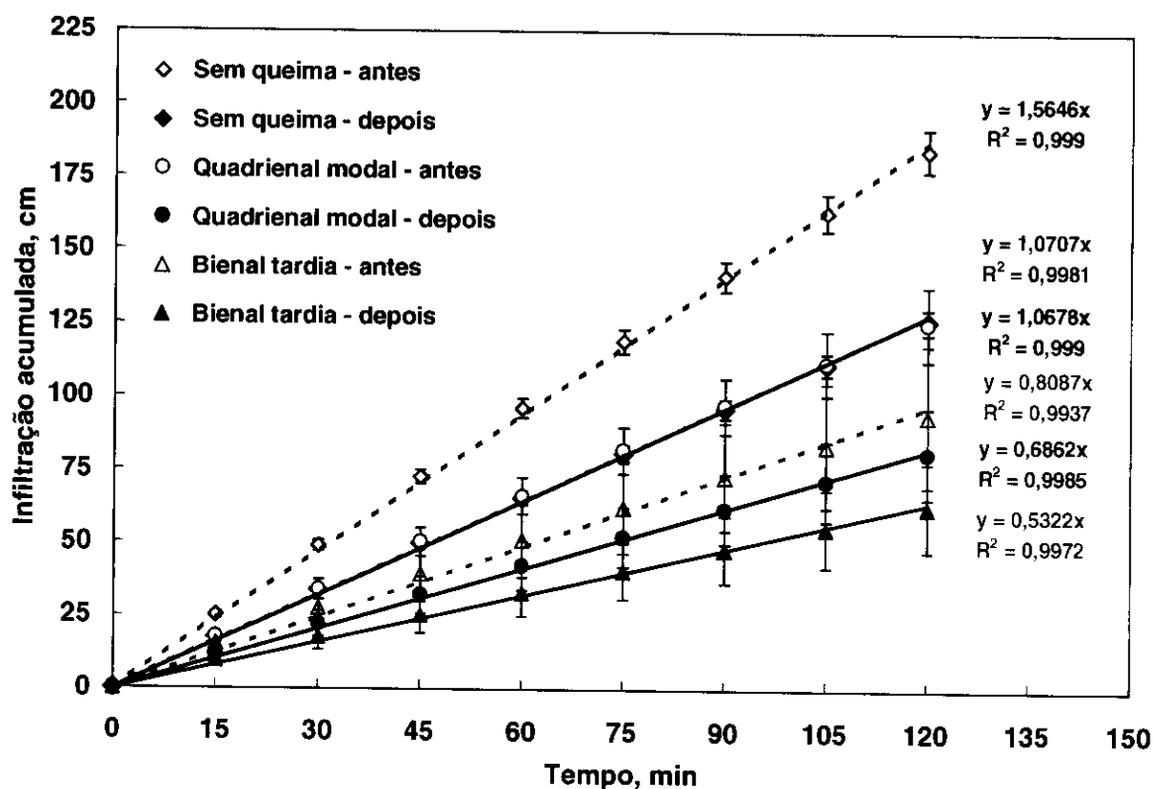


Figura 26. Influência do regime de queima sobre a formação do selamento superficial na fitofisionomia da campo sujo.

chuva simulada medida em torno dos infiltrômetros foi de $83,8 \text{ mm h}^{-1}$ com a energia cinética de $0,283 \text{ MJ ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$, calculada a partir da equação de Wismeier & Smith (1958). Os valores da infiltração acumulada após a indução do selamento superficial variaram entre 127 cm e 62,5 cm em 120 min. Os valores das taxa de infiltração após a indução do selamento superficial nas parcelas variaram entre $61,2 \text{ cm h}^{-1}$ e 36 cm h^{-1} . O decréscimo da infiltração acumulada causada pelo selamento superficial ficou em torno de um terço da infiltração acumulada antes do selamento. Os resultados mostraram que o regime de queima não teve efeito marcante na formação do selamento superficial.

O fogo é um importante agente modificador do ecossistema, causando grandes alterações na vegetação e na fauna. No solo, mesmo com a agregação do solo e a taxa de infiltração apresentarem diferença, os valores são pouco expressivos no tocante a mudanças de comportamento do solo em vista das modificações causadas por outras atividades. O desmatamento, o preparo do solo, a aplicação de fertilizantes e defensivos químicos afetam o ecossistema modificando-o intensamente. Nos solos das áreas agrícolas onde se tem utilizado intensivamente a mecanização a estabilidade de agregados diminuem enormemente dando

como consequência uma diminuição na infiltração de água no solo e também maior suscetibilidade do solo ao selamento superficial (Carpenedo & Mielniczuk, 1990; Kato, 1995; Castro Filho *et al.*, 1998). O estudo do efeito do fogo sobre o solo se torna importante em vista da proporção restante de vegetação nativa de cerrado que necessita de mais conhecimentos para sua conservação e também pela extensa área de pastagens nativa e cultivada que são queimadas anualmente no Brasil.

CONCLUSÕES

A queima da vegetação de cerrado de dois em dois anos ou quatro em quatro anos num período de dez anos, aumentou a estabilidade dos agregados do solo nas fitofisionomias de campo sujo e cerrado denso. O diâmetro médio dos agregados estáveis em água foi maior nas parcelas queimadas, até a profundidade de 40 cm. A estabilidade dos agregados do solo aumentou com a maior frequência das queimadas nas parcelas. A maior magnitude da diferença do diâmetro médio ponderado dos agregados do solo entre as parcelas com queima e sem queima foi na fitofisionomia de campo sujo.

A queima da vegetação de cerrado de dois em dois anos ou quatro em quatro anos num período de dez anos diminuiu a taxa de infiltração de água no solo. A taxa de infiltração diminuiu com o aumento da frequência das queimas nas parcelas das fitofisionomias de campo sujo e cerrado denso. A maior magnitude das diferenças na taxa de infiltração de água no solo entre as parcelas com queima e sem queima foi observada na fitofisionomia de campo sujo.

A queima da vegetação de cerrado de dois em dois anos ou quatro em quatro anos por um período de dez anos não alterou a formação do selamento superficial no solo da fitofisionomia de campo sujo. A redução na taxa de infiltração após a indução do selamento superficial foi semelhante nas parcelas bienal tardia, quadrienal modal e sem queima.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADÂMOLI, J.; MACÊDO, J.; AZEVEDO, L.G.; NETTO, J.M. Caracterização da região dos Cerrados. In: GOEDERT, W.J. (Ed.). **Solos dos Cerrados: tecnologias e estratégias de manejo**. Nobel, São Paulo, 1987. p.33-74.
- AHLGREN, I.F.; AHLGREN, C.F. Ecological effects of forest fires. **The Botanical Review**. v.26, p.483-533, 1960.
- ALVES, A.G.C.; COGO, N. P.; LEVIEN, R. Relações da erosão do solo com a persistência da cobertura vegetal morta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas. v.19. p.127-132. 1995.
- ANDRADE, S. M. A. **Dinâmica do combustível fino e produção primária do estrato rasteiro de área de campo sujo de cerrado submetido a diferentes regimes de queima**. Brasília, Universidade de Brasília, 1998. 43p. Dissertação de mestrado.
- ARAÚJO, F.B.; COSTA, M.M.; OLIVEIRA, R.F.; FERRARI, K.; SIMON, M.F.; PIRES-JUNIOR, O.R. Efeitos de queimada na fauna de lagartos do Distrito Federal. In: MIRANDA, H.S.; SAITO, C.H.; DIAS, B.F.S. (Org.). **Impactos de queimadas em áreas de cerrado e restinga**. Brasília: Universidade de Brasília, DF, 1996. p.148-160.
- BATMANIAN, G.J.; HARIDASAN, M. Primary production and accumulation of nutrients by the ground layer community of cerrado vegetation of central Brazil. **Plant and Soil**, Dordrecht, Holanda. v.88. p.437-440. 1985.
- BUSTAMANTE, M.M.C.; NARDOTO, F.B.; CASTRO, A.A.A.; GAROFALO, C.R.; NARDOTO, G.B.; SILVA, M.R.S. Effect of prescribed fires on the inorganic N concentration in soil of cerrado areas and on the assimilation of inorganic N by wood plants. In: VIEGAS, D.X. (Ed.) **Proceedings of III International Conference on Forest Fire Research**, Coimbra, Portugal. v.2. p.1361-1379. 1998.
- CARDINOT, G.K. **Efeitos de diferentes regimes de queimas nos padrões de rebrotamento de *Kielmeyera coriacea* Mart. e *Roupala montana* Aub, duas espécies típicas do cerrado**. Brasília, Universidade de Brasília, 1998. 76p. (Dissertação de Mestrado)
- CARPENEDO, V.; MIELNICZUK, J. Estado de agregação e qualidade de agregados de Latossolos Roxos, submetidos a diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas. v. 14. p.99-105. 1990.

- CASS, A.; SAVAGE, M.J.; WALLIS, F.M. The effect of fire on soil and microclimate. In: BOOYSEN, P.V.; TANTON, N.M. (Ed.). **Ecological Effects of Fire in South African Ecosystems**. Springer-Verlag, New York, 1984. p. 312-325.
- CASTRO, E.A.; KAUFFMAN, J.B. Ecosystem structure in the Brazilian Cerrado: a vegetation gradient of aboveground biomass, root mass and consumption by fire. **Journal of Tropical Ecology**, Cambridge. v.14. 263-283. 1998.
- CASTRO FILHO, C.; MUZILLI, O.; PODANOSCHI, A.L. Estabilidade dos agregados e sua relação com o teor de carbono orgânico num Latossolo Roxo distrófico, em função de sistemas de plantio, rotações de culturas e métodos de preparo das amostras. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa, 1998. v.22. p.527-538.
- CAVALCANTI, L. de H. **Efeito das cinzas resultantes da queimada sobre a produtividade do estrato herbáceo subarbustivo do cerrado de Emas, Pirassununga, SP**. São Paulo, Universidade de São Paulo. 1978. 219p. Dissertação de Mestrado.
- CASTRO NEVES, B. M.; MIRANDA, H.S. Efeitos do fogo no regime térmico do solo de um campo sujo de cerrado. In: MIRANDA, H.S.; SAITO, C.H.; DIAS, B.F.S. (Org.). **Impactos de queimadas em áreas de cerrado e restinga**. Brasília: Universidade de Brasília, DF, 1996. p.31-36.
- CESAR, L. **Efeitos da queima e corte sobre a vegetação de um campo sujo na Fazenda Água Limpa, Brasília-DF**. Brasília: Universidade de Brasília, 1980. 57p. Dissertação de Mestrado.
- CHRISTENSEN, N.L. The effects of fire on physical and chemical properties of soils in mediterranean-climate shrublands. In: MORENO, J.M.; OECHEL, W.C. (Ed.). **The role of fire in mediterranean-type ecosystem**. New York, 1994. p.79-95.
- CHU, S.T.; ONSTAD, C.A.; RAWLS, W.J. Field evaluation of layered Green-Ampt model for transient crust conditions. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph. v.29, p.1268-1272. 1986.
- CINTRA, F.L.D.; MIELNICZUK, J.; SCOPEL, I. Caracterização do impedimento mecânico em um Latossolo Roxo do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Campinas, 1983. v.7. p.323-327.
- COUTINHO, L.M. Aspectos ecológicos do fogo no cerrado. I – A temperatura do solo durante as queimadas. **Revista Brasileira de Botânica**. v.1, p.93-96, 1978.
- COUTINHO, L.M. Aspectos ecológicos do fogo no cerrado. **Revista Brasileira de Botânica**. v.2, p.97-101, 1979.
- COUTINHO, L.M. As queimadas e seu papel ecológico. **Brasil Florestal**, 1980. v.44. p.7-23.

- COUTINHO, L.M. Aspectos ecológicos do fogo no cerrado. IV – Nota sobre ocorrência e a datação de carvões vegetais encontrados no interior do solo, em Emas, Pirassununga, SP. **Revista Brasileira de Botânica**. v.4, p.115-117, 1981.
- DANIELSON, R.E.; SUTHERLAND, P.L. Aggregate stability and size distribution. In: KLUTE, A. (Ed). **Methods of soil analysis**. 2.ed. Madison: American Society of Agronomy, 1986. part 1, p.443-461.
- DA ROS, C.O.; SECCO, D.; FIORIN, J.E.; PETRERE, C.; CADORE, M.A.; PASA, L. Manejo do solo a partir de campo nativo: efeito sobre a forma e estabilidade da estrutura ao final de cinco anos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Campinas, São Paulo. v.21, p.241-247. 1997.
- DEBANO, L.F.; EBERLEIN, G.E.; DUNN, P.H. Effects of burning on chaparral soils: I. soil nitrogen. **Soil Science Society of America Journal**. v.43, p.504-509, 1979.
- DEDECEK, R.A. Fatores de erosividade da chuva, enxurrada e perdas de solo sob condições de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília. v.23, p.1431-1438, 1988.
- DIAS, I.F.O.; MIRANDA, A.C.; MIRANDA, H.S. 1996. Efeitos de queimadas no microclima de solos de campos de cerrado, DF/Brasil. In: MIRANDA, H.S.; SAITO, C.H.; DIAS, B.F.S. (Org.). **Impactos de queimadas em áreas de cerrado e restinga**. Brasília: Universidade de Brasília, 1996. p.11-19.
- DICKEY, E.C.; SHELTON, D.P.; JASA, P.J.; PETERSON, T.R. Soil erosion from tillage systems used in soybean and corn residues. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph. v.28, p.1124-1129. 1985.
- DINIZ, I. R. **Variação na abundância de insetos no cerrado: Efeitos das mudanças climáticas e do fogo**. Brasília, Universidade de Brasília, 1997. 274p. Tese de doutorado
- EDWARDS, W.M.; LARSON, W.E. Infiltration of water into soils as influenced by surface seal development. **Transactions of de ASAE**. v.12, p.463-465. 1969.
- EITEN, G. Vegetação do cerrado. In: PINTO, M.N. (Org.). **Cerrado: caracterização, ocupação e perspectivas**. 2ª edição. Editora da Universidade de Brasília, Brasília, 1993. p.17-73.
- EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. 2ª edição. Centro Nacional de Pesquisa de Solos, Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura, 1997. 212 p.
- EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa. Produção de Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412p.
- FERRAZ-VICENTINI, K.R. **Análise palinológica de uma vereda em Cromínia, GO.** , Brasília: Universidade de Brasília, 1993. 136p. Dissertação de mestrado.

- FROST, P.G.H.; ROBERTSON, F. The ecological effects of fire in savannas. In: Walker, B.H. (Ed.). **Determinants of tropical savannas**. Paris, International Union of Biological Sciences, 1987. p.93-140.
- GIOVANNINI, G. The effect of fire on soil quality. In: SALA, M.; RUBIO, J.L. (Ed.) **Soil erosion and degradation as a consequence of forest fires**. Geofoma ediciones, Logroño, 1994. p.15-27.
- GIOVANNINI, G.; GIACHETTI, M; LUCCHESI, S. The measurement of zeta potencial in concentrated suspension of clayey soil. **Agrochimica**. v.31. p.152-159. 1987.
- GIOVANNINI, G.; LUCCHESI, S. Modifications induced in soil physico-chemical parameters by experimental fires at different intensities. **Soil Science**. v.162, p.479-486. 1997.
- GIOVANNINI, G.; LUCCHESI, S.; GIACHETTI, M. Effects of heating on some chemical parameters related to soil fertility and plant growth. **Soil Science**. v.149, p.344-350. 1990.
- HARIDASAN, M. Solos do Distrito Federal. In: PINTO, M.N. (Org.). **Cerrado: caracterização, ocupação e perspectivas**. 2ª edição. Editora da Universidade de Brasília, Brasília, 1993. p.321-344.
- HINO, M.; FUJITA, K.; SHUTTO, H. A laboratory experiment on the role of grass for infiltration and runoff processes. **Journal of Hidrology**, Amsterdam. v.90, p.303-325. 1987.
- IBGE. **Zoneamento ambiental da bacia do Córrego Taquara – Distrito Federal**. Goiânia, Diretoria de Geociências, 1995. v.1, 87p.
- JASTROW, J.D.; MILLER, R.M. Methods for assessing the effects of biota on soil structure. **Agriculture, Ecosystem & Environmental**. v.34, p.279-303. 1991.
- JOHNSON, C.W.; GORDON, N.D. Runoff and erosion from rainfall simulator plots on sagebrush rangeland. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph. v.31, p.421-427. 1988.
- KANG, B.T.; SAJJAPONGSE, A. Effect of heating on properties of some soils from southern Nigéria and growth of rice. **Plant and Soil**. v.55. p. 85-95. 1980.
- KATO, E. **Efeito do selamento na condutividade hidráulica saturada da camada superficial de solo sob cerrado em três condições de manejo**. Brasília: Universidade de Brasília, 1995. 39p. Dissertação de Mestrado.
- KAUFFMAN, J.B.; CUMMINGS, D.L.; WARD, D.E. Relationships of fire, biomass and nutrient dynamics along a vegetation gradient in the Brazilian cerrado. **Journal of Ecology**, London. v.82. p.519-531. 1994.
- KIEHL, E.J. **Manual de edafologia**. Editora Agronômica Ceres, São Paulo, 1979. 262p.

- LAL, R. **Methods and guidelines for assessing sustainable use of soil and water resources in the tropics**. Department of Agronomy, The Ohio State University, Ohio, 1994.
- LE BISSONNAIS, Y.; ARROUAYS, D. Aggregate stability and assessment of soil crustability and erodibility: II. Application to humic loamy soils with various organic carbon contents. **European Journal of Soil Science**. v.48, p.39-48. 1997.
- LEITE, L.L.; MARTINS, C.R.; HARIDASAN, M. Efeitos da descompactação e adubação do solo na revegetação espontânea de uma cascalheira no Parque Nacional de Brasília. In: **I Simpósio Sul-Americano e II Simpósio Nacional de Recuperação de Áreas Degradadas**, Foz do Iguaçu, Paraná. 527-534. 1994.
- LEITE, L.L. Densidade global e infiltração de água no solo em área de cerrado submetido à queimada controlada no Distrito Federal, Brasil. In: MIRANDA, H.S.; SAITO, C.H.; DIAS, B.F.S. (Org.). **Impactos de queimadas em áreas de cerrado e restinga**. Brasília: Universidade de Brasília, 1996.p.31-36.
- LOPES, A.S. **Solos sob cerrado: características, propriedades e manejo**. 2ª edição. Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, Piracicaba, 1984. 162p.
- LOPES, P.R.C.; COGO, N.P.; LEVIEN, R. Eficácia relativa de tipo e quantidade de resíduos culturais espalhados uniformemente sobre o solo na redução da erosão hídrica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas. v.11. p.71-75. 1987.
- MALLIK, A.U.; GIMINGHAM, C.H.; RAHMAN, A.A. Ecological effects of heather burning. **Journal of Ecology**. v.72. p.767-776. 1984.
- MARTÍNEZ-FERNÁNDES, J.; DÍAS-PEREIRA, E. Changes of the physical and chemical properties in soil affected by forest fire in Sierra Larga (Murcia). In: SALA, M.; RUBIO, J.L. (Ed.) **Soil erosion and degradation as a consequence of forest fires**. Geofoma ediciones, Logroño, 1994. p.67-77.
- McINTYRE, D.S. Permeability measurements of soil crusts formed by raindrop impact. **Soil Science**, Baltimore. v.85, p.185-189. 1958.
- MEDINA, B.F. Influência de dois métodos de preparo de área na compactação de um Latossolo Amarelo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Campinas, São Paulo. v.9, p.67-71. 1985.
- MIRANDA, A.C.; MIRANDA, H.S.; DIAS, I.F.O.; Dias, B.F.S. Soil and air temperatures during prescribed cerrado fires in Central Brazil. **Journal of Tropical Ecology**. v.9, p.313-320. 1993.
- MIRANDA, H.S.; ROCHA e SILVA, E.P.; MIRANDA, A.C. Comportamento do fogo em queimadas de campo sujo. In: MIRANDA, H.S.; SAITO, C.H.; DIAS, B.F.S. (Org.).

- Impactos de queimadas em áreas de cerrado e restinga.** Brasília: Universidade de Brasília, 1996. p.1-10.
- MOORE, I.D. Effect of surface sealing on infiltration. **Transaction of the ASAE**, St Joseph. v.24, p.1546-1552. 1981.
- NARDOTO, G.B. **Efeito de queimadas na mineralização de nitrogênio e em processos de ciclagem de nutrientes em uma área de cerrado *stricto sensu*.** Brasília: Universidade de Brasília, 2000. 89p. Dissertação de Mestrado.
- NAVES, M.A. Efeito do fogo na população de formigas (Hymenóptera-Formicidae) em cerrado do Distrito Federal. In: MIRANDA, H.S.; SAITO, C.H.; DIAS, B.F.S. (Org.). **Impactos de queimadas em áreas de cerrado e restinga.** Brasília: Universidade de Brasília, 1996. p.170-177.
- OADES, J.M. Carbohydrates in some Australian soils. **Australian Journal of Soil Research.** v.5, p.103-115. 1967.
- RAMOS, A. **Efeitos da queima sobre a vegetação lenhosa do cerrado.** Brasília, Universidade de Brasília, 1990. 142p. Dissertação de mestrado.
- RAMOS-NETO, M.B.; PIVELLO, V.R. Lightning fires in a brazilian savanna National Park: Rethinking management strategies. **Environmental Management**, New York. v.26, p.675-684. 2000.
- REICHERT, J.M.; VEIGA, M.; CABEDA, M.S.V. Selamento superficial e infiltração de água em solos do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas. v.16, p.289-298. 1992.
- RESCK, D.V.S. **Parâmetros físicos dos solos da região dos cerrados.** Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1981. 17p. (Boletim de Pesquisa, 2).
- RESCK, D.V.S.; PEREIRA, J.; SILVA, J.E. da. **Dinâmica da matéria orgânica na região dos Cerrados.** Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1991. 22p. (Documentos, 36)
- RESCK, D.V.S. Agricultural intensification systems and their impact on soil and water quality in the cerrados of Brazil. In: LAL, R. (Ed.). **Soil quality and agricultural sustainability.** Ann Arbor Press, Michigan, USA, 1998. p.288-300.
- ROTH, C.H.; CASTRO FILHO, C.; MEDEIROS, G.B. de. Análise de fatores físicos e químicos relacionados com agregação de um Latossolo Roxo distrófico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo.** Campinas, 1991. v.15. p.241-248.
- SAMBUICHI, R.H.R. **Efeitos de longo prazo do fogo periódico sobre a fitossociologia da camada lenhosa de um cerrado em Brasília, DF.** Brasília, Universidade de Brasília, 1991. 130p. Dissertação de mestrado.

- SATO, M.N. **Mortalidade de plantas lenhosas do cerrado submetido a diferentes regimes de queima**. Brasília, Universidade de Brasília, 1996. 46p. Dissertação de mestrado.
- SHAINBERG, I.; LERRY, G.J.; Levin, J.; GOLDSTEIN, D. Aggregate size and seals properties. **Soil Science**.v.162, p.470-478. 1997.
- SILVA, E.P.R. **Efeito do regime de queima na taxa de mortalidade e estrutura da vegetação lenhosa de campo sujo de cerrado**. Brasília: Universidade de Brasília, 1999. 75p. Dissertação de mestrado.
- SPERA, S.T.; REATTO, A; CORREIA, J.R.; SILVA, J.C.S. Características físicas de um Latossolo Vermelho-Escuro no cerrado de Planaltina, DF, submetida à ação do fogo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília. v.35, p.1817-1824. 2000.
- TACKETT, J.D.; PEARSON, R.W. Some characteristics of soil crusts formed by simulated rainfall. **Soil Science**, Baltimore.v.99, p.407-413. 1965.
- TISDALL, J.M.; OADES, J.M. Organic matter and water-stable aggregates in soils. **Journal of Soil Science**. v.33, p.141-163, 1982.
- TROLLOPE, W.S.W. Fire in savanna. In: BOOYSEN, P.V.; TAINTON, N.M. (Ed.). **Ecological Effects of Fire in South African Ecosystems**. Springer-Verlag, New York, 1984. p. 151-175.
- ULERY, A.L.; GRAHAM, R.C. Forest fire effects on soil color and texture. **Soil Science Society of American Journal**. v.57, p.135-140, 1993.
- VAN BAVEL, C.H.M. Mean weight diameter of soil aggregates as a statistical index of aggregation. **Soil Science Society of American Proceeding**. v.14, p.20-23, 1949.
- WISHMEIER, W.H.; SMITH, D.D. Rainfall energy and its relationship to soil loss. **Transaction American Geophysics Union**, Washington. v.39. p.285-291. 1958.