

*Estudo sobre o impacto do fogo na
disponibilidade de nutrientes, no banco
de sementes e na biota de solos
da RPPN SESC Pantanal*

EDUARDO GUIMARÃES COUTO | LEO ADRIANO CHIG
CÁTIA NUNES DA CUNHA | MARIA DE FÁTIMA LOUREIRO
(Professores da UFMT)



*Estudo sobre o impacto do fogo
na disponibilidade de nutrientes, no banco
de sementes e na biota de solos
da RPPN SESC Pantanal*

EDUARDO GUIMARÃES COUTO | LÉO ADRIANO CHIG
CÁTIA NUNES DA CUNHA | MARIA DE FÁTIMA LOUREIRO
(Professores da UFMT)

Estudo sobre o impacto do fogo na disponibilidade de nutrientes, no banco de sementes e na biota de solos da RPPN SESC Pantanal / Eduardo Guimarães Couto ... [et al.]. — Rio de Janeiro : SESC, Departamento Nacional, 2006.
56 p. ; 28 cm. — (Conhecendo o Pantanal ; 2)

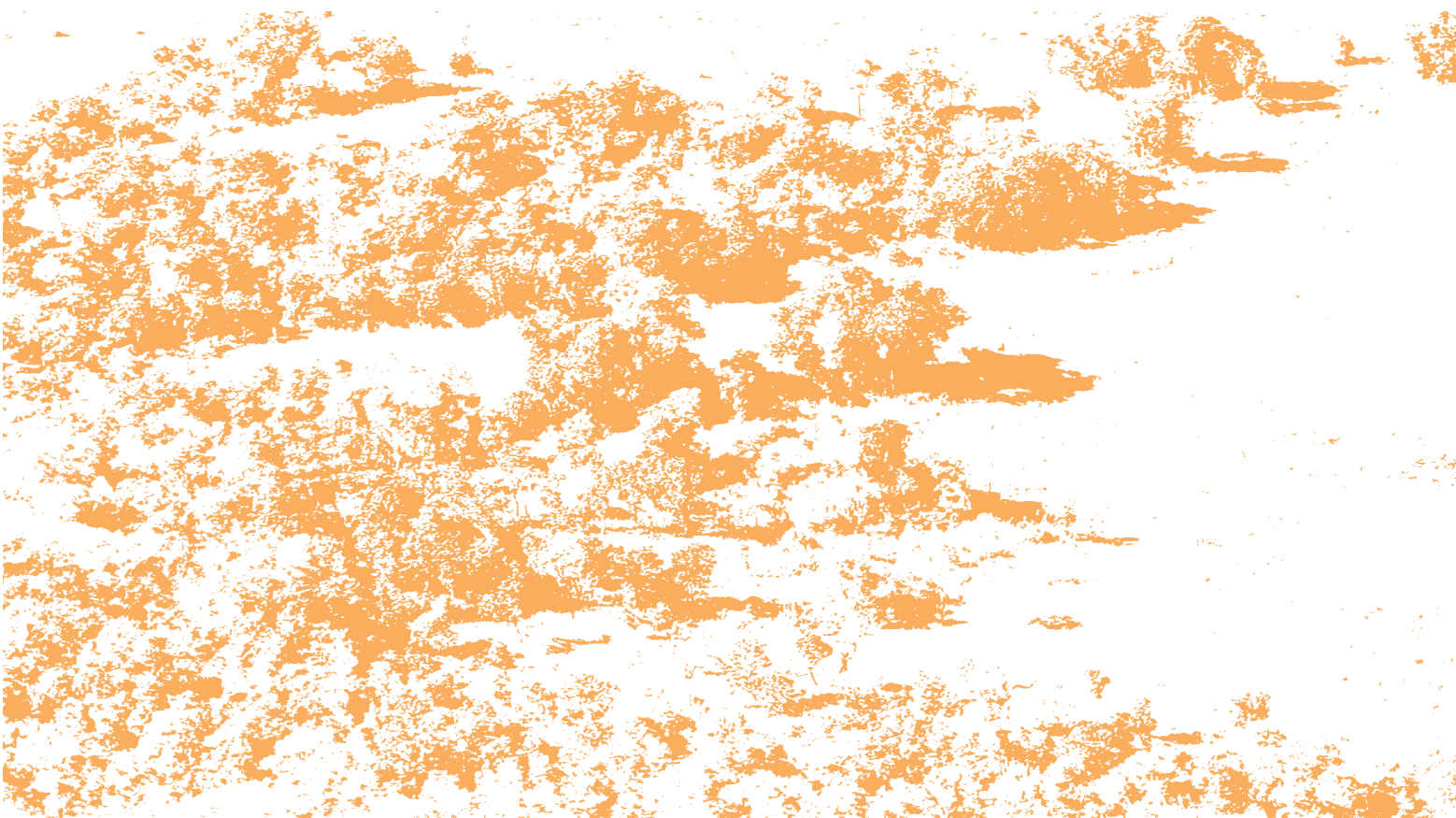
Bibliografia : p. 43-49
ISBN 85-89336-17-4

1. RPPN. 2. Estância Ecológica SESC Pantanal. 3. Pantanal mato-grossense. I. Couto, Eduardo Guimarães. II. Título. II. Série.

CDD 333.970981

Índice Geral

1. INTRODUÇÃO	9
2. MATERIAL E MÉTODOS	14
2.1 Atributos estudados e métodos de análises	15
2.2 Análise estatística dos dados	18
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	19
3.1 Impacto do fogo no solo	19
3.2 Impacto do fogo no banco de sementes	26
3.3 Impacto do fogo na variabilidade dos atributos	29
3.4 Uso de Árvores de Decisão para avaliar o impacto do fogo	34
4. PROPOSTAS PARA O SISTEMA DE PREVENÇÃO DE INCÊNDIOS FLORESTAIS NA RPPN SESC PANTANAL	39
5. Conclusões	42
6. Referências	43
7. Apêndices	50



Índice de Figuras

FIGURA 1. <i>Visão aérea das áreas atingidas pelo incêndio em setembro de 2005.</i>	15
FIGURA 2. <i>Unidades fitofisionômicas afetadas pelo fogo na área da RPPN SESC Pantanal. Cambarazal (A), Floresta decídua com bambu (B), Espinhal (C), Campina (D) e Cerrado (E).</i>	15
FIGURA 3. <i>Esquema da localização dos pontos amostrados. A - Localização das diferentes formações de vegetação na RPPN SESC Pantanal; B - disposição das parcelas onde foram afetadas ou não com fogo.</i>	16
FIGURA 4. <i>Esquema de demonstração das amostras de solos em cada parcela onde apresentaram ou não ocorrência de fogo. (X) são os pontos de coletas com o amostrador de Kopeck.</i>	16
FIGURA 5. <i>Procedimentos de coleta das amostras de solo.</i>	17
FIGURA 6. <i>Método de diluição em série com tréplicas em meios nutritivos bacterianos e fúngicos.</i>	18
FIGURA 7. <i>Colônias bacterianas e fúngicas nos solos de Cerrado (A e B) e de mata decídua com bambu (C e D) na RPPN SESC Pantanal - MT.</i>	18
FIGURA 8. <i>Aspecto geral dos tratamentos com fogo e sem fogo, tipo de vasilhames utilizados e aspecto maduro de plantas no final do experimento e no meio do experimento.</i>	18
FIGURA 9. <i>Valores Médios dos atributos dos solos nas áreas sem ação do fogo.</i>	19
FIGURA 10. <i>Valores Médios dos atributos dos solos nas áreas com ação do fogo.</i>	20
FIGURA 11. <i>Estoque comparativo de atributos químicos do solo em áreas de diferentes unidades fitofisionômicas na RPPN do SESC Pantanal (letras iguais na mesma coluna para a mesma variável não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade).</i>	21
FIGURA 12. <i>Estoque comparativo de atributos químicos e físicos do solo em áreas de diferentes unidades fitofisionômicas na RPPN do SESC Pantanal (letras iguais na mesma coluna para a mesma variável não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade).</i>	22
FIGURA 13. <i>Relações entre Ca (A), CTC (B), K (C), P (D), S (E) e pH H₂O com a matéria orgânica nos primeiros 10 cm dos solos coletados nas áreas sem influência e com influência do fogo.</i>	25
FIGURA 14. <i>Balanço estimado de pH H₂O (A), potássio (B), soma de bases (C), fósforo(D), carbono orgânico (E) e nitrogênio (F) nos primeiros 10 cm dos solos coletados nas áreas sem influência e com influência do fogo.</i>	27
FIGURA 15. <i>Número de indivíduos germinados durante todo o experimento por fitofisionomia em tratamento com fogo e sem fogo na região do Posto São Joaquim RPPN SESC Pantanal.</i>	28
FIGURA 16. <i>Riqueza de espécies germinadas e estabelecidas por fitofisionomia em tratamento com fogo e sem fogo região do Posto São Joaquim RPPN SESC Pantanal.</i>	28

FIGURA 17. Número de indivíduos germinados/m ² e estabelecidos por fitofisionomia em tratamento com fogo e sem fogo na região do Posto São Joaquim RPPN SESC Pantanal.	28
FIGURA 18. Variabilidade das amostras para pH H ₂ O (A), P (B), K (C), Ca (D), Mg (E) e Saturação de Bases (F), nas Unidades Fitofisionômicas.	30
FIGURA 19. Variabilidade das amostras para Ca/Mg (A), Ca/K (B), Mg/K(C), Saturação de Al ³⁺ (D), Granulometria (E) e Atividade da Fração Argila (F), nas Unidades Fitofisionômicas.	31
FIGURA 20. Variabilidade das amostras para Zn (A), Cu (B), Fe (C), Mn (D), S (E) e B (F), nas Unidades Fitofisionômicas.	32
FIGURA 21. Variabilidade das amostras para Carbono Orgânico (A), C/N (B), N (C), indivíduos germinados (D), Colônia de Fungos (E) e Colônia de Bactérias (F), nas Unidades Fitofisionômicas.	33
FIGURA 22. Modelo de Árvore de Decisão para o Número de indivíduos germinados.	35
FIGURA 23. Modelo de Árvore de Decisão para Colônia de Bactérias.	37
FIGURA 24. Modelo de Árvore de Decisão para Colônia de Fungos.	37

Índice de Tabelas

TABELA 1. Sumário das correlações (r) pré e pós-fogo entre matéria orgânica (M.Org.), Capacidade de troca dos cátions (CTC), cálcio, magnésio e potássio trocáveis, fósforo e pH para todas as amostras.	23
--	----

Índice de Apêndices

APÊNDICE 1. Estatística Descritiva das Unidades Fitofisionômicas (Espinhal)	50
APÊNDICE 2. Estatística Descritiva das Unidades Fitofisionômicas (Cambarazal)	51
APÊNDICE 3. Estatística Descritiva das Unidades Fitofisionômicas (Campina)	52
APÊNDICE 4. Estatística Descritiva das Unidades Fitofisionômicas (Cerrado)	53
APÊNDICE 5. Estatística Descritiva das Unidades Fitofisionômicas (Floresta)	54
APÊNDICE 6. Coeficiente de variação das variáveis pH H ₂ O, Zn, P, Cu, K, Fe, Ca, Mn, Mg e S nas Unidades Fitofisionômicas.	55
APÊNDICE 7. Coeficiente de variação das variáveis B, Nitrogênio, Carbono Orgânico, Número de indivíduos germinados, Número de Colônia de fungos, Número de bactérias e Densidade Aparente nas Unidades Fitofisionômicas.	56



APRESENTAÇÃO

Os incêndios são, em uma RPPN, preocupações constantes.

O uso de fogo no campo é assunto controvertido.

Este “Estudo sobre o impacto do fogo na disponibilidade de nutrientes, no banco de sementes e na biota de solos da RPPN SESC Pantanal”, de uma equipe de professores da Universidade Federal de Mato Grosso, é uma contribuição científica, para a análise do assunto, visando à construção de um consenso desejável.

A ciência e a realidade são bons conselheiros.

Esperamos que outras iniciativas semelhantes ampliem os horizontes sobre o tema.

Agradecemos aos pesquisadores da UFMT que reforçam nossa disposição de conseguir evitar incêndios na RPPN SESC Pantanal, o que já é objeto de trabalho contínuo desde 1998.

*Antonio Oliveira Santos
Presidente do Conselho Nacional do SESC
Outubro de 2006*

CONHECER PARA PRESERVAR

“A humanidade se encontra em um momento de definição histórica”.

A frase de abertura da Agenda 21 – o documento final da Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente – é uma advertência que ainda hoje, passados 14 anos, não foi plenamente assimilada pelas lideranças do Planeta, presentes naquela reunião. O documento enfatiza a necessidade de se dedicar mais atenção ao meio ambiente e sua integração com o esforço de desenvolvimento. Assim, seria “possível satisfazer às necessidades básicas, elevar o nível de vida de todos, obter ecossistemas mais protegidos e gerenciados e construir um futuro mais próspero e seguro”.

A receita era muito simples – cada um deveria fazer a sua parte. O item 30.5 da Agenda, definia o papel do Comércio e da Indústria ao recomendar o incremento da “pesquisa e desenvolvimento de tecnologias ambientalmente saudáveis e de sistemas de manejo ambiental, em colaboração com instituições acadêmicas, científicas e de engenharia, utilizando os conhecimentos autóctones, quando apropriado”.

Cinco anos após o encerramento da Rio 92, o Comércio Brasileiro de Bens e Serviços, através do SESC, começou a participar de forma concreta nas questões ambientais com a implantação de uma RPPN com 106.644 ha. do País, com reconhecimento de sua maior parte pelo IBAMA, e o restante adquirido recentemente em processo de reconhecimento.

Atualmente, menos de 10 anos após a publicação do ato de reconhecimento, o SESC já desenvolveu, com a colaboração de instituições acadêmicas e científicas, 27 projetos de pesquisa. Este “Estudo sobre o impacto do fogo na disponibilidade de nutrientes, no banco de sementes e na biota de solos da RPPN SESC Pantanal” é o segundo publicado, na série “Conhecendo o Pantanal”. Conforme afirma em sua Introdução, os constantes incêndios em Mato Grosso, vem “causando preocupações em relação à conservação da biodiversidade”.

No entanto, as ações do SESC no campo da responsabilidade ambiental ultrapassam os limites da RPPN e do próprio Pantanal. Elas estão presentes no dia-a-dia da Entidade e consolidadas nas suas “Diretrizes Gerais de Ação” ao recomendarem que “cabe ao SESC assumir, como uma de suas diretrizes de ação, o trabalho de dotar aqueles que atende em suas unidades operacionais e a sociedade em geral de uma consciência crítica em relação às questões ambientais a fim de torná-los agentes ativos no processo de melhoria do meio ambiente, e de impedir a ampliação de sua poluição e degradação”;

Conscientes de que para preservar é preciso conhecer cada vez mais a realidade com que convivemos, a Estância Ecológica SESC Pantanal desenvolve atualmente 14 projetos de pesquisa que, a exemplo dos já concluídos, serão disponibilizados para a comunidade científica e para os que convivem com o Pantanal.

Maron Emile Abi-Abib
Diretor Geral do Departamento Nacional do SESC

Estudo sobre o impacto do fogo na disponibilidade de nutrientes, no banco de sementes e na biota de solos da RPPN SESC Pantanal.

*Eduardo Guimarães Couto¹, Léo Adriano Chig², Cátia Nunes da Cunha³,
Maria de Fátima Loureiro⁴*

1. INTRODUÇÃO

A ocorrência de grandes incêndios florestais em Unidades de Conservação pode ser considerada uma grave ameaça para a conservação da biodiversidade e manutenção de processos ecológicos. Esses incêndios são particularmente graves para áreas pequenas, em ecossistemas muito sensíveis ao fogo, áreas isoladas por cidades ou monoculturas agrícolas e áreas com espécies raras e/ou ameaçadas de extinção. Nestas áreas, há maior possibilidade de grandes incêndios comprometerem a manutenção de populações de algumas espécies. Deve-se considerar ainda que grande parte das Unidades de Conservação no Brasil apresenta uma ou mais destas características vulneráveis (Medeiros & Fiedler, 2004).

Nas últimas décadas, com a crescente ocupação e conversão do cerrado em áreas agrícolas, as Unidades de Conservação localizadas no bioma têm sido constantemente impactadas pela ação freqüente de incêndios florestais.

No cerrado brasileiro, a ocorrência de fogo é um fenômeno antigo, o que é evidenciado pela existência de amostras de carvão datadas entre 27.100 a 41.700 anos antes do presente (AP) (Vicentini, 1993). Entre cerca de 18.000 a 773 anos antes do presente, Vicentini (1999) também observou que as queimadas ocorriam em uma freqüência menor que a atual para o cerrado, atingindo, porém, grandes áreas.

As queimadas naturais provocadas por raios também são geralmente menos intensas, porque ocorrem em condições mais úmidas.

Pouco se sabe sobre queimadas programadas no Brasil, principalmente no Pantanal, onde as queimadas são tradicional e empiricamente usadas como prática de manejo das pastagens nativas. A queima concentra-se no final do período seco (agosto), sendo que na parte arenosa do Pantanal o fogo é aplicado com maior freqüência, devido a grande quantidade de espécies invasoras e facilidade de queima.

A Embrapa Pantanal vem desenvolvendo estudos ainda incipientes sobre o uso programado do fogo em área de “caronal”, através da avaliação de seus efeitos sobre a vegetação herbácea e o solo, com objetivo de determinar as alterações iniciais em propriedades químicas do solo causadas pela passagem do fogo (Fernandes & Fernandes, 2002).

No estado de Mato Grosso, os constantes incêndios vêm cada vez mais causando preocupações em relação à conservação da biodiversidade, principalmente na Reserva Particular de Patrimônio Natural (RPPN) do SESC Pantanal, onde as áreas de pastagens foram substituídas por vegetações naturais, aumentando a quantidade de biomassa inflamável. Nesse cenário, favorável ao fogo, não

1 Professor Associado do Departamento de Solos e Eng. Rural/FAMEV da UFMT. Dr. em Ciência do Solo.

2 Engenheiro Agrônomo, Doutorando em Agricultura Tropical pela UFMT.

3 Professora Adjunta do Departamento de Ecologia/ICB da UFMT. Dra. em Ecologia.

4 Professora Adjunta do Departamento de Fitotecnia/FAMEV da UFMT. Dra. em Microbiologia do Solo.



surpreende que nas áreas vizinhas à Reserva, onde se realizam práticas agrícolas remanescentes, tais como a queima do restolho, sejam responsáveis por um grande número de incêndios.

Apesar de a ocorrência de incêndios ser quase sempre o resultado da conjugação de numerosas variáveis, na região da RPPN do SESC Pantanal é aparente a influência estreita que o clima e as atividades humanas têm nesse fenômeno. O período de seca é responsável pelo estresse da vegetação, durante o qual a umidade e o vigor da cobertura vegetal diminuem drasticamente e, conseqüentemente, o seu grau de inflamabilidade aumenta. No que diz respeito às atividades humanas, a situação é substancialmente mais complexa.

Basicamente, o manejo de fogo em uma Unidade de Conservação deve levar em conta as seguintes considerações (Robbins e Myers, 1992; Gill, 1994 citados por Medeiros e Fiedler, 2004): a resposta natural do ecossistema ao regime de fogo proposto; os efeitos dos diferentes regimes de fogo sobre a biota e processos ecológicos; a importância do fogo para a biota e para os processos ecológicos.

As altas temperaturas causadas pelos incêndios interferem no desenvolvimento da biomassa microbiana, sendo que, nas áreas sob vegetação nativa do SESC Pantanal, o desenvolvimento dos microorganismos é muito importante para a manutenção do sistema ecológico.

Dentro da RPPN existem várias condições que favorecem a formação da biomassa microbiana nas áreas nativas. Dentre elas destacam-se: a ausência de preparo do solo e maior diversidade florística (Bandick & Dick, 1999). Além de favorecer a preservação das hifas fúngicas e o acúmulo da serapilheira na superfície do solo (propiciando a ocorrência de menor variação e de níveis mais adequados de temperatura e umidade), a ausência de revolvimento do solo também resulta em maior presença de raízes, as quais aumentam a entrada de substratos orgânicos no sistema, via exudatos radiculares (Bopaiah & Shetti, 1991).

Neary et al. (1999), em extensa revisão sobre o efeito do fogo sobre o solo, define o fogo como uma manifestação visual de um processo físico-químico conhecido como combustão. Segundo os autores o fogo tipicamente apresenta cinco fases: pré-ignição, combustão em chama, combustão em fumaça, combustão em brasa e extinção. Embora todas as três fases de combustão resultem em impactos sobre a sustentabilidade das camadas subsuperficiais do solo, a transferência de calor da parte orgânica e mineral dos horizontes do solo produz os mais profundos impactos sobre os processos físicos, químicos e biológicos envolvidos na sustentabilidade dos ecossistemas.

Ainda nesta revisão, os autores comentam que, apesar de as temperaturas no solo produzidas pelas fumaças serem mais baixas que aquelas produzidas pelas chamas (200-600°C), em função do movimento lento desse tipo de fogo (< 3 cmh⁻¹) afetar uma área menor, seu efeito produz impactos mais profundos. O fogo produz um espectro de severidades que depende das interações da intensidade, da duração e da quantidade de material carburante (materiais vivos ou mortos), tipo de combustão, grau de oxidação, tipo de vegetação, clima, declive, topografia, textura, umidade e conteúdo de matéria orgânica do solo; tempo desde a última queimada, e da área queimada. A severidade é uma medida qualitativa dos efeitos do fogo sobre o solo e sobre os recursos que controlam a sustentabilidade do ecossistema. A quantidade e a umidade do material vivo e morto e os compostos voláteis presentes na biomassa desempenham um papel proeminente na quantidade de energia térmica liberada pelo fogo.

Durante um fogo em área de floresta, a temperatura da superfície do terreno varia de 200-300°C.

Em materiais altamente inflamáveis como as leiras, onde a biomassa pode alcançar mais de 400 Mg ha⁻¹, a temperatura da superfície do solo pode alcançar 500-700°C, mas temperaturas ocasionais acima de 1.500°C podem ocorrer. A morte biológica se inicia quando a temperatura alcança a faixa de 40-70°C, com a degradação das proteínas e morte dos tecidos das plantas. Temperaturas na faixa de 48-54°C podem dessecar ou mesmo matar as raízes, enquanto temperaturas na faixa de 70-90°C provocam a mortalidade das sementes (Dunn & DeBano, 1977 citados por Neary et al., 1999).

Dependendo dos micróbios, a mortalidade ocorre entre temperaturas na faixa de 50-121°C, sendo que os fungos são mais sensíveis aos efeitos térmicos do que as bactérias. O rompimento nos processos físico-químicos ocorre a temperaturas bem mais altas do que nos processos biológicos. A destilação da matéria orgânica se inicia na faixa de 200-315°C, entretanto uma perda substancial de matéria orgânica pode ocorrer em temperaturas mais baixas. A volatilização dos nutrientes (particularmente o N) inicia-se quando a temperatura atinge 200-400°C. Na faixa de 180-300°C, ocorre a destilação destrutiva e a combustão de 85% da camada da liteira. Temperaturas >450°C provocam a perda total da matéria orgânica do solo (DeBano et al., 1998 citados por Neary et al., 1999).

Impactos negativos cumulativos que ocorrem abaixo da superfície estão relacionados com a quebra da estrutura do solo, ocasionando redução da retenção de umidade, desenvolvimento de repelência de água, mudanças na quantidade e nos fluxos de ciclagem de nutrientes, perdas de elementos para a atmosfera, perda pela erosão, perda da liteira, redução da matéria orgânica, alteração ou perda de espécies na biota do solo (Neary et al., 1999).

Os efeitos indiretos do fogo também devem ser considerados. Casto Neves & Miranda (1996) citados por Mistry (1996), estudando o efeito do fogo em área do Cerrado, verificaram que entre 10:00 e 14:30 hs, o o albedo em área de campo sujo alcançou 0,11. Este valor foi reduzido para 0,003 após a área ter sido queimada, durante a qual 94% da vegetação foi consumida. O decréscimo no albedo representou um aumento de 10% na energia absorvida. Um mês depois, o albedo tinha alcançado apenas 54% do valor pré-fogo. Esse aumento na quantidade de energia solar absorvida poderia alterar o microclima do solo, afetando os microorganismos e a germinação do banco de sementes.

No interior do solo as temperaturas não se elevam muito durante uma queima, porém a perda de água pode ser muito grande. Geralmente, o fogo não afeta os nutrientes nas camadas inferiores a 2 cm do solo (DeBano & Conrad, 1978). Dentre os nutrientes, o nitrogênio é o mais estudado, e seu ciclo se modifica com a queima, aumentando a quantidade de N amoniacal (DeBano et al., 1979), o qual é nitrificado rapidamente, podendo ser lixiviado. A recuperação das plantas depois da queima depende em parte das formas de N que permanecem disponíveis. O fogo pode provocar pequenas perdas de N por volatilização (Mroz et al., 1980). A queima da vegetação morta enriquece o solo da camada superficial na maioria dos nutrientes, por acelerar a mineralização, quer química ou biológica. Comparando áreas queimadas, com ou sem influência de pastejo, no Kansas, Owensby & Wyrill (1973) descreveram aumentos nas concentrações de Ca, Mg e K, diminuição de N na camada superficial do solo e nenhuma mudança para o P.

Em curto prazo, o fogo torna-se um agente de mineralização da matéria orgânica, aumentando a disponibilidade de nutrientes para o crescimento das plantas, especialmente em profundidades



menores que 0,5 cm de solo, devido às cinzas com alta concentração de P, K e Ca (Coutinho, 1990; Kauffman et al., 1994). Além do enriquecimento do solo, provocado por ação das cinzas, há um decréscimo no teor de Al, logo após a queima, fato que também pode ser encarado como benéfico (Coutinho, 1990). Em estudo realizado na região de Guaíba - RS, Eggers (1991), observou que a queima aumentou a matéria orgânica, K, Ca e Mg e diminuiu o pH. Ressalta, contudo, que tais diferenças apresentaram-se confusas em alguns pontos de amostragem, não definindo um comportamento estável de deterioramento ou melhoria da fertilidade do solo. Além disso, quando associadas aos dados da vegetação, não foram determinadoras de qualquer tipo de alteração marcante.

A diversidade florística das áreas nativas e a presença de vegetação durante todo o ano influenciam a produção (quantidade) e a qualidade da serapilheira. O somatório desses fatores contribui para a ocorrência de maiores níveis de biomassa nessas áreas.

O crescente isolamento das Unidades de Conservação do cerrado, entre outras graves ameaças, tem diminuído a possibilidade de corredores ecológicos e pode agravar o impacto negativo do fogo sobre várias espécies animais com populações reduzidas. Ainda há carência de dados locais sobre os efeitos do fogo para vários grupos de animais como insetos, répteis, aves e anfíbios, e deve-se evitar a generalização de resultados de pesquisas devido às características peculiares de cada Unidade de Conservação (Medeiros et al., 2004).

Assim, a aplicação de regimes de fogo (queimadas controladas) ou de supressão em áreas de cerrado depende fundamentalmente de pesquisas sobre os efeitos do fogo na biota, as quais já identificaram algumas características adaptativas e, também, efeitos adversos derivados do atual regime de fogo. Assim, apenas teoricamente, essas queimadas provocadas por raios podem ser benéficas para a biota do ecossistema pantaneiro pela formação de comunidades mais heterogêneas.

Kellman (1984), estudando o efeito de queima controlada em áreas de Cerrado, mostrou que as mesmas têm sido usadas para reduzir o acúmulo de material combustível e que o fogo de origem natural mostra padrões heterogêneos de queima, isto é, depende do tipo de vegetação. Materiais que produzem grande quantidade de cinzas são menos inflamáveis e materiais com grande quantidade de sílica, como as gramíneas, não apresentam efeito retardante ao fogo, sendo comparáveis a outros materiais.

Já foram verificados efeitos positivos do fogo sobre a dispersão de sementes (Coutinho, 1977) e em relação à indução de floração do estrato herbáceo. Entre os efeitos adversos de queimadas frequentes no cerrado, já foi observado o baixo recrutamento de espécies lenhosas, cujas conseqüências foram a redução na densidade arbórea, o aumento do entouceiramento e a diminuição da diversidade de espécies, o que demonstra a necessidade de estudos contínuos e de longa duração sobre a dinâmica do cerrado submetido a frequentes incêndios (Fiedler et al., 2004).

Entre os efeitos adversos de queimadas frequentes, já foi observado o baixo recrutamento de espécies lenhosas, cujas conseqüências foram a redução na densidade arbórea, o aumento do entouceiramento e a diminuição da diversidade de espécies (Sambuichi, 1991). Outros estudos verificaram elevadas taxas de mortalidade em campo-sujo e no cerrado *sensu stricto* após queimadas prescritas (Silva & Castro, 1989; Sato, 1996; Silva, 1996; Silva, 1999; Silva et al., 2001).

Um outro ponto que deve ser destacado neste estudo é o efeito do fogo sobre o banco de sementes. Segundo Keeley (1977), a relação entre a quantidade de sementes produzida numa única estação

e o tamanho da população no solo não indica haver um acúmulo direto no solo. A produção de frutos de determinados arbustos depende do ganho de carbono do ano anterior, e este ganho está diretamente correlacionado com a precipitação.

Moreira (2000), em estudo realizado na região do Cerrado, mostrou que áreas protegidas do fogo apresentaram aumento na abundância para todas as classes de tamanho acima de 50 cm, com exceção do cerrado denso. O número de árvores acima de 2,0 m foi maior nas áreas protegidas. cinco espécies foram significativamente mais abundantes nas áreas protegidas e duas espécies foram afetadas negativamente pela proteção do fogo. A heterogeneidade das fitofisionomias foi maior nas áreas protegidas. Nas áreas protegidas houve aumento dos indivíduos germinados lenhosos, indicando que a proteção permitiu a regeneração das plantas lenhosas. O número de plantas de menor tamanho foi sempre maior nas áreas não-protegidas do que nas áreas protegidas, com exceção do campo sujo. A ausência de interação entre fisionomia e tratamento (com e sem fogo) para todos os parâmetros estudados mostra a independência desses fatores. O fogo afeta a vegetação lenhosa como um todo indiferentemente da fisionomia. Em síntese, o fogo favoreceu as plantas herbáceas às expensas das lenhosas. Nesse estudo o autor conclui que a proteção contra o fogo por período suficientemente longo de tempo pode levar ao surgimento de fisionomias mais lenhosas na área.

O fogo afeta dramaticamente a qualidade da água, pois os nutrientes são transportados (parte estará dissolvida e parte estará na forma particulada). Com exceção do fósforo e do ferro, que não são móveis no solo, a perda dos nutrientes será fundamentalmente em solução. Material particulado nos cursos d'água ocorre tanto como matéria orgânica morta (principalmente folhas de árvores) quanto na forma de partículas inorgânicas.

Estudos realizados por Andreu et al.(1996) revelam que o efeito do fogo depende em grande parte de sua intensidade. Os resultados mostraram que a incidência de elevadas temperaturas produziram um incremento no pH e na condutividade elétrica do solo, principalmente pelo acúmulo de cinzas e liberação de nutrientes. Da mesma forma, os conteúdos de nitrogênio mineral e de fósforo disponível também aumentaram, enquanto a matéria orgânica e o nitrogênio total decresceram.

Finalmente, deve-se destacar o efeito do fogo sobre a biota do solo. A mesofauna do solo, constituída principalmente por microartrópodos e oligoquetos, desempenha a importante função de movimentar os poros do solo nas fissuras e nas interfaces entre a serapilheira e o solo. A ação indiscriminada do fogo diminui a quantidade de material orgânico, fonte energética dos microrganismos, que, assim, culmina na diminuição da população da mesofauna e, conseqüentemente, na perda da capacidade produtiva do solo (Assad, 1996).

Os microrganismos do solo são importantes componentes da biosfera. Atuam como agentes transformadores no fluxo de energia e da matéria orgânica, promovendo a ciclagem de nutrientes, influenciando as propriedades físico-químicas e biológicas do sistema solo-planta, como estabilidade dos agregados, fertilidade dos solos, e, conseqüentemente, atuam sobre o funcionamento dos ecossistemas (Colozzi-Filho et al., 2000). Constituem importantes componentes para a avaliação da qualidade do solo, sendo utilizados como indicadores de sustentabilidade de sistemas de produção.

A biomassa microbiana responde às variações sazonais de umidade e temperatura, ao manejo do solo, ao cultivo e, também, aos resíduos vegetais. A cobertura vegetal permanente propicia uma



proteção contínua da superfície e adiciona grande quantidade de nutrientes através das excreções radiculares e resíduos. Essas condições resultam em maiores populações microbianas em solos sob cobertura vegetal permanente (Silva & Vidor, 1984).

A prática de queima dos restos da vegetação reduz as quantidades de resíduos a serem incorporados ao solo com isso, o teor de matéria orgânica e dos nutrientes tende a diminuir (Biederbeck et al., 1980). Além disso, a prática da queimada pode ter efeito deletério sobre a comunidade biológica, visto que a maior parte dela está localizada nas camadas superficiais, que são menos protegidas do efeito isolante térmico do solo (Siqueira & Franco, 1988).

Em áreas queimadas, o fogo permite a mineralização dos nutrientes do solo, porém a elevação da temperatura influencia diretamente as reações fisiológicas e características físico-químicas que afetam as células (Siqueira & Franco; 1988). Isso pode reduzir e até eliminar partes de uma população de microrganismos mais sensíveis às variações de calor. Com essa ação, acarreta-se a diversidade microbiana em geral, favorecendo apenas o crescimento de populações bacterianas e fúngicas mais resistentes.

O que se depreende dos estudos acima citados é que o impacto do fogo em ambientes naturais reveste-se da mais alta importância, principalmente quando se trata de uma área protegida, como é o caso da RPPN SESC Pantanal.

Dessa forma realizou-se um estudo que teve os seguintes objetivos:

- Avaliar o efeito do fogo sobre as características químicas do solo;
- Avaliar o efeito do fogo sobre o banco de sementes;
- Avaliar o efeito do fogo sobre a biota do solo.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado na RPPN SESC Pantanal, com sede no município de Barão de Melgaço, Mato Grosso - Brasil. As coletas de dados foram realizadas após incêndio ocorrido no período de 30 de agosto a 11 de setembro de 2005 (Figura 1) (período de coleta das amostras de solo: 20 a 24 de setembro), em cinco diferentes unidades fitofisionômicas⁵: Cambarazal (CAM), Cerrado (CEC), Campina (CAP), Floresta Decídua com Bambu (FDB) e Espinhal (ESB) (Figuras 2 e 3).

Todas as áreas foram subdivididas em duas parcelas, onde apresentaram ou não ocorrência de fogo. Foram coletadas para cada parcela 30 amostras de solo no espaçamento de 1 metro, em malha fixa de 6,0 m x 5,0 m (Figura 4), na profundidade de - 0,10 m, utilizando-se a pá-de-corte conforme os procedimentos mostrados na Figura 5.

Também foi coletada uma amostra simples de solo, no ponto central e uma em cada vértice da malha fixa de cada parcela, nas profundidades de 0 a 5 cm e 5 a 10 cm, utilizado-se amostrador volumétrico de Kopeck.

⁵ Cambarazal (CAM), floresta inundável monodominante de *Vochysia divergens* (Vochysiaceae), com cerca de 30 metros de altura. Cerrado (CEC), cerrado "sensu stricto (ss)" com cerca de 7-10 metros com predominância de *Astronium fraxinifolium* e *Dipteryx alata*. Esses cerrados ocorrem em cordões arenosos circundando as Campinas (CAP), campos limpos de cerrado que são inundados durante o período úmido. Apresentam espécies aquáticas. Floresta Decídua com Bambu (FDB), floresta baixa com cerca de 20 metros de altura. Predominam as espécies decíduas *Myracrodium urundeuva* e *Cedrela fissilis*. No sub-bosque predomina a espécie *Bambusa sp.* Espinhal (ESB), campo sazonalmente inundável com predominância de arbustos espinhosos de até 2 metros de altura. Durante o período úmido, há presença de macrófitas.

2.1. Atributos estudados e métodos de análises

A avaliação da influência do fogo na fertilidade do solo, microbiologia do solo e da vegetação nas áreas do SESC Pantanal foi baseada em 25 indicadores: pH H₂O, potássio (K), fósforo (P), cálcio (Ca), magnésio (Mg), alumínio (Al), hidrogênio (H), carbono orgânico (CO), nitrogênio (N), relação carbono-nitrogênio (C/N), relação cálcio-potássio (Ca/K), relação magnésio-potássio (Mg/K), relação cálcio-magnésio (Ca/Mg), saturação de bases (Sat. Bases), saturação de alumínio (Sat. Al), soma de bases (SB), capacidade de troca catiônica (CTC), enxofre (S), boro (B), zinco (Zn), cobre (Cu), manganês (Mn), densidade indivíduos germinados, colônias de bactérias (CB) e colônias de fungos (CF).

Procedimentos analíticos (atributos químicos)

Os atributos químicos do solo foram determinados a partir das análises laboratoriais das amostras coletadas, seguindo a metodologia recomendada pela Embrapa (1997).

O pH em H₂O foi determinado potenciométricamente em suspensão solo/líquido, na proporção 1:2,5 com tempo de repouso de uma hora e agitação antes da leitura.

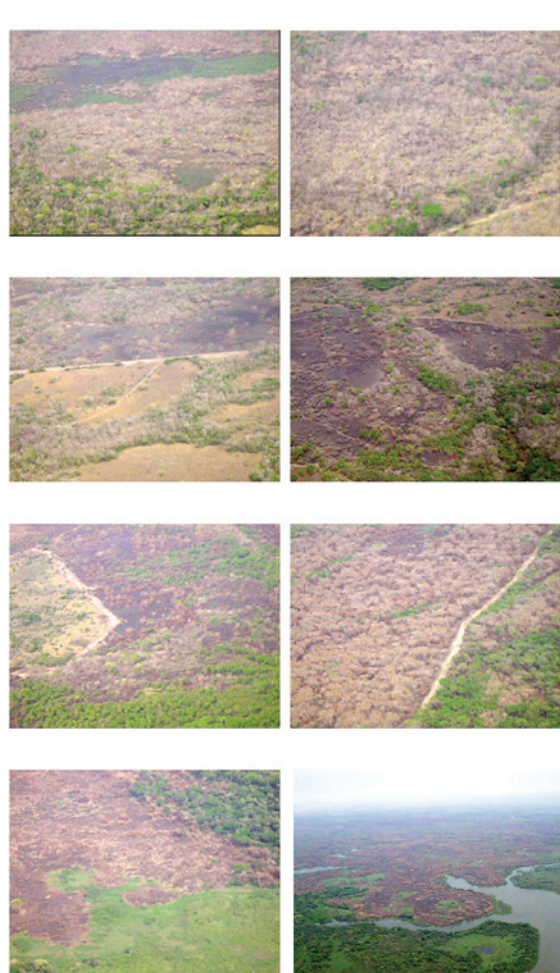


FIGURA 1. Visão aérea das áreas atingidas pelo incêndio em setembro de 2005.

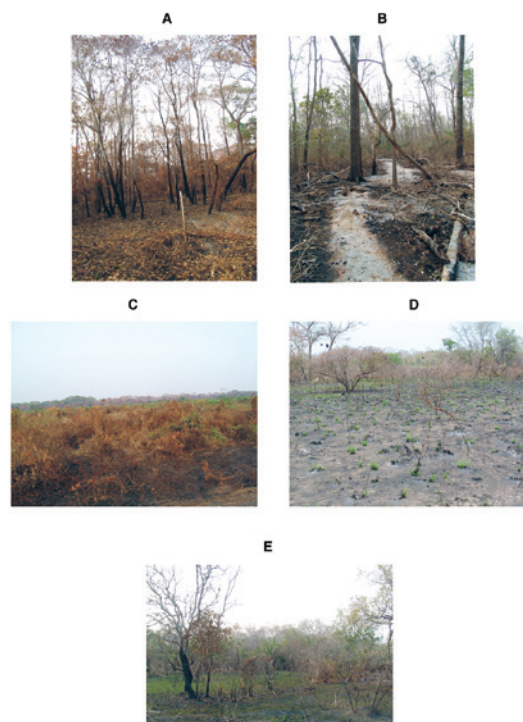


FIGURA 2. Unidades fitofisionômicas afetadas pelo fogo na área da RPPN SESC Pantanal. Cambarazal (A), Floresta Decídua com Bambu (B), Espinhal (C), Campina (D) e Cerrado (E).

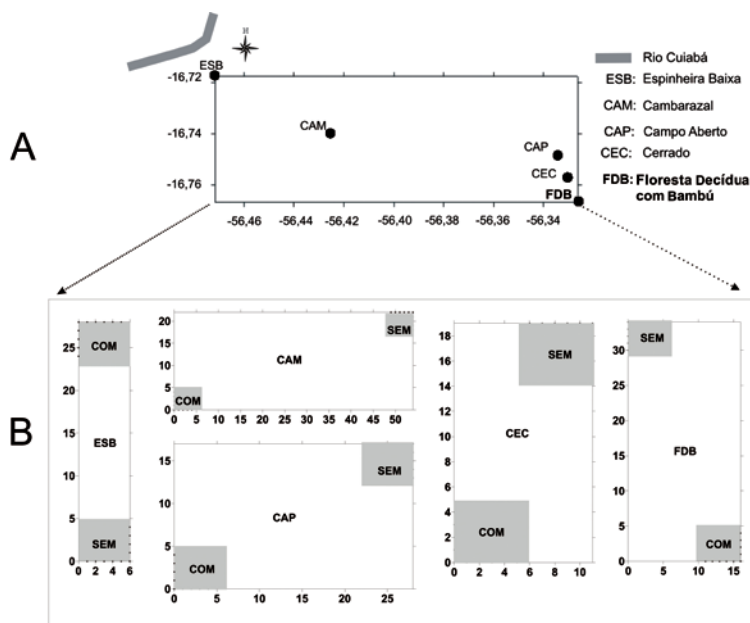
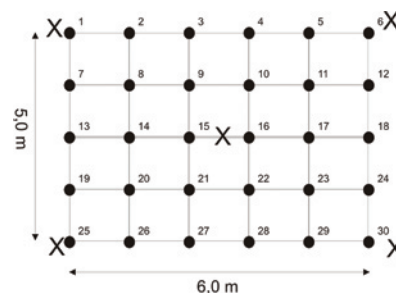


FIGURA 3. Esquema da localização dos pontos amostrados. A - Localização dos pontos amostrados de diferentes formações de vegetação na RPPN SESC Pantanal; B - disposição das parcelas onde foram afetadas ou não com fogo.

FIGURA 4. Esquema de amostragem das amostras de solos em cada parcela onde apresentaram ou não ocorrência de fogo. (X) são os pontos de coletas com o amostrador de Kopeck.



O fósforo assimilável foi extraído em solução de Melich 1 (HCl 0,05 N e H₂SO₄ 0,025 N) e determinado, colorimetricamente, em presença de molibdato de amônio e ácido ascórbico.

O potássio trocável foi extraído em solução de Melich 1 (HCl 0,05 N e H₂SO₄ 0,025 N) na proporção de 1:10 e sendo dosado, respectivamente, por colorimetria (método da vitamina C) e fotometria de chama.

O cálcio e magnésio foram extraídos com solução não-tamponada de KCl 1 mol.L⁻¹, que foram dosados por titulometria com EDTA 0,125 N.

A análise da matéria orgânica foi feita pelo método de combustão por via úmida com dicromato de potássio em meio sulfúrico.

Para os teores de H+Al e Al (acidez total) foram obtidos com extrator acetato de cálcio em pH 7,0, que foram dosados por titulometria com EDTA.

Zn, Cu e Mn foram extraídos com extratores Mehlich 1 (HCl 0,05 N e H₂SO₄ 0,025 N), o Fe e S com DTPA, e (B) pela água quente, todos com filtragem após decantação de 16 horas e determinados com absorção atômica.

Procedimentos analíticos (atributos físicos)

A análise granulométrica foi determinada utilizando-se o método do densímetro de BOUYOU-COS, após dispersão com NaOH 0,1 mol.L⁻¹.

A densidade aparente (Dap) foi determinada por meio de amostras de solo com estrutura deformada, coletadas com anéis de aço de Kopecky de bordas cortantes com volume interno de 50 cm³ e secas na estufa a 105°C por 24 e 48 horas.

Avaliação da população de bactérias e fungos totais

As comunidades de bactérias e fungos totais do solo foram determinadas pelo método de diluição em série, seguido de plaqueamento em meio de cultura (Figura 6). Para o crescimento bacteriano, foram transferidas alíquotas de 0,1 mL das diluições 10⁻² de cada amostra de solo para meio de cultura Ágar Nutriente em placas de Petri descartáveis (57 cm²). No mesmo procedimento, modificou-se o meio e a diluição para a comunidade de fungos, sendo transferido 1mL da diluição de 10⁻⁴ para o meio de Martin (Parkinson et al., 1971).

As leituras para colônias bacterianas foram realizadas em 24, 48 e 72 horas e, as fúngicas, em 48 e 72 horas. Os resultados foram expressos em unidades formadoras de colônias viáveis por grama de solo seco (UFC/g solo seco) e os padrões das colônias podem ser observados na Figura 7.



FIGURA 5. Procedimentos de coleta das amostras de solo.

Análise de emergência de plântulas

Foi feita uma única amostragem no final do período da seca, no mês de outubro de 2005. Vinte quadrados de 1 m² foram delimitados dentro da malha utilizada para coleta de solos (Figura 3). Trinta amostras foram coletadas na profundidade de -10 cm.

O efeito da queimada foi assegurado coletando em áreas com evidências recentes de queimadas e a área-testemunho, não-queimadas, em áreas contíguas dentro da mesma fisionomia. As amostras foram colocadas ao ar livre para secar e depois foram destorroadas manualmente.

Riqueza, abundância e flora

O estudo foi conduzido em casa de vegetação, montado em vasilhas de alumínio. Utilizou-se o método de emergência de plântulas (Thompson et al., 1997). Para cada sítio foram realizados dois tratamentos: um sem fogo e outro com fogo. No total, 30 amostras de cada tratamento foram avaliadas durante três meses (Figura 8).



O censo foi realizado no final do experimento para avaliar a riqueza e a abundância total de indivíduos germinados em cada amostra. As plântulas foram identificadas, contadas e registradas. Quando houve necessidade, exemplares foram transferidos para outro recipiente para desenvolvimento até a fase de florescimento, para posterior identificação.

A riqueza de espécies foi definida como o número de espécies numa amostra no último censo, de acordo com Peet citado por Rebellato (2003). A abundância total foi considerada o número de indivíduos germinados que germinaram durante os três meses e que permaneceram até a data final do experimento. O experimento iniciou-se em 26 de outubro de 2005, e para efeitos de avaliação final, usou-se o censo de 31 de janeiro de 2006.

A identificação do material botânico foi realizada com literatura específica e profissionais do Departamento de Botânica e Ecologia da Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT).



FIGURA 6. Método de diluição em série com réplicas em meios nutritivos bacterianos e fúngicos.

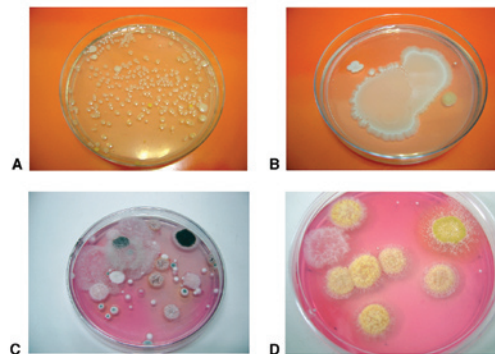


FIGURA 7. Colônias bacterianas e fúngicas nos solos de Cerrado (A e B) e de mata decídua com bambu (C e D) na RPPN SESC Pantanal – MT.



FIGURA 8. Aspecto geral dos tratamentos com fogo e sem fogo, tipo de vasilhames utilizados e aspecto maduro de plantas no final do experimento e no meio do experimento.

2.2 Análise estatística dos dados

As análises estatísticas foram realizadas em duas etapas. A primeira consistiu da organização dos dados, aplicando-se a estatística descritiva e testes de média (Anova); posteriormente foram aplicadas técnicas de estatística multivariada (Componentes Principais e Árvores de Decisão) e técnicas geoestatísticas (variografia e krigagem) com diferentes softwares (SPSS, Statistica, Answer Tree, Gamma Design e Surfer).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Impacto do fogo no solo

Considerando-se os dados médios das variáveis estudadas nas áreas que não sofreram interferência do fogo (Figura 9), os resultados indicam pH levemente ácido; conteúdo médio de matéria orgânica (MO); pequena limitação por fósforo (P), saturação de bases (SB) e boro (B); toxidez elevada por alumínio (Al) e sem limitações para enxofre (S), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), ferro (Fe), cobre (Cu), manganês (Mn) e zinco (Zn), conforme os critérios estabelecidos para solos cultivados (Alvarezv. et al., 1999).

Com interferência do fogo (Figura 10), considerando os valores médios, não houve alteração nos valores de Mg, B e Fe, pequena alteração nos valores de pH, S e Cu e grande decréscimo de MO, P e Ca.

A análise conjunta das Figuras 9 e 10 visualizada nos fertigramas também permite observar que a matéria orgânica e o P foram as variáveis mais afetadas pela ação do fogo (as que mais se afastaram da linha azul que expressa um solo ideal).

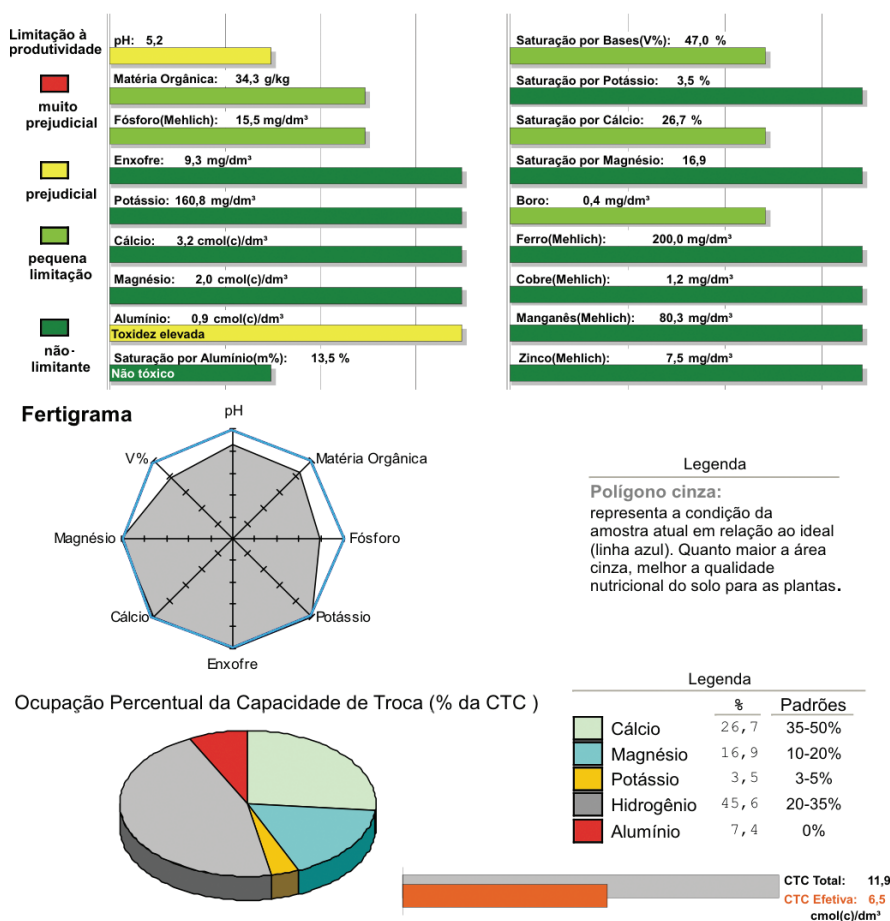


FIGURA 9. Valores Médios dos atributos dos solos nas áreas sem ação do fogo.

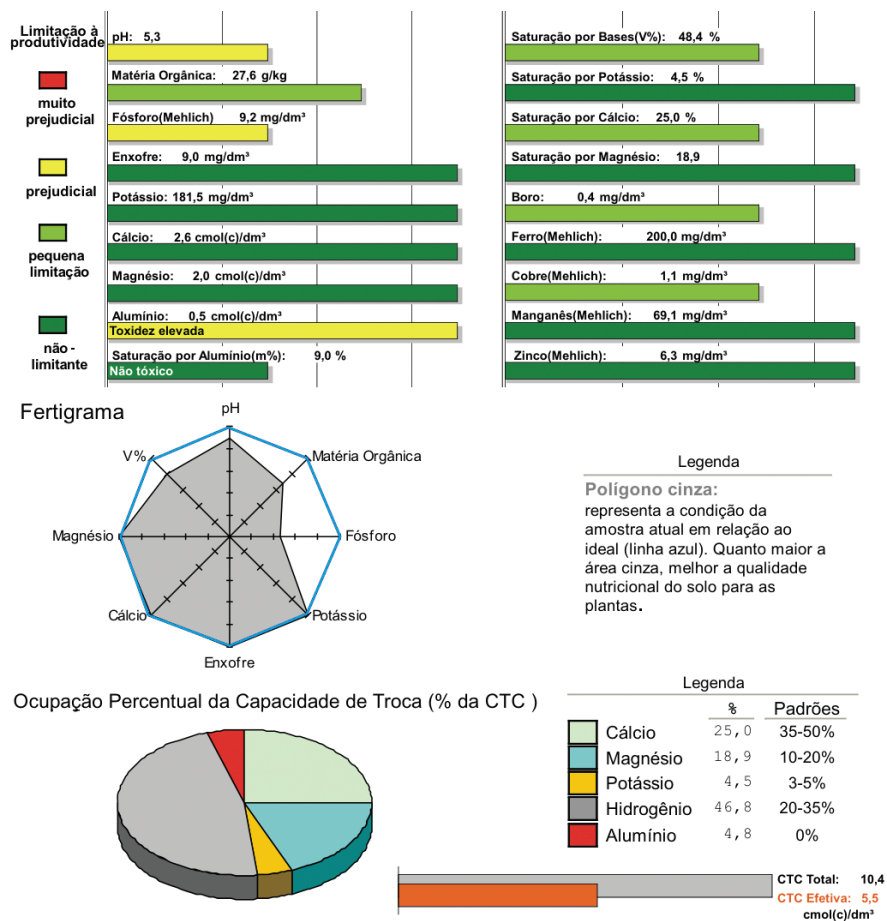


FIGURA 10. Valores Médios dos atributos dos solos nas áreas com ação do fogo.

Dez das 17 variáveis examinadas mostraram mudanças significativas associadas à presença do fogo (Figuras 11 e 12)⁶. Observa-se um acréscimo significativo no valor médio de pH, K, Fe, no de colônias de fungos e bactérias. Houve grande imobilização de P e Ca nas áreas queimadas. Resultados de outros estudos (Harcombe, 1980; Kauffman et al., 1993) também mostraram que o fogo em temperaturas elevadas (460° C) provoca a desidroxilação das partículas de argila, com concomitante decréscimo da CTC das partículas de argila afetando as concentrações de N, P e Ca. Holt & Coventry (1990) mostraram que com o fogo houve perda de N e S. A volatilização do P pode ocorrer apenas quando a temperatura exceder 600°C.

Kellman (1985) mostrou que em áreas de cerrado, logo após o fogo, grandes fluxos de nutrientes aparecem apenas na superfície do solo (primeiros 10 cm) e são rapidamente imobilizados, provavelmente pela adsorção no complexo de troca no caso dos cátions e pela fixação em combinação com Fe e Al no caso do P. Esses aumentos desaparecem a partir de três meses depois da queima, atribuindo-se a isto a absorção pelas plantas. O mesmo estudo mostrou que P e Ca foram os mais rapidamente imobilizados. A fonte potencial de perdas inclui a volatilização, o transporte das cinzas pelo vento e perdas por suspensão ou solução no escoamento superficial durante as chuvas subsequentes.

⁶ As Figuras 11 e 12 apresentam os valores médios das variáveis estudadas expressos em estoque (unidade de peso ha-1). A área total afetada pelo fogo foi de 14.803 ha. Esta área representa a soma das áreas da RPPN e da Fazenda São Joaquim que foram atingidas pelo fogo em setembro de 2005, conforme estimativa do gerente da RPPN, Sr. Waldir Wolfgang Valulky.

Pivello & Coutinho (1992), também estudando o efeito do fogo em áreas de cerrado no Brasil, verificaram que 95% do N, 51% do P, 44% do K, 52% do Ca, 42% do Mg e 59% do S foram liberados para a atmosfera após a queima. Considerando que a temperatura para volatilização do Ca e do Mg é $> 1.100^{\circ}\text{C}$ e tal temperatura não é alcançada nas queimas em áreas de cerrado, a maior quantidade de perda se dá pelo vento. Apesar da grande quantidade de macroelementos liberados para a atmosfera durante a queima, seu retorno pela chuva ou pela gravidade mostrou ser muito rápido. Um intervalo de três anos entre queimadas, a princípio, foi considerado adequado para evitar um empobrecimento crítico nesses ecossistemas, considerando as quantidades médias

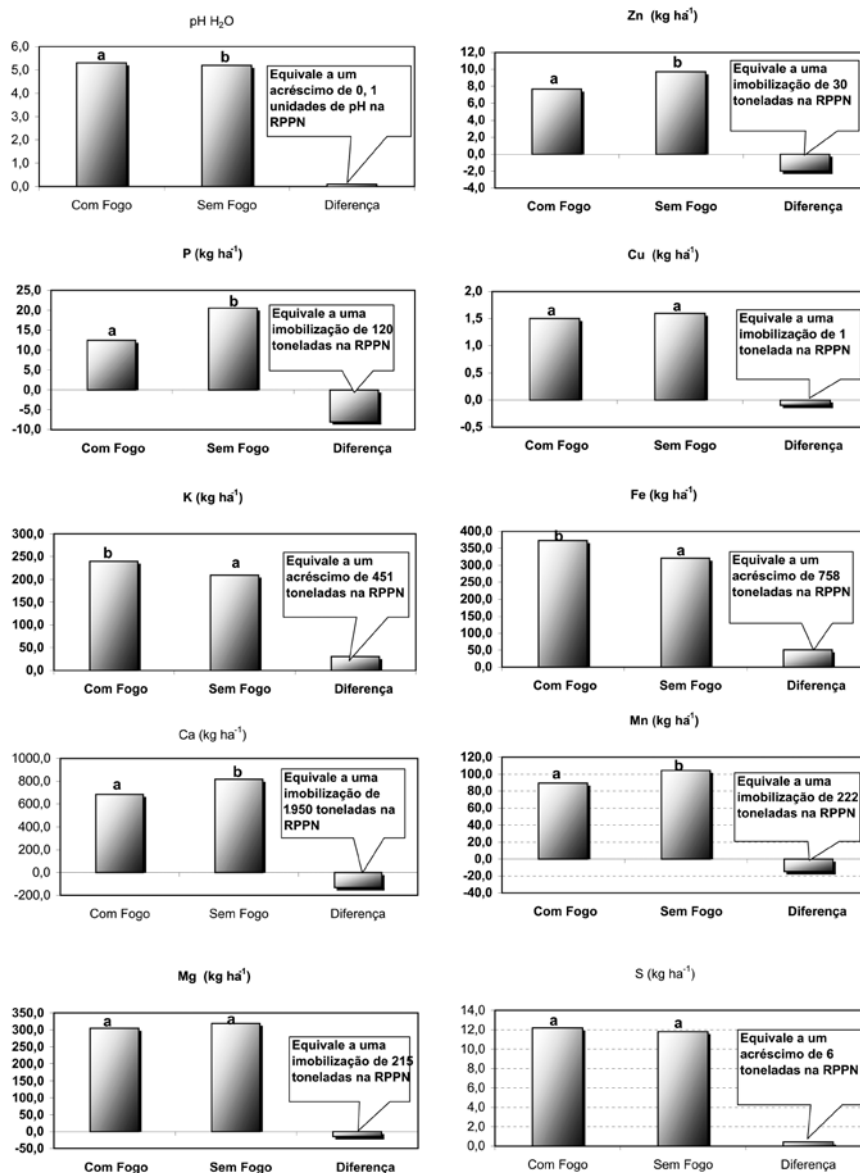


FIGURA 11. Estoque comparativo de atributos químicos do solo em áreas de diferentes unidades fitofisionômicas na RPPN do SESC Pantanal (letras iguais na mesma coluna para a mesma variável não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade).

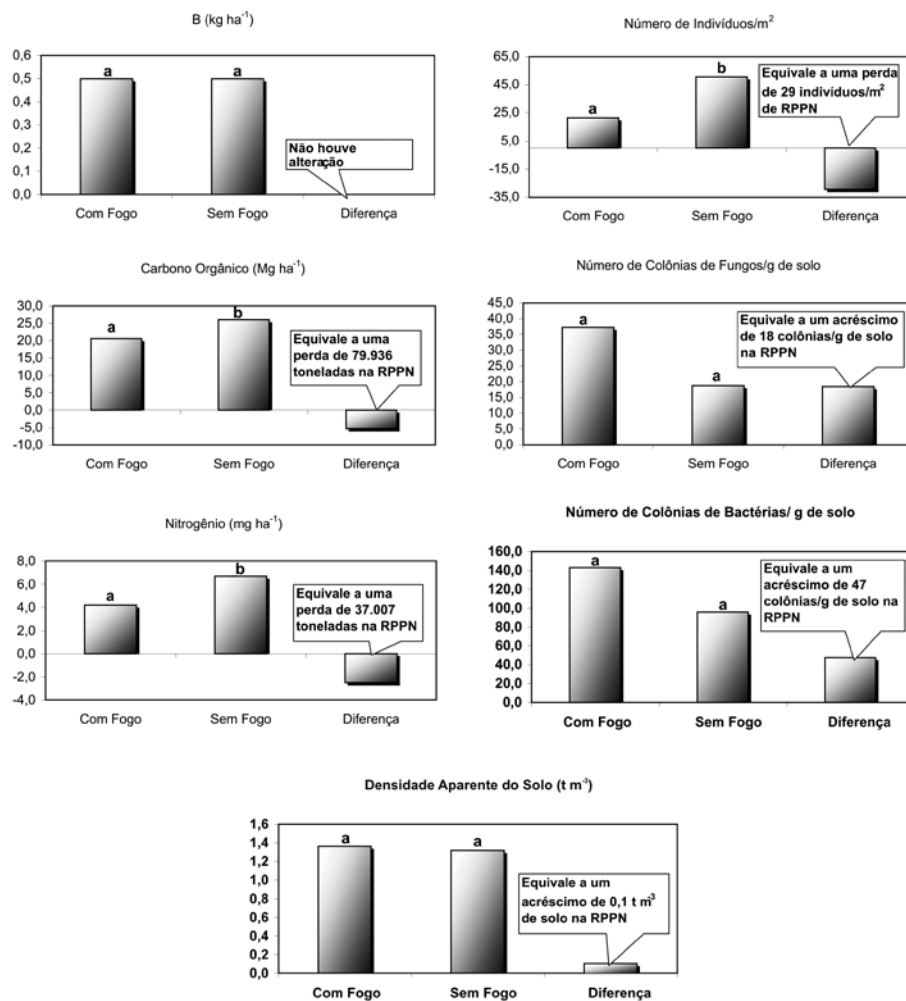


FIGURA 12. Estoque comparativo de atributos químicos e físicos do solo em áreas de diferentes unidades fitofisionômicas na RPPN do SESC Pantanal (letras iguais na mesma coluna para a mesma variável não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade).

liberadas para a atmosfera.

Zn, Mn, carbono orgânico (CO), nitrogênio (N) e no de indivíduos germinados mostraram um decréscimo significativo na presença do fogo. As variáveis Mg, Cu, S, B e densidade do solo (DAP) não foram influenciadas de forma significativa pela presença do fogo. É possível visualizar, pela Figura 12, o dano causado pelo incêndio ocorrido em setembro de 2005. A perda de carbono para a atmosfera foi estimada em 80.000 toneladas, e a do nitrogênio, 37.000 toneladas (Figura 12).

As variáveis estudadas apresentaram forte correlação nas áreas com ausência e presença do fogo (Tabela 1). MO, N, CTC e pH, sabidamente influenciados pelo fogo, foram fortemente correlacionados com os macronutrientes Ca, Mg e K e com os micronutrientes Zn, Cu, Mn e

B. P (em ambas situações), S (áreas com ausência de fogo), Fe (em ambas situações) e Cu (áreas com ausência de fogo) não mostraram correlação com MO. Além disso, essas variáveis foram fortemente correlacionadas entre si. Os macronutrientes mais afetados pela queima, como Ca, K, Mg e S apresentaram forte correlação positiva com MO dos solos nas áreas queimadas, o que também foi encontrado por (Sherman et al., 2005). As correlações do pH com a maioria das variáveis estudadas foram altamente significativas, exceção feita a P (áreas sem fogo), e P e S (áreas queimadas).

Considerando-se as variáveis que foram linearmente correlacionadas com a matéria orgânica, antes e depois da ação do fogo, especificamente Ca, CTC e K (Figuras 13 A, B e C), mudanças estatisticamente significantes ocorreram. Diferentemente de vários outros estudos (Stott, 1986; Pivello & Coutinho, 1992; Dudley & Lajtha, 1993; Glitzenstein et al., 1995; Hoffmann, 1996; Artman et al., 2001; Sherman et al., 2005), houve decréscimo de Ca e CTC extraíveis quando se compara as regressões destas variáveis com a matéria orgânica.

As relações entre os cátions e a matéria orgânica mudaram significativamente com ação do fogo, como indicado pelos coeficientes angulares das equações de regressão. Houve um decréscimo de cerca de 7% do Ca e de 48% da CTC associados à matéria orgânica, na presença do fogo. Neste caso, a perda da matéria orgânica com o fogo resultou numa diminuição do número de sítios trocáveis disponíveis para os cátions, causando a diminuição da CTC do solo. (Andreu et al., 1996)

Variável	M. Org.	N.	CTC	Ca	Mg	K	P	S	Zn	Cu	Fe	Mn	B	pH H2O
Correlações nas áreas sem fogo (r)														
M. Org.	1	0,417(**)	0,832(**)	0,799(**)	0,862(**)	0,754(**)	-0,040	0,109	0,830(**)	-0,371(**)	-0,149	0,818(**)	0,356(**)	0,565(**)
N.		1	0,554(**)	0,367(**)	0,132	0,144	0,316(**)	0,589(**)	0,322(**)	0,291(**)	0,518(**)	0,361(**)	-0,279(**)	-0,278(**)
CTC			1	0,925(**)	0,750(**)	0,738(**)	-0,219(**)	0,414(**)	0,768(**)	0,009	0,212(**)	0,777(**)	0,044	0,219(**)
Ca				1	0,871(**)	0,866(**)	-0,318(**)	0,330(**)	0,824(**)	-0,065	0,114	0,857(**)	0,275(**)	0,434(**)
Mg					1	0,890(**)	-0,235(**)	0,007	0,858(**)	-0,424(**)	-0,277(**)	0,846(**)	0,569(**)	0,769(**)
K						1	-0,190(*)	0,148	0,816(**)	-0,214(**)	-0,084	0,835(**)	0,592(**)	0,650(**)
P							1	0,086	-0,121	0,052	0,058	-0,100	0,090	-0,090
S								1	0,190(*)	0,715(**)	0,838(**)	0,351(**)	-0,234(**)	-0,421(**)
Zn									1	-0,236(**)	-0,089	0,907(**)	0,449(**)	0,621(**)
Cu										1	0,863(**)	-0,127	-0,442(**)	-0,722(**)
Fe											1	0,101	-0,441(**)	-0,683(**)
Mn												1	0,455(**)	0,572(**)
B													1	0,811(**)
pH H2O														1
Correlações nas áreas com fogo (r)														
M. Org.	1	0,823(**)	0,892(**)	0,758(**)	0,833(**)	0,633(**)	-0,011	0,209(*)	0,888(**)	-0,358(**)	-0,062	0,848(**)	0,610(**)	0,526(**)
N.		1	0,910(**)	0,860(**)	0,716(**)	0,828(**)	-0,076	0,209(*)	0,725(**)	0,045	0,274(**)	0,743(**)	0,380(**)	0,176(*)
CTC			1	0,936(**)	0,837(**)	0,718(**)	-0,199(*)	0,361(**)	0,802(**)	-0,088	0,310(**)	0,862(**)	0,448(**)	0,335(**)
Ca				1	0,800(**)	0,677(**)	-0,229(**)	0,360(**)	0,732(**)	-0,015	0,398(**)	0,798(**)	0,391(**)	0,304(**)
Mg					1	0,818(**)	-0,236(**)	0,230(**)	0,921(**)	-0,391(**)	-0,064	0,938(**)	0,767(**)	0,694(**)
K						1	-0,246(**)	0,264(**)	0,748(**)	-0,071	0,095	0,860(**)	0,678(**)	0,458(**)
P							1	-0,127	-0,145	-0,065	-0,288(**)	-0,224(**)	0,023	-0,021
S								1	0,250(**)	-0,044	0,413(**)	0,295(**)	0,114	0,127
Zn									1	-0,466(**)	-0,151	0,917(**)	0,725(**)	0,696(**)
Cu										1	0,643(**)	-0,304(**)	-0,568(**)	-0,831(**)
Fe											1	0,059	-0,435(**)	-0,527(**)
Mn												1	0,691(**)	0,621(**)
B													1	0,780(**)
pH H2O														1

*** Correlação é significativa ao nível de 1% de probabilidade.

* Correlação é significativa ao nível de 5% de probabilidade

TABELA 1. Sumário das correlações (r) pré e pós-fogo entre matéria orgânica (M.Org.), Capacidade de troca dos cátions (CTC), cálcio, magnésio e potássio trocáveis, fósforo e pH para todas as amostras.



relatam que o comportamento do Ca pós-fogo é variável, dependendo da intensidade do fogo; o CaCO_3 presente nas cinzas, não extraível, pode se dissociar em CaO ou Ca^{2+} prontamente extraível.

Estudo realizado por Kauffman et al. (1993) mostrou que o cálcio volatiliza a temperaturas acima de 1.400°C ; desta forma, assume-se que a massa de cálcio na cinza e no material não queimado deve ser equivalente. Esse mesmo estudo mostrou que cerca de 15% do P contido na biomassa acima do solo perdeu-se na segunda e terceira queimadas em áreas de solo sob caatinga. A temperatura média na profundidade de 1-2 cm alcançou 315°C . Tal temperatura deve resultar em volatilização de P e N, e certamente alterou as formas de N (aumento de amônio a partir de 100°C). Quando o solo foi aquecido até 460°C em condições de laboratório, houve desidroxilação das partículas de argila, com concomitante decréscimo da CTC das partículas de argila afetando as concentrações de N, P e Ca.

Harcombe (1980) mostrou que perdas de Ca e Mg podem ocorrer pela lixiviação e parte pode ser removida pelas plantas que se estabelecerão. Além disso, o estudo concluiu que as perdas de N, P e Ca foram estritamente correlacionadas com a perda de matéria orgânica.

O pequeno aumento do pH do solo detectado nas áreas queimadas (0,1 unidade de pH) deve ser creditado ao aumento do K extraível.

Uma análise mais circunstanciada dos efeitos do fogo considerando as diferentes fitofisionomias mostra entre outras coisas que apenas o pH H_2O e o K tiveram ganhos⁷ (Figura 14). Neste caso, os coeficientes de 1,02 para pH H_2O e 1,05 para K significam ganhos de 2% e 5% após a queima. Soma de base, P, carbono orgânico e nitrogênio apresentaram respectivamente os coeficientes de 0,84; 0,47; 0,81 e 0,58. Os valores representam perdas de 16%, 53%, 19% e 42% após a queima. A resposta dos nutrientes após o fogo nem sempre será positiva, principalmente para o carbono e o nitrogênio, e depende fundamentalmente das características do solo e da vegetação (Allen, 2005).

É nítido nesse estudo o comportamento distinto das diferentes fitofisionomias após a queima. Considerando as variáveis da Figura 14, a Floresta foi menos alterada que as outras fitofisionomias; grande parte das observações se localizou próximo à linha central (45°), onde as perdas seriam iguais aos ganhos. O Espinhal e o Cambarazal foram as mais afetadas; grande parte das observações se localizou na área de perda (acima da linha central). Observa-se também que, no caso do P, os efeitos da queima foram muito dispersos, apenas algumas amostras da Campina e do Cambarazal mostraram ganhos após a queima.

Um outro ponto que merece destaque é a formação de substâncias hidrofóbicas após a queima (Neary et al., 1999). Estudos realizados por Andreu et al. (1996) relatam que o fogo de média e alta intensidade favorece a acumulação de substâncias hidrofóbicas devido à degradação da cobertura vegetal e da matéria orgânica do solo. Essas substâncias reduzem a infiltração e aumentam o escoamento superficial. O fenômeno é mais acentuado nos solos que apresentam grande diferença de textura no perfil (como é o caso da maioria dos solos do Pantanal), ou que sejam muito argilosos.

⁷ Um valor do coeficiente angular da equação de regressão $>1,0$ significa que houve ganho após a queima. Quando $<1,0$, significa perda após a queima. Como exemplo, para o pH H_2O o ganho $=100 \cdot (1,02 - 1,00) = 2,0\%$

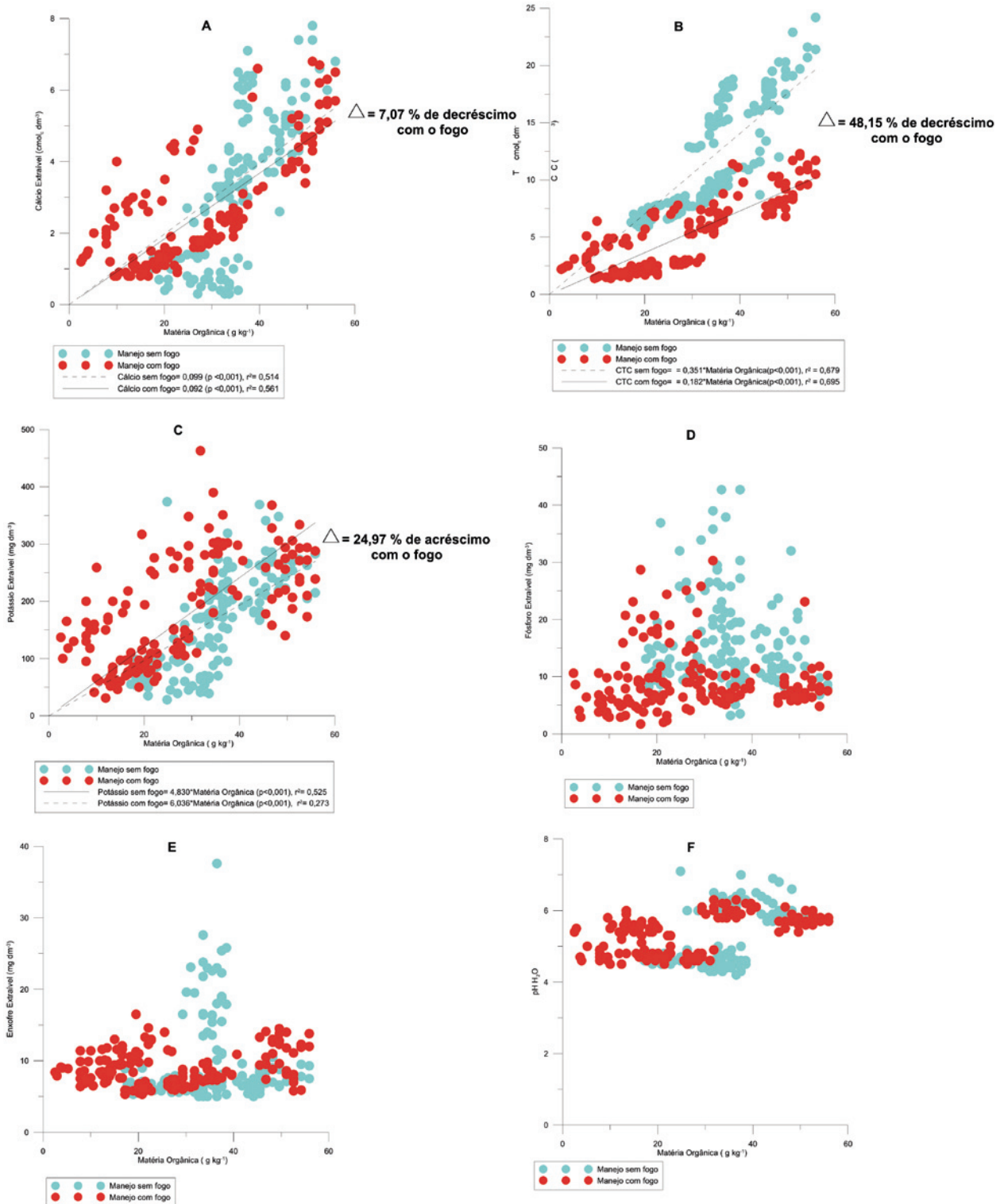


FIGURA 13. Relações entre Ca (A), CTC (B), K (C), P (D), S (E) e pH H₂O com a matéria orgânica nos primeiros 10 cm dos solos coletados nas áreas sem influência e com influência do fogo.



3.2 Impacto do fogo no banco de sementes

O banco de sementes, a sua reserva ou os seus propágulos vegetativos viáveis presentes no solo são responsáveis e capazes de recompor a vegetação danificada ou alterada (Thompson et al., 1997), determinando a existência de futuras espécies (Crosslé et al., 2002). Ele funciona como uma ponte entre a produção de sementes e a sua germinação, sendo um mecanismo para populações persistirem ao longo das estações e fornece propágulos para o restabelecimento após o distúrbio.

Além do pulso de inundação anual constante, processos de pastejo e queima para a utilização na pecuária são forças motoras adicionais neste ecossistema. No entanto, comunidades de plantas típicas de áreas úmidas não suportam a ação do fogo, uma vez que as suas espécies não estão adaptadas a ele e sim à situação hidrófita. Outras comunidades mais xerófitas suportam tal tipo de distúrbio, como espécies do cerrado. Além disso, o Pantanal apresenta estações bem definidas, uma fase aquática e outra terrestre com organismos restritos e adaptados a essas fases (Junk et al., 1989).

O conhecimento da riqueza de espécies no banco de sementes e seu papel em florestas tropicais são fundamentais para o entendimento da regeneração das comunidades de plantas. Por isso é importante conhecer a sua riqueza. Para fundamentar esse tipo de trabalho torna-se necessário o acompanhamento da mudança da composição florística no campo. Além disso, estudos de banco de sementes no Pantanal mostraram uma variação sazonal e flutuação anual na composição de espécies e sua abundância (Lima Júnior & Nunes da Cunha, 2005).

Apesar da escassez de trabalhos com banco de sementes de solo em áreas de Cerrado e Florestas Estacionais, a riqueza de espécies encontrada pode ser considerada baixa quando comparada com demais estudos. Baidier et al. (1999) encontrou 85 morfo-espécies para a Mata Atlântica madura, Costa e Araújo (2003) encontraram 21 morfo-espécies para a Caatinga, Lima Júnior (2005) encontrou 37 morfo-espécies num estudo com campo e brejo no Pantanal e Araújo et al. (2004) encontrou 43 espécies em um estudo na Floresta Estacional Decidual Ripária no Rio Grande do Sul. Para fator de comparação com os dados acima, deve-se considerar que o período amostral e o número de amostras variam em cada trabalho.

O tipo e a intensidade do distúrbio dependem da natureza do processo do manejo da terra que ocorre nas diferentes fitofisionomias, apresentando influência no padrão de regeneração natural da cobertura vegetal.

O número total de espécies que emergiram do banco de sementes durante o período de estudo e permaneceram até a fase final do experimento está apresentado na Figura 15. As duas fitofisionomias que apresentam comunidades de plantas adaptadas à inundação, Cambarazal e Espinhal (campo inundável com arbustos), apresentaram menores valores de riqueza nos tratamentos com presença do fogo. O que contrastou com a fitofisionomia de Cerrado, que apresentou maior valor de riqueza na área tratada com fogo (Figura 16).

A riqueza de espécies na Campina e na Floresta não mostrou diferença e ambas as comunidades apresentaram as mesmas espécies, típicas destes ambientes, principalmente quanto às gramíneas e outras herbáceas, e em relação às arbóreas foi a presença de *Cecropia sp.*, espécie típica de ambientes alterados ou com perturbação.

Durante os três meses de experimento germinaram 126 sementes no solo coletado no Cambarazal sem fogo, em contraste com 24 sementes germinadas nas amostras com fogo. Outra fitofisionomia adaptada à fase aquática é o Espinhal. O experimento com fogo evidenciou danos significa-

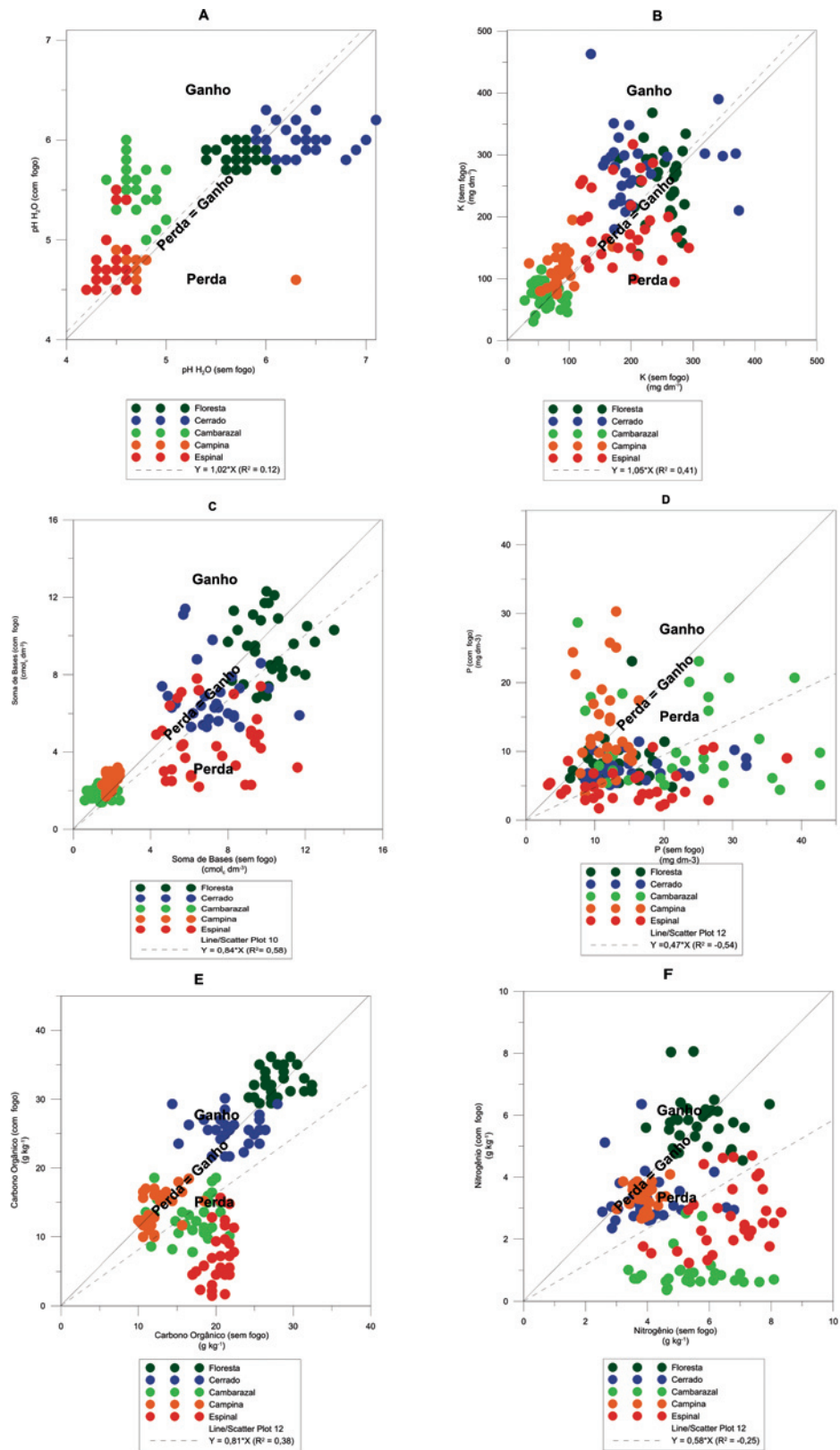


FIGURA 14. Balanço estimado de pH H₂O (A), potássio (B), soma de bases (C), fósforo (D), carbono orgânico (E) e nitrogênio (F) nos primeiros 10 cm dos solos coletados nas áreas sem influência e com influência do fogo.



tivos para esse tipo de fitofisionomia. Não houve germinação de sementes, enquanto na área sem fogo o banco de sementes apresentou 95 indivíduos germinados.

O resultado evidencia que essas comunidades perdem sua capacidade de reposição de indivíduos germinados através do banco de sementes.

Para as fitofisionomias adaptadas ao fogo, como, por exemplo, na Campina com tratamento com fogo, houve grande incremento na germinação (8 para 29 indivíduos germinados). O fogo aqui beneficiou o número de indivíduos germinados e favoreceu germinação de espécies secundárias típicas do cerrado. A avaliação das espécies de Campina que ocorrem na fase aquática do sistema não foi possível verificar devido ao tempo do experimento. Não foram evidenciadas alterações no tratamento da fisionomia de cerrado e de Floresta Decídua com Bambu.

Neste caso, o fogo geralmente causa grande mortalidade nos indivíduos germinados adultos da comunidade. A avaliação adequada para este tipo de avaliação seria a mortalidade posterior dos indivíduos germinados, o que deverá acontecer quando a região oferecer acesso e será utilizada a segunda amostragem fitossociológica.

A Figura 17 destaca o efeito do fogo no banco de sementes do Espinhal e do Cambarazal, notadamente as fitofisionomias mais afetadas. Neste caso, é significativa a diferença quando a fitofisionomia apresenta uma fase aquática. Estudos realizados por Lima Júnior (2005) mostram que o banco de sementes em fitofisionomias que apresentam uma fase aquática apresenta alto índice de emergência e densidade, similar ao obtido nesse estudo.

Uma única amostragem espacial e temporal num ecossistema de áreas úmidas com sazonalidade bem distinta como foi o estudado mostra apenas uma tendência quanto à ação do estressor— nesse caso, o fogo. Ficou evidente nesse estudo que em algumas fitofisionomias, como no caso

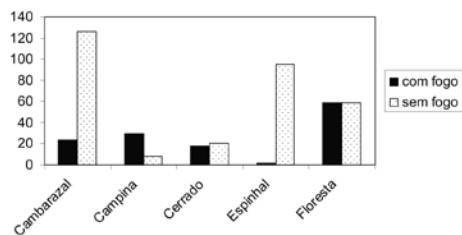


FIGURA 15. Número de indivíduos germinados durante todo o experimento por fitofisionomia em tratamento com fogo e sem fogo na região do Posto São Joaquim RPPN SESC Pantanal.

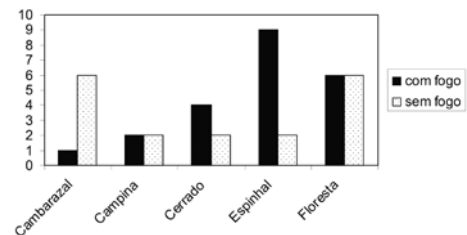


FIGURA 16. Riqueza de espécies germinadas e estabelecidas por fitofisionomia em tratamento com fogo e sem fogo na região do Posto São Joaquim RPPN SESC Pantanal.

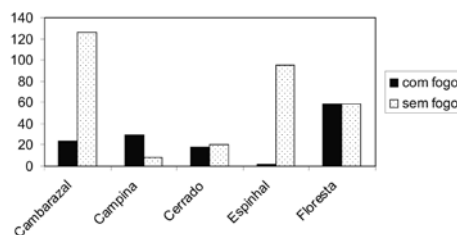


FIGURA 17. Número de indivíduos germinados/m² e estabelecidos por fitofisionomia em tratamento com fogo e sem fogo na região do Posto São Joaquim RPPN SESC Pantanal.

do Espinhal, muitos indivíduos morreram logo após a germinação. Não se pode afirmar se a mortalidade foi causada pelas condições *ex situ*, ou se foi causada por mudanças na química do solo e/ou da biota.

A existência de poucos trabalhos científicos com banco de sementes de solo para as áreas de Cerrado e Florestas Estacionais, em especial no Pantanal, nos limita para afirmar sobre a riqueza encontrada, sendo importante a realização de trabalhos futuros para continuar avaliando o banco de sementes das áreas que sofreram impacto do fogo.

Estudos conduzidos por Hoffmann (1996) mostraram que a queima tem efeito negativo no estabelecimento das sementes no primeiro ano, mas, no segundo ano, o sucesso do estabelecimento não foi significativamente diferente dos níveis da testemunha para a maioria das espécies do cerrado na região de Brasília (DF). A cobertura do dossel mostrou-se importante para o estabelecimento das sementes em função das diferenças de temperatura e umidade que podem resultar em menor estresse hídrico para germinação nos locais de maior cobertura.

A baixa riqueza e número de indivíduos germinados neste experimento foram fortemente influenciados pelo estresse ocorrentes na área. A Floresta estudada não apresenta a formação de sub-bosque, com predominância de bambu, indivíduos germinados notadamente adaptados ao déficit hídrico. Isso evidencia o forte estresse por falta de água, comum a esses ambientes.

Nas áreas de Floresta estacional com bambu e de Cambarazal, o fogo afeta incrementando a mortalidade na comunidade. A mortalidade das árvores reduz a densidade de espécies, influenciando diretamente na composição do sub-bosque com a mudança de quantidade de luz incidente nessa camada de vegetação adaptada a sombreamento (Kartawinata et al. 1981; Woods 1989; Cannon et al. 1998; Uuttera et al. 2000).

O incremento de altos níveis de luz no sub-bosque depois do fogo elimina muitas espécies herbáceas e espécies pioneiras lenhosas (Woods 1989; Nykvist 1996; Pinard et al. 1996; Cochrane and Schultze 1999; Fredericksen and Mostacedo 2000; Pinard et al. 2000). Uma vez que o sub-bosque tem um papel importante na regeneração, a eliminação de espécies que eventualmente crescem no ambiente afetará a composição de espécies da floresta (Riswan et al. 1985; Finegan 1996; Cochrane and Schultze 1998; Newbery et al. 2000).

Outro fator importante para a avaliação dos resultados do banco de sementes de solo é o incêndio que atingiu a área de estudo com fortes proporções, podendo prejudicar a dormência e a viabilidade das sementes. Outros estudos em áreas naturais (Baider et al, 1999, Costa e Araújo, 2003, Lima Júnior, 2005 e Araújo et al., 2004) apresentaram número maior de riqueza e número de indivíduos germinados, levando a considerar o efeito do fogo sobre banco de sementes de solo.

Estudos em outras fitofisionomias ainda não foram realizados para o Pantanal, o que denota a importância desse tipo de pesquisa para fornecer as bases de referência na avaliação de impactos causados pelo fogo.

3.3 Impacto do fogo na variabilidade dos atributos

As Figuras 18 a 21 e os Apêndices 6 e 7 indicam grande variação tanto inter quanto intrafitofisionomias das variáveis estudadas. As linhas mostram respectivamente as variações apresentadas pelas variáveis sem fogo (vermelha) e com fogo (azul). Neste caso, quanto maior for a distância

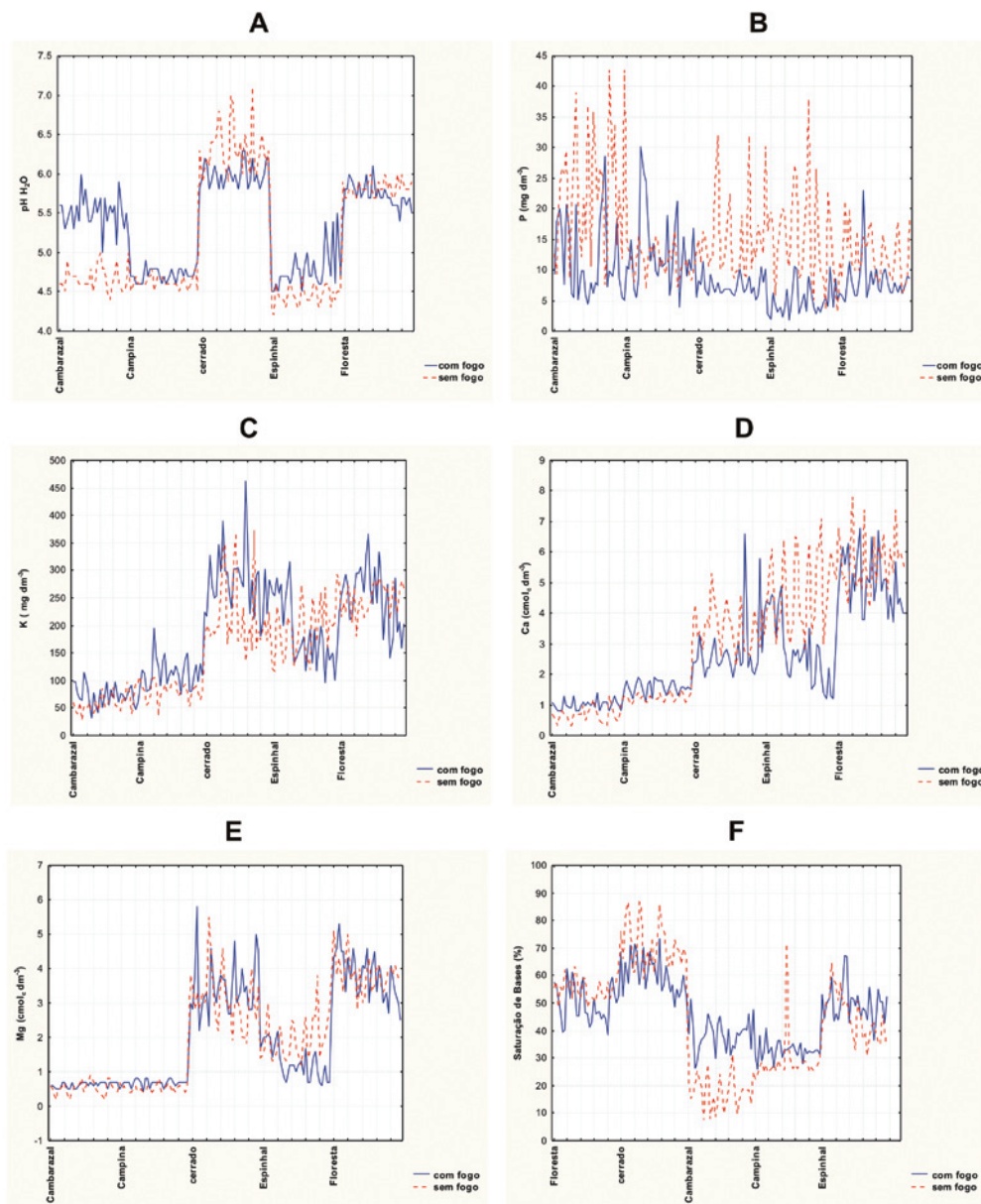


FIGURA 18. Variabilidade das amostras para pH H₂O (A), P (B), K (C), Ca (D), Mg (E) e Saturação de Bases (F), nas Unidades Fitofisionômicas.

entre estas linhas, maior será a variação apresentada. Além disso, é possível visualizar que os solos com suas respectivas fitofisionomias revelam diferentes padrões de comportamento após o fogo. O Cambarazal, possivelmente disperso em áreas de Gleissolos Háplicos Alíticos, e o Cerrado, possivelmente disperso em áreas de Planossolos Ta eutróficos (Couto et al., 2002), foram os que apresentaram a maior variação pré e pós-fogo no que se refere às bases trocáveis e pH.

As amostras de solos coletados na área do Cambarazal mostraram um acréscimo significativo do pH H₂O e da saturação de bases após o fogo (Figuras 18A e 14F), o que é comum na maioria dos

estudos realizados (Harcombe, 1980; Deban e Conrad, 1978; Sherman et al., 2005). Entretanto, no caso do cerrado, houve queda pronunciada após o fogo. Supõe-se que tenha havido a formação de fases cristalinas à base de cálcio e/ou magnésio (silicatos e aluminossilicatos) insolúveis (Sousa & Holanda, 2005). Os óxidos facultaram um menor valor de bases trocáveis após a queima, influenciando o pH.

Da mesma forma, observa-se que a relação Ca/Mg apresenta a mesma tendência, reforçando a idéia de que a formação de óxidos de Ca e Mg deve ter sido mais intensa na área do Cerrado (Figura 19A). Sob o ponto de vista da saturação de alumínio, o Cambarazal foi a fitofisionomia que

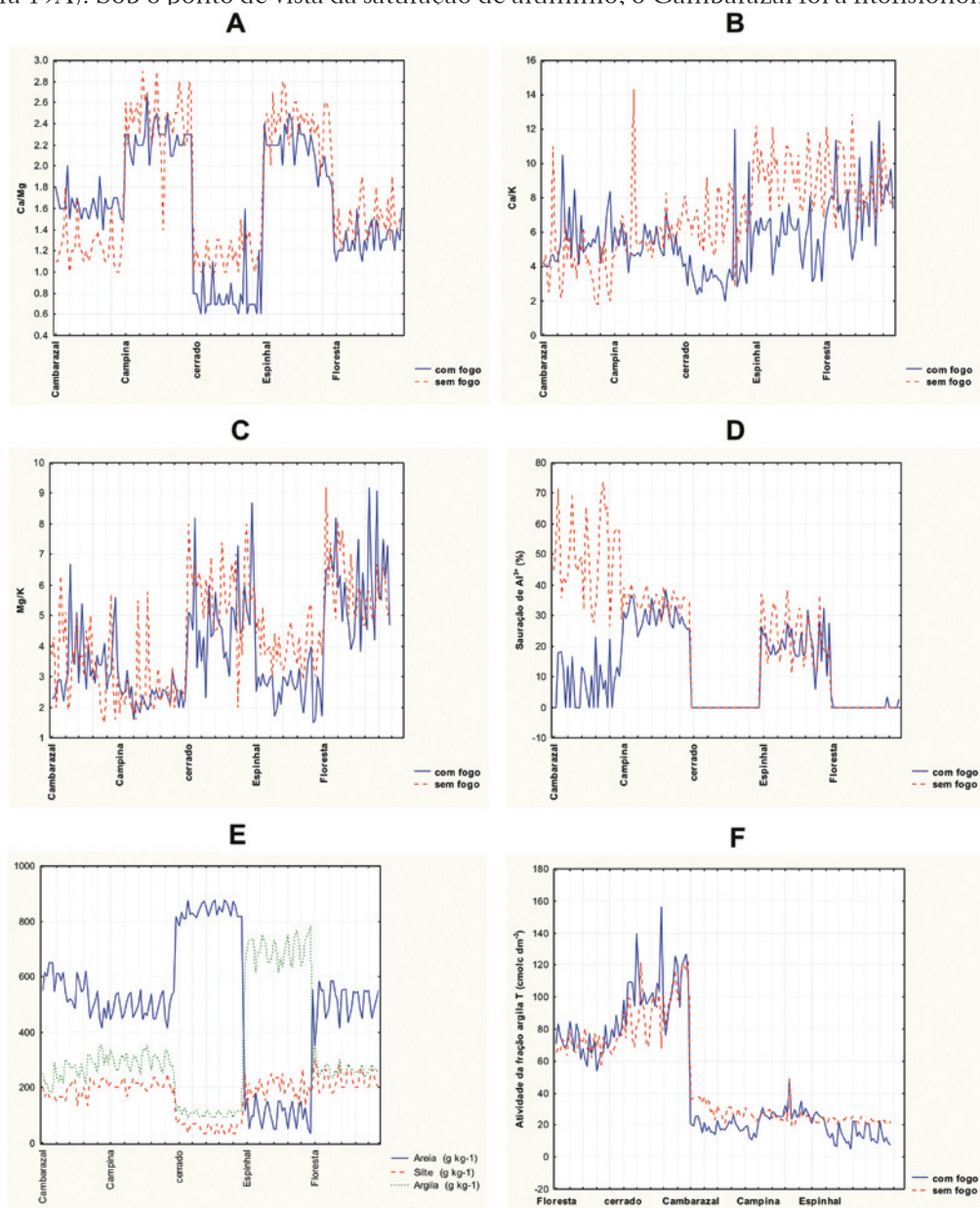


FIGURA 19. Variabilidade das amostras para Ca/Mg (A), Ca/K (B), Mg/K(C), Saturação de Al^{3+} (D), Granulometria (E) e Atividade da Fração Argila (F), nas Unidades Fitofisionômicas.

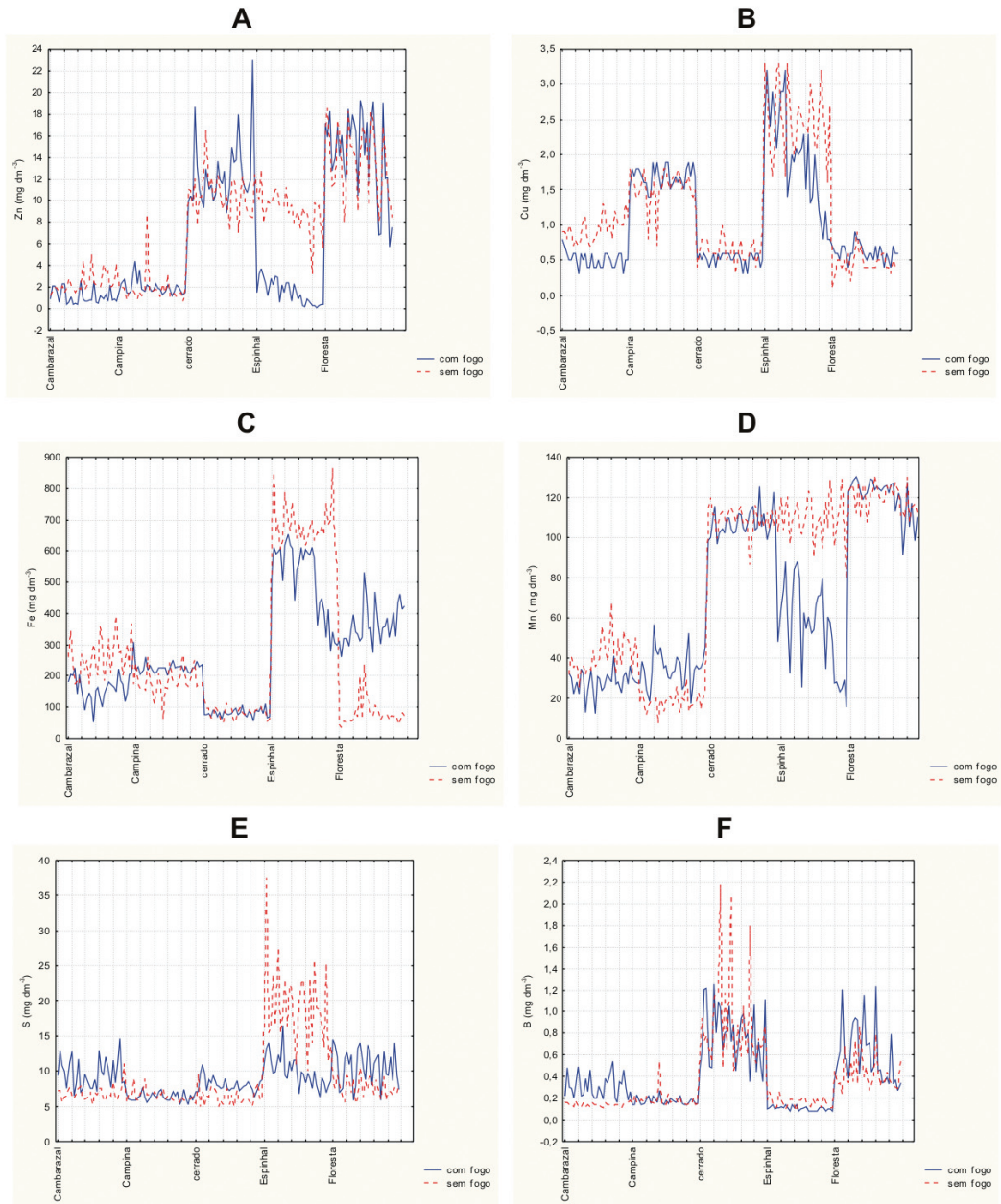


FIGURA 20. Variabilidade das amostras para Zn (A), Cu (B), Fe (C), Mn (D), S (E) e B (F), nas Unidades Fitofisionômicas.

sofreu maior impacto após a queima. Houve neutralização quase total do alumínio trocável (Figura 19E). Considerando que o alumínio trocável dos solos pode reduzir a germinação, exercendo influências decisivas sobre o metabolismo das sementes (Cruz et al., 1995), sua neutralização deve ter grande influência futura na área do Cambarazal.

A variabilidade dos ambientes estudados pode ser expressa pela Figura 19F. Há grande variação na granulometria dos solos, mesmo considerando que as coletas referem-se apenas aos primeiros

10 cm. As fitofisionomias Cambarazal e Espinhal, onde os solos predominantes são Gleissolos muito argilosos (Couto et al., 2002; Fortunatti & Couto, 2004) são muito distintas das demais. Essas foram as fitofisionomias mais afetadas pelo fogo, considerando a variação nos conteúdos de carbono e nitrogênio pré e pós-fogo, variáveis muito afetadas pelo fogo (Kauffman et al., 1993; Harcombe, 1980; Holt & Coventry, 1990; Pivello & Coutinho, 1992).

Sabe-se que, quando os solos tornam-se saturados com água, o oxigênio presente nos mesmos é consumido e condições anaeróbicas se formam. Se houver fonte de carbono oxidável e se a

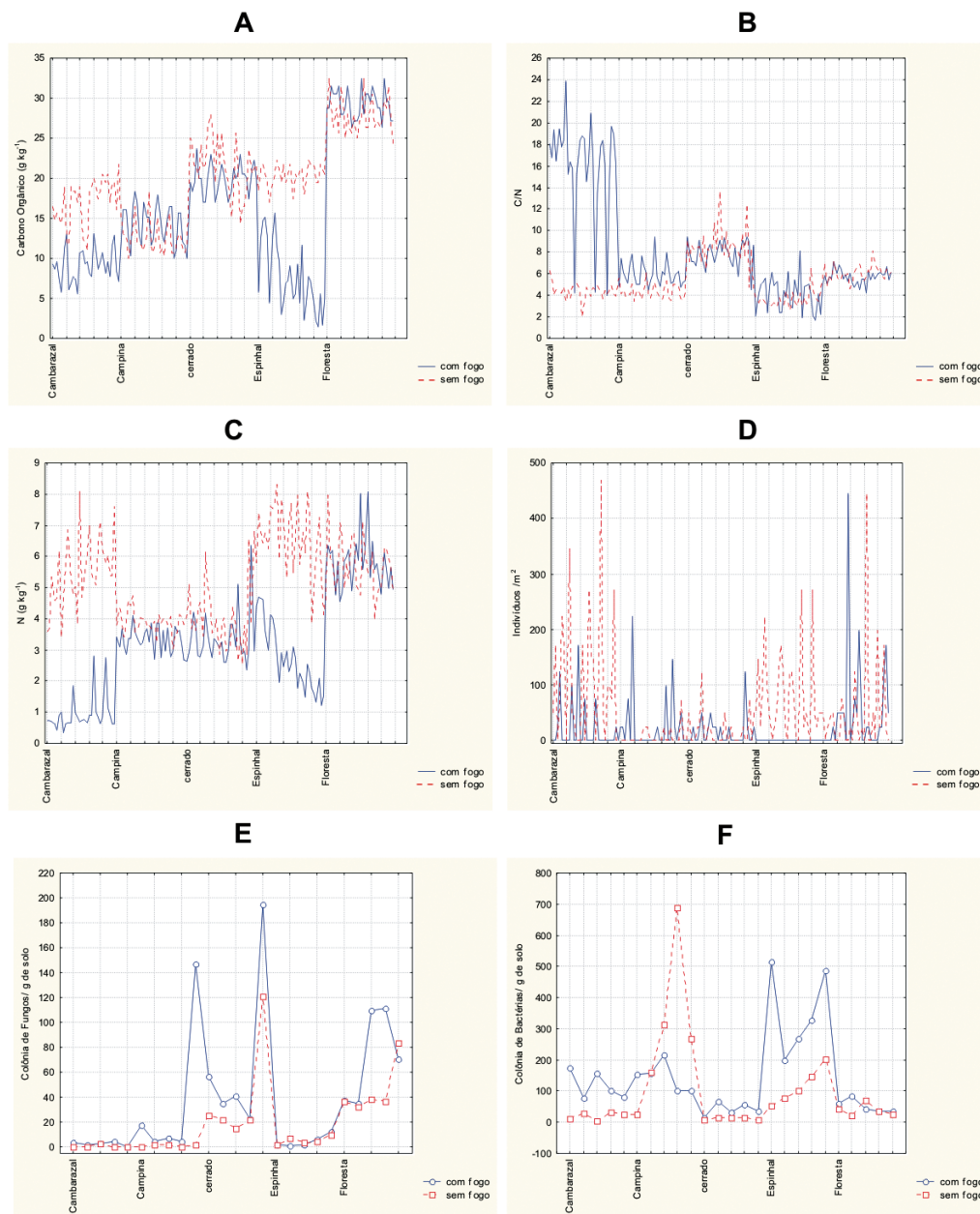


FIGURA 21. Variabilidade das amostras para Carbono Orgânico (A), C/N (B), N (C), indivíduos germinados (D), Colônia de Fungos (E) e Colônia de Bactérias (F), nas Unidades Fitofisionômicas.



temperatura for suficientemente quente para que os microorganismos estejam ativos (Rabenhorst & Parikh, 2000), com a persistência das condições anaeróbicas, imposta pelo longo período que os solos pantaneiros permanecem sob uma espessa lâmina d'água, cria-se a condição para que o ferro na forma férrica (Fe^{+++}), presente nos óxidos, seja reduzido para ferro na forma ferrosa (Fe^{++}). O ferro na forma ferrosa (reduzida) é bastante solúvel, o que permite sua translocação na fase aquosa.

As características morfológicas destes solos advêm, principalmente, dos processos de redução e oxidação do ferro e do manganês, que lhes conferem cores distintas. O estado de oxidação do ferro e do manganês influencia fortemente sua solubilidade e cor, conferindo-lhes os mosqueados marrons, cinzentos, azuis, pretos e amarelos, freqüentemente observados em solos hidromórficos (Fanning & Fanning, 1989; Van Breemen & Buurman, 2002).

Os solos na fitofisionomia do Espinhal são o que melhor expressam os comentários acima. As Figuras 20C e 20D mostram que os valores de Fe e Mn destes solos são bem mais elevados do que nas outras fitofisionomias e muito acima do considerado alto para solos cultivados (Alvarez V. et al., 1999), expressando com muita clareza os processos de oxirredução destes ambientes. Além disso, chama a atenção os valores de zinco nas fitofisionomias do Cerrado e Floresta, em média seis vezes acima do considerado alto para solos cultivados (Alvarez V. et al., 1999). Destacam-se também os valores de Cu e S (sem fogo) para a fitofisionomia do Espinhal.

O número de indivíduos germinados (Figura 21D), apresentou grande variabilidade inter e intrafitofisionomias e expressa nitidamente o impacto causado pelo fogo, notadamente na fitofisionomia do Espinhal.

As colônias de bactérias e fungos aumentaram após a queima. Outros estudos também mostraram que solos de locais que sofreram queima tiveram inicialmente maior atividade microbiológica que locais não queimados, entretanto o conteúdo de carbono prontamente disponível foi rapidamente diminuído (Rashid, 1987; Bauhus et al., 1993 citados por Nardoto & Bustamonte, 2003).

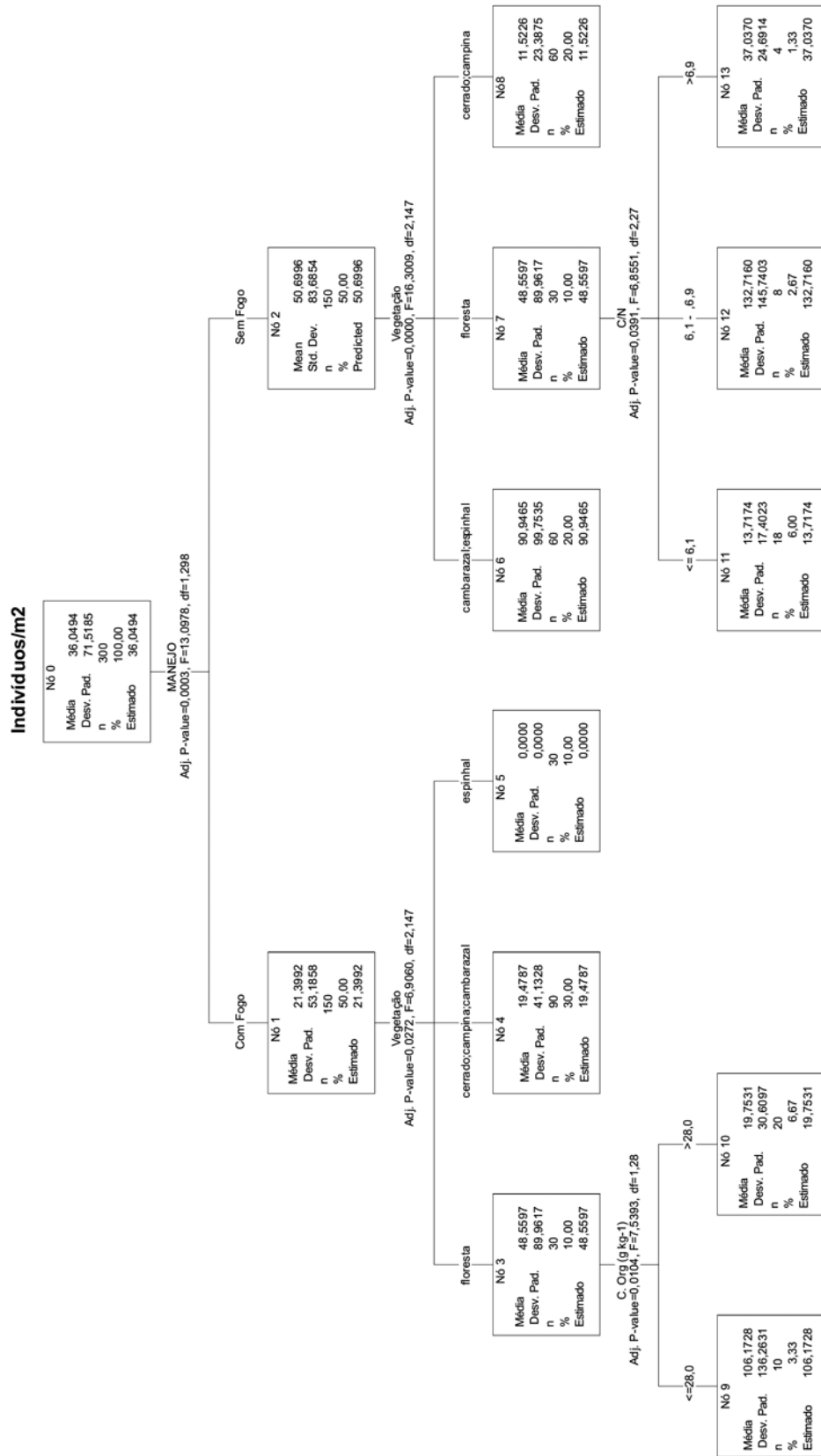
Singh et al. (1991), também estudando o efeito do fogo em savanas tropicais, observaram também um aumento na população de microorganismos dos solos após a queima. O que deve ser focado em futuros estudos sobre a biota do solo na RPPN é a avaliação, não só do número de colônias de microorganismos, mas da diversidade das mesmas. A ação do fogo influencia a diversidade microbiana em geral, favorecendo apenas o crescimento de populações bacterianas e fúngicas mais resistentes (Siqueira & Franco; 1988).

Outros estudos, como citado por González-Pérez et al. (2004), revelam que num curto período o fogo causa uma redução drástica na biomassa microbiana do solo. Em geral, as bactérias são mais favorecidas que os fungos após a queima.

3.4 Uso de Árvores de Decisão para avaliar o impacto do fogo

Uma outra forma de estudar o impacto do fogo em ecossistemas, considerando todas as variáveis que de fato têm influência sobre o tipo de manejo, é por meio de uma técnica estatística denominada Árvore de Decisão. A técnica usa um algoritmo de partição binária que máxima as dissimilaridades entre os grupos para comparação entre todas as possíveis divisões entre as variáveis independentes e a divisão dentro de cada variável independente para particionar os dados em novos subconjuntos (Chaturvedi & Green, 1995; Joy et al., 2003; Lobell et al., 2005). O algoritmo parte

FIGURA 22. Modelo de Árvore de Decisão para o número de indivíduos germinados.





de forma recursiva os dados em novos subconjuntos mais homogêneos até que os subconjuntos possuam poucas observações (< 5).

No presente estudo, considerou-se que as variáveis que melhor expressam o impacto do fogo nas diferentes unidades fitofisionômicas foram o número de indivíduos⁸ e as colônias de bactérias e fungos. Um modelo de Árvore de Decisão foi elaborado usando 27 variáveis e é mostrado nas Figuras 22 a 24.

Considerando o número de indivíduos, a Árvore de Decisão consistiu de 5 partições e 9 nós terminais. Apenas 4 variáveis (manejo, tipo de vegetação, carbono e relação C/N) foram determinantes para explicar o número de indivíduos germinados.

As variáveis discriminantes incluíram o manejo (com e sem fogo), o tipo de fitofisionomia (vegetação), o conteúdo de carbono e a relação C/N. A divisão inicial, a qual maximiza a distância entre as variáveis significantes, foi baseada no tipo de manejo. Os resultados revelam que o fogo diminuiu, em média, o número de indivíduos de cerca de 50 para 21, um decréscimo de 58%.

No segundo nível de importância neste processo, a variável mais significativa foi o tipo de fitofisionomia. Isto significa dizer que o impacto do fogo foi distinto para os diferentes tipos de fitofisionomias. A Floresta foi a fitofisionomia menos afetada pelo fogo (média de 49 indivíduos), seguida pelo grupo formado pelo Cerrado, Campina e Cambarazal (média de 19 indivíduos) e finalmente pelo Espinhal, onde não houve germinação de nenhum indivíduo. É possível concluir, a partir dessa interpretação, que o Espinhal foi a fitofisionomia mais afetada pelo fogo.

No terceiro nível de importância, a variável mais significativa foi o conteúdo de matéria orgânica do solo, restrita apenas à fitofisionomia de Floresta. Para as outras fitofisionomias, o impacto do fogo mascarou a importância das outras variáveis analisadas.

No último nível de importância, foi possível identificar dois grupos distintos dentro da fitofisionomia de Floresta, um grupo cujo teor de carbono foi $\leq 28,0$ g kg⁻¹, e que curiosamente apresentou um valor médio de 106 indivíduos, cerca de cinco vezes maior do que o grupo onde o teor de carbono foi $> 28,0$ g kg⁻¹ (20 indivíduos). O que se depreende destes resultados é que o fogo agiu com muito mais intensidade nas áreas com maior quantidade de biomassa (e, presumidamente, com maior teor de matéria orgânica no solo⁹), afetando drasticamente o banco de sementes na fitofisionomia de Floresta. Observa-se que o número de indivíduos germinados nesses locais é semelhante ao encontrado no grupo formado pelo Cerrado e Campina (nós 7 e 8 da Figura 21). Conclui-se então que, mesmo na Floresta, a fitofisionomia menos afetada, o banco de sementes sofreu ação diferencial do fogo. Isto implica em deduzir que as áreas de Floresta que foram queimadas devem apresentar um padrão de germinação bem distinto, influenciando a estrutura deste tipo de comunidade, favorecendo a fitofisionomias de formas mais abertas (Mistry, 1998)

Em relação ao manejo sem fogo, as fitofisionomias tiveram comportamento bem distinto da situação anterior. O número médio de indivíduos germinados do grupo Cambarazal e Espinhal (91 indivíduos), foi bem superior ao das outras fitofisionomias, cerca de 50 para a Floresta e de 11 indivíduos para o grupo Cerrado e Campina. A partir desta constatação é possível quantificar o efeito do fogo nas fitofisionomias estudadas, principalmente no Cambarazal e Espinhal. Houve

⁸ Refere-se ao Número de Indivíduos germinados/m².

⁹ Futuros estudos para avaliar os efeitos, ao longo do tempo, do incêndio ocorrido em 2005 devem focar, entre outras coisas, se em áreas que apresentam um período seco muito pronunciado há relação significativa entre a biomassa e o conteúdo de carbono no solo. Além disso, é fundamental identificar na paisagem se os solos das áreas com maior quantidade de matéria orgânica localizam-se nos locais de maior umidade.

FIGURA 23. Modelo de Árvore de Decisão para Colônia de Bactérias.

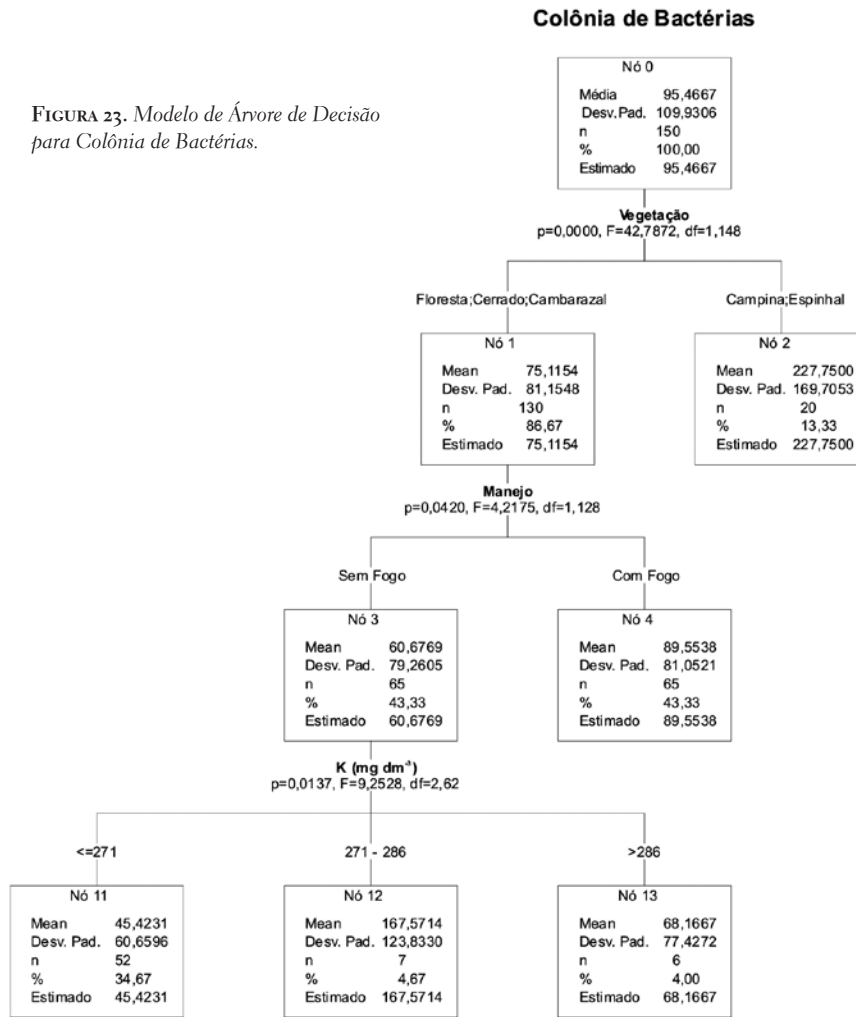
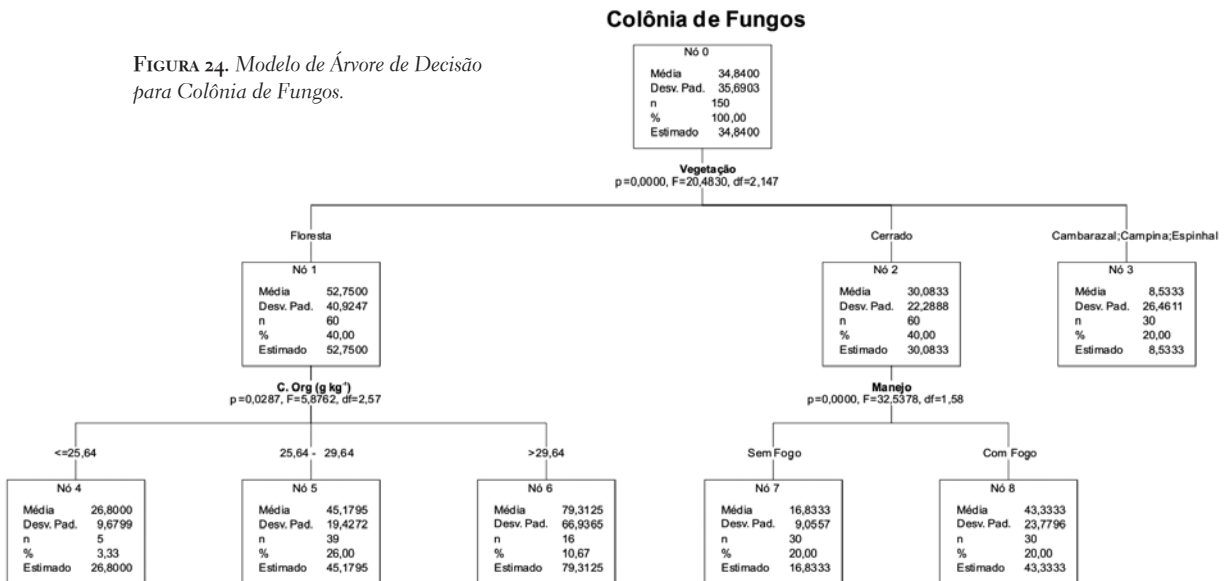


FIGURA 24. Modelo de Árvore de Decisão para Colônia de Fungos.





uma redução de 79% dos indivíduos para o Cambarazal e de 100% para o Espinhal.

No último nível de importância, a relação C/N foi significativa apenas para a Floresta. As relações C/N depois da queima normalmente são mais baixas do que nos solos originais (González-Pérez et al., 2004). Os valores muito discrepantes para o número de indivíduos em relação às relações C/N (14 para $C/N \leq 6,1$; 133 para C/N entre 6,1 e 6,9 e 37 para $C/N > 6,9$) expressam a grande variabilidade espacial. Possivelmente, essas amostras estão localizadas em pequenos nichos muito pouco afetados pelo fogo.

As Figuras 23 e 24 expressam as Árvores de Decisão para bactérias e fungos. Há grande semelhança entre ambas. O número de colônias, tanto para bactérias quanto para os fungos, foi mais influenciado pela fitofisionomia do que pelo fogo. Para as bactérias, dois grupos foram identificados no primeiro nível de significância: um formado pelas fitofisionomias Floresta, Cerrado e Cambarazal, apresentando um número médio de 75 colônias, três vezes menor do que o grupo formado pela Campina e Espinhal, com 228 colônias.

A presença do fogo foi significativa apenas no segundo nível. A presença do fogo aumentou o número de colônias de 61 para 90, um acréscimo de 48,0%. Conforme já mencionado por Singh et al. (1991), o fogo afeta muito mais a diversidade do que a quantidade de microorganismos. Neste estudo, não foram realizados testes para avaliar a diversidade dos organismos por serem onerosos e muito demorados¹⁰. De qualquer forma, os resultados sugerem que determinadas espécies de bactérias dominaram e apresentaram um acréscimo significativo após ação do fogo.

O último nível foi definido por três grupos identificados pelos níveis de potássio no solo (K) e circunscritos apenas às áreas que não tiveram ação do fogo. Solos com valores de K entre 271 e 286 mg dm⁻³ foram os que apresentaram a maior quantidade de bactérias, cerca de 170 colônias.

Para os fungos, três grupos foram identificados no primeiro nível de significância: o grupo 1, formado pela fitofisionomia Floresta, o grupo 2, pela fitofisionomia Cerrado, e o grupo 3, pelas fitofisionomias Cambarazal, Campina e Espinhal. Os números médios de colônias para os grupos 1, 2 e 3 foram respectivamente de 53, 30 e 9.

Analisando-se conjuntamente as Figuras 23 e 24, observa-se que o número de colônias de fungos apresentou uma tendência inversa ao das bactérias nas diferentes fitofisionomias. O grupo formado pelo Cambarazal e Espinhal apresentou um número de colônias de fungos muito inferior ao da Floresta, uma relação seis vezes inferior.

A presença do fogo foi significativa apenas no segundo nível e restrita apenas à fitofisionomia do Cerrado, onde o fogo exerce grande influência (Mistry, 1998). A presença do fogo aumentou o número de colônias de 17 para 43, um acréscimo de 157,0%; resultados também observados por Singh et al. (1991).

Nesse mesmo nível, a fitofisionomia Floresta mostrou uma tendência em aumentar significativamente o número de colônias de fungos com o aumento do carbono orgânico.

¹⁰ O estudo do efeito do fogo sobre a diversidade dos microorganismos na RPPN é objetivo de Dissertação de Mestrado desenvolvida no Programa de Pós-Graduação em Agricultura Tropical da UFMT, com apoio do Peld.

4. PROPOSTAS PARA O SISTEMA DE PREVENÇÃO DE INCÊNDIOS FLORESTAIS NA RPPN SESC PANTANAL

Algumas das idéias apresentadas nos estudos de Medeiros (2204) podem ser implementadas ou adaptadas para um sistema de prevenção para a RPPN SESC Pantanal. São elas:

Sistema de aceiros

A execução de aceiros externos ou internos para barrar a propagação de incêndios nas UC é um assunto bastante discutido entre os especialistas e no meio conservacionista. As principais críticas ao uso de aceiros com fogo se referem principalmente ao aumento de mortalidade de árvores nas faixas aceiradas, exposição da fauna herbívora nos limites externos e aumento da invasão por espécies exóticas de gramíneas. De forma geral, não se conhecem pesquisas sobre o efeito ecológico dos aceiros nas Unidades de Conservação.

Em algumas UC do Cerrado, como os Parques Nacionais de Emas, Chapada dos Veadeiros, Sete Cidades e Brasília, a execução de aceiros externos e internos diminuiu de modo significativo a frequência e a extensão das áreas atingidas, sendo fundamental para a quebra dos ciclos de grandes incêndios que ocorriam com intervalos de três/quatro anos. Esses aceiros são executados através de queima anual de uma faixa de vegetação de largura entre 25 e 60 metros.

Embora seja uma ferramenta eficiente para contenção de incêndios em várias UCs, a realização de aceiros é uma atividade com risco de descontrole do fogo, e há impactos nos recursos naturais que devem ser minimizados e monitorados, como, por exemplo, a seleção de espécies herbáceas mais resistentes ao fogo nas faixas queimadas.

Esse programa deve mapear e estudar as comunidades de fauna e flora ao longo das estradas que seriam aceiradas. O mapeamento teria por objetivo evitar impactos dos aceiros sobre grupos sensíveis ao fogo, espécies raras, endêmicas e/ou ameaçadas de extinção. Além disso, as pesquisas devem avaliar o impacto de queimadas frequentes sobre os componentes da flora e da fauna.

Sistema de detecção/comunicação

Diminuir o tempo de detecção dos incêndios. Em áreas de cerrado, nas quais a velocidade do fogo normalmente é rápida, a detecção de incêndios idealmente não deve ultrapassar cinco minutos. Normalmente, os focos de incêndio são detectados quando a coluna de fumaça está grande o suficiente para ser observada de portarias, centros de visitantes ou estradas internas e externas. A frente de fogo, nesses casos, também já assumiu grandes proporções.

O sistema de detecção deve ter como padrão características que incluam a rápida localização dos focos e a precisão dessa localização por meio de GPS. Além disso, o sistema de detecção deve abranger os períodos diurno e noturno, e a localização dos focos idealmente deve ocorrer sobre quaisquer condições de visibilidade.

Aumento do número de torres de observação, guaritas dotadas de goniômetros e rádio-comunicação e veículos para as rondas são frequentemente utilizados como sistemas de detecção em UCs e áreas de reflorestamento.

Apesar do custo inicial relativamente elevado, as torres de observação apresentam um custo mais



reduzido, comparado ao uso de aeronaves ou câmeras com sensores infravermelhos.

No caso da RPPN SESC Pantanal, a eficiência e a complementação do sistema de detecção com torres e guaritas já existentes dependem fundamentalmente da permanência da equipe de guarda-parques bem treinados para permanência diurna e noturna, equipamentos de rádio-comunicação, binóculos e equipamentos para localização precisa dos focos (goniômetros e mapas).

Educação ambiental

As atividades preventivas para controle do fogo em áreas rurais têm sido mais eficientes quando as comunidades são orientadas em um trabalho local, com contatos diretos entre técnicos e produtores. Na Amazônia, algumas comunidades de pequenos produtores são orientadas localmente dessa forma, com resultados bastante positivos.

A distribuição esporádica de cartazes, cartilhas e folders divulgando o problema e formas de contato com a Unidade geralmente tem público e alcance limitados, considerando a realidade do meio rural brasileiro em relação aos níveis de escolaridade. Da mesma forma, campanhas educativas transmitidas pela televisão, de custo elevado, também têm alcance limitado, considerando pequenos produtores rurais que não têm acesso a essa mídia, como ocorre em várias regiões do país.

Além disso, as campanhas televisivas não são suficientes para levar aos produtores detalhes sobre como realizar as queimadas, os impactos do fogo, técnicas de substituição do procedimento e as possibilidades de diminuição dos custos associadas à execução de aceiros e de equipamentos básicos de combate.

As atividades de educação ambiental devem ser fundamentadas principalmente em palestras e visitas programadas à Unidade de Conservação. O investimento nesse tipo de atividade geralmente é bastante reduzido em relação aos custos das operações de combate aos incêndios.

A prevenção de incêndios pode ser também baseada em cursos específicos de queima controlada e sobre técnicas alternativas ao uso do fogo.

Queimadas controladas

Um dos itens mais polêmicos em relação ao planejamento do uso de fogo diz respeito ao manejo de combustíveis, particularmente quando são propostas queimadas controladas como tentativa de restabelecer padrões de distúrbio para a conservação de uma área. O uso de queimadas controladas unicamente como forma de redução de combustíveis para controle do fogo pode não ser compatível com esses objetivos se pesquisas sobre os efeitos do fogo na biota local não forem realizadas. Assim, a redução de combustíveis não deve ser o único objetivo de queimadas controladas quando a prioridade é a conservação dos recursos naturais.

O fogo, utilizado na forma de queimadas controladas, deve ser considerado como ferramenta de auxílio à conservação em áreas abertas de cerrado. Porém, de modo geral, ainda há escassez de dados de pesquisa sobre os ecossistemas nas Unidades de Conservação no Brasil e os efeitos temporais do fogo sobre a biota local, o que deve ser considerado no plano de manejo da RPPN.

A possível utilização de queimadas controladas deve ser baseada fundamentalmente em dados de pesquisa que comprovem o benefício dessa ferramenta de manejo para a conservação dos re-

curiosos. Além disso, deve ser avaliado detalhadamente o papel de queimas provocadas por raios na área considerada. Assim, um programa de pesquisa multidisciplinar deveria ser implantado para a realização de pesquisas de longa duração.

Em uma Unidade de Conservação como a RPPN SESC Pantanal, onde há invasão de espécies exóticas de plantas e animais, juntamente com vários processos de degradação ambiental no entorno que podem afetar a biota dentro do Parque, torna-se bastante difícil a aplicação de técnicas de manejo sem um embasamento científico consolidado.

Índices de perigo de incêndio

Segundo (Soares, 1998), o índice de perigo de incêndio é uma importante ferramenta para auxiliar no planejamento e supervisão das atividades de controle de incêndios florestais. Existem vários índices, nacionais, regionais ou locais, geralmente adaptados às condições de cada país ou região.

Índices de perigo de incêndio foram introduzidos pela primeira vez no Brasil em 1963, depois do trágico incêndio que atingiu cerca de 2 milhões de hectares no Estado do Paraná. Dentre eles, o mais simples e de grande eficácia é a Fórmula de Monte Alegre, que foi desenvolvida em 1972 e tem sido usada desde então por várias empresas e instituições florestais brasileiras para estimar o grau de perigo de incêndio e ajudar no planejamento das atividades de prevenção e combate. Ela é estruturalmente muito simples, requer apenas duas variáveis meteorológicas — umidade relativa do ar e precipitação — para ser calculada, e pode ser usada em praticamente todo o país, fazendo-se as devidas adaptações na escala de perigo quando e onde necessárias, ou pelo menos nas regiões onde a umidade relativa é o parâmetro mais relacionado à ocorrência dos incêndios.

A Fórmula de Monte Alegre (FMA) é um índice acumulativo que requer valores diários de umidade relativa do ar e quantidade de precipitação, além do número de dias sem chuva, para seu cálculo. A FMA foi desenvolvida através de dados meteorológicos e de ocorrência de incêndios da Fazenda Monte Alegre, município de Telêmaco Borba (PR) durante sete anos (1965 a 1971). Sua equação básica é a seguinte:

$$FMA = \sum_{n=1}^n \frac{100}{H}$$

Onde:

FMA é a Fórmula de Monte Alegre

H é a umidade relativa do ar medida às 13hs

n é o número de dias sem chuva

O perigo de incêndio do dia é indicado através de uma escala de cinco níveis: Nulo ($FMA \leq 1,0$); Pequeno ($1,1 < FMA \leq 3,0$); Médio ($3,1 < FMA \leq 8,0$); Alto ($8,1 < FMA \leq 20,0$); e Muito Alto ($FMA > 20,0$).

A FMA é especialmente indicada para regiões onde a umidade relativa, ao invés da temperatura do ar, é o fator principal de perigo de incêndio. Essa condição é observada principalmente onde a estação de incêndio ocorre no inverno e no início da primavera, como na maioria do território brasileiro.



5. CONCLUSÕES

- 10 das 17 variáveis examinadas mostraram mudanças significativas associadas à presença do fogo. Houve um acréscimo significativo nos valores de pH, potássio (K), ferro (Fe), de colônias de fungos e bactérias.
- Houve grande imobilização de P e Ca nas áreas queimadas. Zinco (Zn), manganês (Mn), carbono orgânico (CO), nitrogênio (N) de indivíduos germinados mostraram um decréscimo significativo na presença do fogo. As variáveis magnésio (Mg), cobre (Cu), enxofre (S), boro (B) e densidade do solo (DAP) não foram influenciadas de forma significativa pela presença do fogo.
- As relações entre cátions e matéria orgânica mudaram significativamente com ação do fogo, proporcionando um decréscimo de cerca de 7% do cálcio (Ca) e de 48% da capacidade de troca dos cátions¹¹ (CTC) associados à matéria orgânica.
- Uma análise mais circunstanciada dos efeitos do fogo, considerando as diferentes fitofisionomias, mostra, entre outras coisas, que apenas o pH H₂O e o potássio (K) tiveram ganhos, mesmo assim muito reduzidos. Cerca de 2 % para o pH e de 5% para o potássio (K). Soma de bases¹², fósforo (P), carbono orgânico (C.org) e nitrogênio (N) apresentaram perdas respectivamente de 16%, 53%, 19% e 42% após a queima. É nítido nesse estudo o comportamento distinto das diferentes fitofisionomias após a queima — a Floresta foi a menos alterada e o Espinhal e Cambarazal, as mais afetadas.
- O efeito do fogo no banco de sementes nas fitofisionomias estudadas foi muito mais evidente no Cambarazal e no Espinhal. Houve redução de 79% dos indivíduos para o Cambarazal e de 100% para o Espinhal.
- A existência de poucos trabalhos científicos com banco de sementes de solo para as áreas de Cerrado e Florestas Estacionais, em especial no Pantanal, nos limita a afirmar sobre a riqueza encontrada, sendo importante a realização de trabalhos futuros para continuar avaliando o banco de sementes das áreas que sofreram impacto do fogo.
- As colônias de bactérias e fungos aumentaram após a queima. Neste estudo, não foram realizados testes para avaliar a diversidade dos organismos por serem onerosos e muito demorados. De qualquer forma, os resultados sugerem que determinadas espécies de bactérias dominaram e apresentaram um acréscimo significativo após ação do fogo.

¹¹ A CTC equivale a soma dos cátions trocáveis, igual a $\sum \text{Ca} + \text{Mg} + \text{K} + \text{Na} + \text{Al} + \text{H}$.

¹² Soma de bases equivale a soma das bases trocáveis, igual a $\sum \text{Ca} + \text{Mg} + \text{K} + \text{Na}$.

6. REFERÊNCIAS

- ALLEN, J. C. Soil Response to Forest Clearing in the United States and the Tropics: Geological and Biological Factors. **Biotropica**, v.17, n.1, Mar., p.15-27. Nalden.1985.
- ALEXANDER, M. **Introduction to soil microbiology**. New York: John Wiley & Sons. 1977. 467 p.
- ALVAREZ V., V. H.; NOVAIS, R. F.; BARROS, N. F.; CANTARUTTI, R. B.; LOPES, A. S. Interpretação dos resultados das análises de solos. In: RIBEIRO, A. C., GUIMARÃES, P. T. G.et al. (Ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. Viçosa: CFSEMG, 1999. Interpretação dos resultados das análises de solos, p.25-32.
- ANDREU, V.; RUBIO, J. L.; FORTEZA, J.; CERNI, R. Postfire Effects on Soil Properties and Nutrient Losses. **Int. J. Wildland Fire SIRO**, Colling Wood. v.6, n.2, p.53-58. 1996.
- ARTMAN, V. L. ; SUTHERLAND, E. K. ; DOWNHOWER, J. F. Prescribed Burning to Restore Mixed-Oak Communities in Southern Ohio: Effects on Breeding-Bird Populations. **Conservation Biology**, v.15, n.5, Oct., p.1423-1434. 2001.
- ASSAD, M. L. R. C. L. **Recursos biológicos: ocorrência e viabilidade**. 1st INTERNATIONAL Symposium on Tropical Savannas. Brasília, DF: Embrapa-CPAC, 1996. 20-24 p.
- BAIDER, C., TABARELLI, M. e MANTOVANI, W. **O banco de sementes de um trecho de uma floresta Atlântica montana**. São Paulo: Rev. Bras. Biol., maio 1999, vol.59, n.2, p.319-328.
- BANDICK, A. K. & DICK, R. P. Field Management Effects on Soil Enzymes Activities. **Soil Biol. Biochem.**, 31:1471-1479, Amsterdam, 1999.
- BONFIM, V. R.; RIBEIRO, G. A.; SILVA, E. ; BRAGA, G. M. Diagnóstico do uso do fogo no entorno do Parque Estadual da Serra do Brigadeiro (PESB), Mg.**R. Árvore**, v.27, n.1, p.87-94. 2003. Viçosa.
- BOPAIAH, B. M. ; SHETTI, H. S. Soil Microflora and Biological Activities in the Rhizospheres and Root Regions of Coconut-Based Multistoreyed Cropping and Coconut Monocropping Systems. **Soil Biol. Biochem**, v.17, p.297-302. Amsterdam, 1991.
- CANNON, C.H.; PEART D. R.; LEIGHTON, M. Tree Diversity in Commercially Logged Bornean Rainforest. **Science** 281: 1366–1368. 1998.
- CHATURVEDI, A. ; GREEN, P. E. Software Review. **Journal of Marketing Research**, v.32, n.2, maio, p.245-254. 1995.



COCHRANE, M.A.; SCHULTZE, M. D. Fire as a Recurrent Event in Tropical Forests of the Eastern Amazon: Effects on Forest Structure, Biomass, and Species Composition. **Biotropica** 31(1): 2–16. Nalden, 1999.

COLOZZI Filho, A.; BALOTA, E. L.; CHAVES, J.C. ; ANDRADE, D. S. Alterações na biomassa microbiana do solo e em alguns de seus compostos, em função da adubação verde do cafeeiro. In: **I Simpósio de pesquisa dos cafés do Brasil**. Poços de Caldas, MG, 2000. p. 1393-1395.

COSTA, R. C.; ARAUJO, F. S. **Densidade, germinação e flora do banco de sementes no solo, no final da estação seca, em uma área de caatinga, Quixadá, CE**. Acta Bot. Bras., abr./jun. 2003, vol.17, n.2, p.259-264.

COUTINHO, L. M. Aspectos ecológicos do fogo no cerrado. II - As queimadas e a dispersão de sementes em algumas espécies anemocóricas do estrato herbáceo-subarbustivo. **Boletim de Botânica da Universidade de São Paulo**, v.5, p.57-64. 1977.

COUTINHO, L. M. O cerrado e a ecologia do fogo. **Ciência Hoje**, Brasília, v.12, n.68, p.22-30, 1990.

COUTO, E. G. ; JACOMINE, P. K. T. ; NUNESDACUNHA, C. ; VECCHIATO, A. B. Guia da excursão técnica da XIV RBMCSA. Cuiabá: Ed. UFMT. 2002. 68 p.

CRUZ, M.S.; PÉREZ-URRIA, E.; MARTIN, L.; AVALOS, A.; VICENTE, C. Factors Affecting Germination of *Canavalia brasiliensis*, *Leucena loucocephala*, *Clitoria ternata* and *Calopogonio mucunoides* Seeds. **Seed Science & Technology** v.23, n.2, p.447-454, 1995.

DEBANO, L. F. ; CONRAD, C. E. The Effect of Fire on Nutrients in a Chaparral Ecosystem. **Ecology**, v.59, n.3, p.489-497. 1978.

DEBANO, L. F. ; EBERLEIN, G. ; DUNN, P. Effects of Burning on Chaparral Soils: I – Soil Nitrogen. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, v. 43, n.3, p.504-509. 1979.

DUDLEY, J. L. ; LAJTHA, K. The Effects of Prescribed Burning on Nutrient Availability and Primary Production in Sandplain Grasslands. **American Midland Naturalist**, v.130, n.2, Oct., p.286-298. 1993.

EGGERS, L. **Ação do fogo em uma comunidade campestre, em bases fitossociológicas**. 1991. 136p. Dissertação (Dissertação de Mestrado) – Curso de Pós-graduação em Ecologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. revista e atualizada. Rio de Janeiro: CNPS/

Embrapa, 1997. 212 p.

FANNING, D. S. ; FANNING, M. C. B. **Soil Morphology, Genesis and Classification**. New York: John Wiley. 1989. 395 p.

FASSBENDER, H. & BORNEMISZA, W. **Química de suelos com énfasis en suelos de América Latina**. São José, 2^a ed. 1987. 420p.

FERNANDES, A. H. B. M. ; FERNANDES, F. A. **Características químicas do solo em área de pastagem nativa recém-queimada no Pantanal arenoso, MS**. Corumbá: Embrapa Pantanal. 2002. 28 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 36).

FIEDLER, N. C. ; AZEVEDO, I. N. C. D.; REZENDE, A. V.; MEDEIROS, M. B. D. ; VENTUROILI, F. Efeito de incêndios florestais na estrutura e composição florística de uma área de cerrado sensu stricto na fazenda Água Limpa-DF. **R. Árvore**, v.28, p.129-138. 2004.

FINEGAN, B. Pattern and Process in Neotropical Secondary Rain Forests: the First 100 Years of Succession. **Tree** 11(3): 119–124. 1996.

FORTUNATTI, C. M.; Couto, E. G. A diversidade dos solos no Pantanal Mato-Grossense. 56^a Reunião Anual da SBPC. Cuiabá: SBPC. 18 a 23 de Julho de 2004, 2004. CD-ROM.

GLITZENSTEIN, J. S. ; PLATT, W. J.; STRENG, D. R. Effects of Fire Regime and Habitat on Tree Dynamics in North Florida Longleaf Pine Savannas. **Ecological Monographs**, v.65, n.4, Nov., p.441-476. 1995.

GONZALEZ-PEREZ, J. A.; GONZALEZ-VILA, F. J.; ALMENDROS, G.; KNICKER, H. The Effect of Fire on soil Organic Matter – a Review. **Environment International**, v.30, n.6, p.855-870. 2004.

HARCOMBE, P. A. Soil Nutrient Loss as a Factor in Early Tropical Secondary Succession. **Biotropica**, v.12, n.2, Supplement: Tropical Succession, Jun., p.8-15. 1980.

HOFFMANN, W. A. The Effects of Fire and Cover on Seedling Establishment in a Neotropical Savanna. **Journal of Ecology**, v.84, n.3, Jun., p.383-393. 1996.

HOLT, J. A. ; COVENTRY, R. J. Nutrient Cycling in Australian Savannas. **Journal of Biogeography**, v.17, n.4/5, Savanna Ecology and Management: Australian Perspectives and Intercontinental Comparisons, Jul. - Sep., p.427-432. 1990.

HOLT, J. A. ; COVENTRY, R. J. Nutrient Cycling in Australian Savannas. **Journal of Biogeography**, v.17, n.4/5,



Savanna Ecology and Management: Australian Perspectives and Intercontinental Comparisons, Jul. - Sep., p.427-432. 1990.

JOY, S. M.; REICH, R. M.; REYNOLDS, R. T. A Non-Parametric, Supervised Classification of Vegetation Types on the Kaibab National Forest Using Decision Trees. **International Journal of Remote Sensing**, v.24, n.9, p.1835-1852. 2003.

JUNK, W. J.; BAILEY, P. B.; SPARKS, R. E. **The Flood-Pulse Concept in River-Floodplain Systems**. Proceedings of the International Large River Symposium, Canadian Special Publication Fishing and Aquatic Sciences 106, 110-117. 1989.

KARTAWINATA, K.; ADISOEMARTO, S.; RISWAN, S.; VAYDA, A. P. The Impact of Man on a Tropical Forest in Indonesia. **Ambio** 10(2): 115–119. 1981.

KAUFFMAN, D.; CUMMINGS, D. & WARD, D. Relationships of Fire, Biomass and Nutrient Dynamics Along Vegetation Gradient in the Brazilian Cerrado. **Journal of Ecology**, Oxford, v.82, n.3, p.519-531, 1994.

KAUFFMAN, J. B.; SANFORD, R. L., Jr.; Cummings, D. L.; Salcedo, I. H.; Sampaio, E. V. S. B. Biomass and Nutrient Dynamics Associated with Slash Fires in Neotropical Dry Forests. **Ecology**, v.74, n.1, Jan., p.140-151. 1993.

KEELEY, J. E. Seed Production, Seed Populations in Soils and Seedling Production After Fire for Two Congeneric Pairs of Sprouting and Nosprouting Chaparral Shrubs. **Ecology**, v.58, n.4, p.820-829. 1977.

KELLMAN, M. Synergistic Relationships Between Fire and Low Soil Fertility in Neotropical Savannas: A Hypothesis. **Biotropica**, v.16, n.2, Jun., p.158-160. 1984.

_____. Nutrient Retention by Savanna Ecosystems: III. Response to Artificial Loading. **The Journal of Ecology**, v.73, n.3, Nov., p.963-972. 1985.

LIMA JÚNIOR, G. A. **Estrutura e composição florística de um banco de sementes de campo e brejo no Pantanal de Poconé, MT**. 2005. 25 p. Monografia (Licenciatura em Ciências Biológicas) Instituto de Biociências – Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá.

LOBELL, D. B.; ORTIZ-MONASTERIO, J. I.; ASNER, G. P.; NAYLOR, R. L.; FALCON, W. P. Combining Field Surveys, Remote Sensing, and Regression Trees to Understand Yield Variations in an Irrigated Wheat Landscape. **Agron. J.** v.97, n.1, January 1, 2005, p.241-249. 2005.

MEDEIROS, M. B. D. ; FIEDLER, N. C. Incêndios florestais no Parque Nacional da Serra da Canastra: desafios para a conservação da biodiversidade. **Ciência Florestal**, v.14, n.2, p.157-168. 2004.

- MEDEIROS, M. B. Efeitos do fogo nos padrões de rebrotamento em plantas lenhosas, em campo sujo. 2002. 121 f. (Tese de Doutorado) – Universidade de Brasília, Brasília, 2002.
- MELO, V. F. Solos e indicadores de uso agrícola em Roraima: áreas indígenas Maloca do Flechal e de colonização do Apiaú. (Tese de Doutorado) Universidade Federal de Viçosa. 2002. 145p.
- MISTRY, J. Fire in the Cerrado (Savannas) of Brazil: an Ecological Review. **Progress in Physical Geography**, v.22, p.425-448. 1998.
- MOREIRA, A. G. Effects of Fire Protection on Savanna Structure in Central Brazil. **Journal of Biogeography**, v.27, n.4, Jul., p.1021-1029. 2000.
- MROZ, G. D.; JURGENSEN, M. F.; HARVEY, A. E.; LARSEN, M. J. Effects of Fire on Nitrogen in Forest Floor Horizons. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, v.44, n.2, p.395-400. 1980.
- NARDOTO, G. B.; BUSTAMANTE, M. M. D. C. Effects of Fire on Soil Nitrogen Dynamics and Microbial Biomass in Savannas of Central Brazil. **Pesq. agropec. bras**, v.38, n.8, p.955-962. 2003.
- NEARY, G. D.; KLOPATEK, C. C.; DEBANO, L. F. & FFOLLIOTT, P. F. Fire Effects on Belowground Sustainability: a Review and synthesis. **Forest Ecology and Management**, 122 : 51 - 71, 1999.
- NEWBERY, D. M.; KENNEDY, D.N.; PETOL, G. H.; MADANI, L.; RIDSDALE, C.E. Primary Forest Dynamics in Lowland Dipterocarp Forest at Danum Valley, Sabah, Malaysia, and the role of the understorey. **Philosophical Transactions of the Royal Society** 354: 1763–1782. 2000.
- NYKVIST, N. Regrowth of Secondary Vegetation After the ‘Borneo fire’ of 1982–1983. **Journal of Tropical Ecology** 12: 307–312. 1996.
- OWENSBY, C. & WYRILL, J. Effects of Range Burning on Kansas Flint Hills Soil. **Journal of Range Management**, v.26, n.3, p.185-188, 1973.
- PARKINSON, D.; GRAY, T. R. G. & WILLIAMS, S. T. **Methods for Studying the Ecology of Soil Microorganisms**. Oxford: Adlard, 1971. p. 116.
- PEET, R. K. The Measurement of Species Diversity. **Ann. Rev. Ecol. Syst** 5: 285:307. 1974.
- PINARD, M.; HOWLETT, B.; DAVIDSON, D. Site Conditions Limit Pioneer Tree Recruitment After Logging of Dipterocarp Forests in Sabah, Malaysia. **Biotropica** 28(1): 2–12. 1996.



PIVELLO, V. R.; COUTINHO, L. M. Transfer of Macro-Nutrients to the Atmosphere during Experimental Burnings in an Open Cerrado (Brazilian Savanna). **Journal of Tropical Ecology**, v.8, n.4, Nov., p.487-497. 1992.

RABENHORST, M. C.; PARIKH, S. Propensity of Soils to Develop Redoximorphic Color Changes. **Soil Sci Soc Am J**, v.64, n.5, September 1, 2000, p.1904-1910. 2000.

RISWAN, S.; KENWORTHY, J. B.; Kartawinata, K. The Estimation of Temporal Processes in Tropical Rain Forest: a Study of Primary Mixed Dipterocarp Forest in Indonesia. **Journal of Tropical Ecology** 1: 171-182. 1985.

SAMBUICHI, R. H. R. **Efeitos de longo prazo do fogo periódico sobre a fitossociologia da camada lenhosa de um cerrado em Brasília, DF.** (Dissertação de Mestrado). Departamento de Ecologia, UNB, Brasília, 1991. 144 p.

SATO, M. N. **Mortalidade de plantas lenhosas do cerrado submetidas a diferentes regimes de queima.** (Dissertação de Mestrado). Departamento de Ecologia, UNB, Brasília, 1996. 46 p.

SHERMAN, L. A.; Brye, K. R.; Gill, D. E.; Koenig, K. A. Soil Chemistry as Affected by First-Time Prescribed Burning of a grassland Restoration on a Coastal Plain Ultisol. **Soil Science**, v.170, n.11, p.913-927. 2005.

SILVA, G.N.; VIDOR, C. As práticas de manejo de solo na população microbiana. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.8, p.291-296, 1984.

SILVA, E. P. R. **Efeito do regime de queima na taxa de mortalidade e estrutura da vegetação lenhosa de campo sujo de Cerrado.** (Dissertação de Mestrado). Departamento de Ecologia, UNB, Brasília, 1999. 58 p.

SILVA, G. T.; SATO, M. N. & MIRANDA, H. S. Mortalidade de plantas lenhosas em um campo sujo de cerrado submetido a queimas prescritas. In: MIRANDA, H. S.; DIAS, B. F. S.; SAITO, C. H (Ed.) **Impacto de queimadas em área de cerrado e restinga.** Brasília: ECL/ Universidade de Brasília, 1996. p. 93-101.

SILVA, J. F. ; CASTRO, F. Fire, Growth and Survivorship in a Neotropical Savanna Grass *Andropogon semiberbis* in Venezuela. **Journal of Tropical Ecology**, v.5, n.4, Nov., p.387-400. 1989.

SILVA, J. F.; ZAMBRANO, A.; FARINAS, M. R. Increase in the Woody Component of Seasonal Savannas Under Different Fire Regimes in Calabozo, Venezuela. **Journal of Biogeography**, v.28, n.8, Aug., p.977-983. 2001.

- SILVA, J. F. Fire as a Factor Influencing the Diversity of the Forms in Neotropical Savannas. In: PEREIRA, R. C.; NASSER, L. C. B. (Ed.). **Ist International Symposium on Tropical Savannas, Proceedings**. Brasília: Embrapa, 1996. Fire as a Factor Influencing the Diversity of the Forms in Neotropical Savannas, p.6-9.
- SIQUEIRA, J. O.; FRANCO, A. A. **Ciências agrárias nos trópicos brasileiros - Biotecnologia do solo: fundamentos e perspectivas**. Brasília: Ministério da Educação, Abeas, v.1. 1988. 234 p.
- SINGH, R. S.; SRIVASTAVA, S. C.; Raghubanshi, A. S.; SINGH, J. S.; SINGH, S. P. Microbial C, N and P in Dry Tropical Savanna: Effects of Burning and Grazing. **Journal of Applied Ecology**, v.28, n.3, Dec., p.869-878. 1991.
- SOARES, R. V. Desempenho da “fórmula de Monte Alegre” - índice brasileiro de perigo de incêndios florestais. **Cerne**, v.4, n.1, p.87-99. 1998.
- _____. Ocorrência de incêndios em povoamentos florestais. **Revista Floresta**, v. 22, n. 1-2, p.39-54, 1992.
- SOUSA, S. J. G.; Holanda, J. N. F. Avaliação das propriedades físico-mecânicas de uma massa cerâmica para revestimento poroso (BIII). **Cerâmica** v.51, p.70-76. 2005.
- STOTT, P. The Spatial Pattern of Dry Season Fires in the Savanna Forests of Thailand. **Journal of Biogeography**, v.13, n.4, Jul., p.345-358. 1986.
- THOMPSON, K.; BAKKER, J. & BEKKER, R. **The Soil Seed Banks of North West Europe: Methodology, Density And Longevity**. Cambridge: Cambridge University Press., 1997.
- UUTERA, J.; TOKOLA, T.; MALTAMO, M. Differences in Structure of Primary and Managed Forests in East Kalimantan, Indonesia. **Forest Ecology and Management** 129: 63–74. 2000.
- VAN-BREEMEN, N.; BUURMAN, P. **Soil Formation**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers. 2002. 404 p.
- WOLLUM, A. G. & CASSEL, D. K. Spatial Variability of *Rhizobium japonicum* in Two North Carolina Soils. **Soil Sci Soc Am J.** 48, 1984, p.1082–1086.
- WOODS, P. Effects of Logging, Drought, and Fire on Structure and Composition of Tropical Forests in Sabah, Malaysia. **Biotropica** 21(4): 290–298. 1989.

7. APÊNDICES



Apêndice 1 - Estatística Descritiva das Unidades Fitofisionômicas (Espinhal)

Espinhal com fogo

Variável	N	Amplitude	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão	Coefficiente de Variação
pH H ₂ O	30	1,0	4,5	5,5	4,8	0,3	5,4
P(kg ha ⁻¹)	30	14,1	2,7	16,8	8,1	4,0	49,7
K (kg ha ⁻¹)	30	351,0	150,2	501,2	295,5	95,7	32,4
Ca (kg ha ⁻¹)	30	1172,4	380,2	1552,7	887,2	349,4	39,4
Mg (kg ha ⁻¹)	30	307,4	115,3	422,6	245,3	94,6	38,6
Al (kg ha ⁻¹)	30	284,3	42,6	326,9	173,4	76,9	44,3
M, Org. (t/ha)	30	38,7	4,0	42,7	20,3	11,5	56,6
Ca/Mg	30	0,7	1,8	2,5	2,2	0,2	8,4
Ca/K	30	5,0	3,1	8,1	5,7	1,3	22,9
Mg/K	30	2,5	1,5	4,0	2,6	0,6	22,6
Zn (kg ha ⁻¹)	30	5,7	0,2	5,9	2,4	1,7	71,8
Cu (kg ha ⁻¹)	30	3,8	1,3	5,1	3,1	1,1	36,6
Fe (kg ha ⁻¹)	30	589,8	441,1	1030,9	803,2	185,7	23,1
Mn(kg ha ⁻¹)	30	114,8	24,8	139,6	86,1	33,6	39,0
S (kg ha ⁻¹)	30	16,0	10,1	26,1	15,8	3,5	22,4
B (kg ha ⁻¹)	30	0,1	0,1	0,2	0,2	0,0	19,1
C,Org ((kg ha ⁻¹)	30	22,5	2,3	24,8	11,8	6,7	56,6
C/N	30	6,4	1,7	8,1	4,2	1,6	37,4
N (kg ha ⁻¹)	30	5,5	1,9	7,4	4,3	1,7	38,4

Espinhal sem fogo

Variável	N	Amplitude	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão	Coefficiente de Variação
pH H ₂ O	30	0,5	4,2	4,7	4,5	0,1	2,8
P(kg ha ⁻¹)	30	39,9	3,7	43,6	17,7	9,3	52,5
K (kg ha ⁻¹)	30	201,5	135,8	337,3	220,5	58,4	26,5
Ca (kg ha ⁻¹)	30	992,0	646,0	1638,0	1086,6	308,0	28,3
Mg (kg ha ⁻¹)	30	363,7	167,8	531,5	275,1	88,2	32,1
Al (kg ha ⁻¹)	30	186,3	124,2	310,5	214,9	51,2	23,8
Ca/Mg	30	0,9	1,9	2,8	2,4	0,2	8,3
Ca/K	30	5,0	7,2	12,2	9,5	1,6	16,8
Mg/K	30	2,5	2,9	5,4	4,0	0,7	17,5
Zn (kg ha ⁻¹)	30	11,2	3,7	14,9	10,5	2,1	20,0
Cu (kg ha ⁻¹)	30	2,0	1,8	3,8	2,9	0,6	20,7
Fe (kg ha ⁻¹)	30	355,7	640,1	995,8	783,7	77,0	9,8
Mn(kg ha ⁻¹)	30	57,4	91,4	148,9	125,3	13,0	10,4
S (kg ha ⁻¹)	30	31,7	11,6	43,3	22,1	6,6	29,9
B (kg ha ⁻¹)	30	0,2	0,1	0,3	0,2	0,1	50,0
C,Org ((t ha ⁻¹)	30	6,1	19,6	25,7	23,5	1,6	6,8
C/N	30	3,9	2,6	6,5	3,7	0,8	21,6
N (t ha ⁻¹)	30	5,1	4,4	9,6	7,6	1,3	17,1

Apêndice 2 - Estatística Descritiva das Unidades Fitofisionômicas (Cambarazal)

Cambarazal com fogo

Variável	N	Amplitude	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão	Coefficiente de Variação
pH H ₂ O	30	1,0	5,0	6,0	5,5	0,2	3,9
P(kg ha ⁻¹)	30	34,3	6,2	40,5	16,4	9,2	56,1
K (kg ha ⁻¹)	30	118,5	43,7	162,2	101,9	27,4	26,9
Ca (kg ha ⁻¹)	30	169,6	226,1	395,7	285,5	48,9	17,1
Mg (kg ha ⁻¹)	30	34,3	85,7	120,0	106,2	15,2	14,3
Al (kg ha ⁻¹)	30	63,4	0,0	63,4	20,7	19,8	95,7
M, Org, (t/ha)	30	18,6	13,4	32,0	22,2	5,1	23,0
Ca/Mg	30	0,6	1,4	2,0	1,6	0,1	6,3
Ca/K	30	6,5	4,0	10,5	5,6	1,5	26,8
Mg/K	30	4,5	2,2	6,7	3,5	1,1	31,4
Zn (kg ha ⁻¹)	30	3,1	0,6	3,7	1,6	1,0	62,5
Cu (kg ha ⁻¹)	30	0,7	0,4	1,1	0,7	0,2	28,6
Fe (kg ha ⁻¹)	30	365,3	71,9	437,2	232,2	68,4	29,5
Mn(kg ha ⁻¹)	30	39,9	17,9	57,8	39,6	8,5	21,5
S (kg ha ⁻¹)	30	11,4	9,2	20,6	13,7	3,0	21,9
B (kg ha ⁻¹)	30	0,5	0,2	0,8	0,4	0,1	25,0
C,Org ((kg ha ⁻¹)	30	10,8	7,8	18,6	12,9	2,9	22,5
C/N	30	19,9	4,0	23,9	16,2	4,6	28,4
N (kg ha ⁻¹)	30	3,5	0,5	4,0	1,3	0,8	61,5

Cambarazal sem fogo

Variável	N	Amplitude	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão	Coefficiente de Variação
pH H ₂ O	30	0,6	4,4	5,0	4,7	0,2	3,3
P(kg ha ⁻¹)	30	48,0	10,2	58,3	31,4	14,1	44,7
K (kg ha ⁻¹)	30	94,1	38,2	132,3	83,5	25,3	30,3
Ca (kg ha ⁻¹)	30	273,4	82,0	355,4	186,8	71,1	38,1
Mg (kg ha ⁻¹)	30	116,0	33,2	149,2	87,9	31,7	36,1
Al (kg ha ⁻¹)	30	184,0	98,1	282,1	157,4	46,8	29,7
M, Org, (t/ha)	30	25,4	25,8	51,2	40,2	7,0	17,4
Ca/Mg	30	0,8	1,0	1,8	1,2	0,2	15,7
Ca/K	30	9,2	1,8	11,0	4,3	1,8	41,7
Mg/K	30	4,8	1,5	6,3	3,5	1,2	34,2
Zn (kg ha ⁻¹)	30	5,2	1,6	6,8	3,3	1,3	39,2
Cu (kg ha ⁻¹)	30	0,8	1,0	1,8	1,3	0,2	18,6
Fe (kg ha ⁻¹)	30	301,5	236,0	537,5	349,3	85,4	24,5
Mn(kg ha ⁻¹)	30	57,4	34,5	92,0	56,5	12,3	21,8
S (kg ha ⁻¹)	30	7,9	7,2	15,1	9,4	1,5	16,2
B (kg ha ⁻¹)	30	0,1	0,2	0,2	0,2	0,0	13,5
C,Org ((kg ha ⁻¹)	30	14,7	15,0	29,7	23,3	4,1	17,4
C/N	30	4,3	2,0	6,3	4,4	0,8	17,4
N (kg ha ⁻¹)	30	6,4	4,6	11,0	7,5	1,6	21,1



Apêndice 3 - Estatística Descritiva das Unidades Fitofisionômicas (Campina)

Campina com fogo

Variável	N	Amplitude	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão	Coefficiente de Variação
pH H2O	30	0,3	4,6	4,9	4,7	0,1	1,9
P(kg ha-1)	30	37,6	5,4	42,9	19,2	9,3	48,4
K (kg ha-1)	30	170,1	106,3	276,4	163,6	38,4	23,5
Ca (kg ha-1)	30	227,2	312,4	539,6	451,6	61,7	13,7
Mg (kg ha-1)	30	68,9	68,9	137,8	117,7	17,0	14,4
Al (kg ha-1)	30	76,4	101,9	178,4	139,7	19,1	13,7
M, Org, (t/ha)	30	20,7	24,4	45,1	34,5	6,3	18,3
Ca/Mg	30	0,7	2,0	2,7	2,3	0,1	4,3
Ca/K	30	3,6	3,6	7,2	5,3	0,8	15,1
Mg/K	30	1,6	1,6	3,2	2,4	0,4	16,7
Zn (kg ha-1)	30	4,5	1,7	6,2	2,8	1,0	35,7
Cu (kg ha-1)	30	0,7	2,0	2,7	2,4	0,2	8,3
Fe (kg ha-1)	30	85,0	283,5	368,5	318,9	18,3	5,7
Mn(kg ha-1)	30	56,1	24,5	80,6	50,5	12,7	25,1
S (kg ha-1)	30	3,5	7,5	11,1	9,0	0,9	10,0
B (kg ha-1)	30	0,2	0,2	0,4	0,2	0,0	0,0
C,Org ((kg ha-1)	30	12,0	14,1	26,1	20,0	3,6	18,0
C/N	30	4,9	4,5	9,4	6,0	1,1	18,3
N (kg ha-1)	30	2,0	3,8	5,8	4,8	0,6	12,5

Campina sem fogo

Variável	N	Amplitude	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão	Coefficiente de Variação
pH H2O	30	1,8	4,5	6,3	4,7	0,3	6,8
P(kg ha-1)	30	12,9	9,2	22,1	15,7	3,4	21,6
K (kg ha-1)	30	182,0	47,2	229,2	115,1	30,7	26,7
Ca (kg ha-1)	30	567,4	270,2	837,6	353,0	97,5	27,6
Mg (kg ha-1)	30	360,4	65,5	425,9	95,0	64,9	68,3
Al (kg ha-1)	30	169,7	0,0	169,7	124,0	27,3	22,0
M, Org, (t/ha)	30	19,7	23,2	42,9	29,1	4,8	16,4
Ca/Mg	30	1,7	1,2	2,9	2,4	0,4	15,3
Ca/K	30	9,8	4,5	14,3	6,0	1,8	29,6
Mg/K	30	4,2	1,6	5,8	2,6	0,9	36,2
Zn (kg ha-1)	30	10,8	0,9	11,7	2,4	1,9	77,6
Cu (kg ha-1)	30	1,5	0,9	2,4	2,1	0,3	16,4
Fe (kg ha-1)	30	275,0	86,3	361,3	247,7	58,9	23,8
Mn(kg ha-1)	30	143,7	10,5	154,2	29,0	24,3	83,8
S (kg ha-1)	30	4,7	7,4	12,1	8,8	1,1	12,3
B (kg ha-1)	30	0,5	0,2	0,7	0,2	0,1	40,7
C,Org ((kg ha-1)	30	11,4	13,5	24,9	16,9	2,8	16,4
C/N	30	2,7	3,4	6,2	4,4	0,7	15,9
N (kg ha-1)	30	2,3	4,1	6,4	5,2	0,5	9,4

Apêndice 4 - Estatística Descritiva das Unidades Fitofisionômicas (Cerrado)

Cerrado com fogo

Variável	N	Amplitude	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão	Coefficiente de Variação
pH H ₂ O	30	0,5	5,8	6,3	6,0	0,1	2,6
P(kg ha ⁻¹)	30	8,0	6,5	14,5	9,4	2,1	22,3
K (kg ha ⁻¹)	30	361,2	229,7	590,9	358,8	74,9	20,9
Ca (kg ha ⁻¹)	30	1202,1	486,0	1688,1	692,3	258,8	37,4
Mg (kg ha ⁻¹)	30	558,2	341,1	899,4	541,7	126,0	23,3
Al (kg ha ⁻¹)	30	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
M, Org, (t/ha)	30	14,5	37,4	51,9	43,9	4,0	9,1
Ca/Mg	30	1,0	0,6	1,6	0,8	0,2	25,0
Ca/K	30	10,0	2,0	12,0	3,9	2,1	53,8
Mg/K	30	6,4	2,3	8,7	4,9	1,4	28,6
Zn (kg ha ⁻¹)	30	18,1	11,2	29,4	15,9	3,8	23,9
Cu (kg ha ⁻¹)	30	0,4	0,4	0,8	0,7	0,1	14,3
Fe (kg ha ⁻¹)	30	71,5	70,2	141,7	103,8	15,9	15,3
Mn(kg ha ⁻¹)	30	37,0	123,2	160,2	136,8	8,6	6,3
S (kg ha ⁻¹)	30	5,7	8,2	13,9	10,3	1,2	11,7
B (kg ha ⁻¹)	30	1,2	0,4	1,6	1,0	0,3	30,0
C,Org ((kg ha ⁻¹)	30	8,4	21,7	30,1	25,5	2,3	9,0
C/N	30	5,0	4,5	9,5	7,9	1,2	15,2
N (kg ha ⁻¹)	30	5,1	3,0	8,1	4,3	1,0	23,3

Cerrado sem fogo

Variável	N	Amplitude	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão	Coefficiente de Variação
pH H ₂ O	30	1,2	5,9	7,1	6,3	0,3	5,0
P(kg ha ⁻¹)	30	35,3	13,0	48,3	22,8	10,2	44,8
K (kg ha ⁻¹)	30	360,4	203,6	563,9	324,5	99,9	3,1
Ca (kg ha ⁻¹)	30	906,5	695,0	1601,6	1069,7	210,2	19,7
Mg (kg ha ⁻¹)	30	677,9	329,8	1007,6	572,2	151,1	26,4
Al (kg ha ⁻¹)	30	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
M, Org, (t/ha)	30	35,3	37,4	72,7	56,12	8,8	15,7
Ca/Mg	30	0,5	1,0	1,5	1,16	0,1	12,5
Ca/K	30	6,4	2,8	9,2	6,6	1,5	22,3
Mg/K	30	6,0	2,0	8,0	5,8	1,3	21,8
Zn (kg ha ⁻¹)	30	14,5	10,6	25,0	16,0	2,9	18,3
Cu (kg ha ⁻¹)	30	1,1	0,5	1,5	1,0	0,2	20,0
Fe (kg ha ⁻¹)	30	108,6	75,4	184,0	126,2	28,9	22,9
Mn(kg ha ⁻¹)	30	50,5	130,4	180,9	165,3	9,3	5,6
S (kg ha ⁻¹)	30	6,9	7,5	14,5	9,6	1,7	17,7
B (kg ha ⁻¹)	30	2,6	0,7	3,3	1,3	0,7	51,9
C,Org ((kg ha ⁻¹)	30	20,5	21,7	42,2	32,5	5,1	15,7
C/N	30	8,9	4,7	13,6	8,5	1,8	21,2
N (kg ha ⁻¹)	30	6,4	3,8	10,3	6,0	1,6	26,5



Apêndice 5 - Estatística Descritiva das Unidades Fitofisionômicas (Floresta)

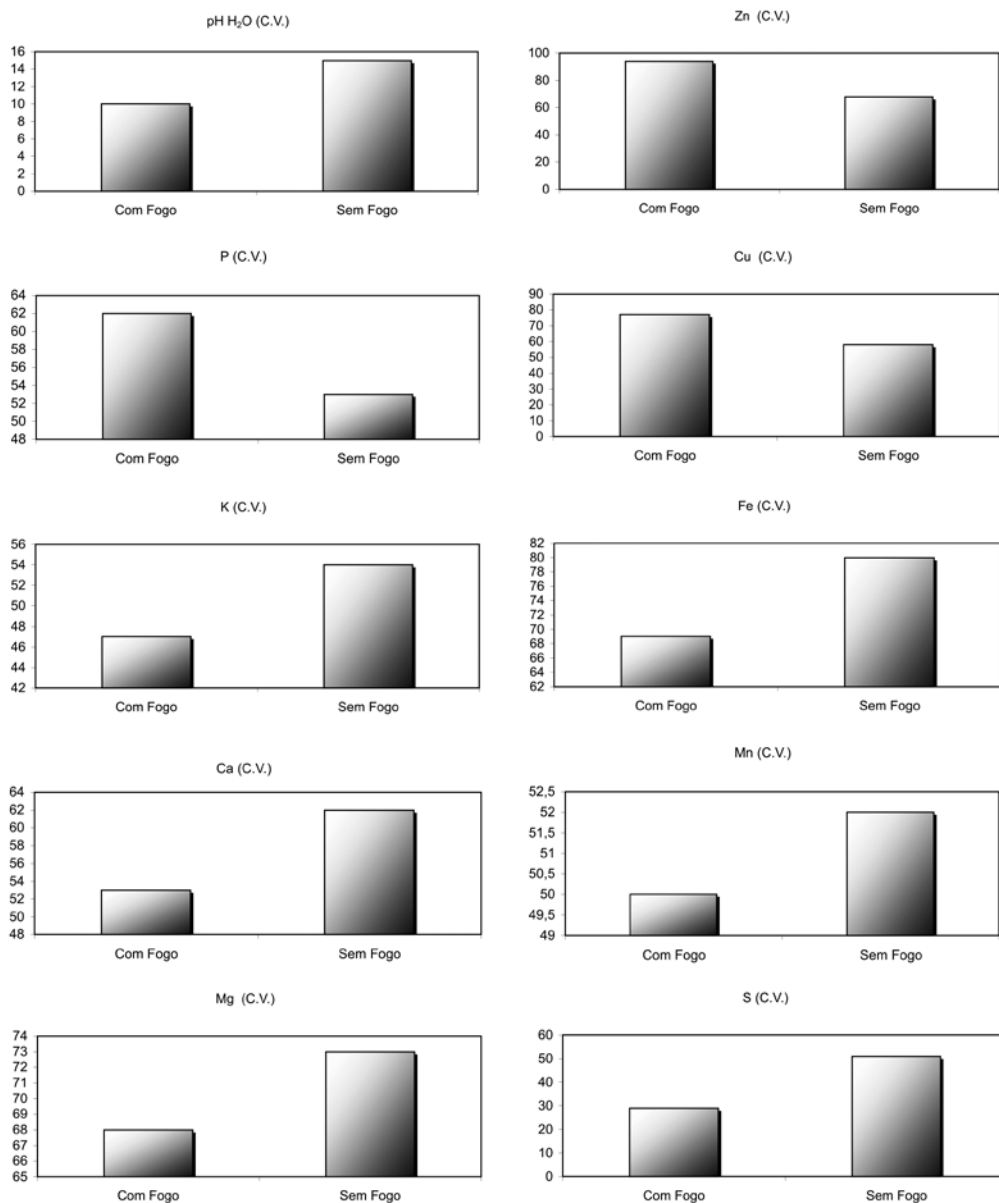
Floresta Decídua com fogo

Variável	N	Amplitude	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão	Coefficiente de Variação
pH H ₂ O	27	0,5	5,6	6,1	5,8	0,1	1,7
P(kg ha ⁻¹)	27	20,4	5,4	25,8	9,2	3,9	42,4
K (kg ha ⁻¹)	27	254,2	156,1	410,3	287,4	60,9	21,2
Ca (kg ha ⁻¹)	27	670,3	849,1	1519,5	1133,8	201,2	17,7
Mg (kg ha ⁻¹)	27	311,6	406,4	718	529,4	83,3	15,7
Al (kg ha ⁻¹)	27	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
M. Org. (t/ha)	27	11,6	50,7	62,3	56,7	3,3	5,8
Ca/Mg	27	0,5	1,1	1,6	1,3	0,1	7,7
Ca/K	27	8,1	4,4	12,5	7,8	2,0	25,6
Mg/K	27	5,4	3,8	9,2	6,1	1,5	24,6
Zn (kg ha ⁻¹)	27	15,2	6,4	21,5	16,4	4,1	25,0
Cu (kg ha ⁻¹)	27	0,6	0,4	1,0	0,7	0,1	14,3
Fe (kg ha ⁻¹)	27	305,5	288,8	594,3	403,3	71,7	17,8
Mn(kg ha ⁻¹)	27	43,7	101,6	145,3	135,1	10,4	7,7
S (kg ha ⁻¹)	27	9,3	6,5	15,7	12	2,8	23,3
B (kg ha ⁻¹)	27	1,1	0,3	1,4	0,7	0,3	42,9
C.Org ((kg ha ⁻¹)	27	6,7	29,4	36,2	32,9	1,9	5,8
C/N	27	2,9	4,2	7,1	5,7	0,7	12,3
N (kg ha ⁻¹)	27	3,9	5,1	9,0	6,5	0,9	13,8

Floresta Decídua sem fogo

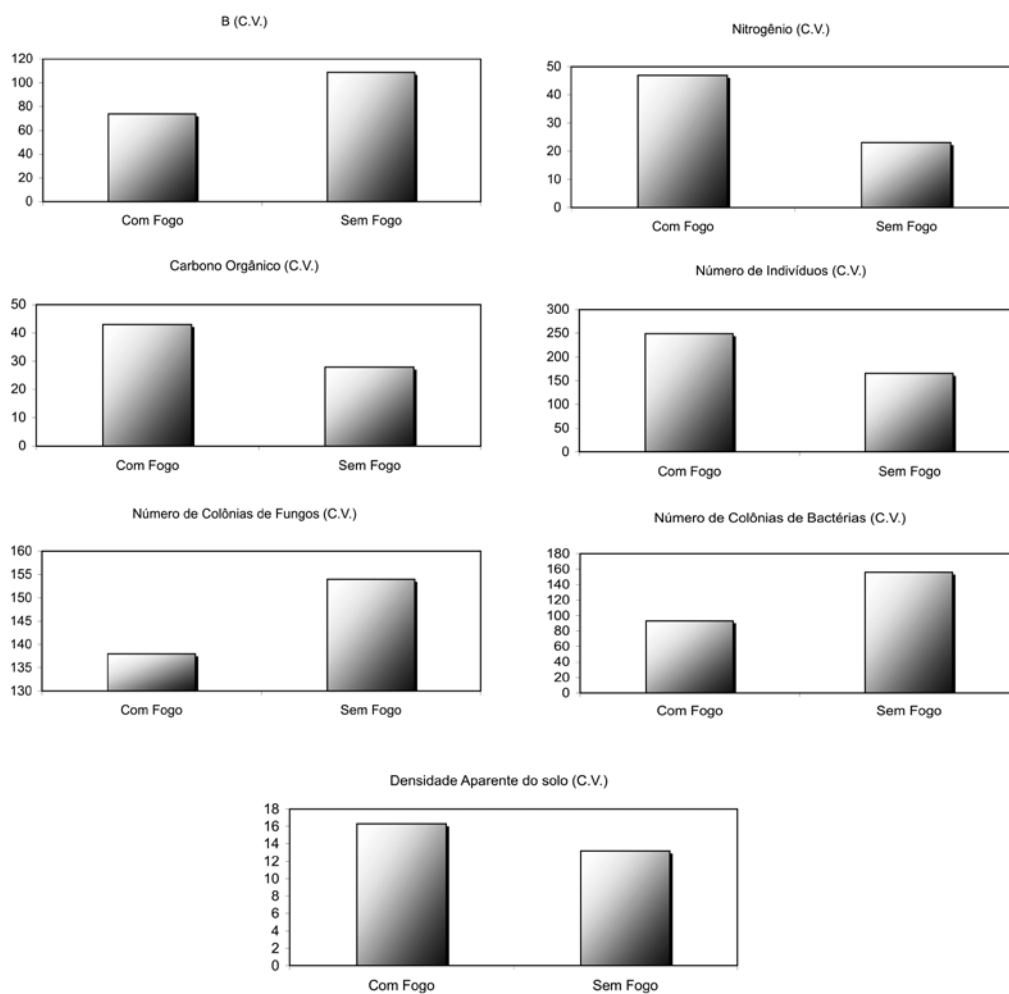
Variável	N	Amplitude	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão	Coefficiente de Variação
pH H ₂ O	30	0,3	5,7	6	5,8	0,1	1,7
P(kg ha ⁻¹)	30	18,0	7,8	25,8	15,2	4,9	32,2
K (kg ha ⁻¹)	30	131,3	218,8	350,0	304,8	34,6	11,4
Ca (kg ha ⁻¹)	30	876,8	1022,9	1899,7	1381,7	218,9	15,8
Mg (kg ha ⁻¹)	30	339,6	413,4	753,1	566,0	74,3	13,1
Al (kg ha ⁻¹)	30	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
M. Org. (t/ha)	30	17,1	50,8	67,9	58,3	4,6	7,9
Ca/Mg	30	0,7	1,2	1,9	1,5	0,2	13,3
Ca/K	30	6,7	6,2	12,9	8,8	1,8	20,5
Mg/K	30	4,5	4,7	9,2	6,0	1,1	18,3
Zn (kg ha ⁻¹)	30	12,9	9,7	22,6	16,5	4,2	25,5
Cu (kg ha ⁻¹)	30	1,0	0,1	1,1	0,6	0,2	33,3
Fe (kg ha ⁻¹)	30	244,3	43,8	288,0	100,0	52,8	52,8
Mn(kg ha ⁻¹)	30	28,6	130,6	159,2	146,0	8,5	5,8
S (kg ha ⁻¹)	30	6,2	6,6	12,8	9,3	1,7	18,3
B (kg ha ⁻¹)	30	0,8	0,3	1,0	0,5	0,2	40,0
C.Org ((kg ha ⁻¹)	30	9,9	29,5	39,4	33,8	2,7	8,0
C/N	30	3,5	4,6	8,1	6,0	0,7	11,7
N (kg ha ⁻¹)	30	4,9	4,8	9,7	6,9	1,1	15,9

Apêndice 6 - Coeficiente de variação das variáveis pH H₂O, Zn, P, Cu, K, Fe, Ca, Mn, Mg e S nas Unidades Fitofisionômicas.





Apêndice 7 - Coeficiente de variação das variáveis B, Nitrogênio, Carbono Orgânico, Número de indivíduos germinados, Número de Colônia de fungos, Número de bactérias e Densidade Aparente nas Unidades Fitofisionômicas.





WWW.SESC.COM.BR



WWW.SESCPANTANAL.COM.BR

ISBN 85-89336-17-4



9 788589 336178