



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA VEGETAL

IMPORTÂNCIA DOS CUPINZEIROS DE *Procornitermes araujo*
(ISOPTERA, TERMITIDAE) NA CICLAGEM DE NUTRIENTES
EM UM CERRADO DE BRASÍLIA.

IONE EGLER

Dissertação apresentada ao Departamento
de Biologia Vegetal, da Universidade de
Brasília, como requisito parcial à
Obtenção do Grau Mestre em Ecologia.

BRASÍLIA

1984

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA VEGETAL

Importância dos Cupinzeiros de Procornitermes araujoi
(Isoptera, Termitidae) na Ciclagem de Nutrientes em
um Cerrado de Brasília.

Ione Egler

Dissertação apresentada ao Departamento
de Biologia Vegetal da Universidade de
Brasília, como requisito parcial à ob-
tenção do Grau de Mestre em Ecologia.

BRASÍLIA

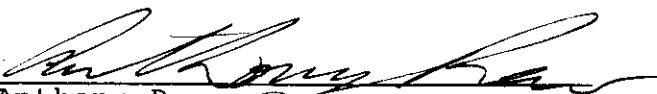
1984

Trabalho realizado junto ao Laboratório de Ecologia do Departamento de Biologia Vegetal, do Instituto de Ciências Biológicas da Universidade de Brasília, sob a orientação do Professor Mundayatan Haridasan, com os auspícios da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) (sob o Auxílio à Pesquisa concedido pelo Documento PCA/SDC 9687/82, Processo: 40.2374/82).

Aprovada por:



Prof. Mundayatan Haridasan
Professor Orientador



Prof. Anthony Raw
Membro da Banca Examinadora



Prof. Bráulio F. de Souza Dias
Membro da Banca Examinadora

À meus pais, Nelson e
Marilyn, pelo carinho
e estímulo, dedico

ÍNDICE

	PÁGINA
Agradecimento -----	i
Lista de Figuras -----	ii
Lista de Tabelas -----	iv
RESUMO -----	vi
SUMMARY -----	viii
INTRODUÇÃO -----	1
REVISÃO BIBLIOGRÁFICA -----	7
MATERIAIS E MÉTODOS -----	15
Área de Estudo -----	15
Densidade e Distribuição Espacial -----	18
Crescimento dos Ninhos -----	19
Estado de Conservação dos Cupinzeiros -----	20
Propriedades Químicas dos Cupinzeiros e dos Solos Adjacentes -----	20
Propriedades Físicas dos Cupinzeiros e dos Solos Adjacentes -----	22
Flora e Fauna Associadas aos Cupinzeiros -----	23
RESULTADOS E DISCUSSÃO -----	24
Densidade -----	24
Distribuição Espacial -----	26
Características Gerais dos Ninhos -----	29
Crescimento de Cupinzeiros -----	39
Propriedades Químicas dos Cupinzeiros -----	48
Propriedades Físicas dos Cupinzeiros -----	65
CONCLUSÕES -----	75
BIBLIOGRAFIA -----	83
ANEXOS -----	99

AGRADECIMENTO

Expresso meus sinceros agradecimentos a Dra. Helen R. Coles de Negret por ter me iniciado ao estudo dos cupins e ao Dr. Mundayatan Haridasan pelo apoio demonstrado no decorrer de todo o curso e durante a elaboração e execução deste trabalho; aos Drs. Bráulio F. de Souza Dias e Anthony Raw pelas preciosas sugestões apresentadas a este trabalho e ao Dr. Cleber José R. Alho por sua amizade e pela acolhida junto ao Laboratório de Zoologia e Ecologia Animal, onde pude trabalhar todas as coletas de material zoológico; ao Dr. J. Ratter do Royal Botanic Garden pela identificação das espécies vegetais coletadas sobre cupinzeiros, ao Prof. Maurício de Pinho Gama que participou não só do planejamento experimental desta tese como também das análises estatísticas e de sua interpretação; aos técnicos e auxiliares do Laboratório de Ecologia, em especial a Mara Rúbia Chaves, Raimundo Nonato da Silva e Mardocheu Pereira Rocha; ao Motorista Osmar Rodrigues de Lima, pela amizade e pelo grande auxílio prestado durante as coletas de campo; ao colega Álvaro J. Fernandez Negret pela inestimável ajuda no campo, pelas fotografias, enfim por sua dedicação e amizade sincera; aos colegas e atuais chefes Garo Joseph Batmanian e Ieda Lúcia S. C. Paixão pelo estímulo e compreensão na difícil fase em que acumulei minhas funções junto à Secretaria Especial do Meio Ambiente e a redação deste trabalho; a todos os colegas de turma que me permitiram um convívio sadio durante o desenvolvimento deste trabalho; a Paulo Cesar G. Egler, meu marido, por todo amor, estímulo e compreensão demonstrados durante todos esses anos e à Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, por me permitir desenvolver parte deste estudo na Reserva Ecológica do IBGE.

LISTA DE FIGURAS

	PÁGINA
FIGURA 1. Representação diagramática do papel dos <u>cupins</u> em ecossistemas -----	2
FIGURA 2. Área de estudo, Fazenda Água Limpa (FAL) e Reserva Ecológica do IBGE (RECOR) ----	16
FIGURA 3. Precipitação na área de estudo -----	17
FIGURA 4. Distribuição dos ninhos de <u>Procornitermes araujoi</u> na parcela de cerrado sensu stricto da RECOR -----	27
FIGURA 5. Formas de cupinzeiros de <u>Procornitermes araujoi</u> (a, b, c) e regiões de crescimento nos termiteiros (b, c) -----	34
FIGURA 6. Correlação entre os volumes calculados e volumes medidos por imersão de 40 cupinzeiros de <u>Procornitermes araujoi</u> -----	41
FIGURA 7. Estimativas do crescimento de ninhos de <u>Procornitermes araujoi</u> em cerrado, campo sujo e campo limpo na RECOR -----	41
FIGURA 8. Sazonalidade no crescimento dos termiteiros de <u>Procornitermes araujoi</u> -----	42
FIGURA 9. Porções amostradas em cupinzeiros de <u>Procornitermes araujoi</u> e no solo adjacente	49
FIGURA 10. Variação sazonal do pH e do teor de carbono orgânico nas diferentes partes amostradas	50

- FIGURA 11. Variação sazonal na concentração de nitrogênio, fósforo e potássio das diferentes partes amostradas ----- 51
- FIGURA 12. Variação sazonal na concentração de sódio, cálcio e magnésio das diferentes partes amostradas ----- 52
- FIGURA 13. Variação sazonal na concentração de alumínio e zinco das diferentes partes amostradas ----- 53
- FIGURA 14. Variação sazonal na concentração de cobre, manganês e ferro das diferentes partes amostradas ----- 54
- FIGURA 15. (a)Evidências de raízes no interior de ninhos de Procornitermes araujoi e (b) vegetação ao redor e sobre os mesmos ----- 63
- FIGURA 16. (a)Corte sagital de um cupinzeiro de Procornitermes araujoi incluindo 1 metro de solo abaixo dele, evidenciando existência de galerias até o horizonte B₂. (b) Detalhe do perfil de solo abaixo do cupinzeiro ----- 69

LISTA DE TABELAS

	PÁGINA
TABELA 1. Comparação da densidade dos ninhos de <u>Procornitermes araujoi</u> em três formações vegetais -----	24
TABELA 2. Lista e frequência da incidência de espécies de plantas encontradas sobre 40 cupinzeiros da FAL -----	31
TABELA 3. Cupins inquilinos de termiteiros de <u>Procornitermes araujoi</u> e alimentos utilizados -----	37
TABELA 4. Artrópodos associados a ninhos de <u>Procornitermes araujoi</u> -----	38
TABELA 5. Comparação entre a abundância, volume e taxa de crescimento médio de ninhos de <u>Procornitermes araujoi</u> e <u>Armitermes euamignathus</u> -----	45
TABELA 6. Comparação das atividades de revolvimento de solo por <u>Procornitermes araujoi</u> em área protegida e <u>Macrotermes bellicosus</u> em áreas sob influência de ação antropogênica	46
TABELA 7. Comparação entre as características químicas de cupinzeiros de 5 espécies distintas e dos solos adjacentes -----	59
TABELA 8. Quantidade de nutrientes existentes no solo, na biomassa do estrato rasteiro e nos cupinzeiros de <u>Procornitermes araujoi</u> e nutrientes liberados pelos cupinzeiros e pela chuva em ecossistema de cerrado -----	64
TABELA 9. Granulometria de diferentes partes dos cupinzeiros de <u>Procornitermes araujoi</u> da área do cerrado da Fazenda Água Limpa antes e depois da estação chuvosa (n=5) -----	67

TABELA 10.	Granulometria do solo de cerrado na Fazenda Água Limpa -----	67
TABELA 11.	Granulometria de diferentes partes amostradas antes e depois de queima -----	71

RESUMO

Autor: Ione Egler, Mestre em Ecologia, UnB

Título da Dissertação: Importância dos Cupinzeiros de Procornitermes araujoi (Isoptera, Termitidae) na Ciclagem de Nutrientes em um Cerrado de Brasília.

Orientador: Mundayatan Haridasan

Data da Defesa: 20 Junho de 1984

No presente trabalho estudamos a densidade populacional de Procornitermes araujoi em cerrado sensu stricto, campo sujo e campo limpo, três formas de vegetação aberta do Brasil Central. A distribuição espacial foi estudada apenas na primeira, onde a densidade foi suficiente para a aplicação de métodos estatísticos padrões.

Os cupinzeiros atingiram uma densidade de 86, 22 e 17 ninhos por hectare respectivamente em cerrado sensu stricto, campo sujo e campo limpo da área preservada.

A distribuição espacial dos termiteiros no cerrado sensu stricto foi regular, sugerindo assim a existência de território de forrageamento para essa espécie, e conseqüentemente uma competição intraespecífica por alimento.

O crescimento dos ninhos em diferentes formas de vegetação foi avaliado durante um ano, a partir de medidas de diâmetro e altura, com as quais foram calculados os volumes. A adequabilidade dessas medidas foi testada por comparação entre os valores de volume calculado e volume medido por imersão em água de vários ninhos arrancados de uma área de cerrado em diferentes épocas do ano.

O crescimento dos ninhos nos diferentes habitats obedeceu a seguinte ordem: campo limpo > campo sujo > cerrado sensu stricto, correspondendo a um aumento anual de 72%, 56% e 41% dos volumes iniciais, respectivamente.

A atividade de construção dos ninhos foi maior no início e final da estação chuvosa e implicou na movimentação de $8,5 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de terra. A taxa de erosão de cupinzeiros foi estimada pela diminuição dos ninhos decadentes, a qual contribuiu para a formação de uma camada de terra de 1 cm de espessura sobre o horizonte superficial num período entre 53 e 83 anos.

Amostras de cupinzeiros e de solo foram comparadas quanto a granulometria, pH, teor de carbono orgânico e nutrientes disponíveis. A textura do material constituinte dos ninhos não mostrou diferença significativa em relação à textura do solo. Os ninhos foram menos ácidos que o solo superficial, entretanto foram significativamente mais ricos em quase todos os elementos, especialmente em Ca, Mg, Fe e Mn. A incorporação desses ninhos ao solo deve fornecer nada menos que 35% do Ca e 10% do Mg requisitado pela vegetação rasteira da área.

SUMMARY

The importance of the termitaria of Procornitermes araujoi (Isoptera, Termitidae) in nutrient cycling in a cerrado near Brasília.

The density of termitaria of Procornitermes araujoi was determined in cerrado sensu stricto, campo sujo and campo limpo, three open forms of vegetation of Central Brazil. Their spatial distribution was studied only in the first where the density was sufficient enough to use statistical techniques.

The density of the termitaria was 86, 22 and 17 per hectare in cerrado sensu stricto, campo sujo e campo limpo, respectively. The distribution of the termitaria in the cerrado sensu stricto was found to be regular thus suggesting the existence of foraging territories and consequent intraspecific competition for food.

The rate of increase in nest size in the different vegetation forms was calculated from measurements of diameter and height of the termitaria. The validity of this method was tested by comparing the volume thus calculated and the volume obtained by direct measurement by immersion in water of several nests removed from an area of the cerrado during different seasons.

The growth of the nests in different areas followed the order: campo limpo > campo sujo > cerrado sensu stricto, with 72%, 56% and 41% increase in volume respectively.

Construction activity was found to be maximum at the beginning and the end of the rainy season when approximately 8.5 t

$\text{ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$ of soil was transported by termites. The rate of soil turnover by the termites was estimated from data obtained on abandoned and disintegrating nests. It was estimated that erosion of these termitaria would contribute to the formation of a 1 cm surface layer in about 53 to 83 years.

The termite mound material and adjacent soil were analysed to compare their texture, pH, organic matter content and available nutrients. The texture of the termitaria was not different from the adjacent soil. The termitaria material was less acid and contained more organic carbon and available nutrients, especially Ca, Mg, Fe and Mn. The incorporation of destroyed termite nests into the soil would provide about 35% of the Ca and 10% of the Mg requirement of ground layer vegetation.

1. INTRODUÇÃO

Compondo a singular fisionomia do Cerrado encontra-se pequenas elevações de terra por vezes sobressaltadas ao estrato rasteiro, que, instigando curiosidade de leigos e cientistas compele-os a esburacá-los, a fim de saberem o que são, como e de que são feitos. Não menos alvoroçado que os diminutos cupins, evadindo aos bandos ou cautelosamente examinando a extensão do dano provocado, ficam muitas pessoas quando constatarem que ali moram inúmeros animais formando uma verdadeira família.

Os cupins estão predominantemente distribuídos nas regiões tropicais (LEE & WOOD, 1971 a), sendo que a região etiópica é mais importante pela sua diversidade de espécies seguida imediatamente pela região neotropical. Existem algumas espécies nas regiões temperadas, mas que não somam 6% das espécies já descritas em todo o mundo.

WOOD (1975) sumarizou graficamente o papel dos cupins no ecossistema por duas vias preferenciais de atuação, a saber: (1) atuação no fluxo energético e ciclagem de nutrientes pelo consumo e transformações de alimento ingerido; (2) modificação direta e indireta do habitat a partir da construção de sistemas de ninhos e galerias, (Fig. 1).

Através de diversas compilações WOOD & SANDS (1978) resumiram a ação dos térmitas no ecossistema, atentando para quase total inexistência de dados sobre a região neotropical, e para a diversidade dos resultados obtidos, chegando a ser em alguns casos, até mesmo conflitantes.

Os cupins atuam como consumidores primários, consumidores secundários (canibalismo) e decompositores. Como consumidores primários os térmitas podem produzir em termos de respiração $442 \text{ kJ m}^{-2} \text{ ano}^{-1}$ que corresponde a $10,6 \text{ g m}^{-2} \text{ ano}^{-1}$ em biomassa, enquanto os cálculos para ungulados (herbívoros) são $649 \text{ kJ m}^{-2} \text{ ano}^{-1}$ correspondente a 12,3 a $17,5 \text{ g m}^{-2} \text{ ano}^{-1}$ de biomassa (LAMPREY segundo WOOD & SANDS, 1978).

Usando sacos de folheto, BODINE & UECKERT (1975) observaram que térmitas do Texas podem consumir 55% do folheto de superfície e 38% do folheto incorporado ao solo.

Os cupins húmívoros formam 80% da biomassa dos animais do solo em alguns ecossistemas de savana, o que corresponde a 17,5 milhões de indivíduos ha^{-1} e um consumo de celulose de $90 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$. A população de cupins lignívoros pode alcançar uma densidade de 150 milhões de indivíduos ha^{-1} , incorporando $33 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de folheto (MALAISSE et al., 1975).

Estudos preliminares em cerrado brasileiro (CORUMBATAÍ/SP) mostram que o consumo de celulose de Armitermes sp. é de $5,9 \text{ kg ha}^{-1}$ em dois meses (PARO, 1980), o que não difere muito das estimativas de LAMOTTE (1975), JOHNSON & WHITFORD (1975) e LAFAGE et al. (1976), obtidas em savana africana, deserto de Chihuahuan (América do Norte) e ecótono entre deserto e campo gramíneo (América do Norte) respectivamente.

A amplitude de hábitos alimentares nos cupins é enorme, e praticamente todas as espécies de plantas utilizadas pelo homem já foram assinaladas como sofrendo injúrias por cupins (SANDS, 1973). HERINGER (1971) investigando a flora arbórea natu-

ral do cerrado afirma que esses animais destroem caules, folhas, frutos e sementes, interferindo na vida e propagação das espécies de cerrado.

Em ecossistemas tropicais, os cupins são uma fonte energética importante para as populações de formigas (WHEELER, 1936) e provavelmente para outros artrópodos (DOMINGOS, 1980); fazendo parte também da dieta alimentar de roedores, aves, tatús e tamanduás (REDFORD, 1984).

Os herbívoros das savanas africanas são predominantemente representados por grandes mamíferos, enquanto que nas savanas neotropicais há supremacia dos invertebrados sobre os vertebrados. A diferença na composição faunística no compartimento dos consumidores primários entre ambas as regiões, bem como disparidade da fauna termítica dessas (ausência de cupins criadores de fungos e dominância de cupins humívoros na América do Sul) são elementos que dificultam a estimativa da importância dos cupins neotropicais na ciclagem de nutrientes e no processo de formação do solo a partir da composição de resultados encontrados na África e América do Sul.

A existência de termitárias eventualmente favorece o desenvolvimento de plantas, e.g. Mouparia cephalantha Muell sobre o ninho de Anoplotermes pacificus (KAISER, 1953). As diferenças causadas pelos cupins sobre a vegetação podem ser de tal ordem, que TROLL (1936) criou o termo "Termitensavannen" para descrever algumas formações florísticas sobre cupinzeiros. LEE & WOOD (1971 a) enumeram os prováveis fatores responsáveis pelo "hiperdesenvolvimento" da vegetação, quais sejam: Proteção contra o fogo especialmente no caso das angiospermas; acumulação de solo, tornando-os mais profundo em regiões do solo raso e rochoso, provisão de

maior umidade no solo em regiões áridas e melhoria das condições químicas do solo (aumento de pH e da quantidade de bases).

As alterações promovidas no solo através da construção de termitárias, galerias e ninhos subterrâneos tem sido objeto de estudo há mais de meio século, e as principais linhas de pesquisas desenvolvidas nessa área são: (1) comparação entre as propriedades físicas e químicas dos cupinzeiros e do solo adjacente; (2) estudo das alterações promovidas pelos cupins no perfil e no processo de formação do solo. Nesse sentido, LEE & WOOD (1971 a) fizeram revisão completa sobre a relação solo-cupinzeiro. Todavia, devido à variabilidade de resultados encontrados para diferentes espécies de cupins e para as diversas formações savanóides, os autores tiveram dificuldade na conclusão das hipóteses aventadas.

No Brasil, a maioria dos estudos já realizados referem-se a aspectos sistemáticos, como os de ARAÚJO (1958 a, b; 1970 a, b; 1977). O levantamento da fauna de térmitas no estado de Mato Grosso evidenciou aspectos ecológicos tão interessantes, que MATHEWS (1977) incluiu no seu trabalho, "a priori" taxonômico, breves aspectos sobre a ecologia de cupins. Posteriormente, COLES (1980), DOMINGOS (1980), FONTES (1980) e BRANDÃO (1983) desenvolveram trabalhos sobre ecologia de cupins em cerrado de Brasília, mas nenhum desses versou sobre a relação solo-cupinzeiros.

A proposta geral deste trabalho baseia-se em fornecer as primeiras informações sobre a contribuição dos cupins na ciclagem de nutrientes e no processo de formação e transformações do solo de cerrado.

A carência de trabalhos sobre a espécie Procornitermes araujoi, Emerson, 1952, bem como sua abundância no cerrado do Distrito Federal e as dimensões consideráveis de sua termitária influenciaram positivamente para que ela fosse incluída dentro desta pesquisa.

Os principais objetivos deste trabalho são:

1. determinar a densidade e o tipo de distribuição espacial dos cupinzeiros em três tipos de formações vegetais abertas (campo limpo, campo sujo e cerrado sensu stricto);
2. determinar a taxa de crescimento de cupinzeiros durante o ano;
3. comparar as propriedades físicas e químicas entre o material de construção do cupinzeiro e o solo adjacente.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A curiosidade científica de entender o papel dos cupins na ciclagem de nutrientes começou há mais de quarenta anos atrás (JOACHIM & KANDIAH, 1940; PENDLETON, 1942; ADAMSON, 1943), quando foram feitas análises da composição química dos cupinzeiros.

Certos autores (HESSE, 1955; LEE & WOOD, 1971 a, b; TRAPNELL et al., 1976; ARSHAD, 1981) discutem a composição de cupinzeiros em diferentes ecossistemas do mundo em relação às características do solo em que eles ocorrem. NYE (1955) discute o papel dos cupins na pedogênese de solos tropicais e estima a quantidade de material por eles processados. LEE & WOOD (1971 a) fizeram uma revisão completa dos trabalhos sobre a integração solo-cupinzeiro, afirmando que a obra clássica de KRISHNA & WEESNER apresenta um só capítulo sobre ecologia de cupins que não se refere a esse tema. Vários trabalhos apareceram desde a publicação do livro de LEE & WOOD (1971 a), os quais merecem aqui uma breve revisão.

Um dos trabalhos mais extensos versando sobre o papel dos cupins no processo de formação e transformação do solo foi publicado por LEE & WOOD (1971 b). O trabalho desenvolveu-se na Austrália e conta com dados de 17 espécies diferentes de cupins, os quais foram identificados nos seguintes grupos: (1) espécies construtoras de termitárias e espécies que não constroem; (2) espécies que utilizam solo, material cartonado ou mistura de solo e cartão para construção de ninhos e; (3) espécies que alimentam-se de gramíneas ou então as que comem madeira.

Os autores apresentam resultados que evidenciam o enriquecimento de cupinzeiros em relação ao solo de: (1) partículas finas (e.g. argilas); (2) matéria orgânica e; (3) bases (e. g. Ca, Mg e K). As estimativas da quantidade de terra erodida dos cupinzeiros estudados são bem superiores àquelas apresentadas por outros autores como por exemplo NYE (1955). LEE & WOOD (1971 b) calculam a contribuição de uma camada de solo de 10cm de profundidade em 250 anos, enquanto a estimativa de NYE (1955) é de 30cm em 12000 anos.

WATSON (1975) estudou ninhos de duas espécies de Macrotermes em três localidades distintas com baixa, média e alta precipitação respectivamente. Seus resultados mostram que os ninhos de ambas as espécies possuem teores de nutrientes mais elevados que os solos adjacentes, e que a concentração de nutrientes nos ninhos, especialmente do cálcio é tanto mais discrepante da encontrada no solo quanto menor for a precipitação local. Assim sendo, não é apenas a fonte de matéria orgânica e bases que determina a riqueza das termitárias, mas também a taxa de lixiviação, a qual é dependente do clima regional.

POMEROY (1976 a,b) também trabalhou com ninhos de Macrotermes e conclui que apesar de a concentração de nutrientes ser maior nos ninhos, essa diferença não é significativa; pois as alterações químicas produzidas não seriam suficientes para manter as necessidades requisitadas por culturas tradicionais da região (café e milho). Da mesma forma, o autor não considera significativa as alterações, nas propriedades físicas do solo provenientes

da atividade de construção. Num trabalho posterior, POMEROY (1977) faz um levantamento da população de cupins em 200.000 km² em Uganda, chegando à conclusão que a distribuição e a abundância de termiteiros de duas espécies do gênero Macrotermes não estão correlacionados com o solo, clima ou vegetação, muito embora o autor tenha encontrado vazios demográficos em certos locais. A densidade populacional média foi entre 1 a 4 termiteiros ha⁻¹, equivalente a 5m³ ou 10t de terra; que distribuídas em toda a superfície do solo formaria uma camada de 1mm de espessura.

As termitárias estudadas por TRAPNELL et al. (1976) nem sempre apresentam altos valores de matéria orgânica. Os autores concluem que essa variação é decorrente da natureza e tipo de construção apresentado pela espécie em questão; e que um estudo para determinar a contribuição de saliva e fezes na construção e a origem do material utilizado para edificar cupinzeiros seria fundamental para que se pudesse proceder a comparações. Outra conclusão apresentada é de que o cálcio concentrado nos cupinzeiros tem procedência de tecidos vegetais, já que a área estudada não apresenta concreções de carbonato de cálcio no subsolo, nem o lençol freático possui altos teores desse elemento.

Adversamente aos resultados de POMEROY (1976 a), LEPRUN & ROY - NOEL (1976) concluem que a distribuição de Macrotermes no Cabo Verde está restrita a solos ferruginosos e ferralíticos com argilas cauliníticas. M. subhyalinus também é encontrada em solos contendo montmorilonitas e atapulgitas. Algumas transformações na mineralogia de argilas pode ser produzida pela espécie supramencionada, pois o autor identificou a existência de argilas expansíveis em cupinzeiros situados sobre solo contendo argilas do tipo não expansível (caulinitas).

Estudos profundos sobre a contribuição de cupins nos processos pedogênicos de solos ferralíticos é apresentado por BOYER (1957). Nesse trabalho, o autor considera características morfológicas, físicas, químicas, mineralógicas e hidrológicas de termitárias de três espécies do gênero Bellicositermes comparadas com o solo da região.

ETTERSBAK et al. (1978) evidenciaram que a ingestão de solo por cupins subterrâneos aumenta a solubilidade de alguns íons (e. g. HCO_3^- e $\text{PO}_4^{=}$), e que a incorporação de material cartonado por esses cupins torna o solo com aparência mais granular, diminui o percentual de argila e silte que implica em um aumento de porosidade, da percolação e da aeração do solo.

Outro trabalho com cupins subterrâneos, Odonotermes wallonensis Wasm., é o de SAMRA et al. (1979). Os autores observam que o solo trabalhado por essa espécie apresentam-se enriquecidos por carbono orgânico, cálcio, magnésio, nitrogênio disponível, argila e silte.

ROY-NOEL (1979) fez um trabalho resumindo resultados obtidos por outros autores e conclui que a atividade de cupins merecem atenção em relação a:

(1) fixação de nitrogênio; (2) movimentação de água no solo; (3) alterações das características dos perfis de solo e; (4) alterações na fertilidade de solos.

PULLAN (1979) destaca a importância de fatores como colonização por plantas, interferência e uso pelos animais, destruição por fogo e atividade antropogênicas no aumento da comple-

xibilidade das interações entre construção de termitárias e sua destruição e erosão pela chuva. É importante ressaltar que, as termitárias estudadas pelo autor possuem dimensões bem maiores (12 a 35m de diâmetro) que as encontradas no cerrado, sendo portanto impossível traçar analogias.

Estudos sobre a textura, peso, volume, densidade aparente, densidade real e a distribuição de ninhos de cinco espécies australianas (Amitermes vitiosus Hill, Drepanotermes rubriceps, (Froggatt), Nasutitermes longipennis (HILL), Tumulitermes pastinator (HILL) e Tumulitermes sp.) foram feitos por HOLT et al. (1980). Nesse trabalho os autores discutem problemas de incerteza na determinação da quantidade de solo transportado por cupins e estimam que a quantidade de solo retido sob a forma de termitário na área estudada formaria, em caso de desagregação e espalhamento, uma camada de 1.25mm de espessura de solo. Desse modo, a constituição do horizonte superficial da área (20cm de profundidade) poderia ter sido decorrente do acúmulo de material erodido dos cupinzeiros nos últimos 8000 anos. Os autores, observaram uma associação entre distribuição das espécies e os tipos de solo (vermelho e amarelo), entretanto não foi possível correlacionar a distribuição apresentada com as variáveis: textura de solo; produtividade de pastagem e hidrologia da área.

A importância dos cupins como reguladores na ciclagem de nutrientes foi demonstrada por SCHAEFER & WHITFORD (1981), que trabalharam com uma espécie subterrânea, Gnathamitermes tubiformans. Em ecossistema de deserto esses cupins mostraram contribuir significativamente no ciclo de nitrogênio, fósforo e enxofre.

VALLACHMEDOV (1981) conclui que a atividade de

Anacanthotermes ahngerianus pode contribuir positivamente para a formação dos solos denominados "Takyr" no Tadiquistão na região da Ásia Central. Esses solos tem características argilosas, salinas e alcalinas, apresentando uma crosta compacta com rachaduras e sem vegetação. Na transformação para um ambiente tão desfavorável, os cupins abandonariam essas áreas espalhando-se na sua periferia ampliando ainda mais a formação de manchas de solo nê.

Análises de cupinzeiros de duas espécies de Macrotermes evidenciam uma textura mais argilosa, um maior teor de bases trocáveis, de carbono orgânico e de nitrogênio do que o solo adjacente (ARSHAD, 1981). Num trabalho posterior, ARSHAD (1982) correlaciona o aumento de biomassa e a diferença na composição de espécies vegetais em torno de ninhos com a alta concentração de nutrientes, a melhor drenagem e a maior disponibilidade de águas encontradas em regiões imediatamente circunvizinhas aos cupinzeiros.

LAKER et al. (1982 a) mostram que a proporção Ca: Mg: K existente nos ninhos de Trinervitermes trinervoides é mais favorável ao desenvolvimento da vegetação que aquele encontrado no solo. Posteriormente, LAKER et al. (1982 b) concluem que esses cupins ferrugineiros concentram em seus ninhos nitrogênio e carbono, observando que tanto a concentração de nutrientes como a textura e a densidade das termitárias variam de acordo com a parte analisada. A principal fonte de material utilizada para edificação de ninhos é o subsolo, pois o acúmulo de argila em algumas porções dos ninhos é muito evidente. A estimativa de solo movido por T. trinervoides foi de $350 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, que é bem mais baixa daquelas calculadas por NYE (1955) e por LEE & WOOD (1971 a, b) para outras es

pécies de cupins. Em contradição com o primeiro trabalho os autores citam que manchas de solos anormais, desfavoráveis a agricultura poderiam ser causadas pelas atividades de transporte e modificação do solo por essa espécie.

Um dos poucos trabalhos desenvolvidos na América do Sul (SALICK et al., 1983) compara parâmetros de populações de cupins e o conteúdo nutricional de termitárias entre três tipos de vegetação deficientes em nutrientes ao longo do Rio Negro. Os parâmetros populacionais mostram-se positivamente correlacionados com a produtividade, biomassa, estatura da floresta e fertilidade do solo. Baseados em cálculos de parâmetros populacionais estimam que um mínimo entre três e cinco por cento do folhado total é consumido por cupins. No entanto, a alta variância espacial no consumo e concentração de nutrientes pode ser muito mais importante para a dinâmica de florestas. As termitárias formam manchas de alta concentração de nutrientes, as quais contrastam fortemente com o solo altamente intemperizado da região. A taxa de abandono de cupinzeiros foi de 165 ± 66 ninhos $ha^{-1} ano^{-1}$, provendo abundantes sítios potenciais para o estabelecimento de plântulas. A existência de um gradiente nutricional conspicuo; solo < folhado < termitário, suporta a hipótese de que insetos sociais podem concentrar recursos, favorecendo a formação de um mosaico de habitats e a diversidade de espécies.

Muitos outros trabalhos relacionados a esses temas foram levados a efeito em vários países, dentre os quais podemos citar: BANERJEE & MOHAN (1976), GOKHALE et al. (1958), PATHAK & LEHRI (1959) na Índia; MATSUMOTO (1976), JOACHIM & KANDTAN (1940)

em outras regiões da Ásia; EINHORN (1973), BODINE & UECKERT (1975), BREZNAK et al. (1973), PARKER et al. (1982) e CUIVER & BEATTIE (1983) nos Estados Unidos; SLEEMAN & BREWER (1972), WOOD (1976), WOOD & SANDS (1978), LEE & WOOD (1968), e LEE (1983) na Austrália; BOYER (1975), D'OREY (1974), HOLE (1981), LAVELLE (1974, 1979), MALDAGUE (1959), KIEDEM & VAN VUNRE (1967), MIEBKE (1978), MURRAY (1933), ROBINSON (1958), SYS (1955) e WATSON (1962, 1969, 1975, 1977) em diferentes regiões da África; YARUSHEV (1968) no Europa; MATHIAS (1977) e LEONARDO et al. (1981) no Brasil.

A partir da consulta bibliográfica conclui-se que:

- 1) existe uma quase total ausência de dados publicados sobre as características químicas de cupinzeiros do cerrado brasileiro, a taxa e o material de construção dos cupinzeiros de várias espécies nesta região, a taxa de destruição, erosão e posterior incorporação do material dos cupinzeiros nos solos adjacentes, e dos efeitos causados pelos cupins nas características do solo;
- 2) e que os dados publicados sobre a densidade, a distribuição, o tamanho de termiteiros, e as propriedades físicas e químicas dos cupinzeiros africanos e australianos, são extremamente variáveis, contraditórios e diferentes daqueles encontrados para o cerrado.

Portanto, há de se considerar que este trabalho possa fornecer os primeiros dados sobre a concentração de nutrientes em termiteiros do cerrado e sobre a importância da fauna termítica no processo de formação do solo local.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. ÁREAS DE ESTUDO

As coletas de dados do presente trabalho foram realizadas em duas localidades, a saber: Reserva Ecológica do IBGE (RECOR, pertencente ao INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA) e na Fazenda Água Limpa (FAL), propriedade e área experimental da FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA. Ambas as localidades situam-se dentro do Distrito Federal e distam aproximadamente 30 km ao sul de Brasília (Fig. 2).

As topografias das áreas são suaves, com declividade em torno de 1 e 2 graus e a altitude média é de 1.100 m.

De acordo com a classificação de Köppen, a Região de Brasília tem clima Cwa1 com verão fresco e chuvoso e inverno seco (CODELLAN, 1976). Segundo os dados registrados entre 1963 e 1980 pela Estação Meteorológica de Brasília, a precipitação média é de 1.526 mm anuais, da qual 90% é referente à estação chuvosa (outubro a abril), e os 10% restantes são concernentes ao período seco (maio a setembro) (Fig. 3).

O solo da região é classificado como latossolo vermelho escuro e a descrição de um perfil em cerrado sensu stricto na FAL, segundo HARIDASAN (1983), é a seguinte:

A₁ - 0-12cm, bruno avermelhado escuro (5YR 3/4, úmido); argila; forte muito pequeno granular; pegajoso e ligeiramente plástico; raízes finas abundantes; transição plana e clara.

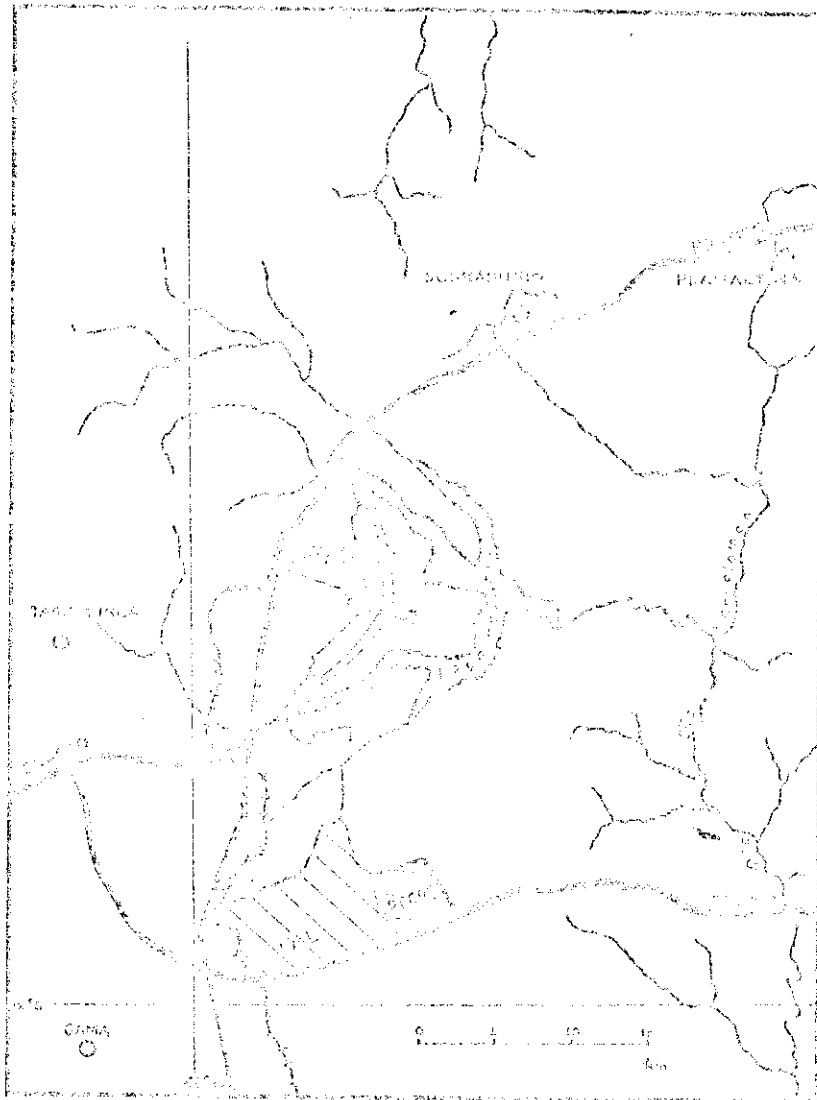


Figura 2. Área de estudo, Fazenda Água Limpa (FAL) e Reserva Ecológica do IBGE (RECCF)

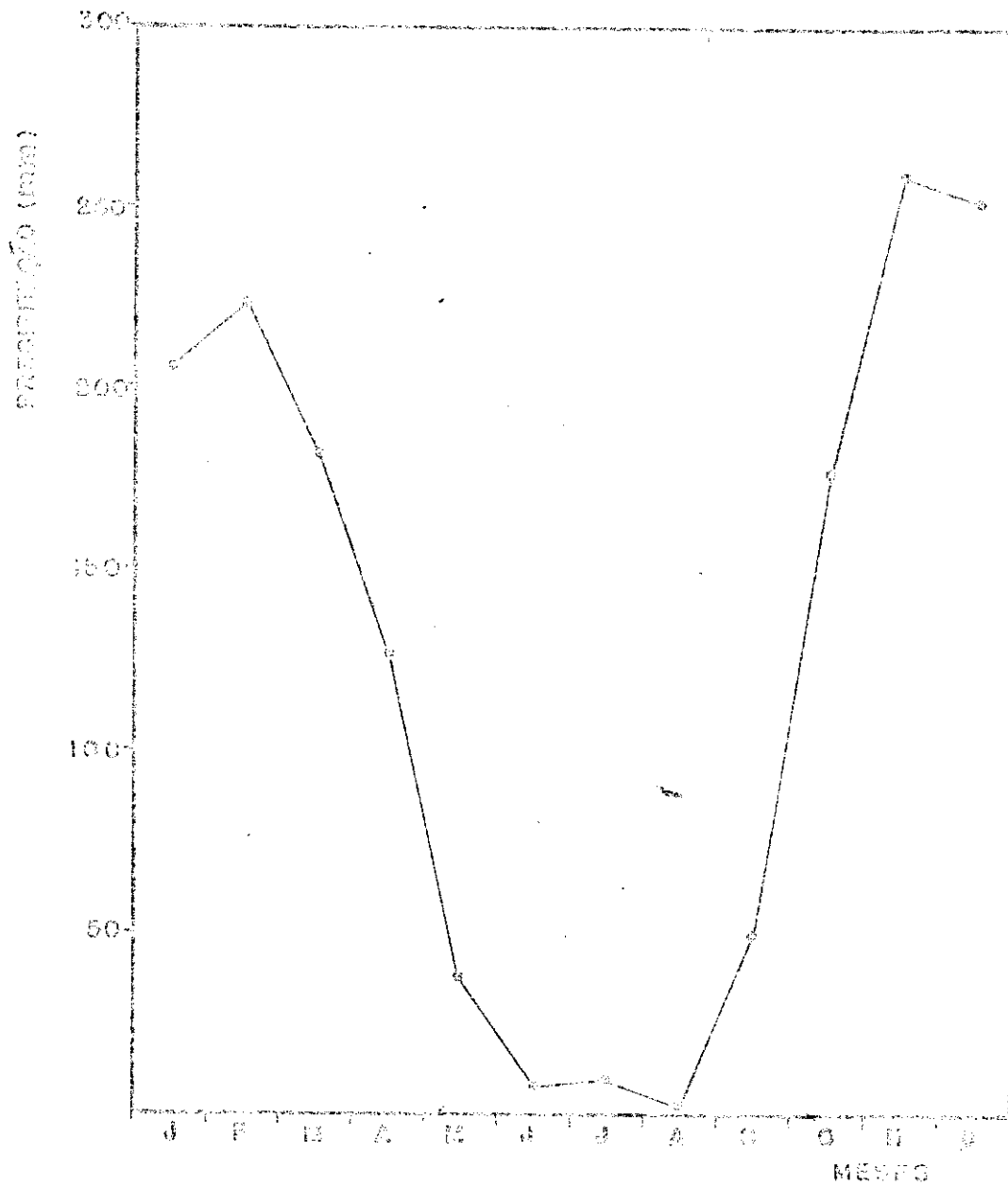


Figura 3. Precipitação pluviométrica próximo à área de estudo. (média obtida a partir de dados registrados pela Estação Meteorológica de Brasília para o período entre 1963 a 1980).

- A₃ - 12-25cm, bruno amarelado (5YR 4/6, úmido); argila; fraca muito pequena granular; pegajoso e ligeiramente plástico, raízes finas muitas; transição plana e difusa.
- B₁ - 25-56cm, vermelho (2.5 YR 4/6), úmido; argila, parece maciço que se desfaz em fracos pequenos blocos subangulares e muito pequena granular; pegajoso e plástico, raízes finas raras; transição plana e difusa.
- B₁₂ - 56 a mais de 100cm, vermelho (2.5 YR 4/8 úmido); argila; parece maciço que se desfaz em fracos pequenos blocos subangulares e muito pequena granular; pegajoso e muito plástico; raízes finas raras.

A comunidade vegetal da (FAU) foi estudada e descrita por RAUWER (1980). Esse autor cita as espécies vegetais encontradas nas principais formas de vegetação do Cerrado sensu lato, quais sejam: cerrado, cerrado sensu stricto, campo sujo, campo limpo e mata ciliar. Negret & Figueiras (1981) listaram espécies vegetais vulgarmente encontradas na RECOR, e quantitativamente não parece haver diferença significativa da vegetação da (FAU). Talvez a maior diferença entre ambas áreas seja o desenvolvimento do estrato rasteiro. Esse é geralmente mais desenvolvido na RECOR, uma vez que a existência e manutenção dos aceiros ao longo do perímetro da reserva, protege-a eficazmente, contra fogo há alguns anos.

3.2. DENSIDADE E DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL

Na RECOR foram marcados 3 quadrados de 60m x 60m, um em cada uma das formações vegetais abertas do cerrado campo limpo,

campo sujo e cerrado sensu stricto. Em cada um deles foram marcados, numerados e mapeados todos os ninhos de Procornitermes araujoi encontrados. Um ano depois, em fevereiro de 1983, repetiu-se o mesmo procedimento em áreas de campo limpo, campo sujo e cerrado sensu stricto da FAL.

Para determinar o tipo de distribuição espacial foram medidas as distâncias entre os ninhos mais próximos, que em alguns casos envolveu ninhos fora do quadrado de 60m x 60m. Estas mesmas medidas foram repetidas para todos os ninhos existentes dentro de um quadrado 50m x 50m centrado em meio ao de 60m x 60m, de tal forma que todos os ninhos envolvidos nesse estudo estivessem dentro do quadrado pré-estabelecido (CLARK & EVANS, 1954). A densidade foi determinada dividindo-se o número de ninhos encontrado pela área do quadrado estudado.

3.3. CRESCIMENTO DOS NINHOS

A taxa de crescimento dos cupinzeiros foi avaliada bimestralmente no período de março de 1982 a junho de 1983. Os ninhos envolvidos nesse estudo foram aqueles encontrados nos quadrados de 60m x 60m da RECOR. Esses, apesar de variarem muito quanto à forma, aproximam-se de uma hemielipsóide, cujo volume pode ser representado pela fórmula: $v = (2/3) Rrh$ onde R e r são raio maior e raio menor respectivamente, e h é a altura do topo do cupinzeiro ao chão. Desta forma, os parâmetros anotados a cada bimestre foram o maior diâmetro do ninho, o menor diâmetro (perpendicular ao primeiro) e a altura. Este método de avaliação do tamanho do cupinzeiro, embora já tenha sido amplamente utilizado (BESSE, 1955, HOLT, et al., 1980; FONTES, 1980) careceu de ser avaliado quanto a sua

precisão. HOLT et al. (1980) estudando densidade aparente de Amitermes vitosus HILL, acabou percebendo uma alta correlação entre o peso, o volume calculado através dos parâmetros, diâmetro e altura, e o volume real de nove ninhos estudados.

O volume real foi obtido através do deslocamento de água ao se imergir um ninho (ou pedaço desse) previamente impermeabilizado. Seguindo a mesma metodologia de HOLT et al. (1980) foram estudados 40 cupinzeiros de Procornitermes arauçoi. Trimestralmente, nos meses de maio, agosto e novembro de 1982 e em fevereiro de 1983, extraíu-se 10 cupinzeiros inteiros (incluindo a parte hipóca) de cerrado sensu stricto na (FAL). Os volumes reais desses foram obtidos utilizando-se uma caixa d'água de cimento-amianto previamente calibrada e com precisão de 223cm³. O peso fresco dos ninhos foram aferidos em uma balança de tipo plataforma com capacidade para 150kg e precisão de 100g.

3.4. ESTADO DE CONSERVAÇÃO DOS CUPINZEIROS

Por ocasião das medidas bimestrais dos cupinzeiros foram anotados: a existência ou não de buracos e pequenos furos referentes à predação, evidência de reconstrução e crescimento nos termitários bem como de sinais de erosão.

3.5. PROPRIEDADES QUÍMICAS DOS CUPINZEIROS E DOS SOLOS ADJACENTES

Por ocasião da extração dos ninhos, colheu-se cinco amostras referentes a cada um deles, quais sejam: superfície do ninho, meio do

ninho, fundo do ninho, solo superficial (0-15cm) e solo fundo (10-20cm abaixo do ninho) (Fig. 9). As amostras de solo foram retiradas com picareta após a eliminação do primeiro torrão. Esse por ter forma piramidal é mais representativo das camadas superficiais; sendo em segundo corte paralelo ao primeiro, esse tem a mesma espessura em toda sua extensão e portanto é representativo de todas as camadas de solo amostradas. As amostras da superfície do ninho foram obtidas por escaificação da crosta externa e as do meio e fundo do ninho foram retiradas com auxílio de um anel de latão. As amostras foram secas ao ar, sendo que as de ninho passaram posteriormente por um processo de separação dos cupins existentes, a fim de evitar sua contaminação. Após a secagem, as amostras foram homogeneizadas e peneiradas em malha de 2mm de diâmetro.

O pH das amostras foi determinado em água e em KCl 1N. Alumínio, cálcio e magnésio disponíveis foram determinados em extrato de KCl 1N por espectrometria de absorção atômica, utilizando-se cloreto de estrôncio a 5.000 ppm, a fim de eliminar interferências (ALLEN, et. al., 1974). O alumínio também foi determinado por titulação com NaOH aproximadamente a 0,025 N para comparação das eficiências de ambos os métodos. Fósforo, zinco, ferro, manganês e cobre trocáveis foram determinados em extrato de H_2SO_4 , 0,25N + HCl, 0,05 N. O fósforo foi determinado pela colorimetria com molibdato de amônia. Potássio e sódio foram determinados por emissão de chama, e os outros cátions por espectrofotometria de absorção atômica. A determinação do carbono orgânico foi pelo método WALKLEY & BLACK (1934). O nitrogênio foi determinado pelo método de digestão e destilação Kjeldahl.

3.6. PROPRIEDADES FÍSICAS DOS CUPINZEIROS E DOS SOLOS
ADJACENTES

Para as análises granulométricas foram escolhidos ma teriais referentes a cinco ninhos do segundo trimestre (agosto) e cinco ninhos do quarto trimestre (fevereiro) totalizando 50 amostras. O método de análise foi modificado de BOUYOUOS (1928) devido a problemas de dispersão de amostras contendo alto teor de maté ria orgânica, os quais foram assinalados por LEE & WOOD (1971 a,b). Desta forma foram pesados 50g de amostra já seca e peneirada às quais foram adicionados 200 ml de água e 10 ml de NaOH 6%. Deixou se o material descansando por 12 horas e então agitou-se por 12 minutos em agitador mecânico. Após 24 horas de repouso, agitou-se novamente o material por 12 minutos, passando-se então para uma pro veta e completando-se o volume a 100 ml. As leituras de densidade e temperatura foram efetuadas no tempo padrão, ou seja: há 40 segundos, 4 minutos e 2 horas.

A resistência de ninhos e solos foram avaliados em setembro, i.e., no final da estação seca, pois de acordo com NEGRET & REDFORD (1982) ela varia bastante com a intensidade de chuva e também com a porção do ninho. Desta forma, foram escolhidos 10 ni nhos de aproximadamente mesmo tamanho, tomando-se de cada um 10 medidas pegando igualmente toda a superfície do ninho (topo, base e região intermediária). Uma medida de resistência do solo foi feita a 1m de cada cupinzeiro. O penetrômetro usado foi de marca Soiltest, modelo cl-700, com capacidade de até 4,5kg com -2 e precisão de $0,25\text{kg cm}^{-2}$.

Na época da extração dos ninhos foram anotadas as cores da superfície do solo, da superfície do ninho e a aproximadamente 10cm abaixo do fundo dos ninhos.

3.7. FLORA E FAUNA ASSOCIADAS AOS CUPINZEIROS

Antes de extrair os cupinzeiros, toda vegetação que estivesse por cima deles era cortada com uma tesoura de poda, presada e posteriormente identificada.

A fauna associada foi coletada de 25 dos 40 ninhos arrancados. Esses foram quebrados em pedaços bem pequenos e todas as espécies encontradas foram coletadas.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. DENSIDADE

Dentre as formações vegetais estudadas, o cerrado sensu stricto foi a que apresentou maior número de ninhos de Procornitermes araujo, seguido de campo sujo e campo limpo. O número de ninhos ativos encontrados nas parcelas da RECOR (3.600 m²) nos diferentes tipos de vegetação foi: 32 no cerrado, 8 no campo sujo e 6 no campo limpo.

Esses dados significam uma densidade maior do que aquela apresentada por COLES (1980, p.24) que encontrou 13 ninhos no cerrado, 2 em campo sujo e 1 em campo limpo em 2500m². A Tabela 1 compara os resultados do presente trabalho e os de COLES (1980) em termos de densidade por ha.

	PRESENTE TRABALHO		COLES (1980)
	RECOR	FAL	FAL
cerrado	86	83	52
campo sujo	22	11	8
campo limpo	17	3	4

Tabela 1: Comparação da densidade dos ninhos de Procornitermes araujo em três locais distintos. (Os números são apresentados em termos de hectare).

Embora a densidade de população de cupins possa variar bastante de acordo com a localidade (POMEROY, 1976 b; BRANDÃO, 1983) ainda não temos uma explicação definitiva para este fato. Segundo

BRIAN (1965) a predação parece ser o fator mais importante para o controle da população de cupins; enquanto que a competição intra-específica o é para as populações de formiga. As formigas e outras espécies de cupins podem explorar populações de cupins que estejam debilitadas devido a desmatamento e pastagem (WOOD, 1975; BANDEIRA, 1979). Nesse sentido é que o fato de determinadas parcelas da FAL terem sido amplamente estudadas, geralmente envolvendo a quebra de cupinzeiros, poder-se-ia ter "enfraquecido" parte de sua população dando maior chance a ataques de formigas. Outra suposição é o fato de a FAL ter sofrido ação de fogo quase que anualmente. Embora desconhecamos trabalhos que façam referência a esse fato, tivemos a oportunidade de observar que uma semana após a queima em 28 de junho de 1981 na FAL grande quantidade de ninhos apresentaram sinais de total abandono. A causa que provavelmente levou à morte grande parte da população foi a depleção de alimento, já que a referida espécie alimenta-se preferencialmente das partes aéreas de gramíneas e não possui o hábito de guardar alimento no interior dos cupinzeiros. A competição intraespecífica pela obtenção do alimento, raízes de gramíneas, deve ter aumentado significativamente, causando assim, a morte das colônias mais frágeis. A recuperação da população de cupins é progressiva e deve demorar alguns anos. Isto porque a alta mortalidade de colônias recém estabelecidas impede a efetivação do grande potencial de recolonização representado pela liberação de formas reprodutoras aladas (DARLINGTON, 1977; SANDS, 1965 e POMEROY, 1977).

Ambas as áreas envolvidas pelo presente estudo não haviam sofrido ação do fogo há pelo menos seis anos antes do início da coleta de dados, ao passo que da área abrangida pelo estudo de COLES (1980) nada se sabe a esse respeito.

A grande maioria dos estudos sobre a densidade de termitários foram efetuados na África, onde a densidade de grandes ninhos (*Macrotermitinae*) varia de 1 a 5 ha⁻¹ (BOUILLON & KIDIERI, 1964; HARRIS, 1956). No caso de *Cubitermes exiguus* Mathot e *C. fungigaber* (Sjöstedt), que constroem ninhos menores, a densidade populacional dos termitários pode chegar a 1.000 termitários ha⁻¹ (MALDAGUE, 1964). A densidade dos ninhos ativos das diferentes espécies em cerrado sensu stricto é de 600 ninhos ha⁻¹ (COLLES, 1989). E, segundo essa estimativa, os cupinzeiros de *P. araujoii* contam com aproximadamente 9% do total da população de ninhos ativos.

4.2. DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL

O parâmetro densidade, por si mesmo, explica muito pouco sobre uma população. O conhecimento da dispersão ou distribuição espacial é importante pois o grau de agregação dos indivíduos pode informar mais sobre a população do que o número médio de indivíduos por unidade de área.

O padrão de distribuição espacial de populações de termitários de *P. araujoii* somente foi determinado em cerrado sensu stricto da RECOR (Fig. 4), pois a potência dos testes estatísticos para as áreas de campo sujo e campo limpo ficaram comprometidas devido a baixa densidade de cupinzeiros encontrados em ambas as formações vegetais. O padrão de distribuição espacial, determinado pelo método do vizinho mais próximo (CLARK & EVANS, 1954), foi regular ($R = 1.217$, $z = 2.312$, $\alpha = 0.05$). O padrão de distribuição espacial regular sugere que a população de *P. araujoii* estudada está sofrendo

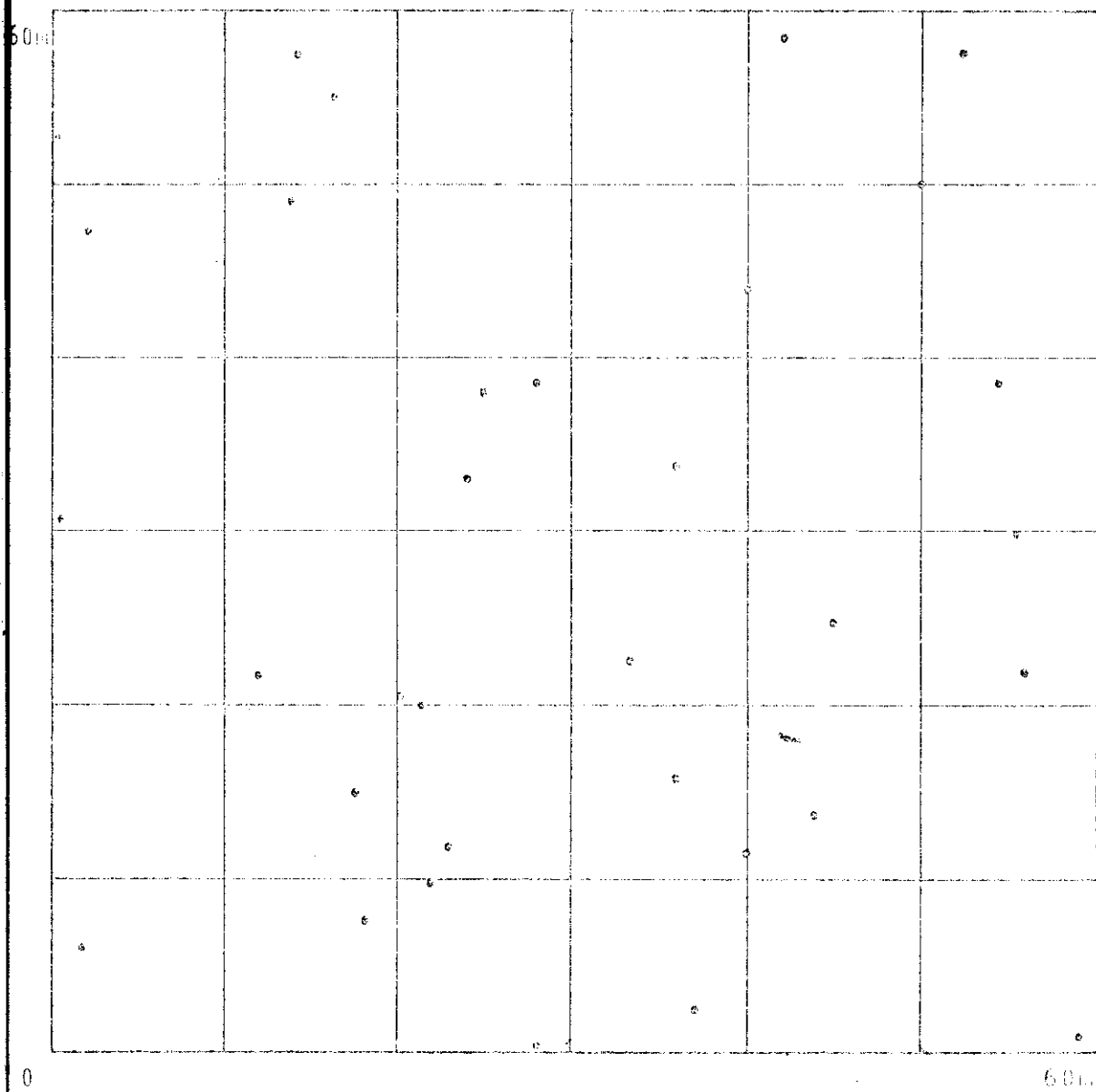


Figura 4: Distribuição de 32 ninhos ativos de Procornitermes araujoï na parcela de cerrado sensu stricto da RECOR

competição por espaço e/ou alimento. É importante salientar que foram observadas áreas de cerrado sensu stricto onde não ocorrem ninhos de P. araujoi, e que talvez em uma escala maior a população distribua-se em grandes grupos, dentro dos quais a distribuição espacial dos ninhos é uniforme.

Existem poucos trabalhos em ecologia de cupins que façam referência ao padrão de distribuição espacial. SANDS (1965), encontrou um padrão agregado para as populações de Trinervitermes ebnerianus Sjöstedt e evidenciou que a mesma tinha uma imensa preferência por locais não sombreados. Adversamente, WOOD & LEE (1971), obtiveram que 11 das 13 populações estudadas distribuíam-se de forma regular, e que em ambientes muito heterogêneos a população tinha um padrão agrupado. Todavia, dentro desses grupos os ninhos distribuíam-se de forma regular, competindo por alimento e/ou espaço. Em cerrado e cerrado, DOMINGOS (1980) encontrou um padrão de distribuição agregado para os ninhos de Armitermes cuamignathus Silvestri, o mesmo não ocorre em campo sujo e campo limpo, onde provavelmente por uma menor disponibilidade de alimento, os ninhos estão distribuídos regularmente. Fontes (1980) observou que a distribuição regular encontrada em Constrictotermes cyphergaster Silvestri, poderia estar associada ao fato de essa espécie preferir estabelecer suas colônias sobre determinadas espécies de árvores e arbustos.

A população de P. araujoi estudada, provavelmente mantém-se regularmente distribuída devido a existência de um comportamento agressivo a indivíduos de outras colônias dentro das áreas de forrageamento, que em última análise reflete uma competição intraspecífica por alimento. Por outro lado, a distribuição dos grupos de cupinzeiros deve estar relacionada com outros fatores,

tais quais: características físico-químicas do solo, topografia do terreno e tamanho das populações de predadores. A importância desses fatores na determinação da distribuição dos grupos poderia ser quantificada a partir de um levantamento minucioso e um estudo estatístico por análise multivariada ou de componente principal.

4.3. CARACTERÍSTICAS GERAIS DOS NINHOS

Os ninhos de P. araujoi são epígeos, contendo aproximadamente 2/3 de seu volume acima da superfície do solo. Ao redor de sua base são cobertos por uma camada mais ou menos densa de gramíneas que por vezes pode expandir-se por toda a superfície do ninho. Não raras vezes os ninhos encerram troncos de árvores e arbustos. A Tabela 2 informa sobre as espécies de plantas que ocorrem sobre cupinzeiros de P. araujoi e da frequência de incidência de cada espécie.

Os ninhos variam muito quanto a forma (Fig. 5) aproximando-se entretanto de um hemielipsóide. A aparência externa e dureza do ninho variam de acordo com a estação seca ou chuvosa, e talvez por essa razão CANCELLO (1982) tenha encontrado dificuldade em descrever o ninho de P. araujoi. No início e final da estação chuvosa, os ninhos tem uma aparência áspera, decorrente da adição de pelotas de terra que ficam soltas formando uma capa de "farofa". Essa também é a aparência dos ninhos de Orthognathotermes gibberosum Mathews, que no entanto diferem de P. araujoi por serem as pelotas do primeiro bem mais uniformes quanto ao tamanho e coloração. Na estação seca, depois da consolidação das pelotas, o ninho apresenta uma superfície rugosa e mais homogênea. A dureza dos ninhos

foi medida em setembro, e nessa ocasião os ninhos encontravam-se com porções velhas e duras, com resistência à penetração maior que 4.5 kg cm^{-2} , e com porções novas e macias, com dureza igual a zero kg cm^{-2} . A dureza média encontrada para 100 pontos em 10 ninhos foi $1.7 \pm 0.47 \text{ kg cm}^{-2}$.

A superfície do ninho é bruno escuro [7.5 YR 3/4-2 (úmido)] em área de latossolo vermelho escuro e não difere muito da cor do solo superficial cuja cor varia entre bruno avermelhado escuro e bruno escuro [5 YR e/4 e 7,5 YR 3/4 (úmido)]. A cor das galerias internas é bruno acinzentado escuro (10 YR 2/1), devido ao recobrimento de suas paredes com material de origem fecal, que lhes confere uma textura lisa e fosca. Por vezes as galerias podem ter aspecto mosqueado, devido ao recobrimento incompleto das paredes recentemente construídas, que por serem constituídas de solo regurgitado ou não e por saliva, possuem tonalidade bem mais clara. A cor dos ninhos pode ser mais amarelada ou acinzentada de acordo com o tipo de solo da localidade. O ninho é bem fixado no substrato não havendo qualquer cavidade abaixo dele. A estrutura interna não é bem diferenciada, embora seja possível perceber um aumento da espessura das paredes das células no sentido da superfície para a base do ninho. A disposição das células no interior do ninho não parece seguir um padrão característico.

O comprimento médio das células é $33 \pm 6 \text{ mm}$ (N=30) e a altura é $11 \pm 2 \text{ mm}$ (N=30), havendo portanto um achatamento das galerias no sentido horizontal. A comunicação entre as células é feita por orifícios circulares com diâmetro de $4 \pm 1 \text{ mm}$ (N=30).

Das 46 espécies de cupins listadas para cerrado sensu stricto em Brasília, 21 foram encontradas como inquilinas de cupim

Tabela 2: Lista e Frequência de Incidência de mais de 60 Espécies de Plantas Encontradas Sobre 40 Cupinzeiros de Procornitermes araujoii na FAL

ESPÉCIE	FAMÍLIA	FREQUÊNCIA*
<u>Acosmium dasycarpa</u>	Leg. Papilionoidea	3
<u>Andropogon sp.</u>	Gramineae	3
<u>Anemopaegma arvense</u>	Bignoniaceae	2
<u>Anemopaegma glaucum</u>	Bignoniaceae	2
<u>Annona monticola</u>	Annonaceae	2
<u>A. tomentosa</u>	Annonaceae	2
<u>Aristida riparia</u>	Gramineae	5
<u>Aspidosperma tomentosum</u>	Apocynaceae	3
<u>Anacardium curatellifolium</u>	Anacardiaceae	2
<u>Banisteriopsis sp.</u>	Leg. Caesalpinoideae	2
<u>Bauhinia dumosa</u>	Leg. Caesalpinoideae	7
<u>Blepharocalyx suaveolens</u>	Myrtaceae	2
<u>Brosimum gaudichaudii</u>	Moraceae	2
<u>Borreria sp.</u>	Rubiaceae	3
<u>Byrsonima coccolobifolia</u>	Malpighiaceae	3
<u>Calliandra dysantha</u>	Leg. Mimosoideae	5
<u>Cambessedesia espora</u>	Melastomataceae	2
<u>Casuarina grandiflora</u>	Flacourtiaceae	2
<u>C. sylvestris</u>	Flacourtiaceae	5
<u>Cassia rugosa</u>	Leg. Caesalpinoideae	3
<u>Croton goiazensis</u>	Euphorbiaceae	2
<u>Croton sp.</u>	Euphorbiaceae	8
<u>Cuphea sp.</u>	Lythraceae	2
<u>Cybianthus detergens</u>	Myrsinaceae	6
<u>Dalbergia violacea</u>	Leg. Papilionoideae	2

Continua

* Número de Ninhos em que foram observadas as espécies de plantas

Tabela 2 (Continuação)

ESPÉCIE	FAMÍLIA	FREQUÊNCIA*
<u>Dalechampia capernoides</u>	Euphorbiaceae	4
<u>Diospyros burchellii</u>	Ebenaceae	2
<u>Echinolaena inflexa</u>	Gramineae	25
<u>Eugenia sp.</u>	Myrtaceae	3
<u>Eremanthus glomerulatus</u>	Compositae	2
<u>Eriosema rigidum</u>	Leg. Papilionoidea	3
<u>Erythroxylum campestre</u>	Erythroxylaceae	4
<u>E. deciduum</u>	Erythroxylaceae	4
<u>E. tortuosum</u>	Erythroxylaceae	8
Graminea (Indeterminada)	-	4
<u>Himatanthus obovata</u>	Apocynaceae	1
<u>Hyptis saxatilis</u>	Labiatae	2
<u>Jacaranda decurrens</u>	Bignoniaceae	2
<u>Kielmeyera coriacea</u>	Guttiferae	3
<u>Lafoensia pacari</u>	Luthraceae	2
Malvaceae (Indeterminada)	-	7
<u>Maprounea guianensis</u>	Euphorbiaceae	4
<u>Miconia ferruginata</u>	Melastomataceae	1
<u>Myrcia dictyophylla</u>	Myrtaceae	5
<u>M. linearifolia</u>	Myrtaceae	6
<u>Myrcia sp.</u>	Myrtaceae	2
Myrtaceae (Indeterminada)	-	7
<u>Neea theifera</u>	Nyctaginaceae	2
<u>Ouratea hexasperma</u>	Ochnaceae	7
<u>Palicourea saguaroza</u>	Rubiaceae	2
<u>Panicum sp.</u>	Gramineae	1
<u>Qualca parviflora</u>	Vochysiaceae	1
<u>Q. grandiflora</u>	Vochysiaceae	1
<u>Rapanea guyanensis</u>	Myrsinaceae	3

Continua

Tabela 2 (Continuação)

ESPÉCIE	FAMÍLIA	FREQUÊNCIA*
<u>Roupala montana</u>	Proteaceae	1
<u>Rourea induta</u>	Connaraceae	4
<u>Salacia crassifolia</u>	Hippocrateaceae	2
<u>Sisyrinchium vaginatum</u>	Iridaceae	1
<u>Smilax brasiliensis</u>	Liliacea	1
<u>Syagrus comosa</u>	Palmae	2
<u>Tetrapterys ambigua</u>	Malpighiaceae	3
<u>Vellozia squamata</u>	Velloziaceae	3
<u>Vellozia sp.</u>	Velloziaceae	1

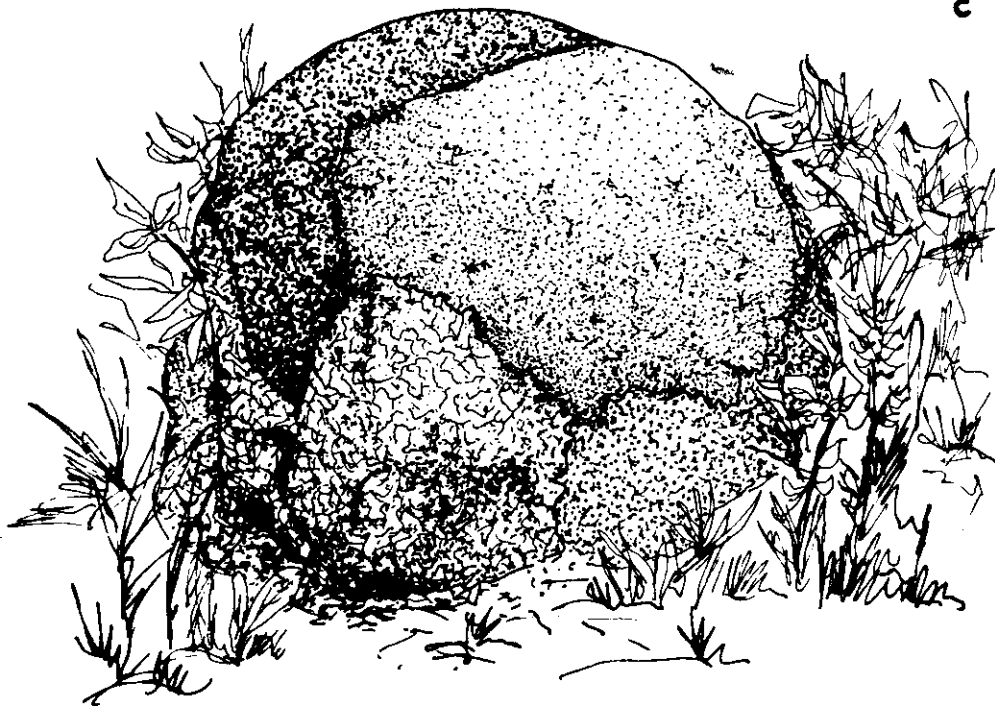


Figura 5a. Formas de cupinzeiros de Procornitermes araujoi.

b



c



Figuras 5 b.c. Formas de cupinzeiros de Procornitermes araujoi.
(Note regiões de crescimento recente)

zeiros de P. araujo (Tabela 3). A incidência de inquilinismo nesses cupinzeiros foi quase absoluta, pois somente em alguns ninhos muito pequenos é que não foram encontrados termitariófilos. No presente estudo chegamos a encontrar 15 espécies de térmitas dentro de um único ninho; cifra somente ultrapassada pelos termiteiros de Cornitermes snyderi e C. bequaerti (MATHEWS, 1977) e Armitermes euamignathus (DOMINGOS, 1980). É interessante ressaltar que quase todos os inquilinos listados são humívoros ou alimentam-se de resíduos orgânicos parcialmente decompostos, estando assim mais ou menos restritos aos nichos de decompositores primários e secundários no interior de ninhos. MATHEWS (1977) sugere que espécies construtoras (e. g. Cornitermes snyderi) e humívoras tenham evoluído em associações, tal como uma comunidade, e que o papel das espécies humívoras na região neotropical é análogo àquele representado pelos fungos cultivados no interior de ninhos de Macrotermes spp.

BOUILLON (1970) já tinha atentado para a íntima relação de espécies de cupins no interior de termiteiros, especulando ser esse fenômeno bastante difundido, entretanto pouco estudado. Recentemente COLES (1980) estudou as associações entre diversas espécies de cupins, concluindo que o inquilinismo ocorre em termiteiros cujo construtor primário possui defesa mandibular (mais restrita que a química), e que a distribuição das espécies inquilinas (com defesa química) dentro do ninho tem função por função adaptativa a maior eficiência defensiva do termiteiro como um todo.

Somente 20% dos ninhos examinados abrigavam cupins com defesa química bastante eficiente (e.g. V. paucipilis e N. kennerly), o que aliado à pouca resistência à penetração desses cupinzeiros (fragilidade), permite o ataque frequente de predadores.

Tabela 3: Cupins inquilinos de 25 termiteiros de Procornitermes araujo da PAL e alimentos por eles utilizados

ESPÉCIE	ALIMENTO *
<u>Armitermes</u> sp.	Provavelmente resíduos orgânicos
<u>A. euamignathus</u> Silvestri	Madeira macia
<u>A. festivullus</u> Silvestri	Húmus, raízes e madeira em de composição
<u>Angulitermes orestes</u> Araujo	Provavelmente húmus
<u>Crepiditermes verruculosus</u> Emerson	Húmus
<u>Curvitermes planiocolus</u> Mathews	Húmus
<u>C. strictinatus</u> Mathews	Húmus
<u>Cylindrotermes flangiatus</u> Mathews	Desconhecido
<u>Cyranotermes tinuassu</u> Araujo	Húmus
<u>Diversitermes diversimilis</u> Silvestri	Resíduos orgânicos
<u>Heterotermes tenuis</u> Hagen	Resíduos orgânicos
<u>Labiotermes brevilabius</u> Emerson & Banks	Resíduos orgânicos
<u>Nasutitermes kemneri</u> Snyder & Emerson	Provavelmente fragmentos lenho- sos
<u>Neocapritermes araguaia</u> Krishna & Araujo	Resíduos orgânicos
<u>Orthognathotermes gibberorum</u> Mathews	Húmus
<u>O. aduncus</u> Mathews	Húmus
<u>Serritermes serrifer</u> Bates	Resíduos orgânicos
<u>Spinitermes trispinosus</u> Hagen	Húmus
<u>Subulitermes</u> sp.	Húmus
<u>Termes bolivianus</u> Snyder	Provavelmente resíduos lenho- sos
<u>Velocitermes paucipilis</u> Mathews	Liter gramíneo

* Tipo de alimento utilizado por essas espécies de cupins, segundo MATHEWS (1977) e COLLETS (1980)

Além das escavações provocadas por tamanduás e principalmente tatús, observamos inúmeras vezes a existência de picadas de aves no topo dos ninhos. A permanência desses buracos facilita a invasão de formigas (e.g. Componotus, Crematogaster e Solenopsis) nos termitários, que segundo WHEELER (1936) são importantes predadores de cupins, causando eventualmente profundas alterações nas populações de cupins.

As associações dentro dos ninhos de P. araujoii não são limitadas a cupins, estendendo-se também a outros artrópodos (Tabela 4). Não se sabe exatamente qual o grau de dependência desses artrópodos em relação à termitária, imagina-se entretanto que esta seja um local apropriado para moradia, desenvolvimento e alimentação devido à grande quantidade e diversidade de recursos alimentares em seu interior, bem como por suas condições micro-climáticas relativamente constantes.

Tabela 4: Artrópodos Associados a 25 ninhos de P. araujoii da FAL

CLASSE	ORDEM	ESPÉCIMES
Insecta	Blattaria	Blattidae: ninfas e adultos
	Orthoptera	Cryllidae: ninfa
	Homoptera	Cicadidae: ninfa
		Cicadellidae: adultos
	Colcoptera	Tenebrionidae: larvas
Lagriidae: adultos		
Scarabeidae: larvas		
Staphifinidae: adultos		
Larvas cruciformes e escarabeiformes		
Lepidoptera	Lagartas	

Continua

Tabela 4 (Continuação)

CLASSE	ORDEM	ESPÉCIMES
	Hymenoptera	Formicinae Ponerinae Dorylinae
Arachnida	Araneae	Aranhas: duas espécies
	Phalangida	Opilião: uma espécie
Chilopoda	-	Centopéia: uma espécie

4.4. CRESCIMENTO DE CUPINZEIROS

A estimativa do crescimento dos ninhos de P. araujoi foi feita através do cálculo do volume dos cupinzeiros, utilizando-se como base os diâmetros maior e menor e a altura dos cupinzeiros. Entretanto, devido a frequentes irregularidades na forma dos ninhos (Fig. 5), foi preciso testar a adequabilidade da fórmula baseado no volume de uma hemielipsóide. Esse teste foi feito mediante a comparação entre o volume calculado e o volume medido por imersão do ninho em água (Fig. 6), e embora não tenha havido uma correspondência de 1:1, a correlação entre ambas variáveis foi forte ($r = 0,827$; $p = 0,001$); sendo que o volume calculado subestima o volume medido por imersão.

A estimativa do volume a partir dos parâmetros diâmetro e altura de cupinzeiros é o modo mais prático, e portanto o mais usado, para averiguar o crescimento. Todavia, a existência de cá

lulas ocas (galerias) no interior dos ninhos faz com que a medida do volume demonstre pouco sobre a quantidade de solo envolvida no cupinzeiros. Por essa razão resolvemos estudar a existência e validade da correlação entre o peso fresco e o volume calculado de 40 cupinzeiros aleatoriamente encontrados em cerrado sensu stricto na FAL. A correlação linear entre os parâmetros foi forte (Peso (Kg) = $21,94 + 0,93$ Volume Calculado (dm^3); $R^2 = 0,69$). HOLT et al. (1980) encontrou uma correlação bem maior entre peso e volume calculado de ninhos de Amitermes vitiosus HILL ($r = 0,997$), provavelmente devido a maior regularidade na forma desses cupinzeiros e conseqüentemente melhor estimativa do volume.

O crescimento dos ninhos encontrados nas parcelas estudadas de cerrado, campo sujo e campo limpo está demonstrado na Figura 7. A taxa de crescimento líquido médio observada para cada ninho entre junho de 1982 e junho de 1983 em campo limpo, campo sujo e cerrado foi 173dm^3 , 150dm^3 e 106dm^3 respectivamente.

Os ninhos de campo limpo, adversamente aqueles de outras áreas, apresentaram um notável decréscimo no mês de novembro. Esse decréscimo provavelmente está relacionado a uma alta taxa de predação, pois 67% dos ninhos observados nessa ocasião apresentaram buracos escavados por tatús, havendo casos extremos de até quatro escavações em um mesmo ninho.

O crescimento dos ninhos apresentou dois picos anuais que coincidiram com o início e o final da estação chuvosa; conseqüentemente, nos meses mais secos ou mais chuvosos o crescimento mostrou-se insignificante (Fig. 8). Os fatores climáticos geralmente relacionados com o crescimento de cupinzeiros são temperatura

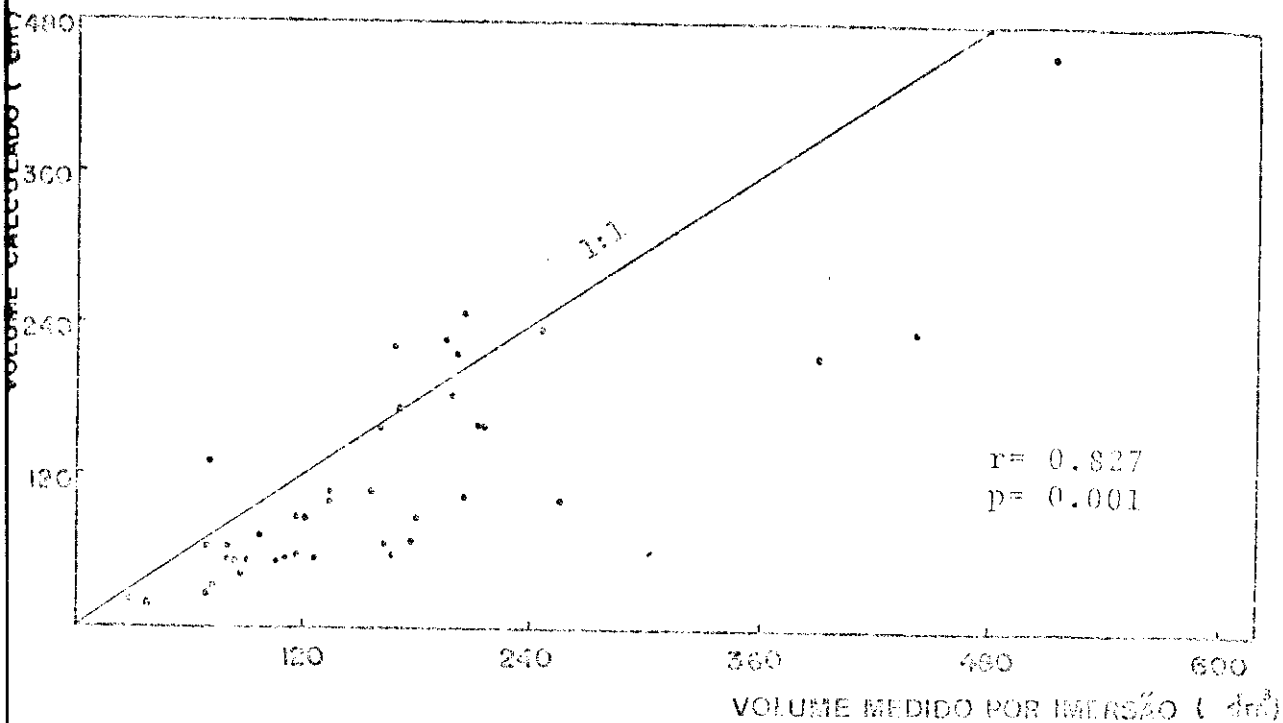


Figura 6. Correlação entre os volumes calculados e volumes medidos por imersão de 40 cupinzeiros de Procornitermes araujoii do cerrado da FAL.

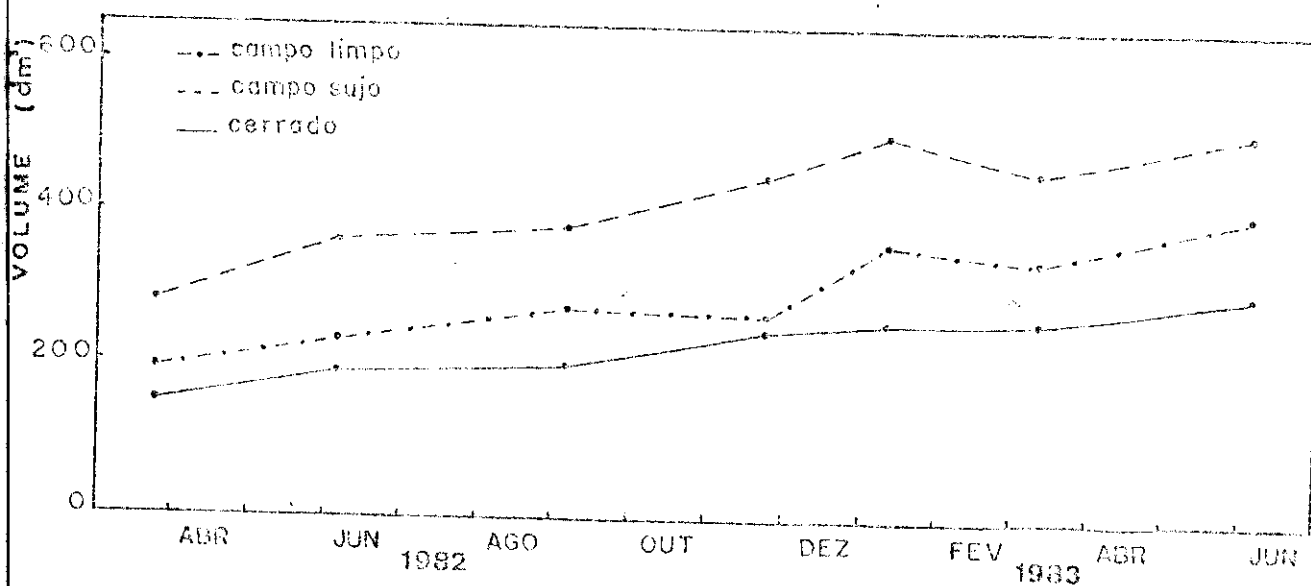


Figura 7. Estimativas do crescimento das médias de volumes calculados para ninhos de Procornitermes araujoii em cerrado, campo sujo e campo limpo na RECOR.

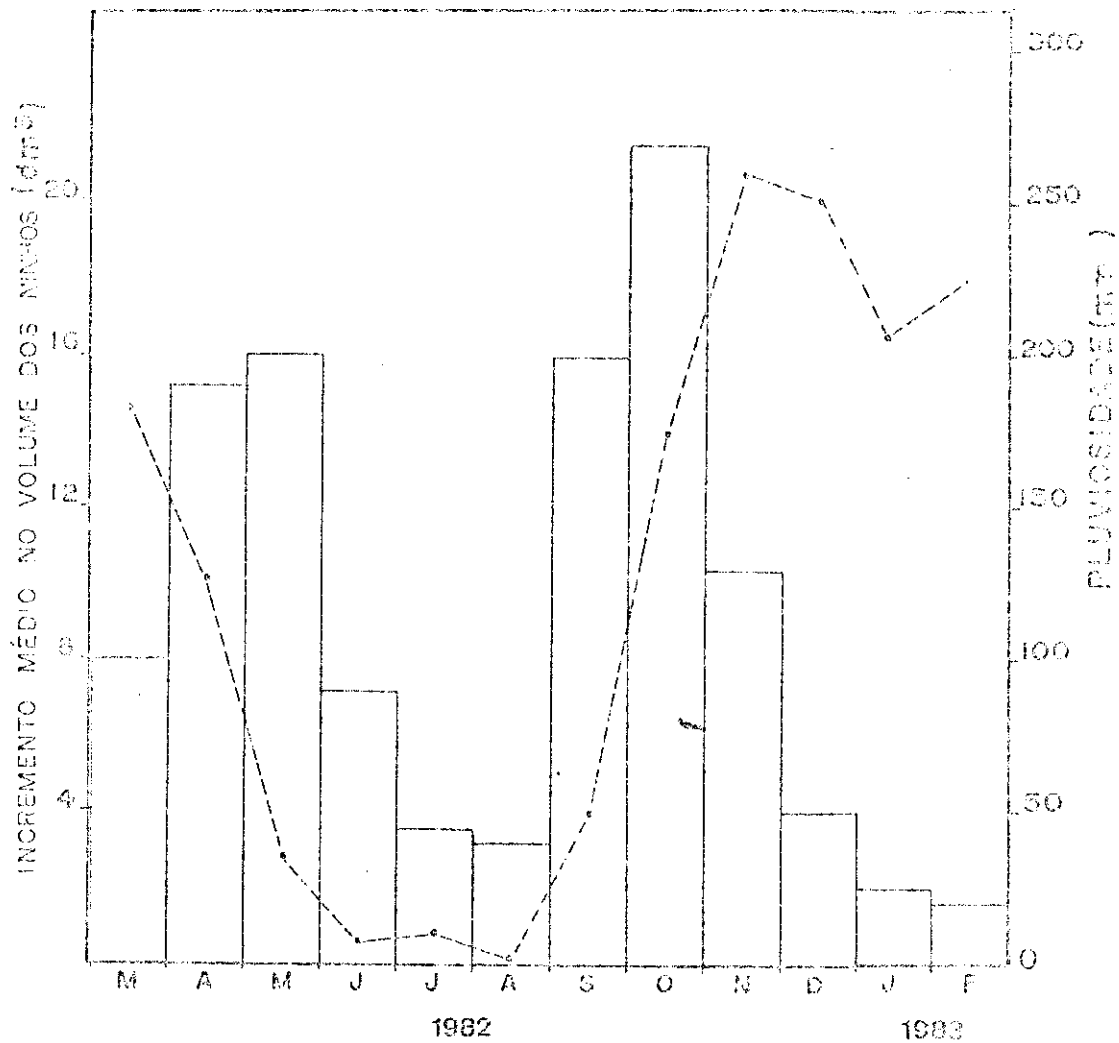


Figura 8. Sazonalidade no crescimento de 32 termitários de *Procornitermes araujoii*. (A linha tracejada refere-se à pluviosidade e o histograma à taxa de crescimento i.e. ao incremento médio de volume dos ninhos de cerrado "sensu stricto" da RECOR)

(em especial as mínimas), a precipitação e o número de dias chuvosos em um dado período (BODOT, 1967).

O crescimento dos ninhos de Bellicositermes natalensis, Cubitermes severus, Amitermes evuncifer e Macrotermes subhyalinus apresenta correlação inversa com a temperatura. De outro modo, foram observadas correlações positivas entre o crescimento de ninhos e a precipitação e/ou número de dias chuvosos em um dado período, para as espécies A. evuncifer, C. severus, M. subhyalinus e Trinervitermes trinervoides (BODOT, 1967; LEPAGE 1974). Adversamente, seguindo BANERJEE (1975), o crescimento dos ninhos de Odontotermes redemani está inversamente correlacionado com a precipitação. Existem ainda casos, onde nenhuma correlação entre crescimento de termiteiros e variáveis climáticas foi experimentada, e.g. M. bellicosus (POMEROY, 1976 a) e Armitermes euamignathus (DOMINGOS, 1983).

É importante salientar que tais correlações nem sempre se verificam em anos subsequentes, e que a sazonalidade do crescimento dos ninhos está sujeita a variações mais ou menos importantes de ano para ano (BODOT, 1967; HARIDASAN com. pes.). Essa afirmativa sugere, que em verdade o crescimento dos ninhos pode não estar relacionado exatamente com a(s) variável(is) mencionada(s) nos estudos, e sim com o efeito produzido por um conjunto de variáveis, inclusive microclimáticas.

Analogamente ao caso de Amitermes hastatus (SKAIFE, 1955) e T. geminatus (SANDS, 1961), o crescimento de termiteiros de P. araujoi parece ser prejudicado pelo excesso ou falta de chuva. Chuvas torrenciais causariam a erosão das paredes das novas células.

las, que são extremamente frágeis logo após sua construção. Não obstante, é nos meses secos que se encontra a maior taxa de predação nos ninhos, 71% de ninhos examinados em setembro de 1982 contra 28% de casos em janeiro de 1983. Portanto, construir novas porções de ninho na época seca aumentaria a sua fragilidade e deixaria a presa (operárias ligadas a etapa de construção) mais disponível ao predador. Por outro lado, é no período seco que estão se produzindo as formas aladas (reprodutoras), as quais devem emergir dos ninhos no início da estação chuvosa; portanto as atenções da casta de operárias estão voltadas ao cuidado e alimentação da prole, não lhe sobrando tempo e/ou energia para a construção dos ninhos.

A despeito da importância em se estudar mais profundamente a sazonalidade do crescimento desses cupinzeiros, acreditamos que coletas bimestrais durante um período de 15 meses não são suficientes para tentarmos correlacionar o crescimento de ninhos com variáveis climáticas. Para essa finalidade, seriam imprescindíveis coletas semanais por um período mínimo de dois anos.

O crescimento dos ninhos de cerrado foi bastante evidente, e no período, compreendido entre março de 1982 e março de 1983 o acréscimo médio observado foi de 105 dm^3 , ou seja, houve um incremento de 68,6% do volume inicial.

A Tabela 5 apresenta uma comparação entre as taxas de crescimento de ninhos adultos de P. araujoi e A. euamignathus, espécie construtora de termiteiro mais abundante em cerrado sensu stricto, segundo dados de COLES (1980).

Tabela 5: Comparação Entre a Abundância, Volume e Taxa de Crescimento Médios de Ninhos de P. araujoi e A. euamignathus em cerrado da FAL.

ESPÉCIES	DENSIDADE DE NINHOS ha ⁻¹	VOLUME MÉDIO EM NOVEMBRO (dm ³)	CRESCIMENTO EM 6 meses (%)
<u>P. araujo</u> i	86	233	19.4
<u>A. euamignathus</u> *	100	43	9.3

* Dados de DOMINGOS (1980)

Apesar de a densidade populacional dos ninhos de A. euamignathus ser maior que a encontrada para P. araujoi; levando-se em consideração as dimensões dos termiteiros de Procornitermes e sua respectiva taxa de crescimento, a sua importância no processo de revolvimento e aeração do solo deve ser maior que de Armitermes no cerrado de Brasília.

Convertendo os valores de volume calculado de cupinzeiros para peso, encontra-se uma quantidade (denominada "standing stock" em algumas publicações) inicial de 14.104 kg ha⁻¹ de terra sob forma de cupinzeiros. Em março de 1983, ou seja, doze meses após o "standing stock" da mesma população era igual a 22.500kg ha⁻¹. A quantidade de terra trazida para a superfície do solo anualmente por cupins pode ser estimada pelas mudanças de volume de todos os ninhos vivos que apresentarem acréscimo de tamanho entre um ano e outro. Analogamente, a quantidade perdida por erosão pode ser estimada através de ninhos mortos ou vivos que apresentarem decréscimo de volume. As medidas anuais mostraram apenas incremento líquido do volume, pois desprezam as porções dos ninhos arrancados por predação de tatús, tamanduás e pássaros, bem como as parcelas erodidas

pela chuva. Dessa forma, tanto a estimativa de solo trazido para superfície quanto as perdas por erosão estão subestimadas.

A Tabela 6 compara a atividade de revolvimento de solo de P. araujo em área protegida e M. bellicosus em área com forte influência antropogênica.

Tabela 6: Comparação das atividades de revolvimento de solo por Procornitermes araujo em área protegida e por Macrotermes bellicosus em área sob influência de ação antropogênica

ÁREA	PERÍODO	ESPÉCIE CONSTRUTORA	"STANDING STOCK"	TIPO DE MOVIMEN TAÇÃO	
Brasília	1982-84	<u>P. araujo</u>	14.000 kg ha ⁻¹	Construção	8.500 kg ha ⁻¹ a ⁻¹
Brasil			a 22.500 kg ha ⁻¹	Erosão	1.000 kg ha ⁻¹ a ⁻¹
				Total	9.500 kg ha ⁻¹ a ⁻¹
Narète*	1971-74	<u>M. bellicosus</u>	10.000 kg ha ⁻¹	Construção	1.800 kg ha ⁻¹ a ⁻¹
Uganda			a 20.000 kg ha ⁻¹	Erosão	2.300 kg ha ⁻¹ a ⁻¹
				Total	4.100 kg ha ⁻¹ a ⁻¹

* POMEROY (1976a)

A despeito de os ninhos de P. araujo serem bem menores que os de M. bellicosus, chegando os maiores cupinzeiros a adquirirem um volume máximo de 1.6 m³ e 6.0 m³ respectivamente, o "standing stock" de ambas as populações não diferem muito entre si. Entretanto, a quantidade de terra movida pela população de P. araujo foi maior que o dobro obtido para M. bellicosus. Essa diferença possivelmente está relacionada às perturbações que a população de M. bellicosus esteja sujeita, e em decorrência da frequente destruição de seus ninhos por parte da população humana. Essa destruição de ninhos é tão evidente, que a taxa de erosão, foi de 1.3 vezes a

taxa de construção, e se a população humana local continuar a crescer, até o final desse século, Natete poderá não ter mais nenhum termiteiro de M. bellicosus.

Os termiteiros de P. araujai, possuem em média 20% de sua massa em peso de água, portanto a soma do peso seco de todos os cupinzeiros em 1 ha de cerrado varia entre 11.200 kg a 18.000 kg, o que corresponde a 1,16 - 1,88% do peso total do solo de horizonte A_1 (0 - 12 cm de profundidade, e $0,8 \text{ g cm}^{-3}$ de densidade). Esse percentual é bastante próximo àquele encontrado por LEE & WOOD (1971 b) para outras espécies.

Existem poucas informações a respeito da ciclagem de terra no sistema solo-cupinzeiro; e para uma estimativa do tempo necessário para estabelecimento de uma camada de solo em horizonte superficial a partir da desagregação dos cupinzeiros, faz-se necessário conhecer a taxa de erosão dos termiteiros ou o tempo médio de sua existência. No período de 1 ano, obtivemos 6,6% de ninhos que morreram e desapareceram. Portanto estima-se um período de aproximadamente 15 anos para o completo desaparecimento de todos os ninhos inicialmente observados em 1982, caso a população esteja em equilíbrio. Assim, o peso seco de terra que anualmente passa do sistema cupinzeiro para o sistema solo oscila entre 900 a 1.500 kg $\text{ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, o que corresponde a uma camada com espessura entre 0,12 a 0,19 mm de terra com densidade $0,8 \text{ g cm}^{-3}$, homogeneamente espalhada numa área de 1 ha. Estudos sobre a redistribuição do material de termiteiros sobre a superfície do solo foram feitos na África por vários autores (NYE, 1955; WATSON, 1960; POMEROY, 1976 b), e na Austrália por WILLIAMS (1968 e HOLT et al. (1980), onde as taxas de acumulação líquida dos horizontes superficiais foi de 0,1 a $0,0125 \text{ mm ano}^{-1}$. Portanto, de acordo com LEE & WOOD (1971 b), o

tempo necessário para acumular uma camada de solo superficial de 1cm de profundidade varia de 100 a 800 anos. Os dados obtidos para P. araujoii, mostram, que o tempo necessário para formar a mesma camada de solo é bem mais reduzido, ou seja, entre 53 e 83 anos.

Embora haja uma variação muito grande dependendo da espécie e do local, não podemos deixar de ressaltar a excepcional importância de Procornitermes para o processo de formação do solo. Não sabemos as causas reais para a alta taxa de acumulação nos horizontes superficiais. Acredita-se, todavia, que ninhos menores e mais macios, bem como uma baixa taxa de recolonização de termiteiros abandonados, permitam a ação impetuosa de agentes de degradação dos termiteiros, em particular a chuva. Dessa forma haveria maior reciclagem dos ninhos no ambiente, e conseqüentemente uma maior velocidade de acumulação nos horizontes superficiais.

4.5. PROPRIEDADES QUÍMICAS DOS CUPINZEIROS

Com o objetivo de comparar a composição química entre partes de cupinzeiros (Fig. 9) e o solo adjacente, bem como detectar a possível existência de comportamento sazonal de nutrientes disponíveis, fizemos análises trimestrais de elementos disponíveis no solo e em cupinzeiros no período de maio de 1982 a fevereiro de 1983. Esses resultados encontram-se representados nas figuras 10 a 14, e aqueles referentes às análises estatísticas estão nas tabelas I a XV em anexo.

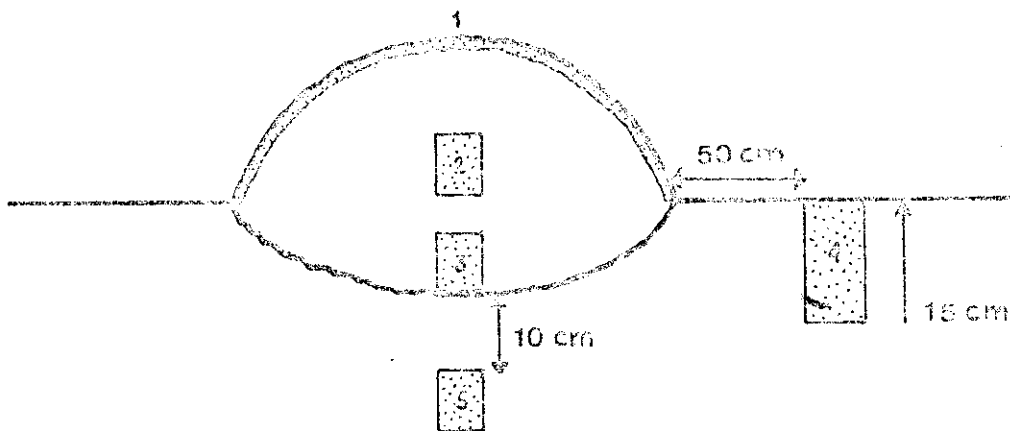


Figura 9. Partes amostradas em cupinzeiros de Procornitermes araujo e no solo adjacente. (1 - superfície do ninho; 2 - meio do ninho; 3 - fundo do ninho; 4 - solo superficial e 5 - solo abaixo do ninho.

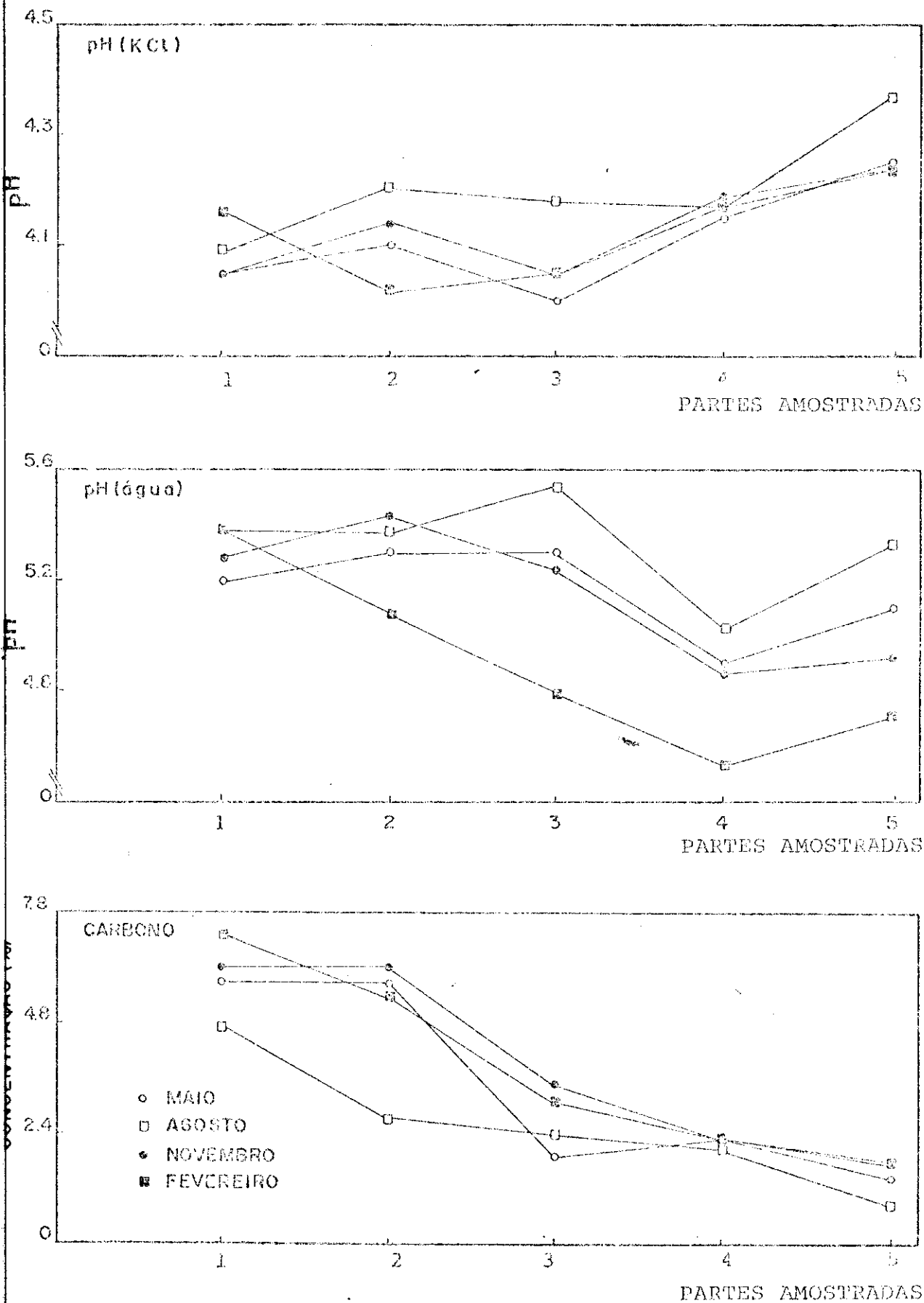


Figura 10. Variação sazonal do pH e do teor de carbono orgânico nas diferentes partes amostradas. (Vide figura 9 para observar código das amostras)

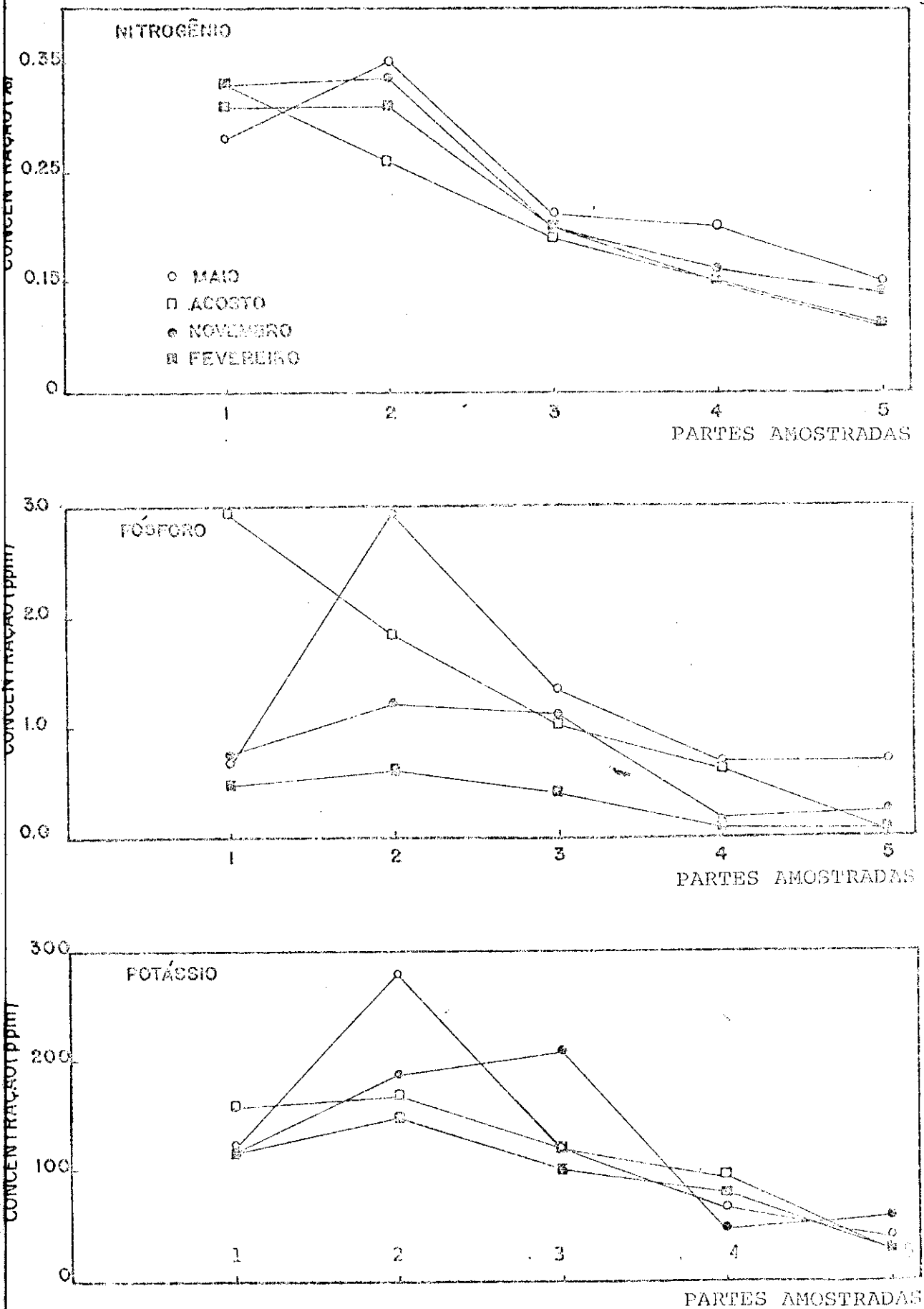


Figura 11. Variação sazonal na concentração de nitrogênio, fósforo e potássio das diferentes partes amostradas. (Vide código das amostras na figura 9).

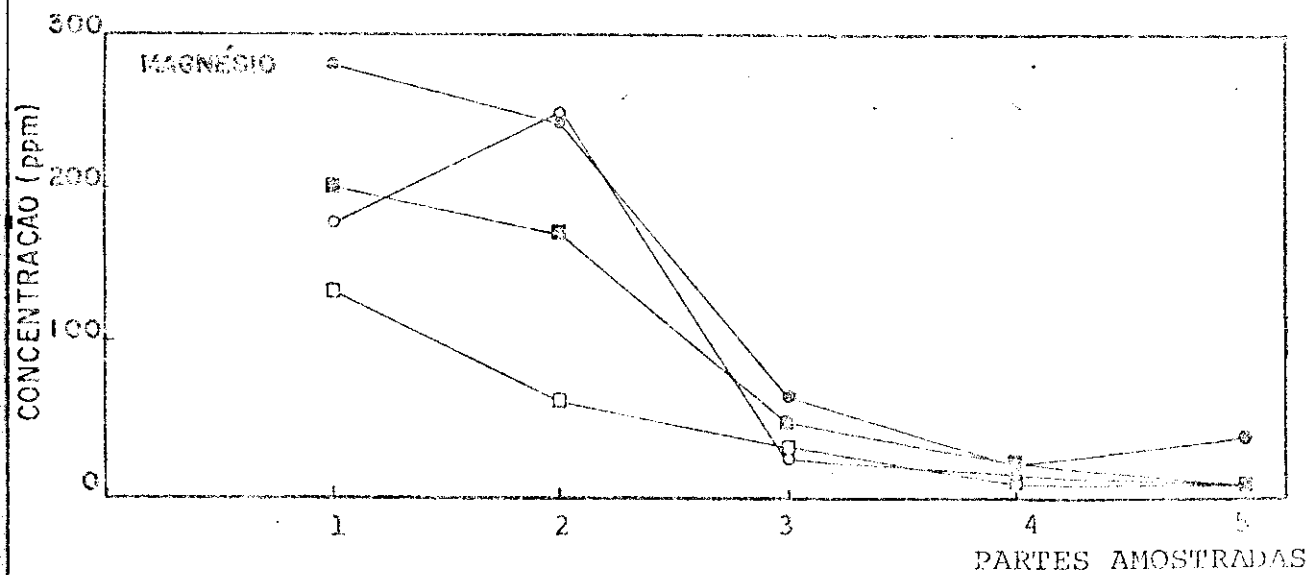
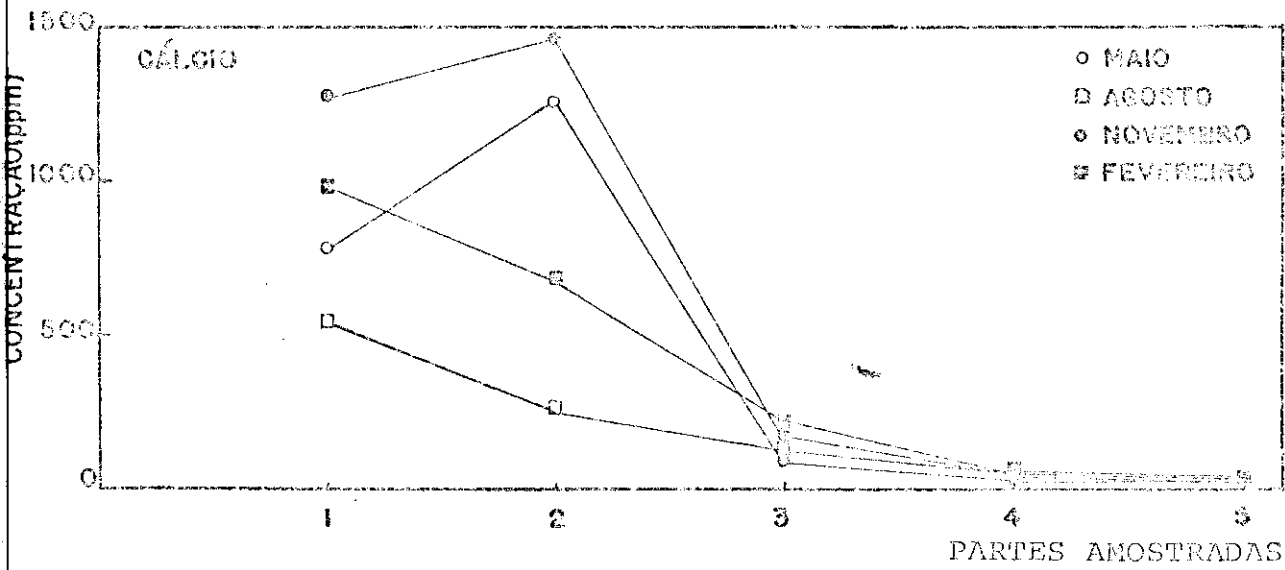
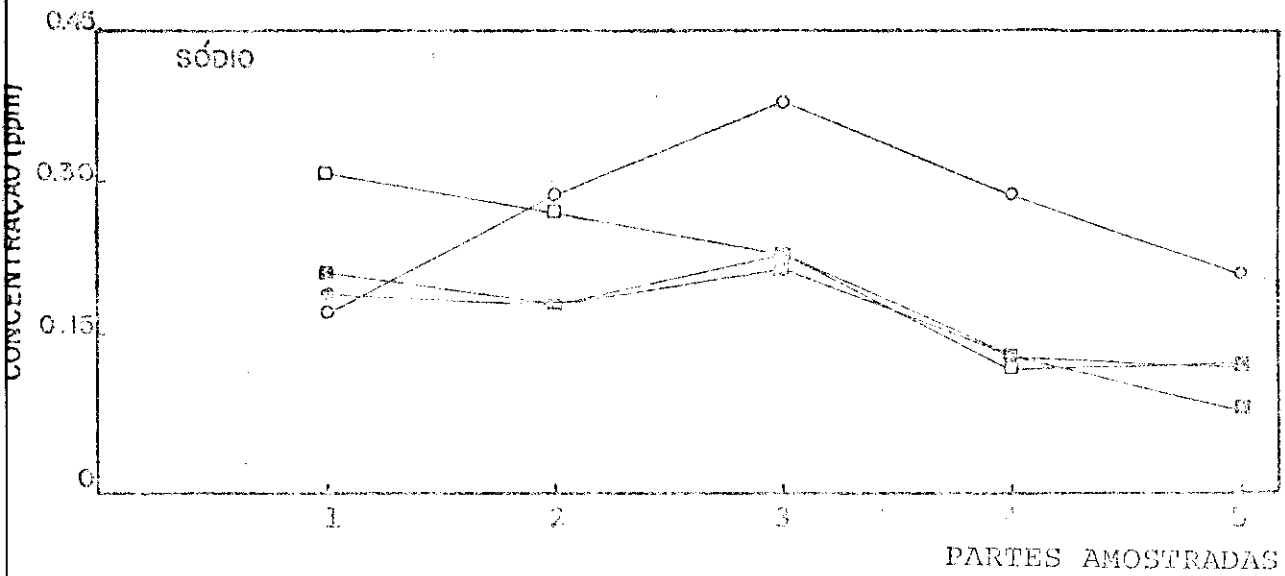


Figura 12. Variação sazonal na concentração de sódio, cálcio e magnésio das diferentes partes amostradas. (Vide código das partes na figura 9)

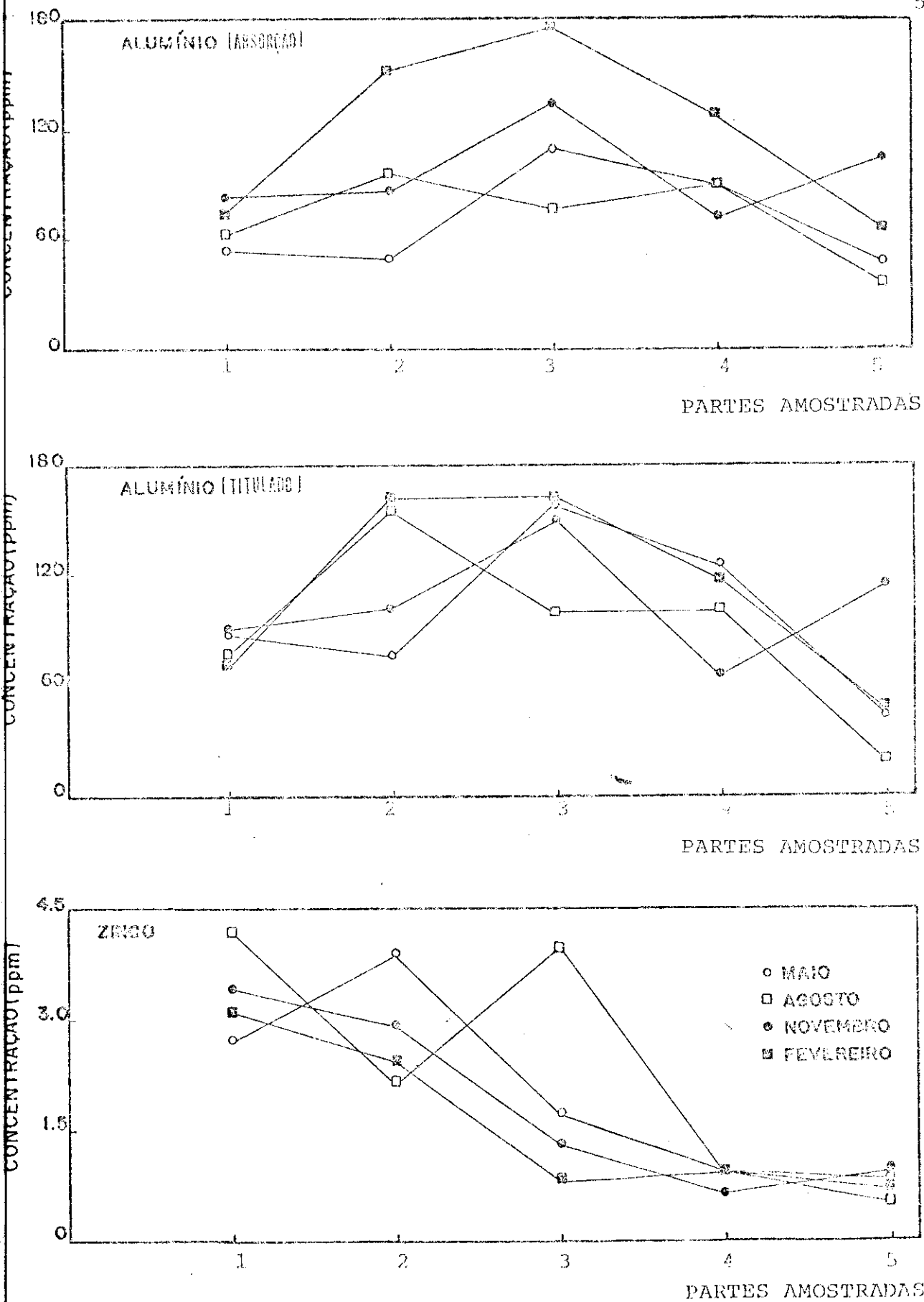


Figura 13. Variação sazonal na concentração de alumínio (absorção), alumínio (titulado) e zinco das diferentes partes amostradas. (Vide código das partes na figura 9)

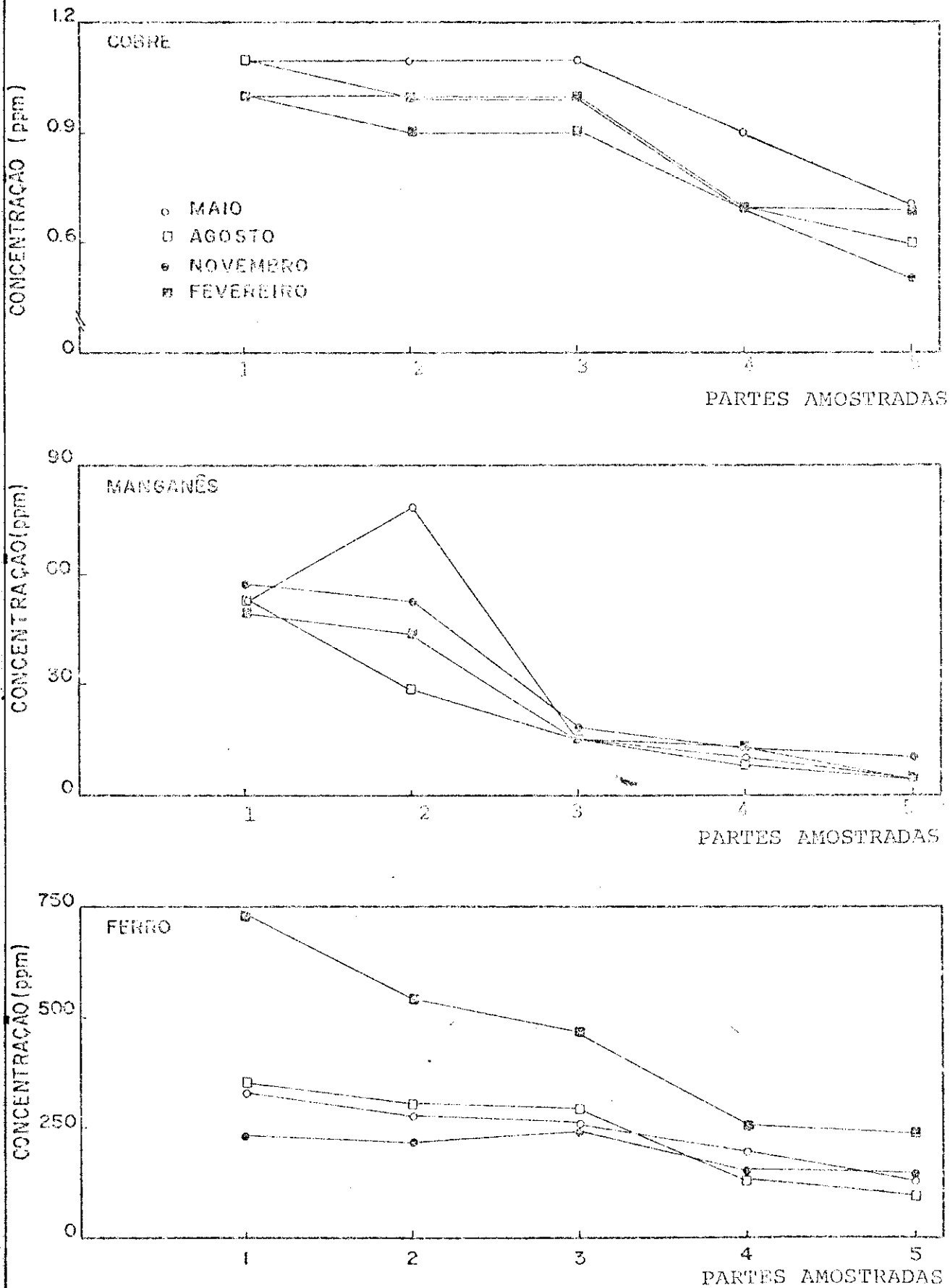


Figura 14. Variação sazonal na concentração de cobre, manganês e ferro das diferentes partes amostradas. (Vide código das partes na figura 9)

O pH em água no centro dos ninhos foi sempre maior que o da superfície do solo. No meado da estação chuvosa o pH no centro e fundo dos ninhos e do solo baixaram significativamente atingindo a faixa de acidez forte. (Tabela I)

Adversamente ao pH em água, o pH em KCl dos ninhos não foi significativamente diferente ($\alpha = 0,05$) do que o do solo adjacente. (Tabela II)

O teor de carbono orgânico na superfície e meio dos ninhos foi 2,3 a 2,9 vezes do que aquele encontrado nas amostras de solo, a concentração de carbono dos ninhos no período chuvoso foi maior que no período seco. (Tabela III)

O comportamento do nitrogênio foi semelhante ao do carbono; tendo a superfície e o meio dos ninhos aproximadamente o dobro de nitrogênio que o solo adjacente. O teor de carbono e de nitrogênio no centro dos ninhos foi menor no mês de agosto. (Tabela IV)

A concentração de alumínio nos ninhos e no solo foi semelhante; não houve evidências de sazonalidade desse elemento durante o período de estudo quando a determinação foi feita por titulação. Todavia, quando o alumínio foi determinado por espectrofotometria de absorção, ficou evidente o incremento na disponibilidade desse elemento nas porções centrais e profundas dos cupinzeiros em meado da estação chuvosa. Os valores de alumínio determinado por titulação foram geralmente mais altos do que os de espectrofotometria de absorção nos meses de maio e agosto. Apesar de haver um pouquinho de diferença entre os resultados obtidos pela titulação e pela espectrofotometria, os valores obtidos por ambos os métodos foram significativamente correlacionados. (Tabela V e VI)

A concentração de fósforo dos ninhos, no período seco foi maior que aquela determinada nas amostras de solo. O teor de fósforo no meio do ninho e na superfície do solo foi maior no período seco, entretanto a diferença apresentada pelo solo não foi significativa. (Tabela VII)

A concentração de potássio nos ninhos foi maior do que no solo, todavia essa diferença nem sempre se mostrou significativa. Não foi evidenciado nenhum padrão de sazonalidade significativo para esse elemento. (Tabela VIII)

O teor de sódio no ninho foi geralmente maior que aquele do solo. O solo superficial e o interior dos ninhos apresentaram maiores concentrações de sódio no mês de maio. Enquanto que a crosta do ninho somente demonstrou esse aumento em agosto. (Tabela IX)

As parcelas superficiais e medianas dos ninhos tiveram concentrações de cálcio 32 a 64 vezes maior que as do solo; sendo que a concentração desse nutriente na superfície dos ninhos foram significativamente menores no período seco. (Tabela X)

O comportamento do magnésio foi idêntico ao do cálcio, sendo que a superfície do ninho atingiu concentrações de magnésio 15 a 18 vezes maior que a do solo superficial. (Tabela XI)

A superfície e o centro dos ninhos apresentaram teor de manganês 3,7 a 5,5 vezes maior que o solo em todo o período de estudo. No fim da seca, o meio do ninho teve um decréscimo na disponibilidade de manganês. (Tabela XII)

As porções do ninho tiveram concentração de cobre 1,5 vezes maior que as amostras de solo, exceto no mês de maio, quando o

solo superficial teve um ligeiro descréscimo, aproximando-se da concentração de cobre encontrada nos ninhos. (Tabela XIII)

Não houve diferença significativa na concentração de zinco entre o ninho e o solo; exceto no mês de agosto, quando o teor de zinco na superfície do ninho foi aproximadamente o quántuplo daquele encontrado no solo superficial. (Tabela XIV)

A concentração de ferro nos ninhos foi 1,6 a 3,0 maior que aquela encontrada no solo. No meado da estação chuvosa, a disponibilidade de ferro tanto nas porções dos ninhos como no solo adjacente sofreu um incremento significativo. (Tabela XV)

De um modo geral podemos dizer que a concentração de todos os elementos, exceto do alumínio, foi maior nos cupinzeiros que no solo, sendo que no caso do cálcio e do magnésio a desproporção entre as concentrações desses elementos no solo e nos cupinzeiros foi muito evidente.

A acumulação de nutrientes em cupinzeiros de regiões tropicais tem sido objeto de estudo de vários pesquisadores há quase meio século. No entanto, devido a diversidade de resultados obtidos, não se conseguiu tirar conclusões definitivas sobre o efeito dos cupins na alteração das propriedades químicas do solo na ciclagem de nutrientes.

A Tabela 7 compara a composição química entre cupinzeiro de cinco espécies distintas em relação ao solo adjacente. Dessa tabela pode-se observar que o único cupinzeiro a possuir concentração mais baixas de nutrientes que o solo adjacente foi Macrotermes subhyalinus. Essa diferença provavelmente está relacionada com a baixa quantidade de matéria orgânica (carbono) adicionada ao ninho, e também pelo fato de essa espécie utilizar o subsolo como fonte para material de construção do ninho, onde os únicos elementos que estavam em maiores concentrações que o horizonte superficial foram o sódio e o potássio.

Dentre as quatro áreas abordadas na Tabela 7, a maior semelhança na relação química solo cupinzeiro é verificada entre a savana em solo laterítico e o cerrado. Entretanto, em termos de características do solo, o cerrado possui teores mais baixos de fósforo, cálcio e magnésio e maiores concentrações de carbono e nitrogênio. Portanto, o pH mais baixo em área de cerrado deve estar relacionado a maior quantidade de matéria orgânica e menor quantidade de bases no solo dessa região.

Nas áreas de solo laterítico, cerrado e savana australiana, os cupinzeiros tiveram maiores concentrações de todos os elementos, o que não é verdade para as outras áreas estudadas. Isto talvez seja uma evidência de que o acúmulo e retenção dos nutrientes dentro dos cupinzeiros, impedindo sua absorção pela vegetação não deva ser tratada como uma generalização (HESSE, 1955; LEE & BUTLER, 1977).

SILVA (1983) observou que a taxa de decomposição do folhoso no cerrado sensu stricto é mais baixa do que aquelas encon-

Tabela 7: Comparação entre as características químicas de cupinzeiros de 5 espécies distintas e os solos adjacentes. (I - Horizonte do Solo; II - Parte do Ninho). (1) LEE & WOOD, 1971 b; (2) ARSHAD, 1981; (3) BANERJEE & MOHRAN, 1976 e (4) HARIDASAN, 1983.

ESPÉCIE	HORIZONTE OU PARTE DO NINHO AMOSTRADOS	PH (H ₂ O)	C %	N %	C/N	P %	Na m.e.%	K m.e.%	Ca m.e.%	Mg m.e.%	LOCAL
<u>Nesutitermes triodidae</u>	I A ₁ (0 - 6 cm)	5.8	0.5	0.04	13.2	0.004	0.15	0.15	0.2	0.3	Savana australiana em
	II Galerias externas	5.6	2.7	0.10	27.0	0.011	0.04	1.00	0.2	3.2	solo laterítico (1)
<u>Macrotermes subhyalinus</u>	I A _{1.1} (0 - 7.5 cm)	5.6	2.16	0.17	12.7	0.006	0.1	2.5	12.5	3.6	Savana no Kenya em
	II Superfície do ninho	5.4	0.76	0.08	9.5	0.003	0.3	1.5	11.2	3.4	luvisol crômico (2)
<u>Odontotermes obesus</u>	I (0 - 15 cm)	5.8	1.62	0.13	12.5	0.003	-	0.19	3.3	1.3	Floresta em Dehra
	II Superfície do ninho	6.0	1.82	0.19	9.6	0.003	-	0.12	3.6	1.6	Dun (Índia) (3)
<u>Armitermes euamignathus</u>	I A ₁ (0 - 12 cm)	4.9	3.33	0.23	14.5	0.0001	-	0.16	0.15	0.1	Cerrado brasileiro em
	II Superfície do ninho	5.1	9.80	0.39	27.3	0.0002	-	0.67	5.2	1.2	latossolo vermelho - escuro (4)
<u>Proconitermes araujoii</u>	I A ₁ (0 - 12 cm)	4.8	2.26	0.17	13.3	tr	0.0007	0.18	0.1	0.1	Cerrado brasileiro em
	II Superfície do ninho	5.3	5.35	0.31	17.3	0.0001	0.0010	0.42	4.5	1.6	latossolo vermelho - escuro

tradas para outros ecossistemas tropicais. Essa deve ser a razão pela qual o solo do cerrado apresentou um teor mais alto de carbono e nitrogênio (matéria orgânica) que as outras áreas de savana na Austrália e Kenya, e na Floresta de Dehra Dun. Apesar de haver uma alta correlação entre o teor de cálcio e magnésio com a quantidade de matéria orgânica ($r = 0.84$ e $r = 0.86$, respectivamente), essa última por si só não é capaz de elevar os teores de cálcio e magnésio do solo a nível da demanda requisitada pela vegetação.

A matéria orgânica em solo de cerrado está relacionada preponderantemente à melhoria das qualidades físicas do solo, e secundariamente com a melhoria da qualidade química do mesmo.

Em algumas savanas africanas, o consumo de folheto por populações de térmitas construtores de montículos pode exceder 24% do total de folheto anualmente produzido pelo ecossistema (COLLINS, 1981). Em decorrência de uma alta eficiência de assimilação energética (93% do total consumido) e do acúmulo de fezes (nutrientes) no ninhos, o solo ficaria empobrecido de matéria orgânica e de nutrientes disponíveis às plantas (LEE, 1979).

Considerando-se que as populações de térmitas construtores estejam em equilíbrio, i.e., o número de cupinzeiros por área é constante e as taxas de reconstrução e erosão dos ninhos são semelhantes, os cupinzeiros funcionam como armazenadores e reguladores dos poucos nutrientes disponíveis nos solos lixiviados dos trópicos.

As termitárias de P. araujo são construídas de solo e matéria orgânica (fezes e saliva), e uma vez que essas estrutu-

ras sofrem ação erosiva constante, é claro que grande quantidade do material de construção dos cupinzeiros será depositada na superfície do solo. Como forma de avaliar a composição da química dos cupinzeiros em relação àquela existente na superfície do solo, calculou-se a percentagem de peso e de nutrientes dos cupinzeiros com referência à soma do total de nutrientes disponível no horizonte A_1 e nos termiteiros. De acordo com os dados obtidos das Tabelas 7 e 8, os cupinzeiros compreendem 1.8% do peso total do sistema solo do horizonte A_1 + cupinzeiros. Entretanto, os ninhos possuem 4.2% do carbono, 33% do nitrogênio, 7.2% do fósforo, 4.1% do potássio, 2.5% do sódio, 48% do cálcio, 21% do magnésio e 1.4% do alumínio trocáveis incluídos no sistema solo superficial e cupinzeiros. Esses cálculos mostram que os cupinzeiros podem ser considerados uma fonte importante de cálcio e magnésio para o solo, e que sua desintegração potencialmente incrementaria a fertilidade do solo superficial.

LEE & WOOD (1971 b) fazem cálculos semelhantes para uma espécie dominante em savana australiana, Nasutitermes triodidae, cujo peso dos cupinzeiros perfaz 2% do somatório entre o peso de solo do horizonte A_1 e o peso dos cupinzeiros dessa espécie. O maior percentual encontrado nesses ninhos foi 22% para o magnésio trocável, e o menor foi para o fósforo com 5%. Os autores discutem a questão da contribuição potencial de nutrientes do solo, mas revelam que enquanto os cupinzeiros persistirem no referido ecossistema, uma quantidade significativa de nutrientes não ficará disponíveis ao sistema radicular das plantas.

Os cupinzeiros de P. araujoii, adversamente àquelas encontrados na Austrália, possuem uma densa vegetação ao redor de

sua base, encontrando-se em alguns casos grande quantidade de raízes no centro e na porção inferior do ninho (Fig. 15).

Com morte da colônia, a vegetação tende a invadir toda a superfície, mesmo que o ninho ainda não esteja colapsado. Esse comportamento da vegetação foi observado por SALICK et al. (1983) em ninhos na Venezuela. MATHEWS (1977) também encontrou uma densa massa de raízes no interior de ninhos de Armitermes neotenicus, chegando à conclusão que a existência de uma relação simbiótica entre ambos é bastante provável.

Em locais onde a cobertura do solo pela vegetação é intensa, a formação de mosaico ambiental pelas estruturas parcialmente nuas dos cupinzeiros parece favorecer o desenvolvimento de plântulas. Nas savanas australianas a utilização dos cupinzeiros como sítio de crescimento não deve ser viável devido à grande altura dos cupinzeiros, e/ou à grande inclinação das paredes dos ninhos, conferindo-lhes assim uma forma cônica. Ademais, esses ninhos possuem densidade aparente igual a 2g/cm^3 , portanto, devem ser compactos o suficiente para não permitirem a penetração de raízes. Desta forma, faz sentido a conclusão dos autores, de que os nutrientes contidos dentro dos cupinzeiros somente estariam disponíveis às plantas quando houvesse a desintegração parcial ou total dos mesmos.

POMEROY (1976 b) conclui que a erosão dos ninhos de Macrotermes bellicosus contribui muito pouco para melhoria do estado nutricional do solo; pois o cálcio foi o único nutriente liberado pelos cupinzeiros, cujo teor poderia suprir as necessidades de culturas locais.

A tabela 8 sumariza a relação nutricional entre a biomassa



Figura 15. Evidências de raízes no interior de ninhos de Proconitermes araujo (a) e vegetação ao redor e sobre os mesmos (b).

Tabela 2: Quantidade de nutrientes no solo, na biomassa do estrato rasteiro e nos cupinzeiros de P. araujoi; e nutrientes liberados pelos cupinzeiros e pela chuva em ecossistema de cerrado. (1) Presente Estudo; (2) BATMANIAN (1983); (3) SILVA (1983).

MATERIAL	PESO SECO Kg ha ⁻¹	PESO SECO kg ha ⁻¹ a ⁻¹	QUANTIDADE DE NUTRIENTES kg ha ⁻¹ cu kg ha ⁻¹ ano ⁻¹						
			N	P	K	Na	Ca	Mg	Al
Horizonte A ₁ (0-12cm; densida de= 0.89cm ⁻³) (1)	960 x 10 ³	—	1632	0.336	68.2	0.16	17.3	12.5	91.2
Material contido nos cupinzeiros de <u>P. araujoi</u> (1982 - 1983) (1)	18000	—	55.8	0.026	2.9	tr	16.2	3.4	1.3
Material erodido dos cupinzeiros de <u>P. araujoi</u> (1)	—	993	3.1	0.001	0.2	tr	0.9	0.2	0.1
Biomassa média do estrato rasteiro (1981 - 1982) (2)	2690	—	21.0	1.1	8.8	0.08	2.6	2.0	3.3
Chuva (1656mm ano ⁻¹) (3)	—	—	—	—	5.6	2.9	1.5	5.2	—
			-----Totais-----						

sa das partes aéreas do estrato rasteiro (PPLA), o solo, os cupinzeiros de P. araujoi e a chuva em cerrado sensu stricto. Depreende-se da tabela que o conteúdo nutricional existente na biomassa rasteira é bem menor que as quantidades disponíveis no solo, exceto no caso do fósforo. Supõe-se que da mesma forma que o potássio e o sódio, haja uma entrada significativa de fósforo pela chuva (SILVA, comunicação pessoal).

Infelizmente, por não haver à disposição dados sobre o conteúdo nutricional armazenado e requisitado pelo estrato arbóreo-arbustivo podemos concluir pouco sobre a relação solo-cupinzeiro-vegetação. Entretanto, segundo os dados na Tabela 8, o elemento mais limitante para o crescimento da vegetação seria o fósforo. A erosão dos cupinzeiros de P. araujoi contribuiria com menos de 0,1% do requisitado pelo estrato rasteiro, o que é insignificante; adwersamente, contribuiria com 35% do cálcio e 10% do magnésio solicitado pela vegetação rasteira. Finalmente, para que pudéssemos estabelecer as principais vias na ciclagem de nutrientes em cerrado, seria necessário estudar a produtividade primária e queda de folhedo dos estratos rasteiros e arbóreo-arbustivo, bem como o compartimento de decompositores associados ao solo, a saber: cupins subterrâneos, ácaros, colembolos, minhocas, fungos, bactérias e outros, que permanecem em total desconhecimento nesse ecossistema.

4.6 - PROPRIEDADES FÍSICAS DOS CUPINZEIROS

O resultado das análises granulométricas das diferentes porções dos ninhos mostra que a textura da superfície, do meio e do fundo

dos cupinzeiros é semelhante. Não obstante, pode-se notar a tendência de a porção mais profunda dos cupinzeiros, apresentarem uma textura ligeiramente mais argilosa. Não existe diferença conspícua entre a textura das amostras dos cupinzeiros coletadas durante o período seco e chuvoso. Da mesma forma, a textura da superfície do solo e do solo abaixo do ninho não apresentaram grande diferença entre si. Existe somente uma tendência na diminuição do percentual de silte e um aumento no percentual de areia com o aumento da profundidade (Tabela 9).

Adversamente, LAKER et al. (1982 a), NYE (1955), HESSE (1955) encontraram um percentual de argila bem maior no centro dos ninhos; perto da câmara real e dos jardins de fungos conferindo a essas regiões dos ninhos uma maior resistência. A seleção de partículas argilosas para construção de cupinzeiros provavelmente está relacionada a existência de um solo pouco argiloso nas áreas estudadas, pois em nenhum desses locais o percentual de argila foi superior a 40%.

A comparação dos dados das Tabelas 9 e 10 mostra que o solo abaixo do ninho deve corresponder a uma mistura de solos dos horizontes A_3 e B_1 ; e que a textura dos ninhos de P. araujoii é semelhante a do solo de horizontes A_1 e A_3 .

Análises granulométricas em ninhos de Macrotermes spp. na África (HESSE, 1955; NYE, 1955; HARRIS, 1956; MALDAGUE, 1959; STOOPS, 1964) e em ninhos de diversas espécies australianas (LEE & WOOD, 1971 b) mostram que na maioria das vezes a textura dos ninhos é semelhante à do subsolo, que em geral é argiloso. Entretanto, em locais onde o solo superficial possui 40% ou mais de argila,

Tabela 9: Granulometria de diferentes partes dos cupinzeiros de Procornitermes araujoii da área do cerrado da Fazenda Água Limpa antes e no final da estação chuvosa (n=5).

COMPONENTE	CUPINZEIRO			SOLO	
	SUPERFÍCIE	MEIO	FUNDO	SUPERFÍCIE	ABAIXO DO NÍMIO
	ANTES DA CHUVA (AGOSTO 1982)				
Areia %	19	19	15	16	15
Silte %	16	12	12	16	11
Argila %	64	69	73	68	74
	FINAL DA CHUVA (FEVEREIRO 1983)				
Areia %	27	17	8	19	17
Silte %	11	15	12	12	8
Argila %	64	68	80	70	73

Tabela 10: Granulometria do solo de cerrado na Fazenda Água Limpa, segundo HARIDASAN, 1983.

VEGETAÇÃO	HORIZONTE (PROFUNDIDADE, cm)	GRANULOMETRIA (%)		
		AREIA	SILTE	ARGILA
cerrado	A ₁ (0 - 12)	18	17	65
sensu stricto	A ₃ (12 - 28)	20	13	67
	B ₁ (28 - 56)	5	13	82
	B ₂ (56-100 +)	25	20	55

a textura do ninho assemelha-se às primeiras camadas do solo. E onde não existe diferença granulométrica significativa entre os horizontes do solo é difícil precisar a fonte do material utilizado para construir os termiteiros (ROBINSON, 1958; LEE & WOOD, 1971 b e POMEROY, 1976 b). O percentual de argila no solo do cerrado sensu stricto varia de 55% no horizonte B₂ a 82% no horizonte B₁, tendo o horizonte A aproximadamente 70% de argila. Provavelmente, devido à grande quantidade de argila em todo o perfil é que P. araujoi deve utilizar preferencialmente solo dos horizontes superficiais.

A despeito das características texturais do solo, deve ser considerada a variação interespecífica. JOACHIM e KANDIAU (1940) mostram que ninhos de Odontotermes redemanni, no Ceilão, possuem mais argila e menos areia que o solo do qual eles derivam, ao passo que ninhos de O. obscuriceps não apresentam composição física diferente da do solo. Paradoxalmente, PATHAK & LEHRI (1959) encontraram um incremento significativo de argila e silte em ninhos de O. obscuriceps.

A figura 16 mostra a existência de galerias sob um ninho de P. araujoi, as quais atingem o horizonte B₂ a um metro de profundidade. Entretanto desconhece-se até que profundeza essas galerias penetram dentro do solo, e portanto até de onde ocorre transporte de material. Nas mesmas figuras pode-se notar a inexistência de inversão de perfil ou de formação de camadas anômalas de origem termítica conforme é citado por NYE (1955) e WOOD & SANDS (1978).

Pelo fato de os cupins cemetarem partículas do solo com saliva e fezes ocorre a formação de agregados que são mais difíceis

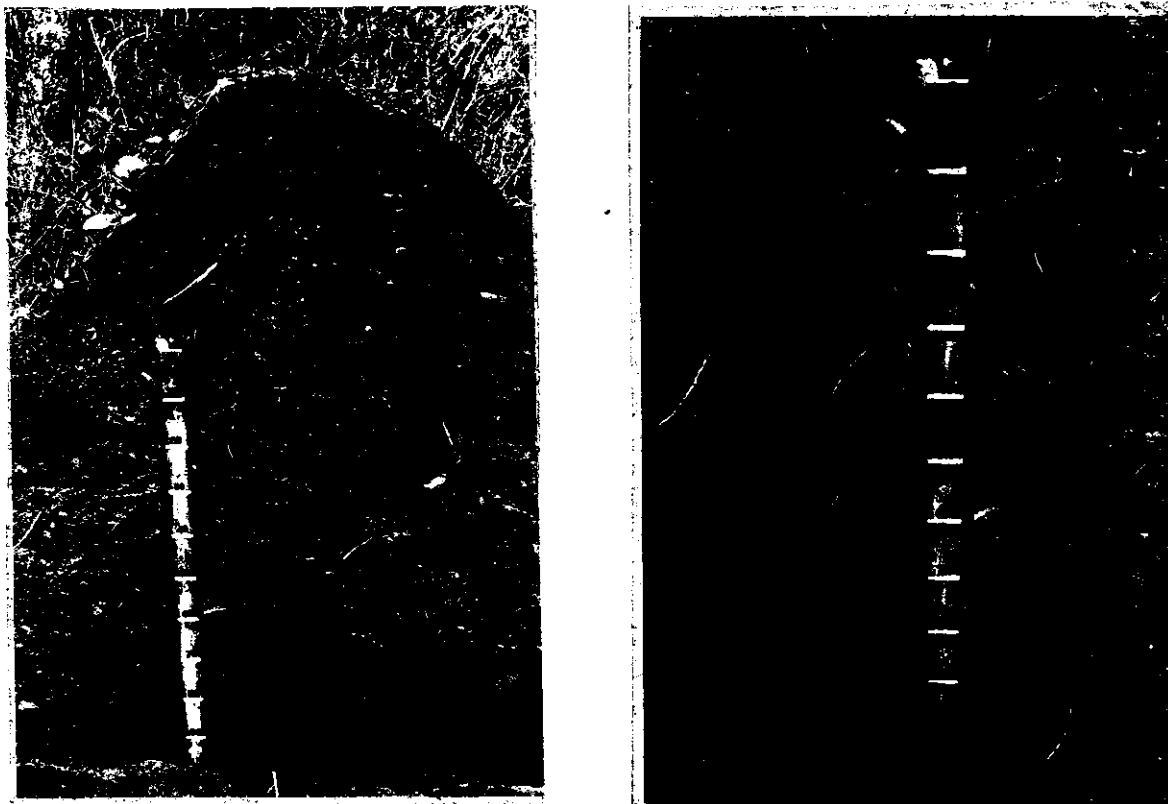


Figura 16. Corte de um cupinzeiro de Procornitermes araujoi incluindo 1 m de solo abaixo dele, evidenciando existência de galerias até o horizonte B₂ (a). De talhe do perfil de solo abaixo do cupinzeiro (b).

de serem dispersados do que os agregados do solo, sendo esses agregados menos suscetíveis à dispersão quanto maior for o teor de matéria orgânica agregada (LEE & WOOD, 1971 a). Os ninhos de P. araujoi também apresentam-se com agregados de difícil dispersão, que mesmo após a queima de matéria orgânica com 25 ml de água oxigenada permaneceram em grande parte íntegros quando observados em microscópio estereoscópico.

Nas amostras de solo, 60 a 76% da fração de partículas e agregados, cujas dimensões assemelham-se a de areia, foram prontamente dispersados após a queima. Ao passo que nas amostras de cupinzeiro a eficiência de queima e dispersão somente atingiu a faixa de 40 a 65% (Tabela 11).

A dispersão incompleta do material de cupinzeiros diminui a precisão da medida de granulometria. Por essa razão, STOOPS (1964) e LAKER et al (1982 a) atentam para a necessidade de se desenvolver métodos que agilizem a dispersão do material de cupinzeiros, melhorando assim a precisão dos resultados.

A formação de pequenos agregados nos cupinzeiros, os quais passarão ao solo após sua erosão, deve aumentar sensivelmente a quantidade de macroporos do solo, tornando-o menos compacto e com melhores características para o enraizamento das plantas. Da mesma forma que os agregados, as galerias termiticas no solo e sub solo promovem uma melhor aeração e drenagem, o que diminui a erosão por escorrimento superficial após grandes chuvas (ADAMSON, 1943).

A densidade aparente dos ninhos varia de acordo com a profundidade. Na superfície a densidade média é de $0,42 \text{ g cm}^{-3}$ (variação de $0,27$ a $0,59 \text{ g cm}^{-3}$), enquanto que a densidade no centro

Tabela 11: Granulometria das amostras antes e depois de queima (amostra de ninhos e solo da FAL)

AMOSTRAS	% DE AREIA	
	ANTES DA QUEIMA	DEPOIS DA QUEIMA
		QUEIMA EM H ₂ O ₂ E PENEIRA DE 270
	MÉTODO BOYOUCCOS	MESH
Solo superficial	14,3	5,7
Solo abaixo do ninho	17,4	4,2
Crosta do ninho	27,2	16,4
Meio do ninho	17,2	10,1
Fundo do ninho	6,6	4,9

aumenta para $0,52 \text{ g cm}^{-3}$ (variação de $0,33$ a $0,73 \text{ g cm}^{-3}$) e no fundo a densidade sobe em média para $0,61 \text{ g cm}^{-3}$ (variação de $0,36$ a $0,81 \text{ g cm}^{-3}$). A grande amplitude de variação é decorrente da diversidade de tamanhos de ninhos amostrados; pois de um modo geral os ninhos menores são menos densos. A densidade aparente do solo é maior e varia de $0,80$ a $0,87 \text{ g cm}^{-3}$. Os ninhos, apesar de apresentarem maior grau de agregação, possuem uma menor densidade em função da grande quantidade de galerias em seu interior. As densidades aparentes, encontradas por LAKER et al. (1982 a), para os cupinzeiros de Amitermes vitiosus, para as paredes dos termiteiros, i.e. excluindo as galerias internas e para o solo adjacente foram $1,48 \text{ g cm}^{-3}$; $1,70 \text{ g cm}^{-3}$ e $1,61 \text{ g cm}^{-3}$ respectivamente. Esses resultados mostram que as medidas de densidade aparente de todo o cupinzeiro são altamente influenciadas pelo grande número de galerias do interior dos ninhos e que apesar do grau de agregação de partículas nos cupinzeiros ser maior que no solo, a densidade aparente do cupinzeiro é menor que a do solo. A avaliação do grau de agregação das partículas nos cupinzeiros, ou seja, de sua compactação, pode ser feita através da medida de densidade aparente das paredes dos ninhos ou pela medida de dureza das mesmas.

A dureza das paredes dos ninhos varia de acordo com seu grau de consolidação, ou seja, se elas foram recentemente construídas, são muito friáveis, partindo-se sob leve pressão dos dedos, e se já estão velhas, resistem bem ao manuseio. Para reduzir essas variações todas as medidas foram feitas no final da estação seca (i.e. setembro), quando as paredes dos ninhos encontravam-se bem consolidadas. A resistência média a penetração (dureza) encontrada para os ninhos foi $1,725 \pm 0,470 \text{ kg cm}^{-2}$ e para o solo foi $0,450 \pm 0,350 \text{ kg cm}^{-2}$, portanto o ninho é quatro vezes mais duro que o

solo. NEGRET & REDFORD (1982) mediram a dureza de ninhos de nove espécies do cerrado sensu stricto e P. araujoi enquadrou-se em sexto lugar na ordem decrescente de dureza. As medidas efetuadas por esses autores foram realizadas no final da estação chuvosa, quando a dureza dos ninhos de P. araujoi foi igual a 9/10 daquela encontrada para o solo. Durante o pico de crescimento dos ninhos, que coincide com o início e o fim da estação chuvosa, a face interna das paredes recém construídas apresentam-se mosqueadas devido ao capeamento incompleto por material fecal. Isso nos leva a concluir que a dureza dos ninhos de P. araujoi não é devido a um simples acúmulo de terra argilosa e sim pelo uso de um cimento coloidal de origem fecal. No período chuvoso, quando os ninhos ficam frágeis e a vegetação do estrato rasteiro apresenta maior desenvolvimento (BATMANIAN, 1983), é talvez a única chance que as plantas possuem para emitir raízes na superfície e interior dos ninhos usufruindo dessa forma os nutrientes contidos em seu interior.

Devido à pouca quitinização, os cupins são insetos bastante sensíveis ao ressecamento, e através de mecanismos homeostáticos pouco conhecidos o microclima dos ninhos é mantido aproximadamente constante, onde a umidade relativa da atmosfera interna dos ninhos nunca é inferior a 96,2% (HOWSE, 1970). Como consequência desses mecanismos homeostáticos o teor de água retido no material de construção dos cupinzeiros de P. araujoi variou de 21,8% a 22,8% sendo portanto considerado constante ($P > 0.05$).

No nosso estudo não foi possível medir a capacidade de retenção de água dos cupinzeiros, todavia de acordo com as poucas informações disponíveis (PENDLETON, 1942; PATHAK & LEHRI, 1959) o

material dos cupinzeiros retém maior quantidade de água que o solo em função do acúmulo de matéria orgânica em seu interior.

Portanto, através da erosão desses cupinzeiros o solo do Cerrado recebe grânulos de matéria inorgânica fortemente cimentados por matéria orgânica, melhorando desta forma a estrutura e a capacidade de retenção de água do solo do Cerrado.

5. CONCLUSÕES

No presente trabalho, estimamos a densidade dos ninhos de P. araujoi em três formações vegetais do Cerrado, determinamos o padrão de distribuição espacial da população em cerrado sensu stricto e descrevemos as principais características dos ninhos da referida espécie. Apartir de um estudo de crescimento de ninhos, durante o período de quinze meses, e da caracterização de propriedades químicas e físicas dos cupinzeiros e do solo, determinamos a importância da espécie retromencionada no processo de formação e modificação do solo do Cerrado, dando ênfase nas características do solo como meio de crescimento para as plantas.

A densidade por hectare dos ninhos de P. araujoi em campo limpo, campo sujo e cerrado na RECOR foi 17, 22 e 86 respectivamente, chegando a constituir 9% do total de cupinzeiros ativos do cerrado. A densidade populacional de termiteiros varia com a localidade e em locais que tiveram ocorrência de fogo recente observa-se grande quantidade de ninhos inativos.

O padrão de distribuição espacial observado para os ninhos foi regular; logo, na área estudada, a espécie deve estar competindo por alimento. É importante salientar a existência de locais onde não ocorreu qualquer ninho de P. araujoi. Isto nos leva a crer que de um ponto de vista macroscópico, a população desses termiteiros distribua-se em grupos, dentro dos quais a distribuição espacial seja regular.

Os ninhos de P. araujoi abrigam quase 50% do total de espécies de cupins já citadas para o cerrado sensu stricto de

Brasília. A incidência de inquilinismo é quase absoluta, e somente em ninhos muito pequenos foi observado a inexistência de espécies de cupins inquilinos.

Os ninhos de P. araujoí geralmente encontram-se total ou parcialmente recoberto por várias (mais de 50) espécies de plantas do Cerrado, sendo portanto considerado um bom meio de crescimento para as plantas.

No interior dos cupinzeiros vivem diversas espécies de termitariófilos, geralmente insetos, que no caso especial dos cupins por vezes somam 15 espécies diferentes dentro de um mesmo ninho. A frequência de inquilinismo é bastante alta e somente ninhos muito pequenos é que mostraram-se habitados unicamente pela espécie construtora. A grande maioria das espécies inquilinas são humívoras ou alimentam-se de resíduos orgânicos parcialmente decomposto estando portanto restritas aos nichos de decompositores primários e secundários no interior dos ninhos, onde o alimento é farto e as condições microclimáticas relativamente constantes.

A espécie P. araujoí deve contribuir significativamente na dieta alimentar de tatus, tamanduás e aves, durante o período seco, quando foi observado uma alta taxa de predação sobre os ninhos (71% de ninhos esburacados). A permanência desses buracos possivelmente facilita a entrada de espécies de formigas predadoras, em especial Camponotus e Crematogaster, frequentemente cohabitando ninhos de Procornitermes.

O volume calculado é uma estimativa boa para volume, pois mostrou-se altamente ($r = 0.827$) correlacionada com o volume medido por imersão do ninho em água. O volume calculado também

mostrou-se fortemente correlacionado ($r = 0.830$) com a variável peso de ninhos, o que nos permitiu estimar uma movimentação de $9.5 \text{ t de terra ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ pela população de P. araujoi no cerrado sensu stricto da RECOR.

A taxa de crescimento relativo dos ninhos nos diferentes habitats obedeceu a seguinte ordem: campo limpo > campo sujo > cerrado, correspondendo a um aumento anual de $\pm 72\%$, $\pm 56\%$ e $\pm 41\%$ dos volumes iniciais respectivamente. Entretanto, a importância dessa espécie é maior no cerrado, onde a densidade populacional de cupinzeiros é significativamente maior que nas demais formações vegetais. O crescimento dos ninhos de cerrado apresentaram dois picos máximos de construção, os quais coincidiram com o início e o final da estação chuvosa. A construção de novas porções de ninho no auge da estação chuvosa fica impedida pois as fortes chuvas dessa época destruiria totalmente as novas galerias, que são muito frágeis logo após a sua edificação. Por outro lado a construção de novas paredes durante o período seco permitiria (facilitaria) que predadores atacassem os ninhos mais eficientemente, pois seria expor numerosos obreiros em um período onde a taxa de predação é aparentemente mais alta. Ademais, nessa época todas as colônias devem concentrar suas atenções para a produção de reprodutores alados, que devem emergir dos ninhos a partir do início da estação chuvosa, provavelmente não lhes sobrando tempo e/ou energia para aumentar as dimensões dos cupinzeiros. Coletas bimestrais não foram suficientes para que pudéssemos correlacionar atividade de construção de ninhos com variáveis climáticas, para tal acreditamos que seriam imprescindíveis o uso de metodologia mais precisa para determinação do tamanho dos ninhos, coletas semanais e um período de estudo superior a dois anos.

Comparando-se as variáveis densidade, volume e taxa de crescimento entre P. araujoi e A. euamignathus (espécies dominante em cerrado sensu stricto), concluímos que P. araujoi contribui significativamente mais para revolvimento (aeração, movimentação) do solo que A. euamignathus.

Apesar de os ninhos de Macrotermitíneos da África serem muito maiores que os de Nasutitermitíneos encontrados no Cerrado, o "standing stock" de termiteiros (quantidade de terra sob a forma termiteiro) é semelhante entre populações de Macrotermes bellicosus em Uganda e Procornitermes araujoi no Brasil. Todavia, a quantidade de terra movida por P. araujoi mostrou-se maior pois a população de M. bellicosus encontrava-se altamente afetada pela ação antropogênica, apresentando uma taxa de erosão maior que de reconstrução. O tempo estimado para que a partir da erosão de ninhos de P. araujoi pudesse ser construída uma camada de solo de 1 cm de espessura foi de 53 a 83 anos, que é mais rápido do que consta na literatura para outras espécies (100 a 800 anos). Essa alta taxa de acumulação nos horizontes superficiais, admitida para a população de P. araujoi, talvez esteja relacionada com a maior friabilidade desses ninhos, que comparativamente são menores que os da literatura, e possivelmente por uma baixa taxa de recolonização de termiteiros abandonados. Esses fatores seriam suficientes para que agentes de degradação dos termiteiros, em especial a chuva, pudessem reduzir eficientemente os ninhos, transformando-os mais rapidamente em solo.

Os ninhos de P. araujoi são menos ácidos que o solo superficial. Adversamente, os ninhos são mais ricos quanto a C,

N, P, K, Na, Ca, Mg, Mn, Cu, Zn e Fe, sendo que no caso do cálcio os ninhos apresentaram concentrações 32 a 64 vezes maior que a do solo. Esses nutrientes estão concentrados nos ninhos devido a adição de matéria orgânica de origem fecal nas paredes das galerias.

O clima quente e úmido das regiões tropicais agindo sobre um terreno antigo, lixiviaram os nutrientes do solo. Portanto, a eficiente ação dos cupins sobre o folhado e o posterior transporte dos nutrientes nele contido para estruturas que não permitam sua rápida lixiviação (cupinzeiros), talvez seja uma estratégia importante para armazenagem e regulação de nutrientes do ecossistema de Cerrado.

Os ninhos de P. araujoii contêm 21% do magnésio e 48% do cálcio disponível existente no sistema solo-cupinzeiro, i.e. percentual desses nutrientes nos cupinzeiros em relação ao total de Ca e Mg encontrados no horizonte A₁ (0-12 cm de profundidade) e nos cupinzeiros. Portanto, a desintegração de termiteiros traz um incremento considerável para a fertilidade do solo.

Adversamente ao que acontece com os cupinzeiros australianos, esses nutrientes são utilizados pelas plantas mesmo antes da desintegração total dos cupinzeiros, pois os cupinzeiros de P. araujoii frequentemente estão parcialmente cobertos pela vegetação e encerram em seu interior e base grande quantidade de raízes. Portanto, em locais onde a cobertura do solo pela vegetação é intensa, a formação de um mosaico ambiental pelas estruturas parcialmente nuas e ricas em nutrientes (cupinzeiros) parece favorecer o desenvolvimento de raízes e plântulas.

A inexistência de dados sobre o conteúdo nutricional armazenado e requisitado pelo estrato arbóreo-arbustivo impede que sejam tiradas conclusões mais abalizadas sobre a relação solo-cupinzeiro-vegetação. E, para que pudéssemos estabelecer as principais vias na ciclagem de nutrientes em Cerrado, seria necessário estudar a produtividade primária e queda de folheto dos estratos rasteiros e arbóreo-arbustivo, bem como o compartimento dos decompositores associados ao solo, a saber: cupins subterrâneos, acários, colêmbolos, fungos, bactérias e outros, que permanecem em total desconhecimento nesse ecossistema.

A textura do material constituinte dos ninhos não mostrou diferença significativa em relação a textura do solo. Estudos nesse campo, realizados na África e Austrália, apresentam conclusões de que os cupins selecionam partículas de pequeno tamanho (silte e argila) para a edificação de seus cupinzeiros, conferindo-lhes assim uma maior resistência. É interessante salientar que em nenhum desses casos a quantidade de argila do solo excedeu os 40%; e que as raras excessões citadas na bibliografia foram encontradas em solo argiloso, semelhante ao do cerrado aqui estudado, onde o percentual de argila do solo é superior a 40%. Nesses casos o uso indiscriminado de solo proveniente de qualquer horizonte já confere resistência considerável aos ninhos.

As galerias de P. araujoii avançam a mais de 1m de profundidade, o que demonstra que a ação dessa espécie está restrita aos horizontes superficiais. Apesar de cupins da espécie estudada atingirem (utilizarem) solo de horizontes profundos (B_1 e B_2) não foi evidenciada qualquer inversão desses como consta na literatura.

A atividade de cementar matéria inorgânica com produtos orgânicos (saliva e fezes) para construir cupinzeiros, origina partículas com dimensões de areia, as quais são difíceis de dispersar. Com a desagregação nos cupinzeiros, essas partículas passam a fazer parte do solo, o que deve aumentar a quantidade de macroporos deste, tornando-o menos compacto e com melhores características para o enraizamento. Analogamente, a existência de galerias termíticas no solo e subsolo promovem uma melhor aeração e drenagem do terreno, o que diminui a erosão por escoamento superficial após grandes chuvas.

A densidade aparente do ninho é menor que a do solo em função da existência de galerias no interior do primeiro. Portanto, a avaliação do grau de agregação das partículas dos cupinzeiros, ou seja, de sua compactação deve ser feita através da medida da densidade aparente das paredes dos ninhos ou pela medida de dureza das mesmas.

A dureza dos ninhos de P. araujoi é maior durante o período seco, quando as paredes internas das galerias encontram-se completamente recoberta por um cimento coloidal de origem fecal, que lhes confere uma resistência maior que um simples acúmulo de terra argilosa.

No período chuvoso, os ninhos são mais friáveis e as plantas apresentam maior desenvolvimento. Talvez essa seja a única chance que as plantas possuem para emitir raízes na superfície e interior dos ninhos, usufruindo dessa forma da umidade e dos nutrientes existentes nos cupinzeiros.

Através da erosão desses cupinzeiros o solo do Cerrado recebe grânulos de matéria inorgânica fortemente cimentados por matéria orgânica, que melhoram a estrutura e a capacidade de retenção de água no solo do Cerrado.

- ADAMSON, A.M. Termites and fertility of soils. Trop. Agric.,
Trin., 20: 107-112, 1943.
- ALLEN, S.F.; GRIMSHAW, H.M.; PARKINSON, J.A. & QUARMBY, C.
Chemical Analysis of Ecological Materials. S.E. Allen
(Ed.), Blackwell Scientific Publications, Oxford, 1974. 565p.
- ARAÚJO, R.L. Contribuição à biogeografia dos térmitas de Minas
Gerais, Brasil (Insecta, Isoptera). Archos. Inst. biol.
(São Paulo), 25: 219-236, 1958 a.
- _____. Contribuição à biogeografia dos térmitas de São
Paulo, Brasil (Insecta, Isoptera). Archos. Inst. biol.
(São Paulo), 25: 185-217, 1958 b.
- _____. Neotropical termite studies (Isoptera). Revta. bras.
Ent., 14: 11-27, 1970 a.
- _____. Termites of the neotropical region, In: KRISHNA, K. &
WEESNER, F.M. (eds) Biology of Termites. Academic Press,
New York, 1970 b, p. 527-576.
- _____. Catálogo dos Isoptera do Novo Mundo. Academia Brasi
leira de Ciências, Rio de Janeiro, 1977. 92 p.
- ARSHAD, M.A. Physical and chemical properties of termite mounds
of two species of Macrotermes (Isoptera, Termitidae) and the
surrounding soils of the semiarid savanna of Kenya.
Soil Sci., 132: 161-174, 1981.

- _____. Influence of the termite Macrotermes michaelsoni (Sjöst) on soil fertility and in a semi-arid savannah ecosystem. Agro. Ecos., 8: 47-58, 1982.
- BANDEIRA, A.G. Ecologia de cupins (Isoptera) da Amazônia Central: Efeitos do desmatamento sobre as populações. Acta amazônica, 9: 481-499, 1979.
- BANERJEE, B. Growth of mounds and foraging territories in Odontotermes redemanni (Wasmann) (Isoptera, Termitidae). Insectes soc., 2: 207-212, 1975.
- _____. & MOHAN, S.C. Some characteristics of termitaria soils in relation to their surroundings in New Forest Estate, Dehra Dun. The Indian Forester, 10: 257-263, 1976.
- BARONI-URBANI, C.; JOSENS, G. & PEAKIN, G.J. Empirical Data and Demographic Parameters, In: BRIAN, M.V. (ed), Production Ecology of Ants and Termites. Cambridge University Press, 1978, p. 5-43.
- BATMANIAN, G.J. Efeitos do fogo sobre a produção primária e a acumulação de nutrientes no estrato rasteiro de um cerrado. Brasília, 1983. Tese de Mestrado, Departamento de Biologia Vegetal, Universidade de Brasília.
- BENEMMAN, J.R. Nitrogen fixation in termites. Science, 181: 164-165, 1973.
- BODINE, M.C. & UECKERT, D.N. Effects of desert termites on herbage and litter in a short - grass ecosystem in West Texas. Journal of Range Management, 28: 353-358, 1975.

BODOT, P. Cycles saisonniers d'activité collective des termites des savanes de Basse Côte d'Ivoire. Insectes soc., 14: 359-388, 1967.

BOUILLON, A. Termites of Ethiopian region, In: KRISHNA, K. & WEESNER, F.M. (eds) Biology of Termites, Vol. II. Academic Press, New York, 1970, p. 154-197.

_____ & KIDIËRI, S. Répartition des termitières de Bellicositermes bellicosus reise Grassé et Noirot dans l'Ubangi, d'après les photos aériennes. Corrélation écologiques qu'elle révéllè, In: BOUILLON, A. (ed), Études Sur Les Termites Africains. Leopoldville Univ., Leopoldville, 1964. p. 373-376.

_____ & MATHOT, G. Observations sur l'écologie et le nid de Cubitermes exiguus MATHOT. Description de nymphes-soldats et d'un pseudimago, In: BOUILLON, A. (ed) Études Sur Les Termites Africains. Leopoldville Univ., Leopoldville, 1964. p. 215-230.

BOYER, P. Action de certains termites constructeurs sur l'évolution des sols tropicaux II. Étude particulière de trois termitières de Bellicositermes et de leur action sur les sols tropicaux. Ann.Sci.Nat.Zool., Paris, Série 12: 273-446, 1975.

BOUYOUCOS, G.J. The hydrometer method for making a very detailed mechanical analysis of soils. Soil Science, 26: 233-238, 1928.

- BRANDÃO, D. Relações espaciais de duas espécies de Syntermes (Isoptera) nos cerrados da região de Brasília. Brasília, 1983. Tese de Mestrado, Departamento de Biologia Vegetal, Universidade de Brasília.
- BREZNACK, J.A.; BRILL, W.J.; MERTINS, J.W. & COPPEL, H.C. Nitrogen fixation in termites. Nature, 244: 577-580, 1973.
- BRIAN, M.V. Social Insect Populations. Academic Press, New York & London, 1965. 135 p.
- CANCELO, E.M. Revisão do Gênero Procornitermes (Isoptera, Termitidae, Nasutitermitinae). São Paulo, 1982. Tese de Mestrado, Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo.
- CLARK, P.J. & EVANS, F.C. Distance to nearest neighbour as a measure of spatial relationship in populations. Ecology, 35: 445-453, 1954.
- CODEPLAN. Diagnóstico do Espaço Natural do Distrito Federal. Brasília, 1976. 300p.
- COLES, H.R. Defensive strategies in the ecology of neotropical termites. Southampton, 1980. Ph.D. thesis, University of Southampton.
- COLLINS, N.M. The role of termites in the decomposition of wood and leaf litter in the southern Guinea savanna of Nigeria. Oecologia (Berl.), 51: 389-399, 1981.

- CULVER, D.C. & BEATTIE, A.J. Effects of ant mounds on soils chemistry and vegetation patterns in a Colorado montane meadow. Ecology, 64: 485-492, 1983.
- DARLINGTON, J.P.E.C. Distribution and post-settlement survival in the field by reproductive pairs of Hodotermes mossambicus Hagen (Isoptera, Hodotermitidae). Insectes soc., 24: 353-358, 1977.
- DOMINGOS, D.J. Biologia, densidade e distribuição espacial de suas espécies de Armitermes (Termitidae) em cinco formações vegetais do cerrado. Brasília, 1980. Tese de Mestrado, Departamento de Biologia Vegetal, Universidade de Brasília.
- _____. O ninho de Armitermes euamignathus (Isoptera, Termitidae) características gerais, crescimento e associações. Ciência e Cultura, 35: 783-789, 1983.
- D'OREY, F.L.C. Contribution of termites to development of Cu-Ni-Co anomalies as a guide ore. Rev. Ciênc. Geol., 7: 53-60 1974.
- ETTERSHPANK, G.; ELKINS, N.Z.; SANTOS, P.E.; WHITFORD, W.G.; ALDIN, E.F. The use of termites and other soil fauna to develop soils on strip mine spoils. Research Note. RM-361. Forest Service, 1978.
- FONTES, E.M.G. Estudos ecológicos sobre o térmita arbóreo Constrictotermes cyphergaster em áreas de cerrado. Brasília, 1980. Tese de Mestrado, Departamento de Biologia Vegetal, Universidade de Brasília.

GOKHALE, N.G.; SARMA, S.N.; BHATTACHARYYA, N.G. & DUTTA, J.S.

Effect of termite activity on the chemical properties of tea soils. Sci. Cult., 24: 229-230, 1958.

HARIDASAN, M. Características físicas e químicas de cupinzeiros da região de cerrado. Relatório referente ao Processo de Auxílio à Pesquisa 40.2374/83 - CNPq, enviado àquele Conselho em 1983, 73 p.

HARRIS, W.V. Termites and the soil, In: McE KEVAN, D.K. (ed) Soil Zoology. Butterworths, London, 1955, p. 62-72.

_____. Termite mound building. Insectes soc., 3: 261-268, 1956.

HERINGER, E.P., 1971. Propagação de Espécies Arbóreas do Cerrado em Função do Fogo, do Capim, da Capina e do Aldrin, In: FERRI, M. G.; BRITO DA CUNHA, A.; LACAZ, C.S.; STRENGER, I.; SANTOS, P.S. (eds) III Simpósio sobre o Cerrado. Editora Edgard Blucher Ltda, São Paulo, 1971, p. 167-179.

HESSE, P.R. A chemical and physical study of the soils of termite mounds in East Africa. J. Ecol., 43: 449-461, 1955.

HOLE, F.D. Effects of animals on soil. Geoderma, 25: 75-112, 1981.

HOLT, J.A.; COVENTRY, R.J. & SINCLAIR, D.F. Some aspects of biology and pedological significance of mound-building termites in a red and yellow earth landscape near Charters Towers, North Queensland. Aust. J. Soil., 18: 97-109, 1980.

HOWSE, P.E. *Termites*. London, Hutchinson & CO (Publishers) LTD., 1970. 150 p.

JOACHIM, A.W.R. & KANDIAH, S. Studies on Ceylon soils XIV.

A comparison of soils from termite mounds and adjacent land. Trop. Agric. Mag. Ceylon Agric. Soc., 95: 333-338, 1940.

JOHNSON, E. A. & WHITFORD, W.G. Foraging ecology and relative importance of subterranean termite in Chihuahuan Desert ecosystems. Environmental Entomology, 4: 66-70, 1975.

KAISER, P. Anoplotermes pacificus, eine mit Pflanzenwurzeln vergesellschaftet lebende Termite. Hamburg. Zool. Mus. Inst. Mitt., 52: 77-92, 1953.

KRAMER, C.V. Extension of multiple range tests to group means with unequal number of replications. Biometrics, 12: 307-310, 1956.

LA FAGE, J.P.; HAVERTY, M.I. & NUTTING, W.L. Environmental factors correlated with the foraging behavior of a desert subterranean termite, Gnathamitermes perplexus (Banks) (Isoptera, Termitidae). Sociobiology, 2: 154-169, 1976.

LAKER, M.C.; HEWITT, P.H.; NEL, A. & HUNT, R.P. Effects of the termite Trinervitermes trinervoides Sjöstedt on the organic carbon and nitrogen contents and particle size distribution of soils. Rev. Ecol. Biol. Sol., 19: 27-39, 1982 a.

_____. Effects of the termite Trinervitermes trinervoides Sjöstedt on the pH, electrical conductivities, cation exchange capacities and extractable base content of soils. Fort Hare Papers, 7: 175-186, 1982 b.

LAMOTTE, M. The structure and function of a tropical savannah ecosystem, In: GOLLEY, F.B. & MEDINA, E. (eds) Tropical Ecological Systems. Springer Verlag, Berlin-Heidelberg, New York, 1975, 398 p.

LAVELLE, P. Les vers de terre de la savane de Lamto, In: Analyse d'un Ecosystème Tropical Humide: La Savane de Lamto. Bull. de Liaison des Chercheurs de Lamto, 1974, N^o. spéc. Fax. 5.

_____. Relations entre types écologiques et profils démographiques chez les vers de terre de la savane de Lamto (Côte d'Ivoire). Rev. Écol. Biol. Sol., 16: 85-101, 1979.

LEE, K.E. The role of invertebrates in nutrient cycling and energy flow in grasslands, In: CROSBY, T.K. & POTTINGER, R. P. (eds) Proceedings of the 2nd Australasian Conference on Grassland Invertebrate Ecology. Government Printer, Wellington, 1979, p. 26-29.

_____. The influence of earthworms and termites on soil nitrogen cycling, In: LEPRUN, P.; ANDRÉ, M.; DE MEDTS, A.; GRÉGOIRE-WIBO, C.; WAUTHY, G. (eds) Proceedings of the VIII Intl. Colloquium of Soil Zoology, Imprimeur Dieubrichart, Ottignies - Louvain - La Neuve, Belgium, 1983, P.35-48.

_____; CORRELL, R.L. Litter fall and its relationship to nutrient cycling in a South Australian dry sclerophyll forest. Australian Journal of Ecology, 3: 243-252, 1978.

_____ & BUTLER, J.H.A. Termites, soil organic matter decomposition and nutrient cycling. Ecol. Bull. (Stockholm), 25: 544-548, 1977.

_____ & WOOD, T.G. Preliminary studies of the role of Nasutitermes exitiosus (Hill) in the cycling of organic matter in a yellow podzolic soil under dry sclerophyll forest in South Australia, In: 9th Intl. Congress of Soil Science Transaction, Vol. II, 1968, p. 11-18.

_____ & WOOD, T.G. Physical and Chemical effects on soil of some Australian termites, and their pedological significance. Pedobiologia, 11: 376-409, 1971 a.

_____ & WOOD, T.G. Termites and Soils. Academic Press, London and New York, 1971 b, 251 pp.

LEONARDO, O.H.; KRONBERG, B. I. & FYFE, W.S. Biological anomalies due to termite activity (Mato Grosso, Brasil), In: International Colloquium on Petrology of Weathering and Soils, Paris, 1981, 1 p.

LEPAGE, M. Recherches écologiques sur une savane sahélienne du Ferlo septentrional, Sénégal: influence de la sécheresse sur la peuplement en termites. Terre et la Vie, 28: 76-94, 1974.

LEPRUN, J.C. ~~et al.~~ Termites mineralogy and distribution of Macrotermes in western Senegal near Cap. Verde. Insectes soc., 23: 535-547, 1976.

- MALAISSSE, F.; FRESON, R.; GOFFINET, G. & MALAISSSE-MOUSSER, M.
Litter fall and litter breakdown in Miombo, In: GOLLEY, F.
B. & MEDINA, E. (eds) Tropical Ecological Systems, Springer
Verlag, Berlin-Heidelberg, New York, 1975, 398 p.
- MALDAGUE, M.E. Analyses de sols et matériaux de termitières du
Congo Belge. Insectes soc., 6: 343-359, 1959.
- MATHEWS, A.G.A. Studies on Termites from Mato Grosso State,
Brazil. Academia Brasileira de Ciências, Rio de Janeiro,
1977. 267 p.
- MATSUMOTO, T. The role of termites in an equatorial rain forest
ecosystem of west Malaysia. Oecologia (Berl.), 22: 153-178,
1976.
- MIEDEM, A.R. & VAN VUNRE, W. The morphological, physical and
chemical properties of two mounds of Macrotermes bellicosus
(Seathman) compared with surrounding soils in Sierra Leone.
J. Soil. Sci., 28: 112-124, 1967.
- MIELKE, A.W. Termitaria and shifting cultivation. Tropical
Ecology, 19: 117-121, 1978.
- MURRAY, J. A. An investigation of the interrelationship of the
vegetation, soil and termites. S. Afr. J. Sci., 35: 288,
1938.
- NEGRET, H. R. C. & REDFORD, K. H. The biology of nine termite
species (Isoptera, Termitidae) from cerrado of Central
Brazil. Phyche, 89: 81-106, 1982 .

- NEGRET, A.J.F. & FILGUEIRAS, T.S. Aspectos da fauna e flora da Reserva Ecológica do Roncador, Brasília, D.F. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 1981. Relatório não publicado.
- NYE, P.H. Soil forming processes in the Humid Tropics. The action of the soil fauna. J. Soil Sci., 6: 73-83, 1955.
- PARKER, L.W.; FOWLER, H.G.; ETTERS HANK, G. & WHITFORD, W.G., 1982. The effects of subterranean termite removal on desert soil nitrogen and ephemeral flora. Journal of Arid Environments, 5: 53-59, 1982.
- PARO, P.E.C. Estudos preliminares sobre a distribuição espacial e a importância ecológica dos cupins (Insecta, Isoptera) em um ecossistema de cerrado. Rio Claro, S.P., 1980. Trabalho de Formatura, Curso de Ecologia, Instituto de Biociências, Universidade Estadual de São Paulo.
- PATHAK, A. N. & LEHRI, L.K. Studies on termites nests I. Chemical, physical and biological characteristics of a termitarium in relation to its surroundings. Journal of the Indian Society of Soil Science, 7: 87-90, 1959.
- PENDLETON, R.L. Importance of termite in modifying certain Thailand soils. J. Am. Soc. Agron., 34: 340-344, 1942.
- POMEROY, D.E. Studies on a population of large termite mounds in Uganda. Ecological Entomology, 1: 49-61, 1976 a.
- _____. Some effects of mound-building termites on soil in Uganda. Journal of Soil Science, 27: 377-394, 1976 b.

- _____. The distribution and abundance of large termite mounds in Uganda. Journal of Applied Ecology, 14: 465-475, 1977.
- PULLAN, R.A. Termite hills in Africa: Their characteristics and evolution. Cetena, 6: 267-291, 1979.
- RATTER, J.A. Notes on the vegetation of Fazenda Água Limpa. Royal Botanic Garden, Edinburgh, 1980, 111 p.
- REDFORD, K.H. The termitaria of Cornitermes cumulans (Isoptera, Termitidae) and their role in determining a potential keystone species. Biotropica (1984) no prelo.
- ROBINSON, J.B.D. Some chemical characteristics of soils in Kenya Coffee Fields. Journal of Soil Science, 9: 58-65, 1958.
- ROY-NOËL, J. Termites and Soil Properties, In: HUXLEY, P.A. (ed) Proceedings of the Soils Consultative Meeting, 1979, International Council for Research in Agroforestry, Nairobi, Kenya, p. 271-295.
- SALICK, J.; HERRERA, R. & JORDAN, C.F. Termitaria: Nutrient patchiness in nutrient-deficient rain forest. Biotropica, 15: 1-7, 1983.
- SANDS, W.A. Nest structure and size distribution in the genus Trinervitermes (Isoptera, Termitidae, Nasutitermitidae) in West Africa. Insectes soc., 8: 177-186, 1961.

_____. Termite distribution in man-modified habitats in West Africa, with special reference to species segregation in the genus Trinervitermes (Isoptera, Termitidae, Nasutitermitidae). Journal of Animal Ecology, 34: 557-571, 1965.

_____. Termites as pests of tropical food crops. Pestic. Abstr., 19: 167-177, 1973.

SAMRA, J.S.; TANDON, P.L.; TAKUR, R.S. & CHADHA, K.L.

Comparison of physico-chemical characteristics of the soils of termite galleries and the surrounding soils in mango orchards. Ind. J. Agric. Sci., 49: 892-895, 1979.

SCHAEFER, D.A. & WHITFORD, W.G. Nutrient cycling by subterranean termite Gnathamitermes tubiformans in Chihuahuan Desert ecosystem. Oecologia (Berl.), 48: 277-283, 1981.

SILVA, I.S. da. Alguns aspectos da ciclagem de nutrientes em uma área de cerrado (Brasília, D.F.): Chuva, precipitação e decomposição de litter. Brasília, 1983. Tese de Mestrado. Departamento de Biologia Vegetal, Universidade de Brasília.

SKAIFE, S.H. Dwellers in Darkness: An introduction to the study of termites. Longmans Green & CO., Londres, 1955. 134 p.

SLEEMAN, J.R. & BREWER, R. Micro-structure of some Australian termite nests. Pedobiologia, 12: 347-373, 1972.

- STOOPS, G. Application of some pedological methods to the analysis of termite mounds, In: BOUILLON A. (ed) Études Sur Les Termites Africains. Masson et Cie. Paris, 1964, p. 379-398.
- SYS, C. The importance of termites in the formation of latosols. Afr. Soils, 3: 393-395, 1955.
- TRAPNELL, C.G.; FRIEND, M.T.; CHAMBERLAIN, G.T. & BIRCH, H.F. The effects of fire and termites on Zambian woodland soil. The Journal of Ecology, 64: 577-578, 1976.
- TROLL, C. Termitensavannen, In: Landkundlichen Forschrift Festschrift für Norbert Krebs. Englehorn, Stuttgart, 1936, p. 275-312.
- VALIACHMEDOV, B.V. Termites Acanthotermes ahngerianus (Isoptera, Termitidae) and their influence on takyr formation in south-western Tadjikistan (Central Asia). Pedobiologia, 4: 242-254, 1981.
- WALKLEY, A.J. & BLACK, I.A. An examination of degtjareff method of determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Sci., 37: 29-38, 1934.
- WATSON, J.P. 1960. Some observations on soil horizons and insect activity in granite soils, In: Proc. 1st Fed. Sci. Cong. Rhodesia and Nyasaland, 1. 1960, p. 271-276.

_____. The soil below a termite mound. J. Soil Sci., 13: 46-51, 1962.

_____. The composition of termite (Macrotermes spp.) mounds on soil derived from basic rock in three rainfall zones of Rhodesia. Geoderma, 14: 147-158, 1975.

_____. Water movement in two termite mounds in Rhodesia. J. Ecol., 55: 663-660, 1969.

_____. Termite relation to soil formation, ground, water and geochemical prospecting. Soil Fert., 37: 111-114, 1979.

_____. The use of mounds of termites Macrotermes falciger (Gerstaecker) as a soil amendment. J. Soil Sci., 28: 664-672, 1977.

WHEELER, W.M. Ecological relationship of Ponerinae and other ants to termites. Proc. Am. Acad. Arts Sci., 71: 159-243, 1936.

WILLIAMS, M.A.J. Termites and soil development near Block Creek, Northern Territory. Aust. J. Sci., 31: 153-154, 1968.

WOOD, T.G. The effects of clearing and grazing in the termite fauna (Isoptera) of tropical savannas and woodlands, In: VAREK, J. (ed) Progress in Soil Zoology. Prague: Academia (Czechoslovak Academy of Sciences), 1975, p. 409-417.

_____. The role of termites in decomposition processes, In: ANDERSON, J.M. & MacFADYEN, A. (eds) The Role of Terrestrial and Aquatic Organism in Decomposition Processes. Blackwell, Oxford, 1976, p. 145-168.

_____ & LEE, K.E. Abundance of mounds and competition among colonies of some Australian termite species. Pedobiologia, 11: 341-361, 1971.

_____ & SANDS, W.A. The role of termites in ecosystems, In: BRIAN, M.V. (ed) Production Ecology of Ants and Termites. Cambridge University Press, 1978, p. 245-292.

YAKUSHEV, V.M. Influence of termite activity on the development of laterite soil. Soviet Soil Sci., 1968: 109-111, 1968.

ANEXO

Tabela I: Variação de pH (em água) no solo e ninho durante o período de estudo.

PARTE	MAIO (n=2)	1982	NOVEMBRO (n=10)	1983
		AGOSTO (n=10)		FEVEREIRO (n=10)
Crosta do ninho	5,20 BCa	5,38 Bb	5,28 Bab	5,38 Db
Meio do ninho	5,30 Cb	5,37 Bb	5,43 Cb	5,08 Ca
Fundo do ninho	5,30 Cb	5,54 Cc	5,24 Bb	4,79 Ba
Solo superficial	4,90 Abc	5,02 Ac	4,86 Ab	4,53 Aa
Solo sob ninho	5,10 Bc	5,33 Bd	4,92 Ab	4,71 Ba

As médias da mesma coluna que apresentam letras maiúsculas iguais e as médias da mesma linha que apresentam letras minúsculas iguais não diferem significativamente ($\alpha = 0,05$) entre si pelo teste de KRAMER (1956).

Tabela II: Variação do pH (em KCl) no solo e ninho durante o período de estudo.

PARTE	MAIO (n=2)	1982	NOVEMBRO (n=10)	1983
		AGOSTO (n=10)		FEVEREIRO (n=10)
Crosta do ninho	4,05 Aa	4,09 Aa	4,05 Aa	4,16 BCa
Meio do ninho	4,10 Aab	4,20 Ab	4,14 Bb	4,02 Aa
Fundo do ninho	4,00 Aa	4,18 Aa	4,05 Aa	4,05 ABa
Solo superficial	4,15 Aa	4,16 Aa	4,19 Ba	4,16 BCa
Solo sob ninho	4,25 Aab	4,37 Bb	4,24 Ba	4,24 Ca

As médias de mesma coluna que apresentam letras maiúsculas iguais e as médias da mesma linha que apresentam letras minúsculas iguais não diferem significativamente ($\alpha = 0,05$) entre si pelo teste de KRAMER (1956)

Tabela III: Variação da concentração (%) de carbono orgânico no solo e ninho durante o período de estudo

PARTE	MAIO (n=2)	1982	NOVEMBRO (n=10)	1983
		AGOSTO (n=10)		FEVEREIRO (n=10)
Crosta do ninho	5,67 Bab	4,69 Ca	6,02 Cbc	6,73 Dc
Meio do ninho	5,55 Bb	2,78 Ba	5,95 Cb	5,37 Cb
Fundo do ninho	1,92 Aa	2,41 Bab	3,52 Bb	3,06 Bab
Solo superficial	2,29 Aa	2,10 Ba	2,43 Aa	2,30 Aa
Solo sob ninho	1,58 Aab	0,93 Aa	1,84 Ab	1,76 Ab

As médias de mesma coluna que apresentam letras maiúsculas iguais e as médias da mesma linha que apresentam letras minúsculas iguais não diferem significativamente ($\alpha = 0,05$) entre si pelo teste de KRAMER (1956).

Tabela IV: Variação na concentração (%) de nitrogênio no solo e ninho durante o período de estudo.

PARTE	MAIO (n=2)	1982	NOVEMBRO (n=10)	1983
		AGOSTO (n=10)		FEVEREIRO (n=10)
Crosta do ninho	0,28 BCa	0,33 Ca	0,33 Ca	0,31 Ca
Meio do ninho	0,35 Cb	0,26 Ba	0,33 Cb	0,31 Cb
Fundo do ninho	0,21 ABA	0,19 Aa	0,20 Ba	0,20 Ba
Solo superficial	0,20 ABa	0,15 Aa	0,16 ABa	0,15 Aa
Solo sob ninho	0,15 Aa	0,11 Aa	0,14 Aa	0,11 Aa

As médias de mesma coluna que apresentam letras maiúsculas iguais e as médias de mesma linha que apresentam letras minúsculas iguais não diferem significativamente ($\alpha = 0,05$) entre si pelo teste de KRAMER (1956).

Tabela V: Variação na concentração (meq/100g) de alumínio no solo e ninho durante o período de estudo. (Valores determinados por titulação)

PARTE	MAIO (n=2)	1982		1983	
		AGOSTO (n=10)	NOVEMBRO (n=10)	FEVEREIRO (n=10)	FEVEREIRO (n=10)
Crosta do ninho	0,88 Aa	0,81 Ba	0,89 ABb	0,78 ABa	0,78 ABa
Meio do ninho	0,80 Aa	1,33 Ca	0,97 ABCa	1,38 Ca	1,38 Ca
Fundo do ninho	1,35 Aa	0,96 Ba	1,29 Ca	1,38 Ca	1,38 Ca
Solo superficial	1,13 Aa	0,97 Ba	0,73 Aa	1,08 BCa	1,08 BCa
Solo sob ninho	0,58 Aa	0,42 Aa	1,08 BCb	0,60 Aa	0,60 Aa

As médias de mesma coluna que apresentam letras maiúsculas iguais e as médias de mesma linha que apresentam letras minúsculas iguais não diferem significativamente ($\alpha = 0,05$) entre si pelo teste de KRAMER (1956)

Tabela VI: Variação na concentração (meq/100g) de alumínio no solo e ninho durante o período de estudo. (Valores determinados por espectrofotometria de absorção)

PARTE	MAIO (n=2)	1982		1983	
		AGOSTO (n=10)	NOVEMBRO (n=10)	FEVEREIRO (n=10)	FEVEREIRO (n=10)
Crosta do ninho	55 Aa	63 ABa	85 Aa	75 Aa	75 Aa
Meio do ninho	50 Aa	97 Cb	87 Aab	153 BCc	153 BCc
Fundo do ninho	109 Aab	77 BCA	134 Bb	176 Cc	176 Cc
Solo superficial	89 Aab	91 BCab	72 Aa	128 Bb	128 Bb
Solo sob ninho	47 Aa	36 Aa	104 ABb	67 Aa	67 Aa

As médias de mesma coluna que apresentam letras maiúsculas iguais e as médias da mesma linha que apresentam letras minúsculas iguais não diferem significativamente ($\alpha = 0,05$) entre si pelo teste de KRAMER (1956).

Tabela VII: Variação na concentração (ppm) de fósforo no solo e ninho durante o período de estudo.

PARTE	MAIO (n=2)	1982			1983
		AGOSTO (n=10)	NOVEMBRO (n=10)	FEVEREIRO (n=10)	
Crosta do ninho	0,66 Aa	2,95 Db	0,71 ABa	0,47 Aa	
Meio do ninho	2,95 Bc	1,84 Cb	1,16 Ba	0,60 Aa	
Fundo do ninho	1,32 ABa	0,99 Ba	1,03 Aba	0,40 Aa	
Solo superficial	0,66 Aa	0,59 Aa	0,07 Aa	0,07 Aa	
solo sob ninho	0,66 Aa	0,00 Aa	0,20 Aa	0,00 Aa	

As médias da mesma coluna que apresentam letras maiúsculas iguais e as médias da mesma linha que apresentam letras minúsculas iguais não diferem significativamente ($\alpha = 0,05$) entre si pelo teste de KRAMER (1956).

Tabela VIII: Variação na concentração (ppm) de potássio no solo e ninho durante o período de estudo.

PARTE	MAIO (n=2)	1982			1983
		AGOSTO (n=10)	NOVEMBRO (n=10)	FEVEREIRO (n=10)	
Crosta do ninho	123 ABa	157 Ba	122 ABa	120 Ba	
Meio do ninho	279 Ba	167 Ba	186 BCa	148 Ba	
Fundo do ninho	118 ABa	122 Ba	208 Ca	101 ABa	
Solo superficial	66 Aa	94 ABa	46 Aa	79 ABa	
Solo sob ninho	39 Aa	27 Aa	59 Aa	28 Aa	

As médias da mesma coluna que apresentam letras maiúsculas iguais e as médias da mesma linha que apresentam letras minúsculas iguais não diferem significativamente ($\alpha = 0,05$) entre si pelo teste de KRAMER (1956).

Tabela IX: Variação na concentração (ppm) de sódio no solo e ninho durante o período de estudo.

PARTE	MAIO (n=2)	1982		1983 FEVEREIRO (n=10)
		AGOSTO (n=10)	NOVEMBRO (n=10)	
Crosta do ninho	0,17 Aa	0,31 Cb	0,19 ABa	0,21 Ca
Meio do ninho	0,29 ABb	0,27 BCb	0,18 ABa	0,18 BCa
Fundo do ninho	0,38 Bb	0,23 Ba	0,23 Ba	0,22 Ca
Solo superficial	0,29 ABb	0,12 Aa	0,13 Aa	0,13 ABa
Solo sob ninho	0,21 ABa	0,12 Aa	0,12 Aa	0,08 Aa

As médias da mesma coluna que apresentam letras maiúsculas iguais e as médias da mesma linha que apresentam letras minúsculas iguais não diferem significativamente ($\alpha = 0,05$) entre si pelo teste de KRAMER (1956)

Tabela X: Variação na concentração (ppm) de cálcio no solo e ninho durante o período de estudo.

PARTE	MAIO (n=2)	1982		1983 FEVEREIRO (n=10)
		AGOSTO (n=10)	NOVEMBRO (n=10)	
Crosta do ninho	782 Ba	544 Ba	1270 Bb	975 Cab
Meio do ninho	1256 Bc	254 Aa	1462 Bc	672 Bb
Fundo do ninho	81 Aa	117 Aa	144 Aa	189 Aa
Solo superficial	7 Aa	17 Aa	23 Aa	24 Aa
Solo sob ninho	6 Aa	5 Aa	35 Aa	25 Aa

As médias da mesma coluna que apresentam letras maiúsculas iguais e as médias da mesma linha que apresentam letras minúsculas iguais não diferem significativamente ($\alpha = 0,05$) entre si pelo teste de KRAMER (1956).

Tabela XI: Variação na concentração (ppm) de magnésio no solo e ninho durante o período de estudo.

PARTE	1982		NOVEMBRO (n=10)	1983	
	MAIO (n=2)	AGOSTO (n=10)		FEVEREIRO (n=10)	
Crosta do ninho	182 Bab	133 Ba	281 Bc	201 Bb	
Meio do ninho	247 Bc	61 Aa	244 Bc	170 Bb	
Fundo do ninho	23 Aa	25 Aa	63 Aa	44 Aa	
Solo superficial	10 Aa	7 Aa	18 Aa	15 Aa	
Solo sob ninho	4 Aa	5 Aa	37 Aa	3 Aa	

As médias da mesma coluna que apresentam letras maiúsculas iguais e as médias da mesma linha que apresentam letras minúsculas iguais não diferem significativamente ($\alpha = 0,05$) entre si pelo teste de KRAMER (1956).

Tabela XII: Variação na concentração (ppm) de manganês no solo e ninho durante o período de estudo.

PARTE	1982		NOVEMBRO (n=10)	1983	
	MAIO (n=2)	AGOSTO (n=10)		FEVEREIRO (n=10)	
Crosta do ninho	51,9 Ba	51,7 Ca	56,6 Ba	48,8 Ca	
Meio do ninho	78,3 Cc	27,6 Ba	51,9 Bb	43,4 Cb	
Fundo do ninho	14,6 Aa	15,3 Aa	18,1 Aa	16,8 Ba	
Solo superficial	10,4 Aa	9,4 Aa	11,8 Aa	13,3 ABa	
Solo sob ninho	5,0 Aa	3,6 Aa	11,0 Aa	13,1 ABa	

As médias da mesma coluna que apresentam letras maiúsculas iguais e as médias da mesma linha que apresentam letras minúsculas iguais não diferem significativamente ($\alpha = 0,05$) entre si pelo teste de KRAMER (1956).

Tabela XIII: Variação na concentração (ppm) de cobre no solo e ninho durante o período de estudo.

PARTE	MAIO (n=2)	1982		1983	
		AGOSTO (n=10)	NOVEMBRO (n=10)	FEVEREIRO (n=10)	FEVEREIRO (n=10)
Crosta do ninho	1,14 Ba	1,09 Ba	0,96 Ca	0,96 Ba	0,96 Ba
Meio do ninho	1,06 Ba	0,96 Ba	0,99 Ca	0,95 Ba	0,95 Ba
Fundo do ninho	1,14 Ba	1,01 Ba	0,96 Ca	0,93 Ba	0,93 Ba
Solo superficial	0,90 ABa	0,73 Aa	0,71 Ba	0,70 Aa	0,70 Aa
Solo sob ninho	0,65 Aa	0,63 Aa	0,48 Aa	0,72 Aa	0,72 Aa

As médias da mesma coluna que apresentam letras maiúsculas iguais e as médias da mesma linha que apresentam letras minúsculas iguais não diferem significativamente ($\alpha = 0,05$) entre si pelo teste de KRAMER (1956).

Tabela XIV: Variação na concentração (ppm) de zinco no solo e ninho durante o período de estudo.

PARTE	MAIO (n=2)	1982		1983	
		AGOSTO (n=10)	NOVEMBRO (n=10)	FEVEREIRO (n=10)	FEVEREIRO (n=10)
Crosta do ninho	2,72 Aa	4,20 Ba	3,41 Ba	3,12 Aa	3,12 Aa
Meio do ninho	3,95 Aa	2,11 ABa	2,94 ABa	2,42 Aa	2,42 Aa
Fundo do ninho	1,68 Aab	4,01 Bb	1,30 ABa	0,81 Aa	0,81 Aa
Solo superficial	0,93 Aa	0,88 Aa	0,64 Aa	0,88 Aa	0,88 Aa
Solo sob ninho	0,80 Aa	0,50 Aa	0,98 Aa	0,70 Qq	0,70 Qq

As médias da mesma coluna que apresentam letras maiúsculas iguais e as médias de mesma linha que apresentam letras minúsculas iguais não diferem significativamente ($\alpha = 0,05$) entre si pelo teste de KRAMER (1956).

Tabela XV: Variação na concentração (ppm) de ferro no solo e ninho durante o período de estudo.

PARTE	MAIO (n=2)	1982		1983 FEVEREIRO (n=10)
		AGOSTO (n=10)	NOVEMBRO (n=10)	
Crosta do ninho	324 Bab	345 Bb	226 Ba	727 Dc
Meio do ninho	279 Baa	299 Bb	209 Ba	536 Cc
Fundo do ninho	255 ABa	283 Ba	239 Ba	465 Eb
Solo superficial	188 ABab	127 Aa	138 Aa	245 Ab
Solo sob ninho	122 Aa	91 Aa	131 Aa	222 Ab

As médias da mesma coluna que apresentam letras maiúsculas iguais e as médias de mesma linha que apresentam letras minúsculas iguais não diferem significativamente ($\alpha = 0,05$) entre si pelo teste de KRAMER (1956).