

Universidade Federal do Amazonas - UFAM
Programa de Pós-graduação em Biologia e Recursos Naturais
Mestrado em Agricultura no Trópico Úmido – ATU

**DINÂMICA DOS NUTRIENTES EM CAPOEIRAS E FLORESTAS EM
SAVANAS DE RORAIMA.**

VIVIANY MARIA BEZERRA FREITAS

Manaus, Amazonas
2008

VIVIANY MARIA BEZERRA FREITAS

**DINÂMICA DOS NUTRIENTES EM CAPOEIRAS E FLORESTAS EM
SAVANAS DE RORAIMA.**

ORIENTADOR(A): Dra. Sonia Sena Alfaia

CO-ORIENTADOR: Dra. Katell Uguen

FONTE FINANCIADORA: CAPES (Bolsa de mestrado)

Plano apresentado ao Programa Integrado de Pós-Graduação em Biologia Tropical e Recursos Naturais do convênio INPA/UFAM, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em CIÊNCIAS AGRÁRIAS, área de concentração em AGRICULTURA NO TRÓPICO ÚMIDO

Manaus, Amazonas
2008

Freitas, Viviany Maria Bezerra

Dinâmica dos nutrientes em capoeiras e floresta nas ilhas de floresta das savanas de Roraima/ Freitas, Viviany Maria Bezerra – Manaus: INPA/UFAM, 2008.

—p.ilust,

Dissertação de Mestrado – Área de concentração: Agricultura no Trópico úmido

1. Ilhas de Floresta 2. Nitrogênio 3. Fertilidade.

CDD

Sinopse:

Estudou-se a dinâmica dos nutrientes e as características do nitrogênio no solo nas cronossequência das capoeiras e floresta em três comunidades indígenas das savanas do Estado de Roraima.

Palavras-chave:

Ilhas de floresta, solos, amônio e nitrato, teores de nutrientes.

*Dedico,
As pessoas mais importantes na minha vida,
meus pais Riba e Leu e aos meus queridos
irmãos, Junior, Rafael e Daniel.*

Agradecimentos

A Deus, primeiramente pela força e sustento espiritual para suportar as adversidades de está “longe de casa” e saúde por realizar o trabalho proposto.

Ao Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA, em especial ao Programa de Pós-Graduação em Agricultura no Trópico Úmido pela oportunidade e estrutura.

À. Dr^a. Sônia Sena Alfaia pela orientação, pela paciência, conhecimentos repassados e colaboração no decorrer deste trabalho.

À Dr^a. Katell Uguen pela apoio de Co-orientação.

Ao projeto *Guyagrofor*, pela realização deste trabalho nos sistemas produtivos dos povos indígenas e quilombolas das savanas roraimenses.

À CAPES, pela concessão da bolsa de estudo.

A gestora do Laboratório Temático de Solo e Planta (LTSP)-INPA, M.Sc Tânia Pimentel, pelo apoio para que os trabalho fosse realizado nas dependências do laboratório.

Aos técnicos e bolsistas do LTSP – INPA, pela colaboração e ajuda para realização deste trabalho. A dona Bené pelas conversas e ajuda durante a execução do trabalho. Em especial, ao técnico Edivaldo Chaves pelos ensinamentos, assistência, colaboração, carinho e amizade para comigo nas dependências do laboratório, bem como pela ajuda precisa e necessária as coletas de campo. E ao técnico da Estação Experimental de Fruticultura João Bosco, pelo apoio logístico necessário as visitas de campo, ao repasse de sua experiência e cooperação que foram fundamentais na conclusão do trabalho de campo, e pelo seu carinho e amizade para comigo.

Ao projeto *Guyagrofor*, que visa apoiar os sistemas produtivos dos povos indígenas e quilombolas através da integração de conhecimentos técnicos e tradicionais para formulação de alternativas sustentáveis de manejo da terra.

A comunidade da Terra Indígena Araçá pela autorização de fundamental importância para execução deste trabalho, pelo carinho, a ajuda durante meu período de coleta em cada comunidade visitada. Aos tuxauas da T.I. Araçá (Adelinaldo, Avelino Gilmário, José Carlos e José Nilton), as pessoas da comunidade que me acompanharam durante as coletas de campo: S. Flávio, S. Gilmar, José Carlos, S. Enio, aos técnicos e estudantes; Marcelo, Geronildo, e Tonyélison e Daniel dentre muitos outros, àqueles que me deram apoio como o pastor José Lito, D. Edineusa, D. Maricélia, D. Marliza, as professoras. Enfim a todos das T.I. Araçá.

Ao Inpa-Roraima pelo apoio, em especial ao Leovone pela sua dedicação e ajuda, tão

necessária.

À secretaria e aos professores do curso de Agricultura no Trópico Úmido - ATU, pela ajuda e acrescentar conhecimento em minha acadêmica, especialmente a Elaine.

À M. Sc Marta Ayres pelo apoio, orientação e colaboração fundamental para este trabalho

A todos os meus colegas da turma de mestrado pela satisfação e convivência, em especial ao Eleano, Eduardo, Julio e Marcos.

Aos amigos que encontrei em Manaus, Helo, Joaquim, Lena, Charles, Vilma, Lucas, Danival, Dani, Zeca dentre outros. E a Sayuri, ou “pituka”, que desde o início em Manaus estava presente, obrigada por pela ajuda, paciência, por me escutar quando nervosa, e no apoio imprescindível na execução do trabalho.

Ao André Luis, pelo apoio incondicional, incentivo, carinho, compreensão e principalmente o seu respeito perante minha ausência, e sempre estava disposto a me dar força por me fazer pensar que tudo dará certo.

À minha família pelo apoio, incentivo, amizade e compreensão pela ausência.

Enfim, a todos que direta ou indiretamente colaboraram na realização deste trabalho.

AGRADEÇO

“..... um semeador saiu a semear. E, semeando, parte da semente caiu ao longo do caminho; os pássaros vieram e a comeram. Outra parte caiu no solo pedregoso, onde não havia muita terra, e nasceu logo, porque a terra era pouco profunda. Logo, porém que o sol nasceu, queimou-se por falta de raízes. outras sementes caíram sobre os espinhos: os espinhos cresceram e a sufocaram. Outras enfim, caíram em terra boa: deram frutos, cem por um, sessenta por um, trinta por um.....”

Em agradecimentos a todos da Terra Indígena Araçá pela realização do
trabalho.

RESUMO

As savanas amazônicas fazem parte de um ambiente com grande biodiversidade. O Estado de Roraima possui a maior área contínua de savana da Amazônia, denominada regionalmente de “lavrados”. Estas áreas englobam paisagens com áreas de transição florestas-savanas caracterizadas por um solo fértil para o cultivo agrícola, denominadas de ilhas de mata ou de floresta. O uso intensivo destas ilhas de florestas por agricultores indígenas tem levado a queda da fertilidade do solo e substituição da sua vegetação natural por áreas de capoeira. Grande parte deste processo se dá em função do pouco conhecimento que ainda existe com relação à dinâmica e estrutura do solo presente nestas ilhas de floresta. O presente estudo teve como objetivo, avaliar as características de fertilidade do solo presente na ilha de floresta com enfoque na dinâmica do nitrogênio (N). O trabalho foi desenvolvido em três comunidades da Terra Indígena (T.I.) Araçá, em áreas de savana presentes no Estado de Roraima. Em cada comunidade foram selecionadas áreas de capoeira com diferentes idades (2, 5, 10 e 20 anos), sendo realizada a coleta de amostras de solo em períodos sazonais distintos (início do período chuvoso, período chuvoso e no período da seca). O delineamento experimental consistiu de três parcelas de 45 x 50 m, onde foram selecionados quatro pontos para coleta de solo para o estudo da dinâmica do nitrogênio (profundidade de 0-5, 5-10 e 10-20 cm) e dez pontos para o estudo da fertilidade (profundidade 0-10, 10-20 e 20-30 cm). Os resultados indicaram que com relação ao nitrogênio mineral, durante o período chuvoso houve predominância de amônio (NH_4^+) em relação ao nitrato (NO_3^-) na camada superficial do solo (0-5 cm). Durante o período seco foram observados, independente da profundidade de solo analisada, as menores concentrações de NH_4^+ . Quando considerado a cronologia das áreas estudadas (capoeira e floresta), foi registrada uma maior concentração de NO_3^- nas áreas mais antigas, sugerindo uma imobilização do N nos processos iniciais de conversão da floresta em capoeira. Apesar de serem caracterizados como arenosos, tanto os solos da capoeira e da floresta apresentaram boa disponibilidade de macro-e micronutrientes. Este fato pode estar associado a uma maior quantidade e qualidade nutricional da liteira presentes nestas áreas. Com relação ao pH, quanto maior a idade do solo da capoeira ou floresta, maiores foram os valores de pH observados. Os teores de macro e micronutrientes do solo variaram conforme a idade da área de coleta, os níveis de nutrientes recuperaram seus estoques. A análise do solo nas ilhas de floresta mostrou haver uma relação entre os níveis de nutrientes no solo e a idade das capoeiras. Portanto, os níveis de nitrogênio e nutrientes do solo recuperam seus estoques de acordo com a maior idade das capoeiras. O uso de áreas com idade superior a 10 anos poderá garantir a sustentabilidade do agroecossistema.

ABSTRACT

The Amazon savanna is enclosed in an environment of high biodiversity. The State of Roraima has the largest continuum area of savanna in the Amazonia Region, it being locally called as “lavrados”. These areas contain transition portions between the forest and savanna denominated as forest island. The forest island is characterized by a mineral-rich soil used for agriculture. The intensive use of forest island soil to agriculture practices by indian tribes, has provoked the loss of soil fertility and the substitution of the natural vegetation by secondary forest species. Part of this problem is due our low knowledge about the forest island soil structure and dynamics. The present study aimed to evaluate the soil fertility with special focus in the nitrogen (N) dynamic in forest island areas. The work was carried out in three Indian communities present in savanna areas of Roraima State. In each community, it was selected areas of secondary forest with different chronology (2, 5, 10, and 20 years), with soil being collected in different seasons (beginning of rainy season, rainy season, and wet season). The experimental design consisted of three samples with 45 x 50 m, in which it was selected four points for soil sampling to analyze nitrogen dynamic (samples of 0-5, 5-10, and 10-20 cm deep) and ten points for soil fertility evaluation (sample of 0-10, 10-20, and 20-30 cm deep). The results showed that during the rainy season, the ammonium (NH_4^+) level was higher than the nitrate (NO_3^-) level, mainly in the most superficial soil sample (0-5 cm). Independently of the soil sample deep, it was observed during the wet season the lowest NH_4^+ level. Taking into account the area chronology (forest and secondary forest), it was registered a higher level of NO_3^- in older areas, suggesting an N immobilization during the forest to secondary forest conversion. In spite of being characterized as sandy soil, both soils i.e. in the forest and secondary forest showed a considerable availability of macro- and micronutrients. This fact may be associated to a better nutrient quality and quantity in the litter portion. In relation to the pH, older areas, both in forest and secondary forest, showed higher pH values. Macro- and micronutrients levels varies according to the type of soil analyzed (forest or secondary forest), and with the soil age. The island forest soil analyses demonstrated a relation between the soil nutrient level and the secondary forest chronology. It means that, the soil nutrient and nitrogen stocks were recuperated with the secondary forest chronology. The use of areas older than 10 years might be able to guarantee the agroecosystem sustainability.

1. INTRODUÇÃO

A região amazônica possui a maior floresta tropical do mundo e concentra a maior biodiversidade de ecossistemas terrestres. São encontradas diferentes formas de ecossistemas florestais, dentre eles, floresta de terra firme, floresta de várzea, floresta de igapó, savanas, campinaranas entre outras formando um mosaico florestal (Silva *et al.*, 2004). A sustentação e manutenção deste mosaico de ecossistemas é garantida através de um eficiente sistema de ciclagem de nutrientes nos quais nutrientes armazenados na biomassa das plantas e animais são disponibilizados para o solo através da atividade de microrganismos e bioprodutos da sua decomposição (Sanchez, 1997). Além disso, a matéria orgânica acumulada sobre o solo tem papel de grande importância na sua estruturação e proteção contra o impacto da água, aumentando a resistência contra a erosão (Paul & Clark, 1996).

Assim como observado em outros ecossistemas florestais, a interrupção deste sistema de ciclagem de nutrientes em função da conversão da floresta amazônica em áreas agropecuárias provoca a redução da produtividade e da fertilidade dos solos nos ecossistemas amazônicos (Demattê, 1988; Margulis, 2003). Como resultado, o agricultor acaba migrando para uma nova área dando início a um novo ciclo de derrubada e queimas sucessivas da floresta para estabelecimento de novos plantios agrícolas. Esta prática é conhecida como agricultura itinerante (Mesquita *et al.*, 1998; Altieri, 2000).

As classes de solos mais encontradas na região amazônica são os Latossolos e Argissolos. Estes tipos de solo são caracterizados pela sua elevada acidez, pobreza de nutrientes, baixa reserva mineral e baixa capacidade de troca catiônica (Franken *et al.*, 1985, Sanchez *et al.*, 1995, Vieira & Santos, 1987). Entre os nutrientes, o nitrogênio é um dos elementos mais limitante da produtividade agrícola nos solos amazônicos (Vitousek, 1984; Sanchez *et al.*, 1983). Uma das principais fontes de nitrogênio no solo é a decomposição do material orgânico e a fixação biológica do nitrogênio (Sanchez, 1981). Em sistemas agrícolas, o nitrogênio pode ser incorporado no solo através da adubação verde com leguminosas. Nas capoeiras, o enriquecimento por leguminosas é uma alternativa promissora para o manejo sustentável do solo. (Nair, 1990; Stute, 1995).

Como os demais Estados da Região Norte do Brasil, o Estado de Roraima apresenta um variado conjunto geomorfológico da Amazônia com diferentes espaços fisionômicos representados por florestas, campinas-campinaranas e savanas ou cerrados. Entre estes, as

savanas destacam-se como um dos ecossistemas mais importantes do Estado de Roraima correspondendo a uma área uma superfície de 43.197 Km² (correspondente a 19% do Estado). Este ecossistema é caracterizado principalmente por espécies herbáceas fechadas comuns nas regiões tropicais, formando mosaicos de vegetação e crescendo em solos caracterizados por baixos teores de nutrientes, matéria orgânica e com alta saturação de alumínio (Barbosa & Miranda, 2005; Vale Júnior & Souza, 2005; Barbosa *et al.*, 2007). As savanas de Roraima são denominadas de “lavrado”, onde estão rodeadas por pequenas áreas de floresta ou “ilhas”, matas de galeria e buritizais (Sette-Silva, 1997; Barbosa & Miranda, 2005).

Aproximadamente 46% da área do Estado de Roraima (104.000 km²) é legalmente reconhecido como Terra Indígena (TI). Nas TI's localizadas no ecossistema prevalente de savana, as áreas utilizadas para agricultura são áreas de floresta, ou “ilhas de mata” geralmente localizadas no entorno de cursos de água ou em pé de serra. Isso faz com que os problemas de escassez de áreas florestais para atividades agrícolas tradicionais, sejam percebidos de forma mais aguda nas áreas de savana e com maior densidade populacional. Uma das principais preocupações ambientais é o uso das “ilhas” de floresta (na região de savanas) para as roças tradicionais de coivara (*derruba e queima*), pois estas ilhas possuem área limitada e também são valorizadas por seus recursos madeireiros, utilizados no cotidiano das comunidades, tal como nas construções de moradias, cercas, currais, lenha, entre outros. Os agricultores indígenas percebem o problema da diminuição das ilhas de mata disponíveis, junto à queda da fertilidade do solo, associada a ciclos de pousio cada vez mais curtos.

Em função da extensão territorial ocupada pela formação de savanas, e pela necessidade da busca de alternativas para melhoria destas áreas no Estado de Roraima o presente trabalho pretende estudar a dinâmica do nitrogênio, bem como avaliar as características químicas e físicas do solo neste ecossistema. O projeto foi desenvolvido de forma pioneira nas Ilhas de floresta em região de savanas, e pretende subsidiar informações técnicas que contribuam para melhoria do manejo e fertilidade do solo neste ecossistema, cuja área sofre grande pressão da agricultura itinerante. O estudo faz parte do um projeto mais amplo de pesquisa denominado “*Guyagrofor* - Development of Sustainable Agroforestry Systems Based on Indigenous and Maroon Knowledge in the Guyana Shield Region” e intitulado no Brasil de “Wazaka’ye” (“árvore da vida” na língua makuxi). O projeto tem financiamento da Comunidade Européia e visa apoiar os sistemas produtivos dos povos indígenas e quilombolas através da integração de conhecimentos técnicos e tradicionais para formulação de alternativas sustentáveis de manejo da terra.

2.OBJETIVOS

2.1. Geral

Avaliar as características dos solos com enfoque na dinâmica do nitrogênio em diferentes sistemas de uso da terra (floresta e capoeiras) em ilhas de floresta na região de savana do Estado de Roraima.

2.2. Específicos

- Determinar as características de fertilidade do solo e sua distribuição nos sistemas de capoeiras com diferentes idades de pousio e floresta.

- Determinar as formas e os teores do nitrogênio mineral (N mineral) no solo e seus teores em três épocas do ano nos sistemas de capoeiras com diferentes idades de pousio e floresta.

- Determinar as taxas de transformação do N mineral do solo em três épocas do ano.

3. REVISAO DE LITERATURA

3.1. As savanas e a agricultura indígena no Estado de Roraima

3.1.1. As savanas roraimenses

A expressão savana tem sido utilizada por botânicos e geógrafos para descrever tanto fisionomias quanto tipos de vegetação (Eiten, 1982; Haridasan, 1992). Bem como também para descrever áreas com vegetação arbóreo-arbustiva com gramíneas de porte herbáceo (Sarmiento, 1990). As savanas amazônicas são estruturalmente similares as do Brasil Central (cerrados) e os organismos que habitam este tipo de formação estão sujeitos aos efeitos das flutuações ambientais. No entanto, são classificadas de forma distintas em relação ao clima,

características de solo, composição de espécies (Eiten, 1978; Miranda 1998; Barbosa *et al.*, 2005; Barbosa & Miranda, 2005).

A maior área contínua de savana natural na Amazônia ocorre no Estado de Roraima (Miranda & Absy 1997). O Estado possui uma superfície de 225.116 Km², representando 2,64% do território nacional e 5,81% da Região Norte e apresenta o mais variado conjunto geomorfológico da Amazônia e que vai de florestas úmidas densas a formações campestres de savana, estas ganham destaque por corresponderem aproximadamente a 19% da área total do Estado (Silva, 1997; Barbosa, 2003; Barbosa *et al.*, 2005; Barbosa *et al.*, 2007). Ao longo da paisagem roraimense, as savanas são regionalmente denominadas de “lavrados” e são adjacente ao complexo do “Rio Branco-Rupununi” entre Brasil e Guiana, onde apresentam mosaicos de vegetação, destacando-se: ilhas de mata, matas de galeria e matas serranias (Barbosa, 2003; Barbosa *et al.*, 2005).

Estudos geomorfológicos explicam a formação das savanas roraimenses e originalmente estão associadas a processos de erosão, deposições cíclicas e alternâncias climáticas. Esta constituição é explicada através de ascensões ocorrida entre os tabuleiros florestados de Manaus até a área colinosa dos campos de Boa Vista pela identificação nas mudanças paisagem e geoecológicas da formação do relevo de Roraima ao longo dos anos. Juntamente com os tabuleiros da formação de Alter do Chão (Pará), dominados por florestas amazônicas densas e diversas, abordam as colinas onduladas da depressão intermontana conhecida pela formação de Boa Vista ou Campos de Boa Vista ou ainda, Campos de São Marcos (Barbosa *et al.*, 2005).

Em geral, os solos em áreas de savanas possuem baixa fertilidade natural, são distróficos com elevada saturação por alumínio, ácidos e com deficientes de matéria orgânica (Sarmiento, 1984; Cochrane, 1990; Sarmiento, 1990). Normalmente são solos arenosos e nas áreas há uma sensível redução de precipitações o que fixa “velhos redutos” conhecido como “lavrado” e fatores como profundidade efetiva, drenagem, presença de concreções no perfil e diferenciação das áreas férteis dão um caráter de diversidade tanto dos seus solos quanto da fisionomia da vegetação (Eiten, 1972; Haridasan, 1992; Sette-Silva, 1993; Ab’Saber, 1997). Em muitos casos a diversidade dos solos roraimense é explicada pela natureza do material de origem, bem como as condições climáticas que ao longo dos anos formaram estes solos (Sette-Silva, 1993; Ab’Saber, 1997). Algumas áreas ou “ilhas” é possível apresentar o caráter eutrófico, ou seja, maior teor de nutrientes devido à influência das rochas de origem vulcânica com as áreas de sedimentação ou várzeas (Sarmiento, 1990; Sette-Silva, 1993; Desjardins *et al.*, 1997; Miranda, 1998; Vale Júnior & Sousa, 2005).

As “ilhas” fazem parte da extensão do lavrado roraimense e são chamadas de “ilhas de mata” e nelas há maior heterogeneidade de vegetação o que influencia tanto na quantidade como na composição dos nutrientes (Oliveira *et al.*, 2005). Dessa forma, o solo possui maior teor de nutrientes e coincide com manchas de solos mais férteis, porém, ainda não está claro se esta relação é causa ou consequência da maior cobertura arbórea (Sarmiento, 1990; Desjardins *et al.*, 1997; Barbosa *et al.*, 2005). O que diferencia do solo do lavrado, pois são considerados solos de baixa fertilidade e conseqüentemente a prática da agricultura fica inviável nesses locais.

3.1.2. A agricultura indígena no Estado de Roraima

O sistema tradicional de uso da terra praticado pelas populações indígenas durante séculos, permitiu a subsistência dessas populações sob condições ambientais adversas, sem depender de insumos externos. Esse sistema consiste na derruba e queima de florestas e as áreas utilizadas são deixadas em descanso após dois a quatro anos de cultivos devido à redução das reservas orgânicas e minerais do solo. Os agricultores mantêm as terras em *descanso* ou *pousio*, onde uma vegetação secundária denominada regionalmente como *capoeira* cresce espontaneamente. A utilização das áreas para cultivo agrícola limita-se há alguns anos, portanto a reestruturação das áreas em florestas secundárias é rápida (Fearnside, 1999; Alfaia & Souza, 2002).

Nas comunidades indígenas de Roraima, a prática da derruba e queima para implantação dos roçados é realizada nas ilhas de mata, matas de encosta ou áreas de mata ciliar. A agricultura indígena é também chamada de agricultura de coivara. O local onde se abre um roçado é em geral na floresta. Após a derruba, a limpeza é feita primeiramente com o fogo e depois com a coivara, onde os galhos não queimados são agrupados e queimados novamente (Leonel, 2000). A queimada é realizada alguns meses depois da derrubada para que a vegetação remanescente diminua a umidade. Com o passar dos anos o tempo do pousio nas ilhas de floresta vem diminuindo e tem levado a degradação do solo e a diminuição das atividades produtivas na comunidade indígenas (Oliveira Júnior *et al.*, 2005).

Segundo Ribeiro (1997), na região dos cerrados de Roraima através de instrumentos como batedores-trituradores, moedores, pilão e pontas de ossos polidos foi possível constatar a presença de caçadores, coletores e pescadores praticantes de horticultura ou agricultura incipiente. A agricultura indígena, praticamente masculina, era alta em termos de

produtividade e de forma inconsciente havia uma relação entre a produção calórica e custo energético (Albert, 1997).

Nas Terras Indígenas (T.Is) dos lavrados de Roraima, os índios são agricultores, pescadores, caçadores e coletores. Os modos de produção tradicionais não são mais capazes de atender as necessidades das populações indígenas em crescimento. Algumas modificações têm sido introduzidas pelas próprias comunidades e/ou por instituições governamentais para suprir essa necessidade. Algumas comunidades utilizam roças comunitárias ou individuais no cultivo de culturas tradicionais (*Manihot esculenta*), milho (*Zea mays*), melancia (*Citrulus vulgaris*), abacaxi (*Ananas comosus*), jerimum (*Cucurbita* spp.), feijão - caupi, cará (*Dioscorea trifoliata*), batata doce (*Ipomea batatas*) e pimenta (*Capsicum* spp.). Algumas comunidades produzem hortaliças e frutas tanto para subsistência como para a venda. Atualmente, há experiências de utilização da mecanização, porém, ainda não foi feita uma avaliação dos resultados obtidos, contudo tem levado cada vez mais a fixação das comunidades indígenas bem como aumento da população (Oliveira Júnior *et al.*, 2005).

3.2. Nitrogênio no solo

3.2.1. O nitrogênio

O nitrogênio é um ametal de símbolo químico N e é o elemento mais abundante da atmosfera terrestre. Apresenta-se na forma de dois isótopos estáveis e na forma de gás nitrogênio (N₂). O nitrogênio molecular possui alta energia de ligação, e isso dificulta sua reação com outras substâncias, quando em condições normais, é relativamente inerte aos reagentes. Aproximadamente 78 % do nitrogênio se constituiem do volume atmosférico e é o sexto em abundância no universo quando comparado com os demais elementos. No solo, o aproximadamente cerca de 95% do nitrogênio se encontra na forma orgânica e os demais na forma mineral e está sujeito a processos que resultam em transformações de formas orgânicas em inorgânicas e vice-versa, e assim podem redundar em ganhos ou perdas do sistema (Swift *et al.*, 1979; Raij, 1991). Trata-se de um elemento ativo na constituição de moléculas biológicas vitais, como aminoácidos e ácidos nucleicos. Além do nitrogênio, outros elementos como carbono, enxofre e fósforo compõem os tecidos celulares e são essenciais ao ciclo de vida de plantas, animais e microorganismos. Estes elementos são transformados e disponibilizados nos ecossistemas através dos ciclos biogeoquímicos (Kilham, 1994; Vitousek *et al.*, 1997).

Nos ecossistemas, a entrada de nitrogênio pode ocorrer pelo ingresso no sistema por deposições atmosféricas, pela fixação biológica do N₂ atmosférico, de forma simbiótica ou não, especialmente entre raízes de leguminosas e alguns microrganismos, pelas adubações químicas ou orgânicas, e ainda em menor proporção pelo intemperismo das rochas. Por outro lado as perdas de N do sistema podem ocorrer por remoção pela culturas e outros mecanismos de perda como lixiviação e a volatilização (Kilham, 1994; Vitousek *et al.*, 1997; Cantarella, 2007).

No início do século XX, teve início a fabricação de uso de fertilizantes nitrogenado sintético e este elemento passou a ser utilizado em grandes quantidades na agricultura moderna e vem sendo empregado em grande escala (Cantarella, 2007). Para Mosier & Galloway (2005), o aumento da produção agrícola é resultante do uso de fertilizantes nitrogenados e permitiu sustentar cerca de 40% da população do planeta nos últimos 25 anos, o que sem este insumo não seria viável. Contudo quando utilizado em quantidades excessivas ou condições desfavoráveis, o N pode ser perdido ou transferido para outros locais dos ecossistemas e se transformando como poluente para o sistema de produção.

No Brasil, o impacto das atividades humanas, como a conversão do uso da terra e mudanças na cobertura vegetal em áreas de savanas (cerrados) e também de floresta de terra-firme amazônica, tem provocado alterações na paisagem e conseqüentemente a modificação a dinâmica de nutrientes nesses sistemas. Neste contexto o uso dessas áreas cada vez mais utilizadas para finalidades agrícolas acompanhado pelo aumento populacional, maior intensidade de tecnologias na área agrícola, consumo do uso de fertilizantes nitrogenados são os pivôs centrais das alterações do ciclo do nitrogênio (Melillo, 1996; Filloso *et al.*, 2006). Contudo, em se tratando de escala global sem a intervenção humana, não há N disponível ao ambiente capaz de sustentar a população humana, já que o nitrogênio é considerado como elemento chave da produtividade nos ecossistemas. Áreas como, África, Ásia e América latina são exemplos da insuficiência de N nas atividades agrícolas (Filloso *et al.*, 2006; Galloway *et al.*, 2004; Cantarella, 2007).

Pelo envolvimento do N nas principais reações químicas em plantas e microrganismo nos ecossistemas em si, é fundamental o entendimento da dinâmica do nitrogênio, e com isso fornecer subsídios para o manejo adequado da agricultura juntamente com informações de fertilidade do solo envolvidos pelos efeitos da ciclagem do N nos ecossistemas terrestres. E assim, pode melhor compreender os impactos gerados pelo uso da terra e gerar informações

enfoquem o funcionamento e a manutenção da sustentabilidade das savanas amazônicas, em especial nas capoeiras e “ilhas de mata” que fazem parte do cenário das savanas roraimense.

3.2.2. Dinâmica do nitrogênio no solo: formas e processos

A matéria orgânica, proveniente de animais e plantas, principalmente de plantas fixadoras de nitrogênio são fontes de nitrogênio (N_2) para o solo. Algumas bactérias podem absorver o nitrogênio na sua forma gasosa presente na atmosfera através de simbiose com microrganismo. A transformação do nitrogênio orgânico até a forma mineral depende da qualidade nutricional da matéria orgânica, da atividade microbiana e de fatores ambientais tais como temperatura, umidade e aeração (Sanchez, 1981; Heal *et al.*, 1997; Hood, 2001).

A forma assimilável do nitrogênio (N) pelas plantas é através dos íons minerais, principalmente amônio (NH_4^+) e nitrato (NO_3^-). As reações bioquímicas que ocorrem durante a decomposição da matéria orgânica no solo disponibilizam a forma assimilável do N, em especial a mineralização, (Swift *et al.*, 1979; Raij, 1991).

A mineralização do nitrogênio orgânico ocorre em duas etapas: a amonificação e a nitrificação ambas realizadas por microorganismos. Durante a amonificação, o nitrogênio orgânico é transformado em amônio (NH_4^+) pela ação de microrganismos heterotróficos e durante a nitrificação, o amônio é transformado em nitrato pela atividade de bactérias dos gêneros *Nitrosomas* e *Nitrobacter*. As bactérias *Nitrosomas* oxidam NH_4^+ em nitrito (NO_2^-) e as bactérias *Nitrobacter* oxidam o NO_2^- em nitrato (NO_3^-). As etapas ocorrem mesmo em solo de pH ácido, devido à presença de bactérias nitrificantes (Malavolta *et al.*, 1997; Prasad & Power, 1997; Cantarella, 2007).

Em geral a mineralização do N é regulada por fatores edafoclimáticos e pela qualidade da matéria orgânica. A relação C/N é um indicador de qualidade de um material orgânico. Assim sendo, na maioria das vezes quanto menor a relação, maior a qualidade de nitrogênio maior a taxa de decomposição (Heal *et al.*, 1997). De maneira temporária, os microorganismos da biota do solo podem imobilizar N na sua biomassa; o N ficara disponível para as plantas somente após a morte e decomposição dos mesmos. Quando o teor de N no substrato é baixo ($C/N > 25$), a biota imobiliza o nitrogênio, quando o teor de N é maior ($C/N < 25$), os microrganismos podem mineralizar o N diretamente sem imobilizar (Swift *et al.*, 1979; Marchner, 1995).

A atividade microbiana do solo e as variações ambientais influenciam diretamente o ciclo do N. A acidez, por exemplo, afeta os processos biogeoquímicos e limita a nitrificação (Paul & Clark, 1996; Siqueira *et al.*, 1999). A taxa de nitrificação diminui quando o valor do pH em água é inferior a 6 e é estabilizado quando o pH é inferior a 4,5 (Adams & Martin, 1984). Portanto, a calagem é uma prática que pode aumentar a disponibilidade de N no solo (Oliveira *et al.*, 2002).

As ações antrópicas favorecem o excesso de nitrogênio no solo, em geral pelo uso de fertilizantes agrícolas (Van Miergroet & Johnson, 1993). Nos agrossistemas é muito comum o nitrato (NO_3^-) ser lixiviado. Já nos ecossistemas florestais, essa lixiviação é reduzida devido à presença da matéria orgânica do solo e à ciclagem de nutrientes eficiente (Schubart *et al.*, 1984; Luizão & Luizão, 1997 Schort *et al.*, 2000).

3.2.3. O ciclo do N, com ênfase nas savanas

Nos ecossistemas florestais a ciclagem de nutrientes constitui-se numa das funções mais importantes na regulação do funcionamento e do desenvolvimento dos ecossistemas principalmente quando comparados aos sistemas agrícolas. Nos ecossistemas amazônicos, a sustentação e a manutenção do sistema são mantidas pela entrada e saídas dos nutrientes, um exemplo a ser citado é a agricultura itinerante praticada na região (Schubart *et al.*, 1984; Nair *et al.*, 1999; Schort *et al.*, 2000; Brocki, 2001; Gallardo-Ordinola, 2004).

Segundo Brocki (2001), na Amazônia a agricultura é caracterizada principalmente pela derruba-queima, seguido de pousio dando lugar a uma nova paisagem denominadas capoeiras. Como conseqüências há perdas de nitrogênio tanto para a atmosfera como por lixiviação. Durante o início do preparo das áreas cultivadas estima-se que aproximadamente 95% do nitrogênio sejam perdidos durante a preparação. Contudo, sabe-se que inicialmente a disponibilidade do mesmo é elevada em fase inicial de mineralização e logo perdida (Vitousek *et al.*, 1987; Hölscher *et al.*, 1997)

A disponibilidade no N é diferenciada quando comparado os estoques de nitrogênio nas áreas de capoeira e ecossistema florestado (mata primária). Como por exemplo, na mata primária diz-se que as baixas perdas e baixas entradas de nutrientes mantém o ecossistema em equilíbrio devido à participação dos ciclos biogeoquímicos, diferentemente das capoeiras em que as atividades antrópicas interferem constantemente em seus ciclos, inclusive do

nitrogênio, e assim a demanda por nitrogênio tende a aumentar com acúmulo de biomassa (Snedaker, 1980; Jordan, 1989; Sprent, 1996).

É cada vez mais usual a presenças antrópicas nos ecossistema, e o mesmo vem ocorrendo nas savanas amazônicas. Com destaque ao estado de Roraima, que apresenta a maior área contínua de savana natural da Amazônia (Miranda & Absy, 1997). A atividade antrópica nas savanas roraimenses é datada desde 1787 com início dos sistemas agropastoris com a utilização do fogo na abertura de roça e pastos (RADAMBRASIL, 1975; Desjardins *et al.*, 1997).

Nessas áreas de savanas a intervenção do ecossistema resulta em modificações dos ciclos biogeoquímicos. Quando comparado o ciclo do N entre floresta de terra firme e savanas (cerrado) foram observados que durante a estação seca o a mineralização foi baixa para ambos os sistema. No enquanto período de transição de seca para chuvoso a mineralização foi alta em terra firme, na savana no período da chuva ocorreu o processo de imobilização enquanto que no período chuvoso a mineralização foi alta (Marrs *et al.*, 1991; Nardoto, 1998). Vale ressaltar que os resultados foram procedidos de queimas e indica que houve uma redução nas taxas de mineralização no cerrado submetido a queimadas prescritas queima sucessiva (Kozovitz *et al.*, 1996)

Com aproximadamente 46% da área do Estado de Roraima é legalmente reconhecido como Terra Indígena (TI) é comum na região a pratica da agricultura corte-queima praticada pelos índios na região. A intensificação dessas atividades de roça e pastos às savanas, está mais sujeitas as flutuações ambientais já que se trata de um ambiente de formação abertas (Oliveira Junior *et al.*, 2005). No entanto, as roças são instaladas em “ilhas de mata” possuem área limitada e também são valorizadas por seus recursos madeireiros, utilizados no cotidiano das comunidades, tal como nas construções de moradias, cercas, currais, lenha, entre outros. Os agricultores indígenas percebem o problema da diminuição das ilhas de mata disponíveis, junto à queda da fertilidade do solo, associada a ciclos de pousio cada vez mais curtos. E assim compreender o dinamismo do nitrogênio nas áreas de savanas, em comparação as capoeiras e mata perante a forma de agricultura pratica nas áreas indígenas.

3.2.4. A interação entre N com outros nutrientes

A interação entre os nutrientes no solo pode ser classificada de forma positiva ou negativa, e geralmente ocorre quando o suprimento de nutriente influi na absorção, distribuição ou funcionalidade de outros elementos envolvidos por interações. As interações são denominadas específicas ou não-específicas, quando os nutrientes envolvidos possuem propriedades físico-químicas similares são caracterizadas como específicas, do contrário quando os nutrientes envolvidos interferem na deficiência ou excesso de outro são classificadas como não-específicas (Cantarella, 2007). As interações que envolvem o N são denominadas como não-específicas, pois além do N está em maior quantidade nas plantas, o mesmo pode ser absorvido tanto como ânion (NO_3^-) e cátion ((NH_4^+)), o que pode haver limitações de competitividade ou não quando absorvidos (Wilkinson *et al.*, 2000).

Um efeito freqüente de ação mútua com N é o fósforo (P). Sabe-se há um aumento significativo na absorção de P quando este é empregado junto com N amoniacal (Kamprath, 1987). Em termos de energia, sabe-se que o fósforo tem a função transferir energia para dentro das células (ATP e NADPH) e como N constitui parte das biomoléculas (aminoácidos, proteínas e ácidos nucléicos), ambos estão interligados com atividades enzimáticas nas células (Marchner, 1995). Este processo tem sua importância na Fixação Biológica do Nitrogênio (FBN), devido ao ajuste do N com a disponibilidade de fósforo, o mesmo favorece a ativação do gene responsável pela síntese da nitrogenase (Schimel *et al.*, 1997). No solo, o N apresenta um ciclo dinâmico devido a sua mobilidade, enquanto que o P apresenta menor mobilidade no solo e maior na planta (Campos *et al.*, 2005) e nos ecossistemas florestais aproximadamente 80% do N e P encontram-se na biomassa florestal (Juo & Manu, 1996).

Em termos quantitativos a relação do N e potássio (K) é comum, já que ambos são os nutrientes mais absorvidos pelas plantas em geral (Cantarella, 2007). Já com o cálcio (Ca) a associação esta por conta da estrutura da parede celular (Larcher, 2000). Outra associação existente fica por conta do N e enxofre (S), pois a deficiência do S diminui a produção de aminoácidos e proteínas (constituída de N), ou seja, como o S é constituinte de aminoácidos (proteínas cisteína e metionina), exerce função de canalizadores orgânicos e também substituem o grupo heme necessário a fixação biológica do N_2 (Malavolta *et al.*, 1997; Cantarella, 2007).

Já o cálcio é adsorvido aos grupos OH pirrólicos, carboxílicos e fosforilados e na forma de oxalato, carbonato e fosfato de cálcio. Quantidades de cálcio associam-se à parede celular, especialmente em leguminosas, o que promoveria maior retenção deste a planta

(Larcher, 2000). Ao estudar o estoque de nutrientes em uma floresta de terra firme em RO, Martinelli *et al.* (2000), constataram que aproximadamente 50% do total de Ca provinha de cerca de 10 % das árvores do ecossistema, ou seja, o uso intensivo das áreas prejudicaria além dos estoque de Ca, diminuiria os estoques de Mg e P.

As raízes grossas e finas, segundo Hart *et al.* (2002) e Gallardo-Ordinola (2004) dizem que a concentração de nutrientes nas raízes além de serem participativas na formação da matéria orgânica, e por assim fornecedor de nutriente e controle do pH no solo. Como por exemplo, o N parece ser maior em húmus proveniente de raízes finas, o Ca e P parecem ser maiores em cascas de raízes que no lenho.

Segundo Cantarella (2007), o efeito do pH na rizosfera é influenciado pela absorção do N e conseqüentemente afeta na dos outros nutrientes. Assim sendo, quando há assimilação de N na forma de nitrato , ocorre alcalinização na rizosfera enquanto que a absorção do amônio provoca aumento da acidez.

Essas interações são importantes, pois levam ao estabelecimento de equilíbrio do N com os demais nutrientes, quando os mesmo são postos em condições favoráveis. Devido à relação de disponibilidade do N influenciar na produtividade primária, no crescimento das espécies vegetal e sua composição e nos ciclos biogeoquímicos.

3.3. A fertilidade nos solos de savanas

3.3.1. Contextualização

Existe a necessidade do conhecimento mais detalhado das características e propriedades químicas e físicas dos solos nos biomas brasileiros, em especial o bioma savânico, já que seus solos são considerados de baixa fertilidade, pH ácido, alto teor de alumínio, baixa disponibilidade de nutrientes dentre outras (Carvalho, 2006).

Nas savanas roraimense a diversidade dos solos é caracterizada pela natureza do material de origem, bem como as condições climáticas que ao longo dos anos formaram solos de baixa fertilidade natural, ácidos e baixo teor de matéria orgânica. No entanto, algumas áreas apresentam caráter eutrófico devido à influência das rochas de origem vulcânica e as áreas de sedimentação ou várzeas (Sette-Silva, 1993; Ab'Saber, 1997; Miranda, 1998; Vale Júnior & Sousa, 2005). De acordo com o projeto RADAM-BRASIL na região de Roraima foi possível fazer um levantamento quanto às associações das classes de solo da região com

variação entre Argissolos e Latossolos. As classes de solos são associadas às unidades geomorfológicas (Vale Junior, 2005). Apesar das savanas apresentarem uma diversidade vegetal baixa, as árvores no meio da vegetação herbácea acomodam um solo de melhor qualidade e maiores teores de nutrientes (Sette-Silva, 1993). No entanto, não se sabe ao certo se esta relação é e em função da cobertura vegetal produzida nesta extensão de áreas de savanas. O conjunto de espécies arbóreas encontradas ao longo das savanas forma “ilhas” de floresta e coincide com as manchas de solos mais férteis (Sarmiento, 1984; Sarmiento, 1990; Desjardins *et al.*, 1997; Barbosa *et al.*, 2005).

Ao longo dos anos as savanas foram se desenvolvendo em solos muito antigos, intemperizados, ácidos, depauperados de nutrientes, e em geral, com concentrações elevadas de alumínio suas folhas (Haridasan, 2001). Para torná-los produtivos com fins agrícolas, teve-se a necessidade do uso de fertilizantes e calcários a esses solos. Tal condição, no entanto, não se constituiu em obstáculo para a ocupação de grandes extensões de terra pela agricultura moderna, uma vez que, aproximadamente de 2 milhões km² de área de savanas foram transformados em pastagens plantadas, cultura anuais e outros tipos de uso da terra (Klink & Machado, 2005) (Tabela 1).

Tabela 1. Principais usos da terra no Cerrado¹

Uso da terra	Área (ha)	% área central do bioma
Áreas nativas ²	70.581.162	44,53
Pastagens plantadas Agricultura	65.874.145	41,56
Florestas plantadas	116.760	0,07
Áreas urbanas	3.006.830	1,90
Outros	930.304	0,59
Total	158.493.921	

Fonte: Klink & Machado, 2005

¹ Categoria classificadas de acordo com o tipo de cobertura do solo (Machado et al., 2004a).

² Estimativas sem aferição em campo e incluindo áreas nativas em qualquer estado de conservação.

No Brasil um dos primeiros estudos com solos de savanas (cerrado) ocorreu por volta de 1900, no Estado de Minas Gerais (EMBRAPA, 2000). Pois aproximadamente 20% da área é considerada como área de savana, e a mesma precisava ser beneficiada pelo uso da terra em cultivos agrícolas. E assim, nessas áreas foram realizados os primeiros experimentos agrícolas com técnicas de manejo do uso da terra e da fertilidade do solo em sistema de savana e mais

tarde esses estudos foram aprofundados com pesquisas nas no desenvolvimento para infraestrutura e conservação deste ecossistema (Klink & Machado, 2005; Lopes & Guilherme, 2007). Segundo Müller (2003), a admissão às práticas conservacionista do solo na agricultura deu-se início em meados dos anos 80 com o uso do plantio direto nas áreas agrícolas. Este segmento disseminou-se entre os agricultores e assim entender até que ponto as alterações do uso da terra implicariam na a conservação dos solos de savana (cerrado).

As mudanças ocorridas nos dos ecossistemas florestais têm como consequência o aparecimento de novas paisagens, e uma delas é a presença de savanas que vem se formando ao longo dos anos na região amazônica (Smith *et al.*, 1995; Houghton *et al.*, 2000; Leonel, 2000). No caso da Amazônia, uma das ferramentas utilizada é o fogo e pode ocorrer de duas formas, uma pela ação humana e outra pela combustão espontânea, ou seja, de forma natural, o qual ocorre nos períodos de seca na região (Hecht, 1989; Moran, 1990). Durante a combustão dos materiais vegetais, as perdas de C, N e S para a atmosfera correspondem a 30, 22 e 49%, respectivamente, e assim a diminuição da capacidade produtiva do solo devido a perturbação do ciclo da água e nutrientes que compõe o sistema e percepções de alterações climáticas nos ecossistemas florestais (Ewel *et al.*, 1981; Luizão & Luizão, 1997; Alfaia & Souza, 2002; Fearnside, 2003).

Um fator de destaque é a agricultura praticada na região, sendo conhecida como “agricultura de corte e queima” (Smith *et al.*, 1995; Demattê, 1998; Houghton *et al.*, 2000; Alfaia & Souza, 2002; Margulis, 2003). Este tipo de agricultura trata-se modelo tradicional onde são feitos os cultivos agrícolas. Há outras denominações para este tipo de agricultura, em que a agricultura amazônica se utiliza de métodos tradicionais para seu cultivo (Fearnside, 1999; Hurtienne, 2001). As populações indígenas têm usado essa agricultura de “corte e queima” por muitos séculos como meio de obtenção dos viveres baseados em plantas dos solos inférteis, com um gasto mínimo de esforço humano para se defender da competição implacável do mato e das pragas. (Fearnside, 1999; Leonel, 2000; Hurtienne, 2001). O fogo é usado pelos índios e mais de uma vez para abertura de roças e provavelmente resultado de longas secas que duraram de quatro a cinco anos, dando oportunidade a grandes incêndios espontâneos e provocando a transformação de amplas faixas florestadas em savanas. Por estes cataclismos da natureza os grupos indígenas realizaram movimentos migratórios, como por exemplo, levaram algumas etnias indígenas a buscarem alternativas desde anos 500 a.C., à procura de terras mais aptas à agricultura, combinadas com caça e pesca, do que os campos e cerrados (Meggers, 1987; Leonel, 2000)

Com o pousio das áreas cultivadas, a tendência é que a produtividade do solo seja

restaurada (FAO, 1991; Reijntjes *et al.*,1999; Brocki, 2001; Altieri, 2002), pela ação da regeneração natural e voltam a apresentar as características naturais de fertilidade (Luizão & Luizão, 1997; Fearnside, 1999; Luizão *et al.*, 2000; Alfaia, 2004). Com o processo de derruba e queima, alguns nutrientes acumulados na biomassa da floresta são liberados para o solo e favorecem um enriquecimento rápido e temporário das áreas (Sánchez *et al.*,1993; Palm *et al.*, 1996; Brocki, 2001). Contudo o que vem se observando e cada vez mais a abertura de roça nas comunidades indígenas com maior frequência seguida de pousios cada vez mais curto, têm levado a desestruturação dessas áreas.

Sendo assim, é necessário, o desenvolvimento de pesquisas sobre as transformações das savanas roraimenses, seja por natureza antrópica ou natural, como um todo, é essencial para uma melhor verificação da heterogeneidade funcional e estrutura do bioma savana. E desse modo, ampliar e desenvolver ferramentas úteis para a conservação e manejo destes sistemas. Assim o estudo da fertilidade dos solos é fundamental para facilitar o desenvolvimento e manejo dos sistemas produtivos dos povos indígenas no ecossistema savana.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Características da área de estudo

O estudo foi conduzido na região de savana, no município de Amajari, localizado a aproximadamente 150 km de Boa Vista-RR no Nordeste de Roraima, na Terra Indígena de Araçá. A Terra Indígena de Araçá (Figura 1) é formada por cinco comunidades: Araçá, Guariba, Mangueira, Mutamba e Três Corações, e onde se encontram quatro etnias indígenas: Macuxi, Wapixana, Tauperang e Sarapá

A distribuição e a formação vegetal encontrada ao longo da Terra Indígena Araçá (T.I. Araçá) são as savanas, conhecida regionalmente como “lavrado” e se apresentam em forma de mosaico vegetacional. Em termo das principais espécies encontradas no mosaico da vegetação do lavrado da T.I Araçá tem-se o (*Curatella americana*) e mirixi (*Byrsonima crassifolia*), há ainda trechos onde é comum encontrar áreas próximas a depressões úmidas, ou seja, áreas próximas as margens dos igarapés e adjacentes aos lagos, no qual é facilmente encontrados de buritizais (*Mauritia flexuosa*).

Os solos da região são diversificados e podem ser encontradas as seguintes classes de

solos: Argissolos Vermelho-Amarelo, Latossolo Vermelho-Amarelo, Laterita Hidromórfica, Latossolo Amarelo, Latossolo Vermelho-Escuro, Solos Litólicos, Terra Roxa Estruturada, Planossolos e Afloramentos rochosos. Na T.I. Araçá há predominância de Argissolos com manchas de Latossolos e também uma diversidade na vegetação em maior presença maior as savanas parque com floresta de galeria, savana arborizada e campo cerrado.

O regime das chuvas na região tem início em abril, sendo que nos meses de junho e julho ocorrem as maiores precipitações pluviométricas com médias anuais mensais superiores a 330 mm. (Araújo *et al.*, 2001). Para o ano 2007 a precipitação foi elevada, no mês de abril correspondeu a 180 mm, agosto com precipitação acima de 290 mm e dezembro a valores menores que 20 mm, esses meses caracterizam o período de coleta na execução deste trabalho (Fonte: INMET,2008). As savanas ocorrem em clima úmido, alternado úmido do tipo Aw ou Am ou sempre úmido do tipo Af e também ocorrem em período da estação seca, estendido por 7 meses do ano ou mais (Sarmineto, 1984 e 1990; Barbosa, 1997).

As atividades mais comuns desenvolvidas na Terra Indígena Araçá é a agricultura corte e queima, a pecuária, o extrativismo, a caça, a pesca e os quintais com múltiplas espécies de cultivos. Os principais produtos cultivados nas roças dentro das “ilhas de mata” são: mandioca (*Manihot esculenta* Ranz.), milho (*Zea mays* L.), batata doce (*Ipomoea batatas* L.), (*Musa spp.*), abacaxi (*Ananas comosus* L.), melancia (*Citrullus vulgaris* Schrad), jerimum (*Curcubita pepo*), inhame (*Colocasia spp.*) e cará (*Dioscorea alata* L.) (Oliveira Júnior *et al.*, 2005). Antes da abertura das roças nas “ilhas de mata” é comum serem encontrados espécies como: inajá (*Attalea maripa*), maçaranduba (*Manikara spp.*), lacre (*Vismia cayennensis*), pau-rainha (*Centrolobium paraensis*), freijó (*Cordia spp.*), pau-roxo (*Peltogyne gracilipes*), cipó titica (*Heteropsis sp.*), jatobá (*Hymenaea courbaril*), tucumã (*Astrocarium tucuma*).

A área de estudo faz parte do projeto *Guyagrofor* – “Development of Sustainable Agroforestry Systems Based on Indigenous and Maroon Knowledge in the Guyana Shield Region” e intitulado no Brasil de “Wazaka’yé” (“árvore da vida” na língua makuxi). E visa integrar o “saber-fazer” do povos indígenas com as práticas sustentáveis de manejo e produção levantadas pelo projeto.

Figura1. Mapa de localização da Terra Indígena de Araçá no município Amajari, Nordeste de Roraima.

4.2. Delineamento experimental

O estudo foi conduzido em três comunidades da T.I. Araçá: comunidade Araçá (709424 E 10396482 N), comunidade Guariba (700698 E 10399638 N) e comunidade Mutamba (7166066 E 1040005609 N), a escala utilizada 1:1 000 000 medidas em UTM, de acordo com a cobertura da área em 1980 realizada pela Secretária de Planejamento da Presidência da República – IBGE (Anexos 1, 2 e 3 respectivamente). Nessas comunidades foram selecionadas áreas de capoeiras com diferentes idades de pousio (2, 5, 10 e 20 anos) e uma área de floresta primária (Figura 2). O delineamento foi em blocos casualizados cinco tratamentos e três repetições. Em cada área amostrada, foi demarcada uma parcela com aproximadamente 50 x 45 m de área, subdividida em três sub-parcela de tamanhos iguais, onde foram coletadas as amostras de solo. Para estudo da dinâmica do nitrogênio do solo foram coletados 4 amostras de solo em cada subparcela nas profundidades 0-5, 5-10 e 10-20 cm (Figura 3), enquanto que para análise da fertilidade do solo foram coletados em sistema zigue-zague em 10 pontos nas profundidades 0-10, 10-20 e 20-30 cm (Figura 3).

Tratamentos selecionados em cada comunidade:

1. Floresta primária
2. Capoeiras de 2 anos
3. Capoeiras de 5 anos
4. Capoeiras de 10 anos
5. Capoeiras de 20 anos

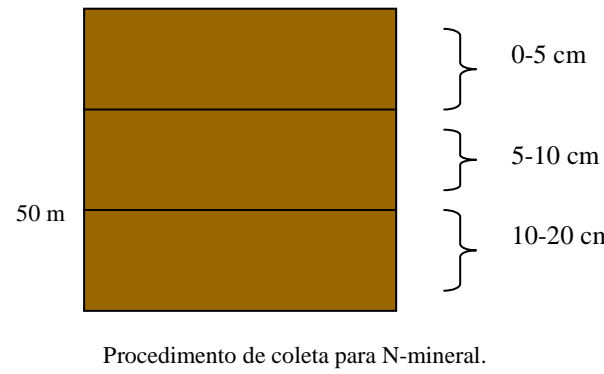
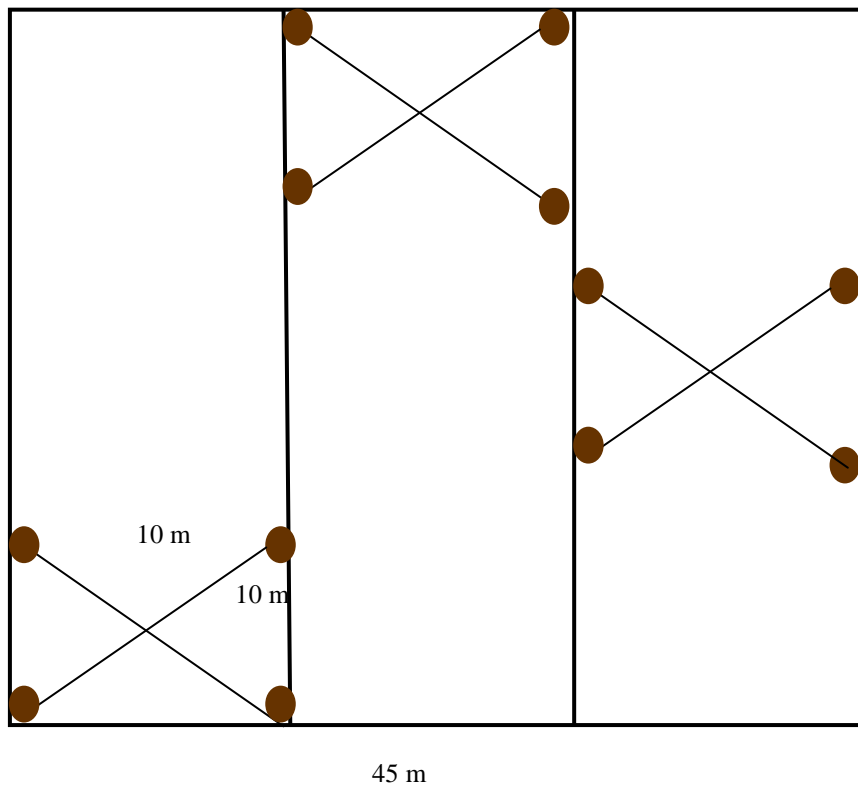


Figura 3. Delineamento experimental para coleta de solo do N-mineral

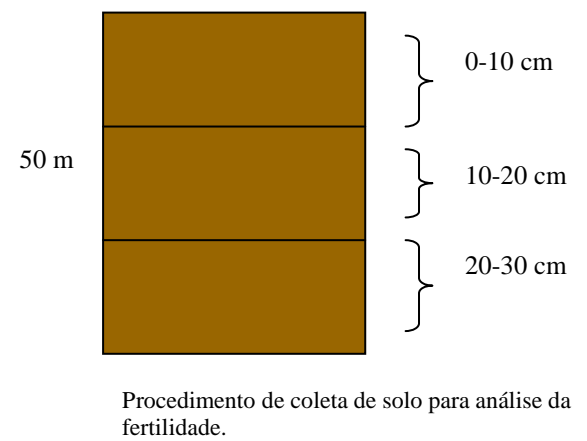
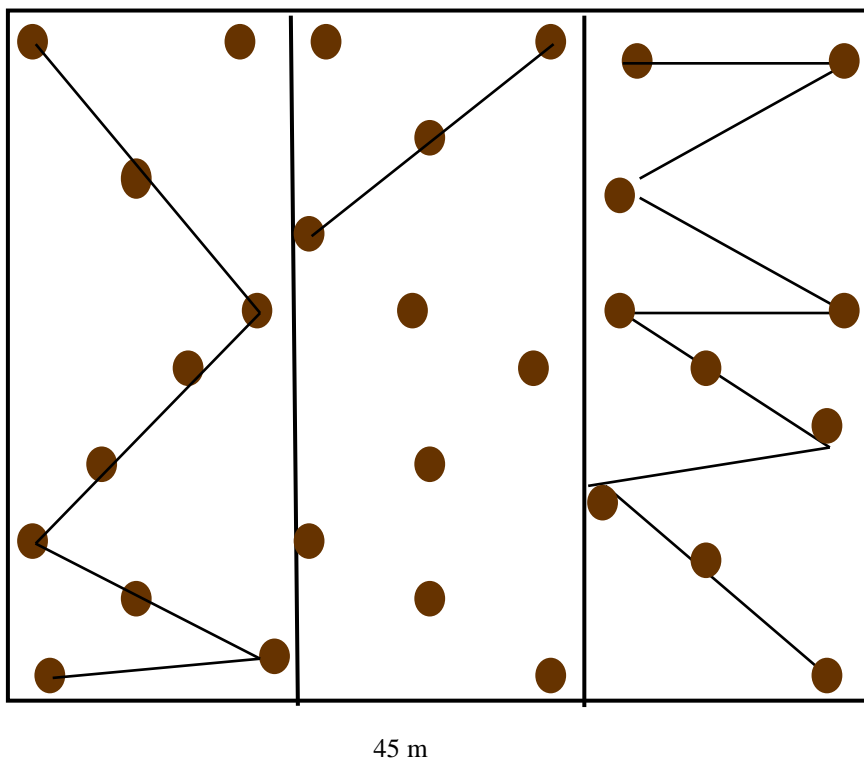


Figura 4. Delineamento experimental na coleta de solo para fertilidade.

4.3. Amostragem de solo para determinação de N mineral

As amostras de solo foram coletadas em quatro pontos com ajuda de trado metálico. Em cada ponto foram coletadas três amostras de solo logo abaixo da camada da liteira nas camadas de 0-5 cm, 5-10cm e 10-20 cm de profundidade.

As amostras foram colocadas em sacos plásticos identificados e armazenadas em ambiente refrigerado (caixa de isopor contendo gelo) até extração do N mineral em laboratório, com um tempo de armazenamento máximo de cinco dias.

Todas as análises foram realizadas no Laboratório Temático de Solos e Plantas (LTSP) da Coordenação de Pesquisas em Ciências Agrônômicas – CPCA, do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA, Manaus – AM.

4.4. Amostragem de solo para determinação da fertilidade

Foram coletadas dez amostras simples nas camadas de 0 - 10, 10 - 20 e 20 - 30 cm de profundidade por sub-parcela, onde as mesmas foram misturadas para formar uma única amostra composta, perfazendo um total de 3 amostras compostas em cada sistema de uso (parcela) amostrado, repetidas em cada uma das duas comunidades amostradas. As amostras de solo foram colocadas em sacos plásticos, etiquetados, transportadas para a casa de vegetação, para secagem.

As amostras de solo foram secas ao ar, destorroadas e passadas na peneira de 2 mm para a obtenção da terra fina seca ao ar (TFSA), para posterior análises químicas. Cerca de 5 g da TFSA foi moída e peneirada a 100 µm para a determinação do C orgânico do solo.

As amostras foram analisadas no Laboratório Temático de Solos e Plantas (LTSP) da CPCA, do INPA, Manaus – AM.

4.5. Análises de laboratório

4.5.1. Análises químicas do solo

4.5.1.1. Extração e determinação do N mineral no solo

As mostras de solo para determinação de N mineral (NH_4^+ e NO_3^-) do N mineral do solo foram avaliadas em três épocas do ano. Os extratos de solo para determinação

de concentrações NH_4^+ e NO_3^- foram obtidos utilizando-se 20g de solo úmido e 40ml de K_2SO_4 (0,5M), com agitação a 200 rpm do material por 15 minutos e mantido em repouso por 30 minutos, estes extrato foram filtrados preservados para determinação dos teores de N-mineral. Os teores de amônio (NH_4^+) e nitrato (NO_3^-) foram determinados por colorimetria seguindo as metodologias descritas por Anderson & Ingram (1993).

O C orgânico foi determinado pelo método Walkley Black.

4.5.1.2. Determinação do P, K^+ , Ca^{+2} , Mg^{+2} , C, e Al^{+3} e determinação do pH H_2O e KCl.

Os macros (P, K, Ca e Mg), micronutrientes (Cu, Zn, Mn e Fe), pH e Al trocável foram determinados de acordo com os métodos descritos pela EMBRAPA (1997).

O Ca, Mg e Al trocáveis foram extraídos com solução de KCl 1 Mol L^{-1} . O P disponível, K, Cu, Zn, Mn e Fe extraídos com solução de Mehlich 1 (H_2SO_4 0,05 M + HCl 0,125 M). Os teores de Ca, Mg, K, Cu, Zn, Mn, Fe e Al trocável foram determinados no espectrofotômetro de absorção atômica (EAA).

O P disponível foi determinado no espectrofotômetro por colorimetria utilizando o molibdato de amônio e ácido ascórbico a 3% e a leitura realizada por espectrofotometria (660 nm). O pH do solo foi determinado em H_2O e KCl na proporção solo: solução de 1:2,5 e a leitura das amostras foram realizadas no potenciômetro. O C orgânico foi determinado pelo método Walkley Black.

4.5.2. Análises Estatísticas

Para a análise da significância estatística dos diferentes sistemas de uso da terra serão comparadas usando ANOVA de uma via ($P < 0,05$) seguido pelo Teste de Tukey com a ajuda do programa Estat (versão 2.0).

5. RESULTADO E DISCUSSÃO

5.1. Característica do Amônio e Nitrato nas ilhas de floresta em três comunidades na T.I. Araçá –Roraima

5.1.1. Concentração de Amônio (NH_4^+) nas três comunidades

De uma maneira geral, a maior parte do N disponível no solo está associado a compostos orgânicos, assim alterações na matéria orgânico do solo (MOS) alteram de maneira significativa os teores deste elemento no solo (Whiethölter, 2000) e as fontes mais comuns de N para as plantas são fornecidas através da mineralização dos compostos orgânicos.

Na comunidade Araçá as maiores concentrações de amônio (NH_4^+) (Tabela 2), foram observadas na estação chuvosa, em agosto de 2007, com uma variação de 12,06 a 4,47 mg kg^{-1} . Durante os três períodos de coleta (início da estação chuvosa, estação chuvosa e estação seca) as maiores concentrações foram observadas na camada superficial de 0-5 cm. As concentrações de NH_4^+ diminuíram com a profundidade do solo, tanto que os menores valores (1,73 mg kg^{-1}) foram encontrados na camada de 10-20, na estação seca. Nas comunidades de Guariba e Mutamba, também foram encontradas as maiores concentrações de amônio na camada superficial de 0-5 cm no início da estação chuvosa e na estação chuvosa.

O acúmulo de amônio nas camadas superficiais (0-5 cm), em geral, deve-se a presença de material vegetal, ou liteira, na camada superficial do solo, uma vez que, a quantidade de liteira no solo influencia a entrada de nutrientes no mesmo. Trabalhos realizados por Luizão & Schubart (1987) e Cornejo *et al* (1994), demonstraram que na época chuvosa, a decomposição é favorecida e com isso há um maior fornecimento de nutrientes ao solo, entre eles o nitrogênio. Viana (2002) verificou que a biomassa microbiana do solo está presente em maior quantidade na camada de 0-5 cm e com maiores concentração nas áreas nativas com uma variação de 221,7 a 929,3 mg C.kg^{-1} e de 119,8 a 810,8 mg C.kg^{-1} nos cerrados, ambos os valores encontrados na estação chuvosa.

Em um estudo sobre a ciclagem do N em uma floresta de terra firme em Roraima, Marrs *et al.* (1991), constataram menores valores de mineralização na estação seca e os maiores no início da estação chuvosa. Pereira (1982) ao estudar outros sistemas savânicos também constatou maior disponibilidade de N durante a estação chuvosa.

O acúmulo de amônio na estação chuvosa, segundo Boulet (2000) e Cantarella (2007) ocorre devido à saturação de água, dificultando a infiltração da mesma no solo, e o excesso de água dificulta o processo de nitrificação e reduz a atividade de

microorganismo. Visto que, os microorganismos deixam de incorporar N amoniacal na sua biomassa e com a limitação de energia e C no solo, ocorre o acúmulo de NH_4^+ , haja vista que o processo está sob influencia da deficiência de O_2 .

Os resultados mostraram que além do acúmulo de amônio na camada superficial, houve maior concentração do amônio nas capoeiras de 2 anos. Este fato deve-se porque nas capoeiras mais jovens, devido à menor diversidade florística, há menor disponibilidade de nutrientes ao solo, e ainda a deficiência de microorganismos responsáveis pelo processo de liberação de NH_4^+ ao solo e conseqüentemente o acúmulo do mesmo sob influencia sazonal. Fato este explicado por Vieira *et al.* (2003) estudando a biomassa de vegetação em sistema de recuperação, um com capoeiras e a outro em sistema estabelecidos (áreas mais 40 anos), constatou o gradual aumento da biomassa nessas áreas, numa ordem de 52,8 Mg há⁻¹ e 119, 2 Mg há⁻¹, nas capoeiras e áreas mais avançadas respectivamente, este resultados comprovam a aumento da produção de liteira com o maior tempo de pousio das áreas está relacionado como o aumento no estoque de nitrogênio na vegetação.

Os dados da tabela mostraram que na camada de 0-5 cm em Araçá, o amônio variou significativamente em todos os tratamentos bem como nos períodos, apresentando uma concentração máxima de 12,06 mg kg⁻¹ e mínima de 2,35 mg kg⁻¹. Diferente das comunidades Mutamba e Guariba, onde não houve diferença significativa entre os tratamentos e as camadas de solos (0-5 cm, 5-10 cm e 10-20 cm) estudados na estação na estação de seca. Na camada de solo 5-10 cm, a maior concentração de amônio foi encontrada em Mutamba com 11,51 mg kg⁻¹ de NH_4^+ principalmente no início das chuvas e mínima de 2,57 mg kg⁻¹ de NH_4^+ em Guariba. Quando a profundidade decresceu para 10-20 cm, não houve efeito significativo entre tratamentos os na estação de chuva, com relação ao amônio em Araçá.

Na cronossequência das capoeiras estudadas (até 20 anos), as maiores concentrações de amônio ocorreram nas capoeiras mais jovens. Essas áreas são utilizadas como sistemas agrícolas pelos agricultores indígenas e por utilizaram queimas como uma das ferramentas, as mesmas liberam cinzas e promovem acúmulo de nutrientes no solo no início da sucessão, mas com sucessivas queimadas há queda de

nutrientes, inclusive o nitrogênio, haja vista que seu balanço no solo é feito entre as vias de entrada e saída de nutrientes no solo. Os resultados indicam que há maior disponibilidade do N nas capoeiras mais jovens. Do contrário, nas áreas de floresta as concentrações de amônio foram menores, pois segundo estudos realizados por estudos realizados por Laurance *et al.* (1999), Kreiblich (2002) e Gehring *et al.* (2005), demonstram que há uma relação entre as características fisiológicas das árvores, pois constataram que as árvores da floresta são maiores que as da capoeira, e o domínio de muitas espécies de arvores nessas áreas, principalmente leguminosas, são responsáveis pela fixação biológica do nitrogênio (FBN).

Em geral, na estação chuvosa houve maior retenção do íon NH_4^+ , cuja característica estaria relacionada à precipitação pluviométrica além do fato do amônio estável, o qual fica retido na camada superficial. Essas características confirmam que os processos em disponibilizar amônio ao solo são mediados por parâmetros físico-químicos e biológicos e, portanto são dependentes da flutuação sazonal, e que as altas ou baixas concentrações de amônio estariam ligadas à qualidade da liteira.

Tabela 2. Valores de NH_4^+ do solo em áreas de floresta e de capoeiras com diferentes idades de pousio, em três comunidades na T. I Araçá (Rr). Os valores correspondem a média de quatro amostras de solos, em cada uma das camadas de 0-5 cm, 5-10 cm e 10-210 cm de profundidade em períodos de sazonalidade diferentes.

Tempo de Pousio (anos)	Início do período chuvoso			Período de coleta			Período seco		
				Período chuvoso					
				Profundidade (cm)					
	0-5	5-10.	10-20.	0-5	5-10.	10-20.	0-5	5-10.	10-20.
<i>Comunidade Araçá (mg kg⁻¹)</i>									
Capoeira 2	8,48 a	7,63 a	5,96 ab	7,55 b	5,40 b	4,57 a	6,78 a	6,49 a	5,48 a
Capoeira 5	5,87 bc	4,68 ab	4,17 bc	10,29 ab	7,50 ab	7,73 a	3,92 ab	4,47 ab	2,27 b
Capoeira 10	7,48 ab	6,95 a	6,27 a	12,06 a	10,64 a	9,58 a	3,61 b	4,67 ab	2,79 b
Capoeira 20	2,35 d	2,88 b	2,62 c	10,86 ab	9,17 ab	8,59 a	4,58 ab	5,53 ab	3,03 b
Floresta	4,87 cd	3,54 b	3,74 c	9,60 ab	9,65 ab	8,34 a	2,99 b	4,36 b	1,73 b
CV (%)	22,11	22,11	16,51	15,13	18,89	27,70	25,09	14,83	25,34
<i>Comunidade Guariba (mg kg⁻¹)</i>									
Capoeira 2	4,01 ab	6,72 ab	4,47 a	8,10 a	6,91 a	4,84 bc	3,76 a	2,98 a	1,63 a
Capoeira 5	4,74 ab	3,73 bc	3,05 a	7,65 a	6,73 a	6,59 a	3,00 a	4,78 a	2,05 a
Capoeira 10	3,55 b	2,83 c	2,57 a	6,24 a	4,67 a	5,62 ab	1,82 a	4,62 a	1,01 a

Capoeira 20	4,18 ab	3,67 c	4,02 a	4,10 a	4,66 a	4,06 c	1,80 a	4,39 a	1,31 a
Floresta	7,90 a	8,89 a	6,77 a	3,79 a	4,81 a	4,73 bc	3,19 a	4,88 a	1,99 a
CV (%)	31,47	23,62	39,61	34,72	15,53	9,82	29,76	24,86	36,11

Comunidade Mutamba (mg kg⁻¹)

Capoeira 2	13,13 a	10,48 ab	8,20 a	8,39 ab	7,38 ab	8,99 a	3,09 a	5,03 a	4,61 a
Capoeira 5	12,79 a	11,51 a	8,51 a	9,25 a	7,78 a	9,31 a	3,73 a	3,97 a	3,39 a
Capoeira 10	9,25 ab	9,21 ab	5,96 ab	5,91 abc	4,07 ab	4,96 b	2,74 a	4,03 a	3,17 a
Capoeira 20	7,18 bc	6,74 b c	5,26 b	3,94 bc	4,21 ab	4,57 b	2,53 a	2,57 a	3,31 a
Floresta	4,91 c	4,52 c	4,59 b	3,63 c	3,04 b	4,40 b	2,03 a	4,37 a	2,28 a
CV (%)	29,76	24,86	36,11	27,74	30,93	21,83	24,08	32,91	27,12

Médias seguidas por letras distintas nas colunas são significativamente diferentes (Teste de Tukey, 5%).

5.1.2. Concentração de Nitrato (NO₃⁻) em três comunidades

Os maiores valores de nitrato ocorreram nas capoeiras mais velhas, diferente do amônio que ocorreu nas capoeiras mais jovens. Em ambas as capoeiras, as maiores concentrações foram observadas no início do período chuvoso e período chuvoso. As baixas concentrações de NO₃⁻ encontradas podem estar relacionados a uma maior absorção deste nutriente pelas raízes das plantas. Nas áreas estudadas houve maior concentração de amônio que nitrato, este fato pode estar relacionado a uma ciclagem mais conservativo do nitrogênio no solo, pois segundo Carvalho (2006) e Figueira (2006), estudando as mudanças no ciclo do nitrogênio observaram que o acúmulo do N está mais sujeito aos processos de lixiviação ou perdas pela emissão de gases nitrogenados (Carvalho, 2006; Figueira, 2006).

O início do período chuvoso foi observado a maior disponibilidade de NO₃⁻ na camada 0-5 cm, o mesmo foi observado por Nardoto e Bustamante (2003), estudando os efeitos da mineralização nos solos dos cerrados e verificaram maior acúmulo de nitrato no início da estação chuvosa. Nos meses de abril e agosto (2007), início da chuva e estação de chuva respectivamente, foi possível observar a ascensão do NO₃⁻ na superfície do solo sendo igualmente comparada com as taxas de elevação da precipitação, possivelmente devido ao fluxo sazonal de NO₃⁻ na água. Rodrigues e Garrido (2005), estudando o fluxo sazonal do nitrato, observaram que o movimento desse íon no solo é conduzido pelo descolamento da água, no qual essa movimentação ocorre em função da diferença de potencial das moléculas de água e ao diminuir seu

potencial total, a água produz movimento e conseqüentemente eleva o NO_3^- a superfície do solo em dependência das taxas de precipitação. Trabalhos de Pereira (1982) e Singh *et al.* (1989), em sistemas savânico mostraram taxas mais alta de nitrificação durante a estação chuvosa numa escala de $18,0 \text{ mg kg}^{-1}$ e as mais baixas durante a estação de seca, deste modo a maior disponibilidade de N e na estação chuvosa, sendo o fator sazonalidade um indicador da disponibilidade do N, vista que a precipitação controla esse processo.

Em Araçá no início do período chuvoso, na camada de solo de 0-5 cm houve diferença significativas na concentração de NO_3^- entre as capoeiras de 2 e 5 anos com valores de $1,79 \text{ mg kg}^{-1}$ e $4,77 \text{ mg kg}^{-1}$, diferente das capoeiras de 10 e 20 anos e a floresta, no qual não houve diferenças significativas na concentração desse íon (Tabela

3). Na camada de 5-10 cm apenas a capoeira de 2 anos de idade apresentou valores significativamente inferiores aos observados nas capoeiras de 5, 10, 20 anos e floresta. Na camada de 10-20 cm, no qual não houve diferença significativa entre as cronosseqüências da capoeira estudadas e a floresta. Já no período das chuvas, houve diferença significativa na concentração de NO_3^- na camada de 0-5 cm entre a capoeira de 2 anos com as demais capoeiras (5, 10, 20 anos) e a floresta. Nas demais camadas (5-10 e 10-20 cm), não houve nítida significância entre as cronosseqüências de capoeiras e a floresta no período de chuva. A estação de seca foi a que apresentou os menores valores de concentração de NO_3^- nas três camadas de solo amostradas, e foram menores na capoeira de 2 anos, que apresentou um valor mínimo de $1,76 \text{ mg kg}^{-1}$ na camada de 10-20 cm, já nas cronosseqüências não foram observadas diferenças significativas.

Na comunidade Guariba, no início do período chuvoso, apesar da mais baixa concentração de NO_3^- na capoeira de 2 anos, as diferenças não foram significativas na camada de 0-5 cm entre as diferentes capoeiras e a floresta amostradas. As maiores concentrações de NO_3^- foram obtidas em área de floresta, provavelmente por ser tratar de um ambiente pouco perturbado e mais protegido das intempéries (Viana, 2002). Em relação camada de 5-10 cm, no mesmo período, as capoeiras de 5, 10, 20 anos e a floresta não apresentaram diferenças significativas na concentração de NO_3^- , o mesmo aconteceu na camada de 10-20 cm onde não foram encontradas diferenças significativas entre os diferentes sistemas amostrados. Como em Araçá, o período das chuvas em Guariba houve diferença significativa apenas entre a capoeira de 2 anos (0-5 e 5-10 cm)

com as demais capoeiras (5, 10, 20 anos) e a floresta. Na estação de seca, as camadas 0-5 e 5-10 cm apresentou valores similares na concentração de NO_3^- e não houve diferença significativa entre as capoeiras de 2 e 5 anos, o mesmo na camada 10-20 cm onde não houve diferença entre a floresta e as capoeiras de 10 e 20 anos.

Em Mutamba no início do período chuvoso, a capoeira de 20 anos apresentou similaridades na concentração do NO_3^- nas camadas de 0-5 e 5-10 cm . Na camada de 10-20 cm não foi observada diferenças significativas entre a cronossequência de capoeiras de 2, 5 e 10 anos. No período das chuvas também a capoeira de 20 anos apresentou similaridades de concentração do NO_3^- entre as camadas de solos, na qual

houve diferenças significativas entre a capoeira de 5 e 20 anos na camada de 0-5 cm. No mesmo período, na camada 5-10 cm não houve diferenças significativas nos valores encontrados da concentração de NO_3^- entre as capoeiras de 2 e 5 anos, já na camada de 10-20 cm houve diferença significativas dos valores de concentração do NO_3^- entre a capoeira de 20 anos com $4,21 \text{ mg kg}^{-1}$ de NO_3^- e a floresta com $2,07 \text{ mg kg}^{-1}$ de NO_3^- . Já no período seco, foram observados os maiores valores de nitrato, muito provavelmente devido ao movimento ascendente de capilaridade da água provocado pela maior evaporação no período e com isso o acúmulo deste ânion na camada superficial, pois diferenças na drenagem do solo, alterações nas características físico-químicas e na dinâmica da matéria orgânica do solo tem influenciado associadas às variações na ciclagem de N (Telles *et al.*, 2003; Luizão *et al.*, 2004). Por outro lado, houve diferença significativa na concentração de NO_3^- nas camadas de 0-5 e 5-10 cm entre a capoeira de 2 anos e a floresta. Já na camada 10-20 cm não houve diferença significativa entre as cronossequências estudada.

Os valores mais altos de nitrato foram encontrados na capoeira de 20 anos e a floresta, possivelmente o ocorrido é que se trata de um ambiente pouco perturbado e mais protegido das intempéries, e apesar da alta mobilidade do nitrato no solo, as maiores concentrações foram encontradas na camada superficial 0-5 cm, o que indica a baixa lixiviação deste íon. Diferentes dos resultados encontrados por encontrado por Dynia & Camargo (1999) e Dynia (2000) que comprovou a alta da lixiviação do nitrato em solos brasileiros. Os valores de pH encontrados (Tabela 5) mostrou que houve favorecimento do nitrato, uma vez que a variação do pH 4,7 a 6,1 aumentam as taxas de nitrificação no solo (Silva & Vale, 2000; Cantarella, 2007). Foi observado também que

no solo sob floresta os teores de NO_3^- foram semelhantes aos encontrados de NH_4^+ , como e também encontrado por van Dijk & Meixner (2001) ao constatarem maior concentração de nitrato na floresta que amônio

Tabela 3. Valores de NO_3^- do solo em áreas de floresta e de capoeiras com diferentes idades de pousio, em três comunidades na T. I Araçá (Rr). Os valores correspondem a média de quatro amostras de solos, em cada uma das camadas de 0-5 cm, 5-10 cm e 10-210 cm de profundidade em períodos de sazonalidade diferentes.

Tempo de Pousio (anos)	Período de coleta								
	Início do período chuvoso			Período chuvoso			Período seco		
	-----Profundidade (cm)-----								
	0-5	5-10.	10-20.	0-5	5-10.	10-20.	0-5	5-10.	10-20.
<i>Comunidade Araçá (mg kg⁻¹)</i>									
Capoeira 2	1,79 c	2,22 b	1,95 a	1,58 b	2,05 a	2,28 a	2,52 c	1,85 b	1,76 a
Capoeira 5	4,77 b	4,69 a	3,75 a	3,45 a	4,07 a	3,16 a	3,24 bc	2,99 ab	2,14 a
Capoeira 10	4,99 ab	4,60 a	4,30 a	4,82 a	3,10 a	1,57 a	3,70 ab	3,04 a	2,08 a
Capoeira 20	6,83 a	5,30 a	4,05 a	4,86 a	4,40 a	2,11 a	4,37 a	3,49 a	2,58 a
Floresta	5,66 ab	4,32 a	4,79 a	5,02 a	2,35 a	2,58 a	3,61 ab	2,79 ab	2,06 a
CV (%)	15,24	18,33	30,35	16,08	28,37	30,20	9,89	15,62	16,08
<i>Comunidade Guariba (mg kg⁻¹)</i>									
Capoeira 2	2,82 a	3,23 b	2,64 a	2,22 b	2,00 b	2,07 b	3,22 b	2,77 b	2,26 c
Capoeira 5	5,29 a	5,04 ab	4,23 a	5,04 a	5,19 a	3,97 ab	4,22 b	3,65 b	2,92 bc
Capoeira 10	6,06 a	4,32 a	4,08 a	7,50 a	5,79 a	5,09 a	6,36 a	5,07 a	4,27 a
Capoeira 20	6,08 a	6,02 a	4,17 a	5,56 a	5,32 a	4,26 ab	6,31 a	5,08 a	4,48 a
Floresta	6,62 a	6,43 a	5,83 a	5,87 a	5,99 a	3,75 ab	5,97 a	4,88 a	4,10 ab
CV (%)	29,15	16,46	30,87	19,06	19,99	23,99	11,36	8,73	13,41
<i>Comunidade Mutamba (mg kg⁻¹)</i>									
Capoeira 2	2,24 c	2,00 c	1,29 b	2,15 ab	1,89 b	2,27 ab	5,22 b	5,56 b	4,80 a
Capoeira 5	3,04 bc	2,96 c	2,11 b	1,06 b	1,90 b	2,22 ab	6,36 ab	6,43 ab	5,12 a
Capoeira 10	3,82 bc	2,42 c	1,49 b	3,45 ab	3,55 ab	2,67 ab	6,61 ab	6,65 ab	4,90 a
Capoeira 20	7,29 a	7,24 a	4,51 a	5,16 a	4,74 a	4,21 a	8,24 ab	8,01 ab	7,44 a
Floresta	6,20 ab	5,15 b	3,88 a	4,08 ab	2,41 ab	2,07 b	8,31 a	8,71 a	5,83 a
CV (%)	27,08	19,67	20,07	42,35	33,46	29,44	16,38	14,07	19,90

Médias seguidas por letras distintas nas colunas são significativamente diferentes (Teste de Tukey, 5%).

As mudanças significativas na ciclagem do nitrogênio indicam que há uma progressiva abertura do ciclo ao longo da formação das capoeiras, e podem estar relacionadas a muitos processos que ocorrem simultaneamente no solo. Primeiro, á medida que a precipitação aumentou, as concentrações de valores de amônio (NH_4^+) cresceram e com estabelecimento período seco essas concentrações foram decresceram, o mesmo foi observado por Neu (2005), aumento das concentrações de amônio na solução do solo no final do período chuvoso, quando o solo possui maior retenção de água e a atividade biológica passa a ser mais intensa. Essa redução nos valores e nitrogênio com a diminuição da precipitação pode ser interpretada como uma das limitações do N no sistema solo-planta. De acordo com os resultados obtidos, pode-se verificar que a forma predominante foi NH_4^+ e o mesmo foi encontrado por Neill (1995), ao estudar solos do cerrado em Rondônia. Segundo, estudos em diferentes tipos de solo e com a conversão de floresta-pastagem confirmam que a forma predominante do N nos solos é o NH_4^+ (Piccolo *et al.*, 1994; Passionato *et al.*, 2003; D'Andrea *et al.*, 2004; Nardoto, 2005; Carvalho, 2006; Cerri *et al.*, 2006). Além disso, ocorreu um decréscimo de N com aumento da profundidade, diferente do resultado de Piccolo *et al.* (1996) que encontrou aumento de N proporcional ao da profundidade e independente da vegetação, e assim com a regeneração das capoeiras ao longo dos anos promove um aumento de material orgânico sobre o solo como consequência aumento nos estoque de nitrogênio, isso foi observado por Almeida (2001) e Viera *et al.* (2003).

De forma geral, a dinâmica do nitrogênio no solo e seus mais diversos processos (mineralização, nitrificação e desnitrificação), quase que simultaneamente dificulta a interpretação dos dados. Pelos resultados expostos, pode-se dizer que as formas do N possuem uma relação direta com os processos de decomposição da matéria orgânica, pois nas áreas com maior acúmulo do material vegetal (observação de campo) foi possível notar maior disponibilidade do N dentro da cronossequências das capoeiras e na floresta, além das diferentes concentrações entre as profundidades. Deste modo, praticamente todo o nitrogênio mineral obtido nesse estudo, nas três épocas de coleta estava na forma de N amoniacal, o que torna o fator sazonalidade importante na fixação do nitrogênio. E como alternativa para aquisição de N nas comunidades estudadas, seria a introdução de espécies de leguminosas no início da formação das capoeiras, pois fixam nitrogênio no solo, o mesmo foi sugerido por (Bustamante *et al.*, 2004; Gehring *et al.*, 2005).

5.2. Característica da fertilidade do solo nas ilhas de floresta nas três comunidades

5.2.1. Granulometria do solo

A análise granulométrica das partículas é empregada para determinação das partículas e de diferentes tamanhos encontrados no solo, bem como com que frequência ocorre numa determinada classe ou faixa de solo.

Nas comunidades estudadas, a maioria dos solos apresentou composição granulométrica predominantemente arenosa (Tabela 4). Os valores mais elevados de areia foram encontrados nas capoeiras de 2 anos e na floresta. Os maiores teores de areia encontrados na região de Roraima, deve-se ao fato que a região possui clima seco e propriedades físicas alteradas, como a coesão das partículas no solo o que favorece este tipo de solo mais arenoso na região (Vale Júnior, 2000; Melo *et al.*, 2006).

Nas camadas de solo estudadas (0-10, 10-10 e 20-30 cm), a comunidade Araçá e Mutamba apresentaram valores similares de areia foram mais elevados na capoeira de 2 anos, enquanto que a comunidade Guariba os maiores valores foram encontrado na floresta. Os valores de argila e silte encontrados foram maiores na capoeira de 5 anos, havendo semelhança de valores de cada uma das profundidades estudadas, nas comunidades de Araçá e Guariba. Com relação à comunidade Mutamba, os valores de argila e silte também foram semelhantes e proporcionais a cada profundidade estudada, no entanto foram maiores na floresta.

Na cronosequência das capoeiras e na floresta a maioria apresentou composição granulométrica com predomínio da fração areia, e por assim dizer trata-se de solo pobres e altamente susceptíveis à lixiviação de nutrientes (Tomé Jr., 1997). No entanto nas áreas estudadas, os solos apresentaram alguns nutrientes com teores considerados de médio a altos segundo critérios de Cochrane *et al.*, (1985) e Sousa & Lobato (2002). A maior parte dos solos de capoeiras e floresta apresentou os teores médios de Ca, Mn, Zn e P, principalmente na camada superficial o que pode ser estabelecido uma relação do acúmulo do material vegetal no solo com a textura, além que atividade biológica é mais intensa o que favorece melhor areação do solo, o mesmo foi observado por Lima *et al.* (2005).

Tabela 4. Resultados das análises granulométricas, em três comunidades na T. I Araçá (RR). Os valores correspondem à média de três amostras de solos, em cada uma das camadas de 0-10 cm, 10-20 cm e 10-30 cm

Tempo de pouso (anos)	<i>Comunidade Araçá</i>			<i>Comunidade Guariba</i>			<i>Comunidade Mutamba</i>		
	Argila	Silte	Areia	Argila	Silte	Areia	Argila	Silte	Areia
	-----g kg ⁻¹ -----								
	Profundidade 10 (cm)								
Capoeira 2	145	193	662	210	221	569	135	189	676
Capoeira 5	195	277	528	195	289	516	115	276	609
Capoeira 10	155	252	593	155	220	625	155	269	576
Capoeira 20	125	252	623	145	260	595	145	251	604
Floresta	145	234	621	115	215	670	185	290	525
	Profundidade 20 (cm)								
Capoeira 2	155	194	651	220	257	523	150	204	646
Capoeira 5	215	295	490	235	258	507	155	255	590
Capoeira 10	185	216	599	175	238	587	165	272	563
Capoeira 20	170	259	571	160	244	596	185	225	590
Floresta	165	217	618	145	209	646	210	273	517
	Profundidade 30 (cm)								
Capoeira 2	180	189	631	275	227	498	170	181	649
Capoeira 5	250	270	480	310	228	463	160	251	589
Capoeira 10	205	229	566	270	170	560	180	269	551
Capoeira 20	210	247	543	215	213	572	225	189	586
Floresta	180	227	593	160	212	628	240	254	506

5.2.2. pH do Solo em H₂O e KCl

O pH do solo é a variável que está relacionada à concentração de íons H⁺ na solução do solo que determina a acidez ativa do solo, outra questão é que a solubilidade de muitos dos nutrientes essenciais para as plantas e das substâncias tóxicas está relacionada com pH do solo pelas propriedades de trocas entre cátions e ânions (Siqueira Neto, 2006). Para efeitos práticos, considera-se a faixa de pH como acidez fraca valores entre 6,0 a 6,9 e faixas menor ou igual a 4,5 são consideradas como acidez elevada (Melo *et al.*, 2003).

Os resultados da Tabela 5 mostram que nas três comunidades amostradas houve pouca variação nos valores de pH em H₂O. Na comunidade Araçá houve diferenças significativas entre as capoeiras de 2 e as capoeiras de 5, 10 e 20 anos na camada

superficial de 0-10 cm. Da mesma forma, ocorreu nas camadas de 10-20 e 20-30 cm, onde foram observadas, respectivamente, diferenças significativas entre as capoeiras de 2 e 20 anos, e entre as capoeiras de 2 anos com as de 10 e 20 anos. De maneira geral, existe uma tendência de aumento do pH com o aumento das idades das capoeiras. Em Guariba, nas profundidades 0-10 e 20-30 cm os valores de pH demonstraram que houve diferença entre as capoeiras de 2 anos e a floresta, enquanto que diferiu na camada 10-20 cm, não foram observadas diferenças significativas entre a cronossequência das capoeiras e a floresta. Por outro lado, em Mutamba, foram observadas diferenças entre a cronossequência das capoeiras e a floresta nas camadas de solo 0-10 cm. Na camada de 10-20 cm, houve diferença entre a capoeira de 5 anos e a floresta primária, enquanto que na camada 20-30 cm não foram observadas diferenças significativas entre a cronossequência das capoeiras e a floresta.

O pH em KCl, mostrados na Tabela 5 , demonstra que nas três comunidades amostradas houve pouca variação nos valores de pH-KCl. Os valores do pH-KCl apresentaram a mesma tendência do pH-água, ou seja, na comunidade Araçá nas capoeiras de 2 e 20 anos houve diferenças significativas entre as camadas estudadas (0-10 , 10-20 e 20-30 cm), os maiores valores foram encontrados na capoeira de 20 anos. Em Guariba as profundidades de 0-10 e 10-20 cm não apresentaram diferenças entre seus valores de pH, enquanto que na profundidade 20-10 cm houve diferenças entre a cronossequência das capoeiras e a floresta. Em Mutamba, as profundidade 0-10 e 10 a 20 cm também apresentaram diferença nos valores de pH entre a cronossequência das capoeiras e a floresta, já na camada 20-30 cm não houve diferenças significativas do pH-KCl.

De maneira geral, a influência do tempo de pousio nos valores de pH obtidos nesse trabalho, não é clara. Em uma das comunidades amostradas parece haver uma relação benéfica entre o tempo de pousio e o pH, ou seja, foram constatados que as capoeiras mais velhas apresentaram maiores valores de pH do solo, já nas capoeiras mais jovens ocorreu o inverso, pois apresentaram os menores valores de pH. Assim sendo, o tempo de pousio é uma prática importante para aumentar o pH do solo, pois em muitos casos as atividades de microorganismo e a liberação de nutrientes para o solo dependem da concentração do pH o que mais tarde definirá um solo ácido a pouco ácido. Por outro lado, nas duas outras comunidades amostradas, os valores de pH-H₂O obtidos nas capoeiras e 5 10 e 20 anos e a floresta foram parecidos entre si, no entanto

foram menores que os obtidos na capoeira de 2 anos. Nesse caso, provavelmente o uso do fogo nas capoeiras fornece nutrientes minerais e equilibra os valores de pH na fase inicial do pousio, funcionando como corretivo da acidez do solo, adicionando íons OH^- e nutrientes na solução do solo, que irão neutralizar íons H^+ e precipitar o Al, desta forma aumentando o pH e diminuindo os teores de Al, condição esta favorável as culturas (Souza, 1995).

O relato dos trabalhos sobre as mudanças observadas nos valores de pH com o tempo de pousio são divergentes. Em alguns casos o pH decresce (Zinke et al., 1978) e em outros aumenta (Aweto, 1981). Em um cambissolo da região do Alto Solimões – AM, Soares (2006) observou um efeito positivo do tempo de pousio sobre os valores de pH no solo, mostrando que nos cambissolos o tempo de pousio pode ser uma prática de manejo importante para elevar o pH do solo. Por outro lado, as mudanças do pH do solo durante a fase de pousio depende de muitos fatores, dentre estes, da quantidade de nutrientes e ácidos orgânicos liberados pela decomposição da matéria orgânica, da quantidade de nutrientes absorvidos pelas plantas, do tipo da vegetação, do grau de lixiviação, da quantidade e tipo de matéria orgânica produzida, da mineralogia da argila e do poder tampão do solo (Szott & Palm, 1986; Szott & Palm, 1999).

Neste trabalho, pode-se dizer que de acordo com os valores de pH observados nas áreas estudadas, os solos das comunidades possuem características de acidez aceitável a acidez fraca, o que os diferencia da maioria dos solos de terra firme da Amazônia que apresentam acidez elevada Cochrane *et al.*, (1985). Por outro lado, os resultados satisfatórios do pH no solo podem influenciar nos teores Ca, Mg, K e P e também no dinamismo das concentrações de amônio e nitrato no solo. Além disso, a variação de pH no solo em todas as áreas indicou que as cargas são negativas, o que também contribui para retenção dos nutrientes no solo, uma vez o que também contribui para retenção dos nutrientes no solo, evitando a lixiviação (Sanchez, 1981). E como o pH $-\text{H}_2\text{O}$ está com valores acima de 5,5, o Al trocável é reduzido a praticamente zero (Souza *et al.*, 2007), como foi o caso das áreas estudadas, em que não foram observados valores de Al trocável no solo.

Tabela 5. Valores de pH do solo (H_2O e KCl) em áreas de floresta e de capoeiras com diferentes idades de pousio em três comunidades na T. I Araçá (RR). Os valores

correspondem à média de três amostras de solos, em cada uma das camadas de 0-10 cm, 10-20 cm e 10-30 cm.

Tempo (anos)	Profundidade (cm)			Profundidade (cm)			Profundidade (cm)		
	0-10.	10-20.	20-30.	0-10.	10-20.	20-30.	0-10.	10-20.	20-30.
	<i>Comunidade Guariba</i>			<i>Comunidade Guariba</i>			<i>Comunidade Mutamba</i>		
	-----pH do solo (H ₂ O)-----								
Capoeira 2	6,12 b	6,14 b	6,09 b	6,39 a	6,36 a	6,48 a	6,32 a	6,26 a	6,32 a
Capoeira 5	6,27 a	6,22 ab	6,22 ab	5,92 b	5,96 a	5,86 b	6,40 a	6,14 ab	6,15 a
Capoeira 10	6,28 a	6,24 ab	6,29 a	5,97 ab	5,92 a	6,15 ab	6,29 a	6,23 ab	6,07 a
Capoeira 20	6,27 a	6,40 a	6,41 a	6,18 ab	6,25 a	6,19 ab	6,29 a	6,10 ab	6,20 a
Floresta	6,25 ab	6,24 ab	6,24 ab	5,87 b	6,02 a	6,03 b	5,64 b	5,82 b	6,06 a
CV (%)	0,83	1,30	1,14	2,66	2,98	2,39	1,69	2,61	2,48
	-----pH do solo (KCl)-----								
Capoeira 2	5,57 b	5,47 b	5,47 b	5,77 a	5,70 a	5,73 a	5,73 a	5,66a	5,69 a
Capoeira 5	5,63 ab	5,51 b	5,53 ab	5,36 a	5,30 a	5,04 b	5,71 a	5,51 a	5,52 a
Capoeira 10	5,68 ab	5,43 b	5,32 b	5,46 a	5,32 a	5,35 ab	5,70 a	5,57 a	5,74 a
Capoeira 20	5,84 a	5,85 a	5,81 a	5,58 a	5,68 a	5,50 a	5,63 ab	5,51 a	5,57 a
Floresta	5,68 ab	5,64 ab	5,58 ab	5,39 a	5,48 a	5,35 ab	5,25 b	5,17 b	5,20 a
CV (%)	1,63	1,50	2,23	2,93	5,09	3,00	2,79	2,17	4,37

5.2.3. Alumínio trocável (Al⁺³)

A acidez elevada promove o aumento de alumínio em solução do solo passa a ser um cátion que em altos teores é tóxico as plantas (Raij, 1991).

Não foram computados valores de alumínio nos solos das três comunidades estudadas e suas respectivas profundidades, em nenhum sistema de capoeiras ou na floresta. Considerando valores abaixo de 0,5 0 cmol_c kg⁻¹ como baixo (Cochrane *et al.*, 1985), todas as amostras analisadas apresentaram baixa concentração de Al trocável, uma vez que apresentaram valores situados em torno de 0 cmol_c kg⁻¹ de Al. Essa é outra característica marcante desses solos, já que 73% dos solos da Amazônia possuem problemas de toxidez por alumínio (Sanches & Cochrane, 1992). Pinho (2008) também observou baixos teores de alumínio trocável, tanto nos quintais agroflorestais como nas áreas dos lavrados adjacentes ao quintal, sugerindo que os solos da T.I. Araçá possuem

naturalmente pouca toxidez por alumínio, contrariamente à maior parte dos solos do lavrado (Vale Jr. & Souza, 2005).

De acordo com os dados apresentados de pH e os demais nutrientes é aceitável a condição de inexistência de alumínio ao solo, uma vez que em termos de dominância no solo, o complexo de troca íons, houve predominância de cátions. E pelas variações de pH neste trabalho, pode-se dizer que houve domínio de cargas negativas no solo, e pelo valor reativo de cargas, o Al passou a ser não dominante na solução do solo. Segundo Melo et al (2003) apenas pequenas faixas de solos na região de Roraima compreendem solos com teores baixos de Al. Kato *et al.* (2005) observaram variação baixa de Al teores de 0,2 a 0,5 cmol_c kg⁻¹ em Argissolos na Amazônia Oriental, fato este explicado pela presença de rica de material orgânico e áreas que comportam em afloramentos rochosos, como é o caso das três comunidades estudadas nessa pesquisa. A não acidez nestes solos também está relacionada com outros fatores, como a quantidade de matéria orgânica, a qualidade de absorção dos nutrientes pelas plantas, bem como a granulometria nos solos estudados.

5.2.4. Carbono no solo

A matéria orgânica do solo (MOS), além da sua importância na ciclagem do nutriente indica o grau de fertilidade dos mesmos, interfere no fornecimento do carbono orgânico (C) ao solo pelas reações com outros nutrientes e ainda, a quantidade fornecida dependerá da variação do pH e do tipo de vegetação encontrada no solo (Cerri *et al.*, 1996).

Com exceção da capoeira de 2 anos, os resultados da tabela 6 mostram que os valores de C orgânico encontrados em Araçá foram maiores que 26 g kg⁻¹, teores considerados elevados segundo os critério de Cochrane *et al.*, (1985). Nas comunidades Guariba e Mutamba a maioria das amostras analisadas apresentaram teores de C considerados como médio. Em todas as comunidades estudadas, os teores de C no solo apresentaram característica comum, ou seja, houve a tendência dos maiores teores na camada superficial e diminuindo com a profundidade, esse mesmo comportamento do C foi encontrado por Sisti *et al* (2004), ao estudarem estoque de carbono e nitrogênio no solo. O aumento das idades das capoeiras foi proporcional ao aumento dos teores de C encontrado no solo, sendo em geral, mais elevados nas capoeiras de 20 anos e na

floresta. Com exceção da comunidade Mutamba, onde teores de C foram mais altos na capoeira de 5 anos, este fato provavelmente ocorreu em função da grande quantidade de liteira encontrada nesta capoeira (observação de campo), assim como pela qualidade do material vegetal. Holscher *et al.* (1997) também observaram um incremento do C na camada superficial do solo durante a fase de pousio, principalmente naqueles mais antigos. A diminuição dos teores de C durante o início do período de pousio pode estar relacionado com o aumento da taxa de decomposição devido a baixa entrada de nova liteira (Szott & Palm, 1999). Pinho (2008) observou que nos quintais agroflorestais, o teor de C no solo aumentou ao longo do tempo, em relação à área de Lavrado adjacente. Porém, a maioria dos quintais ainda apresentou baixos teores de C. As características dos valores de C encontrado neste trabalho, também foram comuns com outros nutrientes como Ca e Mg, o que sugere uma possível relação entre essas características.

A distribuição vegetacional em Roraima estudada por Luizão & Luizão (1997), mostram que o mosaico de vegetação de florestas-savanas pode ser responsável pela maior variabilidade nos conteúdos de C no solo. O mesmo é afirmado por Fearnside & Barbosa (1998), que além do conteúdo e da composição da matéria orgânica, as mudanças de sazonalidade freqüente na região de Roraima resulta acúmulo e/ou perdas de carbono ao solo. Foi comprovado por Melo *et al.* (2003), quando verificou diferenças na relação de carbono entre os ambientes de mata (ilhas de mata ou floresta) e campo cerrado, onde a mata apresentou valores superiores ao campo cerrado. Esta característica ocorreu nas comunidades da T.I. A raça, não somente para o carbono, mas como também para outros nutrientes, estudados na ilhas de floresta.

Tabela 6. Teores de C orgânico do solo em áreas de floresta e de capoeiras com diferentes idades de pousio, em três comunidades na T. I Araçá (Rr) Os valores correspondem à média de três amostras de solos, em cada uma das camadas de 0-10 cm, 10-20 cm e 10-30 cm.

Tempo de Pousio (anos)	Profundidade (cm)								
	<i>Comunidade Araçá</i>			<i>Comunidade Guariba</i>			<i>Comunidade Mutamba</i>		
	0-10.	10-20.	20-30.	0-10.	10-20.	20-30.	0-10.	10-20.	20-30.
Capoeira 2	21,80 b	11,40 b	14,97 a	17,46 a	11,65 b	9,00 a	23,14 a	16,66 ab	13,18 ab
Capoeira 5	30,64 a	20,30 a	14,81 a	23,59 a	16,02 b	11,04 a	28,19 a	22,06 a	16,57 a
Capoeira 10	30,23 a	19,28 a	13,92 a	25,06 a	15,42 b	11,24 a	23,59 a	16,02 b	12,07 b
Capoeira 20	30,16 a	21,90 a	16,31 a	19,22 a	17,62 ab	14,94 a	24,77 a	16,28 ab	14,94 ab
Floresta	29,21 a	24,80 a	20,27 a	27,26 a	23,97 a	15,93 a	25,54 a	18,67 ab	13,60 ab
CV (%)	9,36	11,85	17,15	16,42	16,98	22,69	10,86	12,50	11,04

Médias seguidas por letras distintas nas colunas são significativamente diferentes (Teste de Tukey, 5%).

5.2.5. Macronutrientes

5.2.5.1. Cálcio trocável (Ca^{+2})

O cálcio é um cátion bivalente (Ca^{+2}) e no solo sua adesão é favorecida, assim sua mobilidade é considerada moderada (Siqueira Neto, 2006). Conseqüentemente influência na produtividade das culturas, uma vez que absorvido pela planta o Ca^{+2} torna-se imóvel, pois se encontra sob formas não solúveis em água e grandes quantidades estão ligados à parede celular, especialmente em leguminosas, onde o conteúdo de pectinas é elevado (Larcher, 2000).

A tabela 7 demonstra a variação do Ca nas comunidades estudadas. Em Araçá, os teores de Ca variaram de 2,44 a 6,78 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$. Os maiores teores foram obtidos na camada superficial de 0-10 cm, não havendo diferenças nos valores observados entre a cronossequência das capoeiras e a floresta. A concentração de Ca diminuiu com a profundidade do solo e na camada de 10-20 cm apresentou diferenças significativas entre as capoeiras de 2 anos e as de 5, 10 e 20 anos e na camada mais profunda, de 20-30 cm não os valores de Ca não diferiram entre si. Vale ressaltar que os maiores teores de Ca foram encontrados na cronossequência das capoeiras e não na floresta, com

exceção da comunidade Guariba em que as maiores concentrações foram observada na floresta. Nas comunidades de Guariba, a principal diferença encontrada nos valores de Ca foram entre as capoeiras de 2 anos e a floresta, essas diferenças coincidiram em relação às profundidades estudadas. Em Mutamba, houve diferenças significativas na camada de solo 0-10 e 20-30 cm entre a capoeira de 5 e 10 anos.

Segundo Melo *et al.* (2003), para os solos de Roraima valores de cálcio abaixo de $2,0 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ são considerados baixos. De acordo com o estudo na T.I. Araçá, os resultados para o Ca indicaram que estes solos apresentaram teores superiores aos encontrados por Melo (2003), e são também considerados altos segundo os critérios de Cochrane *et al.*, (1985). Por outro lado, Melo *et al.* (2003), ao caracterizarem os solos da região roraimense observaram a existência de altos níveis de Ca em algumas áreas. Possivelmente estes níveis elevados de Ca nos solos se tratavam de áreas com ocorrência de afloramentos rochosos, o que possibilitou apresentar características básicas naqueles solos.

O teor elevado de Ca, provavelmente pode também estar relacionado com os principais tipos de solos encontrados nas comunidades estudadas, que são os Argissolos Vermelho.

Amarelo e Argissolos Vermelho-Escuro. Estes possuem natureza vértica e com melhor fertilidade natural (Melo, 2002), e segundo Machado e Andrade (2007) são aptos ao cultivo agrícola, porém necessitam de manejo e conservação adequados para evitar a erosão. A concentração de Ca observada nesses solos os diferencia da maioria dos solos encontrados na região de savana de Roraima que são os Latossolos predominantemente caulíníticos, distróficos e álicos (Melo *et al.*, 2003).

Nas três comunidades estudadas, o tempo de pousio das capoeiras colaborou com relação aos elevados teores de Ca encontrados. Sendo na maioria dos casos observados maiores nas capoeiras mais antigas e na floresta e menor nas capoeiras de 2 anos. Kleinman *et al.* (1996), sugerem que para reposição do Ca seriam necessários de 15 a 20 anos de pousio. Por outro lado, para os Cambissolos estudados por Soares (2006), os resultados mostraram que cinco anos de pousio parece ser o tempo mínimo necessário para se obter valores de Ca, equivalentes aos encontrados em uma capoeira de vinte anos de pousio.

As maiores concentrações de Ca são observadas nas camadas superficiais, possivelmente em função da sua pouca mobilidade, além do acúmulo e à decomposição de liteira no solo e conseqüentemente acréscimo de nutrientes, inclusive aumento da

disponibilidade de Ca ao solo (Siqueira Neto, 2006).

Tabela 7. Teores de Ca do solo em áreas de floresta e de capoeiras com diferentes idades de pousio, em três comunidades na T. I Araçá (RR). Os valores correspondem à média de três amostras de solos, em cada uma das camadas de 0-10 cm, 10-20 cm e 10-30 cm.

Tempo de Pousio (anos)	Profundidade (cm)								
	Comunidade Araçá			Comunidade Guariba			Comunidade Mutamba		
	0-10.	10-20.	20-30.	0-10.	10-20.	20-30.	0-10.	10-20.	20-30.
	-----			cmol _c kg ⁻¹			-----		
Capoeira 2	4,90 a	2,44 b	3,08 a	3,59 b	2,47 b	2,28 b	4,94 ab	3,95 ab	3,19 ab
Capoeira 5	6,78 a	4,73 a	3,77 a	3,82 b	3,45 ab	2,50 ab	6,20 a	4,88 a	4,08 a
Capoeira 10	5,52 a	4,26 a	3,36 a	5,57 a	3,55 ab	2,81 ab	3,70 b	3,40 ab	2,20 b
Capoeira 20	5,91 a	4,35 a	3,58 a	4,52 ab	4,30 ab	2,72 ab	4,27 ab	3,04 b	2,68 ab
Floresta	4,84 a	3,92 ab	2,63 a	5,96 a	4,48 a	3,60 a	5,75 ab	4,52 ab	3,31 ab
CV (%)	17,19	15,04	20,70	19,31	19,37	17,08	17,85	15,21	18,54

Médias seguidas por letras distintas nas colunas são significativamente diferentes (Teste de Tukey, 5%).

5.2.5.2. Magnésio trocável (Mg⁺²)

O magnésio se encontra no solo na forma de íon Mg⁺² e faz parte do metabolismo de plantas e animais e é constituinte da molécula central da clorofila nas plantas. Assim, os maiores teores de magnésio são encontrados na parte aérea da plantas. E como o cálcio, o magnésio é um íon bivalente e ambos possuem funções essenciais na regulação e controle das reações biogeoquímicos relacionadas ao crescimento das plantas (Liu *et al.*, 1997).

A tabela 8 mostra os valores de magnésio nas três comunidades estudadas na T.I Araçá. Na comunidade Araçá, na camada superficial os teores de Mg variaram de 0,60 a 1,24 cmol_c kg⁻¹ nos sistemas de capoeira de 2 anos e floresta, respectivamente. E variaram de 0,53 a 0,93 cmol_c kg⁻¹ na capoeira (2 anos) e floresta, respectivamente, na comunidade Guariba, enquanto que em Mutamba variaram de 0,69 a 1,12 cmol_c kg⁻¹ nas capoeiras de 2 e 5 anos, respectivamente. Os valores de Mg encontrados nesse trabalho são considerados de médios a altos, segundo os dados de Melo *et al.* (2003) para a região de Roraima, e situam-se muito acima dos valores normalmente observados nos solos de outras regiões da Amazônia, onde aproximadamente 75% dos solos

apresentam deficiência desse nutriente (Moreira *et al.* 2005). Melo *et al.* (2003), verificaram que na região de Roraima os níveis de magnésio no solo apresentaram-se de baixos a muito baixos e em média aproximadamente 63% dos solos da região possuem valores de Mg menores ou iguais a $0,5 \text{ cmol}_c\text{dm}^{-3}$.

Em Roraima, os valores de magnésio estão associados a solos com presença de diabásico e Andesito Epidotito, pois as áreas estão localizadas a mais de 800 m de altitude. Além do que é a idade pedológica em estágio de desenvolvimento e a não intemperização que favorece a maior troca de bases trocáveis no solo. Normalmente na maioria dos solos da Amazônia devido a sua acidez, são encontrados teores de Mg baixos, muito provavelmente em função do pH baixo do solo e a perdas de nutrientes ao longo do perfil (Luchese *et al.*, 2001), estas características diferiram dos valores de Mg encontrado neste trabalho. É provável que a boa característica de fertilidade do solo encontrada em algumas áreas de solo tenha contribuído para os teores elevados e médios de magnésio, principalmente em faixas com Argissolos encontrados na região de Roraima (Melo *et al.*, 2003). Kato *et al.* (2005), estudaram a classe de Argissolos na Amazônia Oriental e encontraram valores para Mg considerados médios em capoeiras de 4 e 10 anos de pousio.

Nas três comunidades, o resultado de maior variação do Mg ocorreu principalmente na profundidade 10-20 cm, entre as capoeiras de 2 anos e a floresta com diferenças significativas entre elas. No entanto, na comunidade Mutamba não onde houve diferença significativa entre cronossequência de capoeiras e a floresta para as nas camadas de 0-10 e 20-30 cm, sendo maior na floresta.

Os resultados mostraram que aumento Ca e Mg estão associados à cronossequências das capoeiras. As capoeiras mais velhas apresentaram os maiores teores de Ca e Mg e vai diminuindo com o aumento da profundidade. Ou seja, as capoeiras com aumento da idade do pousio proporcionam melhor recuperação do solo, e corroboraram que o uso dessas áreas em curto período de pousio, em geral para instalações de roças, possa não ser rentável a reposição de nutrientes ao solo e conseqüentemente leva queda de produtividade das culturas. Sendo mais viável utilizar as capoeiras de acima de 5 anos de idade.

Tabela 8. Teores de Mg trocável do solo em áreas de floresta e de capoeiras com diferentes idades de pousio, em três comunidades na T. I Araçá (Rr). Os valores correspondem à média de três amostras de solos, em cada uma das camadas de 0-10 cm,

10-20 cm e 10-30 cm.

Tempo de Pousio (anos)	Profundidade (cm)								
	0-10.	10-20.	20-30.	0-10.	10-20.	20-30.	0-10.	10-20.	20-30.
	<i>Comunidade Araçá</i>			<i>Comunidade Guariba</i>			<i>Comunidade Mutamba</i>		
	----- cmol _c kg ⁻¹ -----								
Capoeira 2	0,60 b	0,47 c	0,44 b	0,53 b	0,36 c	0,32 b	1,10 a	0,82 ab	0,72 a
Capoeira 5	0,95 ab	0,64 bc	0,58 ab	0,71 ab	0,50 b	0,41 b	1,12 a	0,78 ab	0,70 a
Capoeira 10	1,22 a	0,75 b	0,62 ab	0,82 ab	0,55 b	0,44 ab	0,69 a	0,59 ab	0,42 a
Capoeira 20	1,00 ab	0,76 b	0,60 ab	0,66 ab	0,59 ab	0,47 ab	0,72 a	0,50 b	0,42 a
Floresta	1,24 a	1,04 a	0,86 a	0,93 a	0,70 a	0,59 a	1,09 a	0,89 a	0,77 a
CV (%)	18,83	13,76	17,42	15,32	8,03	12,82	19,73	18,71	25,58

Médias seguidas por letras distintas nas colunas são significativamente diferentes (Teste de Tukey, 5%).

5.2.5.3. Potássio disponível (K⁺)

No sistema solo-planta o potássio (K⁺) é um elemento essencial ao desenvolvimento das plantas além de ser um dos princípios constituinte das bases trocáveis do solo e seus teores normalmente são menores quando comparado ao Ca e Mg.

Pelo quadro das classes de interpretação de fertilidade para Roraima mostrado por Melo *et al.* (2003) o teores de K variaram de 0,040 a 0,302 cmol_c dm⁻³.

Nas três comunidades estudadas, as maiores concentrações de potássio foram observadas na camada superficial (0-10 cm) e diminui gradativamente à medida que a profundidade aumenta (Tabela 9). Na comunidade Araçá os teores de K alternaram de 0,03 a 0,222 cmol_c kg⁻¹ e de 0,032 a 0,039 cmol_c kg⁻¹ nos sistemas de capoeiras e floresta respectivamente. Mais de 90% das amostras analisadas apresentaram valores de K situados abaixo dos níveis considerados como críticos para a maioria das culturas, segundo os critérios de Cochran *et al.*, 1985. Esses resultados mostram que o K pode ser um nutriente limitante nas ilhas de mata de Roraima.

Os valores de K refletem também a origem da natureza do material bem como a pouca ação do intemperismo, uma vez que de maneira em geral esses valores foram baixos. E houve grande variação entre as capoeiras mais antigas junto com a floresta em relação aos valores das capoeiras mais jovens, como as de 2 e 5 anos. De acordo

com a classe dos Argissolos estudado por Kato *et al.* (2005), os valores de K variam de 0,30 a 0,80 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ considerados de médios a altos, diferindo dos encontrados em Latossolos que foram baixos. Tanto na comunidade Guariba e Mutamba, os valores para o K foram maiores que os encontrados em Araçá. Uma explicação para as baixas reservas de K nesses solos pode estar relacionada com as suas características físicas, por ser um solo mais arenoso e este tende a diminuir a concentração de K nessas condições. Tomé Jr. (1997) afirma que essa redução possui uma relação direta com a quantidade de matéria orgânica disponibilizada no solo.

Nas comunidades de Guariba e Mutamba, as capoeiras mais jovens apresentaram uma menor concentração de K nos solos, principalmente entre as profundidades, ou seja apesar de não diferirem entre a cronosequência de capoeiras e floresta é perceptível seu decréscimo a medida que se avança na profundidade. Assim sendo, a implantação de roças em capoeira de idades jovens prejudicaria a produtividade das culturas. Por outro lado, o tempo de pousio não influi no incremento de K ao solo. Soares (2006) também não observou efeito do tempo de pousio no aumento de teor de K em um cambissolo da região do Alto Solimões-AM. Além de ser observado o tempo de pousio da área segundo Melo *et al.* (2003), também deve ser observado a ocorrência de rochas básicas, embora as rochas não sejam fontes potenciais de potássio. No caso dos Argissolos (Sanchez & Vilachica, 1983) verificaram após a queima da floresta são incrementados cerca de 56% nos teores de K e segundo Raij (1991) a diminuição do teor de água no solo afeta a difusão do K, e assim dificulta sua absorção pelas culturas.

Tabela 9. Teores de K trocável do solo em áreas de floresta e de capoeiras com diferentes idades de pousio, em três comunidades na T. I Araçá (Rr) Os valores correspondem à média de três amostras de solos, em cada uma das camadas de 0-10 cm,

10-20 cm e 10-30 cm.

Tempo de Pousio (anos).	Profundidade (cm)			Profundidade (cm)			Profundidade (cm)		
	0-10.	10-20.	20-30.	0-10.	10-20.	20-30.	0-10.	10-20.	20-30.
	<i>Comunidade Araçá</i>			<i>Comunidade Guariba</i>			<i>Comunidade Mutamba</i>		
	----- cmol _c kg ⁻¹ -----								
Capoeira 2	0,127 b	0,090 b	0,085 a	0,095 b	0,068 b	0,061 b	0,028 b	0,024 b	0,020 c
Capoeira 5	0,222 a	0,161 a	0,131 a	0,146 a	0,136 a	0,117 a	0,045 b	0,037 b	0,032 bc
Capoeira 10	0,038 c	0,031 c	0,03 b	0,164 a	0,146 a	0,150 a	0,093 a	0,085 a	0,070 ab
Capoeira 20	0,039 c	0,035 c	0,027 b	0,134 ab	0,138 a	0,100 ab	0,089 a	0,078 a	0,082 a
Floresta	0,038 c	0,039 c	0,032 b	0,165 a	0,144 a	0,135 a	0,027 b	0,020 b	0,017 c
CV (%)	18,90	20,34	32,11	13,20	11,88	18,63	24,20	60,68	34,57

Médias seguidas por letras distintas nas colunas são significativamente diferentes (Teste de Tukey, 5%).

5.2.5.4. Fósforo disponível (P)

O fósforo (P) não é encontrado na natureza na forma elementar, pois o mesmo é muito reativo e se liga a quatro moléculas de oxigênio, formando o ortofosfato (PO₄⁻³). No solo é encontrado na forma de H₂PO₄⁻³ por ser um ânion é um elemento de baixa mobilidade. Geralmente o P não é lixiviado, o que explica seu acúmulo na camada superficial do solo e passam a ser adsorvidos por hidróxidos de Fe e Al. As formas e a dinâmica do P no solo, podem ser afetadas pelas mudanças do uso da terra, pelo o pH, a modificação da cobertura vegetal e conseqüentemente a ciclagem de nutrientes (Solomon, 2002; Gallardo-Ordinola, 2004).

Na comunidade Araçá, somente a floresta apresentou na camada de 0-10 cm, uma concentração de P no solo considerada como satisfatória, segundo Cochrane *et al.*, (1985) com diferenças significativas quando comparado com a capoeira de 5 anos (Tabela 10). A mesma diferença ocorreu na camada de 20-30 cm de solo. De uma maneira geral em Araçá, houve diferenças entre os teores de P entre cronossequência das capoeiras e a floresta, sendo o maior teor encontrado na floresta.

Na comunidade Guaribas, foram observadas as maiores variações de P na camada superficial de 0-10 cm, porém não foram observados diferenças significativas que entre os valores de P na cronossequência das capoeiras e a floresta, bem como nas camadas 10-20 e 20-30 cm. Já em Mutamba, não houve diferença entre as

cronosseqüências de capoeiras, porém houve diferença significativas quando comparado com a floresta, nesta comunidade os valores de P alcançaram os maiores índices dentre as outras chegando a 24,58 mg kg⁻¹.

De modo geral, aproximadamente 90% das amostras analisadas apresentaram concentração de P abaixo do nível considerado como satisfatório, demonstrando que este p, assim como o K um principais nutrientes limitantes para o cultivo nessas áreas. Pinho (2008) também observou valores muito baixos de P na região de Lavrado na Terra Indígena Araçá. No entanto, a mesma autora relata altas concentrações de P nos solos dos quintais agroflorestais implantados na mesma região de Lavrado, enfatizando a importância das práticas do manejo do resíduo orgânico no enriquecimento em P nessas áreas.

O P disponível diminuiu com a profundidade, já que é um elemento pouco móvel, porém apresenta maiores concentrações no solo, do que na biomassa (Dematte, 2000). Segundo Campos *et al.* (2005), há uma relação compensatória na distribuição do P entre o solo e a floresta, onde a vegetação contribui com aproximadamente 20-50% do P no solo, contudo o P possui poucas formas disponíveis as plantas, o que explica neste trabalho encontrar maiores valores do P nas áreas de floresta e na camada superficial.

Assim, o tempo de pousio contribui para o incremento de fósforo no solo, sendo que os altos teores foram encontrados proporcionalmente com aumento do tempo de pousio das capoeiras e na floresta foi mais elevado. O acúmulo de P na camada superficial pode ser atribuído à deposição de resíduos vegetais, o qual favorece a ciclagem de nutrientes devolvendo ao solo forma orgânica, dos elementos menos susceptível a adsorção, uma vez que problema relacionados à deficiência de P afeta mais de 40% dos solos tropicais (Smithson & Giller, 2002) bem como a baixa mobilidade do mesmo. Nas capoeiras mais velhas e na floresta os maiores teores de P nessas áreas foi favorecida também pelo não revolvimento do solo o que incrementou ainda mais ao solo as formas orgânicas dos nutrientes e assim reduziu a adsorção do P com Fe e Al (Fassbender *et al.*, 1988). Trabalhos de Silva *et al.* (1999) e Ross *et al.* (1992), estudando as savana roraimense, constataram que a baixa capacidade da fixação de fósforo naqueles solos muitas vezes deve estar associadas à mineralogia do local e verificaram que aproximadamente 65% do fósforo existente encontra-se na forma orgânica.

Sendo assim é certo afirmar que a utilização das áreas com períodos curtos de

pousio prejudica a capacidade produtiva do solo e conseqüentemente produtividade das culturas. Por isso de acordo com os dados expostos neste trabalho é necessário utilizar áreas com tempo de pousio acima de 10 anos.

Tabela 10. Teores de P trocável do solo em áreas de floresta e de capoeiras com diferentes idades de pousio, em três comunidades na T. I Araçá (Rr) Os valores correspondem à média de três amostras de solos, em cada uma das camadas de 0-10 cm, 10-20 cm e 10-30 cm.

Tempo de Pousio (anos)	Profundidade (cm)								
	0-10.	10-20.	20-30.	0-10.	10-20.	20-30.	0-10.	10-20.	20-30.
	<i>Comunidade Araçá</i>			<i>Comunidade Guariba</i>			<i>Comunidade Mutamba</i>		
	----- cmol _c kg ⁻¹ -----								
Capoeira 2	2,20 ab	1,01 c	1,24 ab	1,74 bc	1,10 a	0,86 a	1,76 b	1,03 b	0,92 b
Capoeira 5	1,79 b	1,17 bc	0,86 b	2,38 bc	1,79 a	1,14 a	2,11 b	1,37 b	1,27 b
Capoeira 10	2,59 ab	1,63 b	1,02 ab	4,10 a	1,78 a	1,36 a	1,79 b	0,96 b	0,77 b
Capoeira 20	2,35 ab	1,51 b	1,21 ab	3,40 ab	4,37 a	1,71 a	2,86 b	1,50 b	1,39 b
Floresta	3,00 a	2,32 a	1,57 a	1,58 c	1,54 a	0,98 a	24,58 a	22,90 a	19,16 a
CV (%)	13,92	11,48	19,10	23,59	73,45	31,93	30,59	36,03	25,60

Médias seguidas por letras distintas nas colunas são significativamente diferentes (Teste de Tukey, 5%).

5.2.6. Micronutrientes

Os micronutrientes assim como os macronutrientes são elementos essenciais para o crescimento de plantas, embora os micronutrientes sejam requeridos em quantidades menores. Os cátions micronutrientes (Cu, Fe, Mn e Zn) ocorrem na forma divalente no solo, a diferença no caráter iônico entre as ligações químicas, sugerem que o Fe e o Mn possam substituir um pelo outro.

5.2.6.1. Ferro

Neste estudo, os maiores teores micronutrientes no solo, foram apresentados pelo Fe e Mn (Tabela 11). Provavelmente em função da similaridade dos processos geológicos e químicos desses dois elementos os seus valores foram proporcionais. Nas comunidades estudadas, houve pouca variação de Fe e Mn, entre a cronossequência das capoeiras e a florestas, bem como entre as profundidades, sendo que os maiores valores

foram encontrados nas capoeiras com idade de 10 e 20 anos, para ambos os elementos. Na comunidade Araçá, os valores de Fe não foram significativos entre as idades das capoeiras e a floresta, bem como a profundidade. Guariba foi a que apresentou maior variação para os valores de Fe, exceto na camada 0-10 cm onde não houve diferenças significativas ente a cronossequência das capoeiras e a floresta, já nas camadas 10-20 e 20-30 cm os valores apresentados nas capoeiras foram similar para ambas as profundidades com diferenças ente si nos valores de Fe. De maneira em geral os teores de ferro encontrado foram bastante elevados de acordo com os critérios Sousa & Lobato (2002), das análises de solos para micronutrientes no cerrado.

Os resultados mostraram que nas profundidades estudadas a que o pH aumentava diminuía os teores de Fe no solo, uma vez que o aumento do pH no solo diminui a presença de micronutrientes no solo em pontos catiônicos (Abreu *et al.*, 2007). Porém, o pH elevado não foi o suficiente para reduzir o teor de ferro nos solo estudados. Segundo Woods (2003), o ferro não costuma ser adicionado ao solo por ações antropogênicas, exceto quando o uso de utensílios de metal incorporados ao solo por anos.

Tabela 11. Teores de Fe no solo em áreas de floresta e de capoeiras com diferentes idades de pousio, em três comunidades na T. I Araçá (Rr) Os valores correspondem à média de três amostras de solos, em cada uma das camadas de 0-10 cm, 10-20 cm e 10-30 cm.

Tempo de Pousio (anos)	Profundidade (cm)								
	0-10.	10-20.	20-30.	0-10.	10-20.	20-30.	0-10.	10-20.	20-30.
	<i>Comunidade Araçá</i>			<i>Comunidade Guariba</i>			<i>Comunidade Mutamba</i>		
	----- mg kg ⁻¹ -----								
Capoeira 2	52 a	64 a	105 a	88 a	41 c	32 c	65 b	51 a	51 a
Capoeira 5	76 a	69 a	65 a	119 a	90 ab	79 ab	122 ab	59 a	59 a
Capoeira 10	47 a	69 a	66 a	177 a	109 a	100 a	151 a	37 a	20 a
Capoeira 20	79 a	79 a	79 a	77 a	66 bc	48 bc	114 ab	30 a	91 a
Floresta	63 a	72 a	63 a	105 a	97 a	87 ab	65 b	54 a	38 a
CV (%)	29,09	16,99	22,41	41,33	13,78	21,10	25,77	41,02	87,86

Médias seguidas por letras distintas nas colunas são significativamente diferentes (Teste de Tukey, 5%).

5.2.6.2. Manganês

Os teores de manganês nas comunidades da T.I. Araçá variou entre 31 a 205 mg

kg⁻¹ nas áreas de capoeiras e de 49 a 189 mg kg⁻¹ nas áreas de floresta (Tabela 12). A camada superficial foi a que apresentou maiores teores de manganês e diminuiu ao decréscimo da profundidade, a comunidade Guariba foi a que apresentou menores valores de Mn na camada 20-30 cm. Pelos critérios adotados por Sousa & Lobato (2002), com relação aos micronutrientes no solo de cerrado, os valores de Mn encontrado nas áreas de capoeiras e floresta na T.I. Araçá não são limitante nos solos estudados.

De maneira em geral, assim como o Fe os teores de Mn são influenciados pelo pH, neste caso a maior disponibilidade de Mn ocorreu nas faixas em que o pH foi acima de 5,5 e apesar dos valores de Ca, Mg e Fe serem altos não foi o suficiente para diminuir os teores de Mn, uma vez que valores elevados de cálcio, magnésio e ferro nos solo causam a deficiência do Mn (Abreu *et al.*, 2007).

Tabela 12. Teores de Mn no solo em áreas de floresta e de capoeiras com diferentes idades de pousio, em três comunidades na T. I Araçá (Rr) Os valores correspondem à média de três amostras de solos, em cada uma das camadas de 0-10 cm, 10-20 cm e 10-30 cm.

Tempo de Pousio (anos)	Profundidade (cm)								
	Comunidade Araçá			Comunidade Guariba			Comunidade Mutamba		
	0-10.	10-20.	20-30.	0-10.	10-20.	20-30.	0-10.	10-20.	20-30.
Capoeira 2	129 bc	102 ab	84 b	73 a	39 a	31 b	205 a	170 a	147 a
Capoeira 5	205 a	125 ab	114 ab	67 a	40 a	32 b	172 a	92 b	106 a
Capoeira 10	84 c	64 b	43 c	141 a	47 a	44 b	201 a	96 b	62 a
Capoeira 20	200 a	159 a	149 a	96 a	96 a	79 a	98 b	63 b	72 a
Floresta	145 b	132 ab	104 b	141 a	112 a	49 b	189 a	109 ab	113 a
CV (%)	12,25	27,61	14,89	48,41	44,60	22,31	14,90	24,69	36,89

Médias seguidas por letras distintas nas colunas são significativamente diferentes (Teste de Tukey, 5%).

5.2.6.3. Zinco

Os teores de zinco nas comunidades da T.I. Araçá, variaram entre 3,97 a 4,30 mg kg⁻¹ nas áreas de capoeiras e de 5,30 a 10,97 mg kg⁻¹ nas áreas de floresta (Tabela

13). Como os demais micronutrientes catiônicos (Fe e Mn), na camada superficial foram encontrados os maiores valores para Zn e diminuíram com o decréscimo da profundidade. Pelo critério adotado por Sousa & Lobato (2002), para valores de Zn, os resultados mostram que os teores de zinco encontrados foram considerados altos para as áreas estudadas. Os resultados mostraram que o Zn não é um nutriente limitante nas áreas de capoeiras e florestas estudadas. Segundo Abreu *et al.* (2007), a maior disponibilidade de Zn ocorre na faixa de pH 5,0 a 6,5, pois em áreas do cerrado o zinco é um dos micronutrientes mais limitante para o desenvolvimento das culturas (Lopes, 1983)

Tabela 13. Teores de Zn no solo em áreas de floresta e de capoeiras com diferentes idades de pousio, em três comunidades na T. I Araçá (RR) Os valores correspondem à média de três amostras de solos, em cada uma das camadas de 0-10 cm, 10-20 cm e 10-30 cm.

Tempo do Pousio (anos)	Profundidade (cm)								
	0-10.	10-20.	20-30.	0-10.	10-20.	20-30.	0-10.	10-20.	20-30.
	Comunidade Araçá			Comunidade Guariba			Comunidade Mutamba		
	mg kg ⁻¹								
Capoeira 2	6,97 b	3,97 b	4,30 b	6,53 b	5,77 a	5,87 b	9,87 b	9,80 a	10,43 a
Capoeira 5	13,63 a	8,30 a	6,90 ab	8,50 b	7,93 a	6,77 b	15,67 a	11,40 a	9,73 a
Capoeira 10	9,40 b	8,77 a	8,77 ab	13,20 a	13,03 a	12,00 a	10,57 b	7,80 a	7,90 a
Capoeira 20	10,67 ab	9,67 a	9,00 a	8,87 b	10,93 a	7,40 b	9,77 b	7,80 a	7,70 a
Floresta	7,53 b	7,17 ab	5,30 ab	8,90 b	8,27 a	8,40 ab	10,87 b	10,07 a	9,43 a
CV (%)	16,26	18,33	25,44	15,31	32,63	20,87	12,82	18,13	24,90

Médias seguidas por letras distintas nas colunas são significativamente diferentes (Teste de Tukey, 5%).

5.2.6.4. Cobre

Os teores de Cu (Tabela 14) nas três comunidades da T.I. Araçá variou entre 4,27 a 15,76 mg kg⁻¹ e de 6,83 a 14,40 entre 0,87 a 1,57 mg kg⁻¹ nas áreas de capoeiras e florestas, respectivamente. Os valores observados situam-se bem acima daqueles encontrados por Sousa & Lobato (2002) na região dos solos de cerrados, o que diferencia os solos estudados nas ilhas de floresta em relação à maior parte das savanas, em que 70% dos solos são deficientes em cobre.

Os resultados mostram que os teores de cobre não apresentaram grandes

variações ao longo da cronossequência das capoeiras e da floresta, bem como das profundidades e que este micronutriente não foi limitante nos solos das áreas estudadas, pois em áreas do cerrado o zinco é um dos micronutriente mais limitante para o desenvolvimento das culturas (Lopes, 1983). Apesar da pouca variação, a maior parte dos solos das capoeiras estabelecidas apresentou altos teores de cobre. Pelos critérios de Cochrane *et al.* (1985) e Sousa & Lobato (2002), o Cu apresentou teores que chegam até 10 vezes considerados satisfatórios, deste modo os solos estudados são naturalmente ricos em cobre.

Tabela 14. Teores de cobre no solo em áreas de floresta e de capoeiras com diferentes idades de pousio, em três comunidades na T. I Araçá (RR) Os valores correspondem à média de três amostras de solos, em cada uma das camadas de 0-10 cm, 10-20 cm e 10-30 cm.

Tempo de pousio (anos)	Profundidade (cm)								
	Comunidade Araçá			Comunidade Guariba			Comunidade Mutamba		
	0-10.	10-20.	20-30.	0-10.	10-20.	20-30.	0-10.	10-20.	20-30.
	mg kg ⁻¹								
Capoeira 2	4,37 b	8,47 b	6,83 d	4,27 c	5,20 c	5,67 c	6,87 c	8,47 b	10,33 ab
Capoeira 5	9,27 a	13,23 a	15,76 a	6,03 bc	7,70 bc	7,73 bc	8,33 bc	9,10 ab	11,00 ab
Capoeira 10	8,37 a	12,67 a	14,70 ab	10,93 a	11,97 a	13,27 a	10,10 b	9,33 ab	10,03 ab
Capoeira 20	7,60 a	9,83 b	12,13 bc	6,27 bc	6,47 bc	8,63 bc	7,37 c	7,20 b	8,33 b
Floresta	6,83 ab	8,60 b	10,23 c	7,63 b	8,90 ab	9,63 b	13,00 a	12,67 a	14,40 a
CV (%)	15,85	7,87	9,17	14,98	15,62	14,80	9,46	14,37	16,89

Médias seguidas por letras distintas nas colunas são significativamente diferentes (Teste de Tukey, 5%).

Tabela 15. Classificação dos teores de nutrientes em solos tropicais. Adaptado de Cochrane *et al.*, (1985).

Elemento	Teor		
	Baixo	Médio/Satisfatório	Alto
Cálcio (cmolc/Kg)	< 0,4	0,4 - 4	> 4
Fósforo (mg/Kg)	< 3	3 - 7	> 7
Potássio (cmolc/Kg)	< 0,15	0,15 - 0,3	> 0,3
Magnésio (cmolc/Kg)	< 0,2	0,2 - 0,8	> 0,8

Cobre (mg/Kg)	< 0,15	> 0,15	-
Ferro (mg/Kg)	< 10	10 - 80	> 80
Manganês (mg/Kg)	< 8	8 - 35	-
Zinco (mg/Kg)	< 1,5	> 1,5	-
Matéria Orgânica (g/Kg)	< 15	15 - 45	> 45
pH - H ₂ O	< 5,3	5,3 - 7,3	>7,3
Alumínio (cmolc/Kg)	< 0,5	0,5 - 1,5	> 1,5

Tabela 16. Interpretação dos resultados da análise de solo para micronutrientes em condições de Cerrado. Adaptado de Sousa & Lobato (2002).

Elemento	Teor		
	<i>Baixo</i>	<i>Médio/Satisfatório</i>	<i>Alto</i>
Cobre (mg/Kg)	0-0,4	0,5	> 0,8
Manganês (mg/Kg)	0-1,9	2,0-5,0	> 5,0
Zinco (mg/Kg)	0-1,0	1,1-1,6	> 1,6

6. CONCLUSÃO

De acordo com os valores de pH observados, os solos das Ilhas de florestas estudados apresentaram características de acidez aceitável a acidez fraca. Não foi observado um efeito claro do tempo de pousio no valores de pH dos solos estudados. Todos os sistemas de uso da terra amostrados apresentaram baixos teores de Al trocável.

Todos os sistemas de uso da terra estudados mostraram que existe uma alta disponibilidade Ca e Mg nos solos das Ilhas de floresta nas savanas de Roraima. De maneira geral, os dados observados sugerem que o tempo de pousio das capoeiras contribui para um aumento dos teores desses nutrientes no solo.

Na maioria dos sistemas de uso da terra estudados, os teores de P e K no solo foram baixos, mostrando que esses podem ser os principais nutrientes limitantes para a produção agrícola nos solos das Ilhas de floresta nas savanas de Roraima. Os dados mostram que o pousio pode contribuir para o incremento do teor de P no solo, mas não para o incremento de K.

Os teores de C orgânico variaram de médio a alto e de maneira em geral, as maiores concentrações foram obtidas nas áreas de florestas e nas capoeiras com maior tempo de pousio.

Em todos os sistemas de uso da terra amostrados, as concentrações de Cu, Zn, Mn e Fe situaram-se muito acima do nível considerado alto, mostrando a alta disponibilidade desses micronutrientes nas áreas de Ilhas de florestas nas savanas de Roraima.

Esse estudo mostrou que a dinâmica do N é influenciada pela sazonalidade. As concentrações de N mineral no solo foram maiores na estação chuvosa, a forma predominante de N mineral foi NH_4^+ . Ao longo da regeneração da vegetação nas capoeiras, a disponibilidade de N tende a aumentar devido à aumento da matéria orgânica do solo.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ab'Saber, A. N. 1997. A formação Boa Vista: o significado geomorfológico e geológico no contexto do relevo de Roraima. In: Barbosa, R. I.; Ferreira, E.J.G.; Catellon, E.G. *Homem, ambiente e ecologia no estado de Roraima*. INPA, Manaus, p. 325-335.
- Albert, B. 1997. Terra, ecologia e saúde indígena: o caso Yanomami. In: Barbosa, R. I.; Ferreira, E.J.G.; Catellon, E.G. *Homem, ambiente e ecologia no estado de Roraima*. INPA, Manaus, p 65 -83.
- Adams, F.; Martin, J. B. 1984. Liming effects on nitrogen use and efficiency. In: Hauck, R. D. (Ed.). *Nitrogen in crop production*. American Society of Agronomy. Madison, p. 417-426.
- Alfaia, S. S.; Souza, L. A. G. 2002. Perspectivas de uso e manejo dos solos na Amazônia. In: Araújo, Q. R. (Org). *500 Anos de Uso e Manejo dos Solos na Amazônia*. Ilhéus, BA: Editus, 311-327.
- Alfaia, S.S.; Ribeiro, G.A.; Nobre, A.D.; Luizão, R.C.; Luizão, F.J. 2004. Evaluation of soil fertility in smallholder agroforestry systems and pasture in western Amazonia. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 102: 409-414.
- Almeida, A.S.; Vieira, I.C.G. 2001. Padrões florístico e estruturais de uma cronossequência de florestas no município do Pará, região Bragantina. *Boletim Museu Paraense Emílio Goeldi. Botânica* v.17, p.209-240.
- Altieri, M. 2002. *Bases científicas para uma agricultura sustentável*. Guaíba: Agropecuária. 592pp.
- Amorozo, M. C. de M. 2002. A perspectiva etnobotânica na conservação da biodiversidade. XIV Congresso da Sociedade Botânica para o Estado de São Paulo. Departamento de Ecologia, Instituto de Biociências-UNESP, Rio Claro.

- Andrade, Z.; Cuenca, G.; Escalante, G. 1996. Preliminary studies on mycorrhizal status and morphology of arbuscular mycorrhizae of some native plant species from La Gran Sabana, Venezuela. *In: Azcon-Aguilar, C.; Barea, J.M. (Ed.). In: European Symposium On Mycorrhizas. Brussel: European Commision, p. 67-70.*
- Araújo, G.M. & Haridasan, M. 1988. A comparison of the nutrients status of two forests on dystrophic and mesotrophic soils in the cerrado region of central Brazil.
- Araújo, W. F.; Andrade Júnior, A. S.; Medeiros, R. D.; Sampaio, R. A. 2001. Precipitação pluviométrica mensal provável em Boa Vista, Estado de Roraima, Brasil. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. 5(3): 563-567.
- Aweto, A. O. 1981. Secondary succession and soil fertility in southwestern. I. Succession. II Soil restoration. *J. Ecology*. 69: 601-14. Nigéria.
- Barbosa, R I. 1997. Distribuição das chuvas em Roraima. *In: Barbosa, R. I.; Ferreira, E.J.G.; Catellon, E.G. Homem, ambiente e ecologia no estado de Roraima. INPA, Manaus, p. 325-335.*
- Barbosa, R I. 2003. Caracterização dos ecossistemas terrestres do projeto de Assentamento Nova Amazônia (PANA)-Antiga Fazenda Bamerindus. Relatório de Pesquisa, Inpa - Roraima, Boa Vista, 40pp.
- Barbosa, R I.; Costa e Souza, J. M.; Xaud, H. A. M. 2005. Savanas de Roraima: referencial geográfico e histórico. *In: Barbosa, R. I.; Xaud, H. A. M.; Costa e Souza, J. M. (Eds.). Savanas de Roraima: Etonocologia, Biodiversidade e Potencialidades Agrossilvipastoris. Fundação Estadual de Meio Ambiente, Ciência e Tecnologia- FEMACT. Boa Vista, Roraima. p. 11 - 20.*
- Barbosa, R I.; Miranda, I. S. 2005. *In: Barbosa, R. I.; Xaud, H. A. M.; Costa e Souza, J. M. (Eds.). Savanas de Roraima: Etonocologia, Biodiversidade e Potencialidades Agrossilvipastoris. Fundação Estadual de Meio Ambiente, Ciência e Tecnologia-*

FEMACT. Boa Vista, Roraima. p. 61-77.

Barbosa, R. I.; Nascimento, S. P.; Amorim, P. A. F.; Silva, R. F. 2005. Notas sobre a composição arbóreo-arbustiva de uma fisionomia das savanas de Roraima, Amazônia Brasileira. *Acta Botânica Brasileira*, 19 (2): 323-329.

Barbosa, R.I.; Campos, C.; Pinto, F.; Fearnside, P.M. 2007. The “Lavrados” of Roraima: Biodiversity and Conservation of Brazil’s Amazonian Savannas. *Functional Ecosystems and Communities*, 1(1): 29-41.

Brasil 1975. Projeto RADAMBRASIL. Levantamento de Recursos Naturais, Volume 8 Ministério das Minas e Energia. Rio de Janeiro. 428pp.

Brocki, E. 2001. *Sistemas agroflorestais de cultivo e pousio: Etnoconhecimento de agricultores familiares do lago do Paru (Manacapuru, Am)*. Tese (Doutorado em Botânica) – Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, Amazonas. 165 pp.

Bruce, J. P.; Frome, M.; Haites, E.; Janzen, H.; Lal, R.; Paustian, K. 1998. Carbon sequestration in soils. *Soil and Water Conservation Society and Carbon Sequestration in Soils Workshop*. Calgary, Alberta, Canadá, p. 21-22.

Bueno, E. 1998. *Náufragos, traficantes e degredados: as primeiras expedições ao Brasil, 1500-1531*. Rio de Janeiro: Objetiva, 200 p.

Campos, M.L.; Marchi, G.; Lima, D.; Silva, C.A. 2005. *Ciclagem de nutrientes em floresta e pastagem*. Lavras: UFLA, (Boletim Técnico).

Cantarella, H. 2007. Nitrogênio. In: Novais, R. F. ; Alvarez V, V. H. ; Barros, N. F. ; Fontes, R. L. F. ; Cabtarutti, R. B. ; Neves, J. C. L. (Eds). *Fertilidade do Solo*. Viçosa: SBCS, p. 375-470.

Carvalho, J. L. N. 2006. *Conservação do Cerrado para fins agrícolas na Amazônia e seus impactos no solo e no meio ambiente*. Dissertação de Mestrado, Escola

Superior de Agricultura Luiz de Queiroz / Universidade de São Paulo. São Paulo, São Paulo, 96pp.

- Cochrane, T. T. 1990. Regional soil differentiation in neotropical savannas. *In: Sarmiento, G. (Eds). Las Sabanas Americanas. Aspecto de su biogeografía, Ecología y Utilización.* Centro de Investigaciones Ecológicas de los Andes Tropicales. Mérida, Venezuela. p. 99 – 124.
- Cochrane, T.T.; Sanchez, P.A. 1982. Land resources, soils and their management in the Amazon Region: a state of knowledge report. *In: Amazonia: Agriculture and Land Use Research.* Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), S.B. Hecht, compiladora. Cali, Colombia, p. 137-209.
- Corazza, G.; Martinelli Jr, O. 2002. A agricultura e a questão agrária na história do pensamento econômico. *Teoria e Evidência econômica*, Passo Fundo 10(19): 1-28
- Correia, M. E. F.; Andrade, A. G. 1999. Formação de serrapilheira e ciclagem de nutrientes. *In: Santos, G. A.; Camargo, F. A. O. (Eds.). Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais.* Genesis, Porto Alegre, p. 209-214.
- Cuevas, E. 2001. Soil versus biological controls on nutrient cycling in Terra Firme forests. *In: McClain, M.E.; Victoria, R.L.; Richey, J.E. (Eds.). The Biogeochemistry of the Amazon Basin* New York: Oxford University Press, 4, p. 53-67.
- D'Andrea, A. F.; Silva, M.L. N.; Curri, N.; Guilherme, L. G.; Carbono e nitrogênio mineral em um solos submetido a diferentes formas de manejo. *Revista Agropecuária Brasileira*, 39(2):179-186.
- Demattê, J. L. I. 1988.. *Manejo de Solos Ácidos dos Trópicos Úmidos da Região Amazônica.* Fundação Cargill, Campinas-SP, 215 pp.
- Demattê, J. L. I., 2000. *Solos.* *In: Salati. E.; Absy, M.L.; Victoria, R.L. (Eds.)*

- “Amazônia: Um ecossistema em transformação”. INPA, Manaus, 2000. 119-162 p.
- Desjardins, T.; Carneiro Filho, A.; Chauvel, A. 1997. Flutuações do limite floresta-cerrado durante o holoceno em Roraima. *In: Barbosa, R. I.; Ferreira, E. J. G.; Castellón, E. G. (Eds.) Homem, Ambiente e Ecologia no Estado de Roraima.* Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA). Manaus, Amazonas, p. 307 - 324.
- Dynia, J.F.; Camargo, O.A. de. 1999. Nitrate retention in a variable charge soil, as influenced by phosphate fertilizing and liming. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 34: 141-144.
- Dynia, J. F. 2000. Nitrate retention and leaching in variable charge soils of a watershed in São Paulo State, Brazil. *Communications Soil Science in Plant Analysis*, New York, 31(5-6): 777-791.
- Eiten, G. 1972. The cerrado vegetation of Brazil. *The Botanical Review*, 38(2): 201-338.
- Eiten, G. 1978. Delimitations of the cerrado concept. *Vegetation* 36: 167-178.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA-EMBRAPA .1997. Centro Nacional de Pesquisa de solo.. *Manual de métodos de análise de solo.* Volume 2, Rio de Janeiro, 212pp.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA-EMBRAPA. 2003. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação do Solo. *Características edafológicas do estado de Roraima.* Roraima. (Embrapa Roraima. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, nº 1) Boa Vista, 28pp.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA-EMBRAPA 2000. Novas trilhas do sertão-história da pesquisa agropecuária em Sete Lagoas: das origens a Embrapa. Sete Lagoas, Embrapa Milho e Sorgo.184p
- Ewel, J.; Berish, C.; Brown, B.; Price, N.; Raich, J. 1981. Slash and burn impacts on Costa Rica wet Forest site. *Ecology*, 62: 816-829.

- FAO. 1991. *Forest Resources Assessment 1990 Global synthesis. Annex 2. Methodology and definitions*, 125 pp.
- Fassbender, H. W. 1985. Ciclos da matéria orgânica e dos nutrientes em ecossistemas florestais dos trópicos. In: Cabala-Rosand, P. (Ed.). *Reciclagem de nutrientes e agricultura de baixos insumos nos trópicos*. Ilhéus, Bahia. CEPLAC, p. 203- 230.
- Fearnside, P.M. 1996. Amazonian deforestation and global warming: carbon stocks in vegetation replacing Brazil Amazon forest. *Forest Ecology and Management*, 80: 21-34.
- Fearnside, P.M. 1999. *Agricultura na Amazônia. Tipos de Agricultura na Amazônia: padrão e tendências*. Inpa.Manaus.. 197 -248p.
- Fearnside, P.M. 2003. *A floresta amazônica nas mudanças globais*. Manaus: INPA 134pp.
- Fearnside, P.M. 2005. Desmatamento na Amazônia brasileira: história, índices e conseqüências. *Megadiversidade*. 1(1): 113-123.
- Figueira, A.M. e Silva. 2006. Mudanças no uso e cobertura no solo na Amazônia e suas implicações no ciclo da nitrogênio. Dissertação de Mestrado-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba, São Paulo, 114pp.
- Filoso S.; Martinelli, L.A.; Howarth, R.W.; Boyer, E.W.; Dentener, F. 2006. Human activities changing the N Cycle in Brazil. *Biogeochemistry*, 79 (4): 69-89.
- Franken, W.; Leopoldo, P.; Bergamin, H. 1985. Nutrient flow through natural waters in "Terra Firme" forest in Central Amazon. *Turrialba*, 35 (4): 383-393.
- Gallardo-Ordinola, J. L. E.. 2004. Biomassa e dinâmica de raízes em sistemas agroflorestais implantados em pastagens abandonadas da Amazônia Central. Tese

de Doutorado- Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/Universidade Federal do Amazonas, Manaus, Amazonas. 117pp.

Galloway J.N.; Dentener, F.; Capone, D.G.; Boyer, E.W.; Howarth, R.W.; Seitzinger, S.P.; Asner, G.P.; Cleveland, C.; Grenn, P.; Holland, E.A.; Karl, D.M.; Michaels, A.F.; Porter, J.H.; Townsend, A.; Vorosmarty, C. 2004. Nitrogen cycles: Past, present, and future. *Biogeochemistry*, 70 (2): 153-226.

Gama-Rodrigues, E. F. 1999. Biomassa microbiana e ciclagem de nutrientes. In: Santos, G. A.; Camargo, F. A. O. (Eds). Fundamentos da matéria orgânica no solo: ecossistema tropicais e sub-tropicais. Gênese. Porto Alegre, p 227-243.

Gama-Rodrigues, E. F.; Gama-Rodrigues, A. C.; Barros, N. F. 1997. Biomassa microbiana de carbono e de nitrogênio de solos sob diferentes coberturas vegetais. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 21: 361-365.

Gehring, C. The role of biological nitrogen fixation in secondary and primary forests of Central Amazonia. 2003. Tese Doutorado - Rheinische Friedrich- Wilhelm Universität, Bonn. 216 p

Golley, F. B.; Mcgnnis, J. T.; Clements, R. G.; Child, G. I.; Duever, M. J. 1978. *Ciclagem de minerais em um ecossistema de floresta tropical úmida*. Tradução: Eurípedes Malavolta. São Paulo: Universidade de São Paulo.

Haag, D. 1997. *Root distribution patterns in a policultural system with local tree crops on an acid upland soil central Amazônia*. Univesitat Bayreuth, Alemanha. 89pp.

Haag, H. P. 1985. *Ciclagem de nutrientes em florestas tropicais*. Campinas: Fundação Cargill, Campinas. 144 p.

Hammond, D.S.; Steege, H. T. 1998. Propensity for fire in Guianan Rainforest. *Conservation Biology*, 12 (5): 951-953.

Haridasan, M. 1992. Observations on soils, foliar nutrient concentration and floristic composition of cerrado *sensu stricto* and cerradão communities in central Brazil..

In: P.A. Furley; J. Proctor & J.A. Ratter (eds.). Nature and Dynamics of Forest-Savanna Boundaries. London, Chapman & Hall Publishing p.171-184

Haridasan, M. 2001. Nutrient cycling as a function of landscape and biotic characteristics in the Cerrados of Central Brazil. In: McClain, M.E.; Victoria, R.L.; Richey, J.E. (Eds.). *The Biogeochemistry of the Amazon Basin*. New York: Oxford University Press, 5, p. 68- 83.

Heal, O. W.; Anderson, J. M.; Swift, M. J. 1997. Plant litter quality and decomposition: An historical overview. In: Cadisch, G.; Giller, K. E. (Eds). *Driven by nature: Plant litter quality and decomposition*. CAB, International UK, p 3-30.

Hecht, S. 1989. The fate of the forest. Developers, destroyers and defenders of the Amazon. Nova Iorque, Verso, pp33.

Hoffmann, W. & Jackson, R. 2000. Vegetation climate feedbacks in the conversion of tropical savanna to grassland. *J. Clim.* 13:1593-1602.

Högberg, P. 1997. Tansley review No 95 - N-15 natural abundance in soil-plant systems. *New Phytologist*, 2 (137): 179-203.

Holscher, D.; Luwing, B.; Moller, R. F.; Folster, H. 1997. Dynamic of soil chemical parameters in shifting agriculture in the Eastern Amazon. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 66: 153-163. Belém.

Hood, R. C. 2001. Evaluation of a new approach to the nitrogen-15 isotope dilution technique, to estimate crop N uptake from organic residues in the field. *Plant Soil*, 34: 156-161.

Houghton, R. A.; Skole, D. L.; Nobre, C. A.; Hackler, J. L.; Lawrence, K. T.; Chomentowski, W. H. 2000. Annual fluxes of carbon deforestation and regrowth in the Brazilian Amazon. *Nature*, 403: 301-304.

Hurtienne, T. 2001 Agricultura Familiar e Desenvolvimento Rural Sustentável na Amazônia. In: Estado e Políticas Públicas na Amazônia – Gestão do

Desenvolvimento Regional. Coelho, M. C. N. et al. (org.). Série Estado e Gestão Pública n° 2. Editora Cejup. Belém, Pa. 177 – 283 p.

Johnson, D. V.; Nair, P. K. R. 1985.. Perennial crop-based agroforestry systems in northeast Brazil. *Agroforestry Systems*, 2: 281-292.

Jordan, C. F. 1985. Ciclagem de nutrientes e silvicultura de plantações na Bacia Amazônica. In: *Simpósio sobre Reciclagem de Nutrientes e Agricultura de Baixos Insumos nos Trópicos*, Ilhéus, BA, 187-200.

Jordan, C.F.; Herrera, R. 1981. Tropical rain forests: are nutrients really critical? *American Naturalist*, Chicago, 117(2): 167-180.

Juo, A.S.; Manu, A. 1996. Chemical dynamics in slash-and-burn agriculture. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 58, pp. 49-60.

Kamprath, E.J. 1987. Enhanced phosphorus status of maize resulting from nitrogen fertilization of high phosphorus soils. *Soil Science Society*, 51:1522–1526.

Khatounian, C. A. 2001. *A reconstrução ecológica da agricultura*. Botucatu-SP, 348pp.

Kilham, K. 1994. *Soil Ecology*. University Press. Cambridge, Inglaterra. 242p

Kitamura, P. C. 1994. *A Amazônia e o Desenvolvimento Sustentável*. 1. ed. Brasileira, EMBRAPA/SPI, 182 pp.

Kleinman, P. J. A.; Pimentel, D.; Bryant, R. B. 1995. The ecological sustainability of slash and burn agriculture. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 52: 235-249

Klink, C. A.; Machado, R. B. 2005. A conservação do Cerrado Brasileiro. *Megadiversidade*. 1(1): 1-9.

Klink, C.A. 1999. Biodiversidade e serviços ambientais: o papel do Cerrado no sequestro de carbono atmosférico. Anais do 27o. Congresso. Brasileiro Ciências

Solo, Brasília DF, CD-Rom, 4p.

Klink, C.A.; Macedo, R.H. & Mueller, C.C. 1995. De grão em grão, o Cerrado perde espaço. *In: Martins, E.S. & Alho, C.J.R. (Eds.). Cerrado: Impactos do processo de ocupação.* Brasília, 66p.

Kosuge, N.; Suhet, A.R.; Burle, M.L.; Linhares, N.W. 1994. Avaliação do potencial de suprimento de nitrogênio em um solo de Cerrado. *In: EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (Planaltina, DF). Relatório técnico do projeto nipobrasileiro de cooperação em pesquisa agrícola nos Cerrados 1987/1992.* Brasília p.347-362.

Kozovits, A R.; Bustamante, M.M.C.; Silva, L.F.; Duarte, G.F.; Castro, A A; Magalhães, J.R. 1996. Nitrato e amônio no solo e sua assimilação por espécies lenhosas em uma área de cerrado submetida a queimadas prescritas. *In: Anais do Simpósio Impacto das Queimadas sobre os Ecossistemas e Mudanças Globais. 2º Congresso Brasileiro de Ecologia do Brasil, Brasília-DF.* p. 137-147

Kreiblich H. 2002. N₂ fixation and denitrification in a floodplain forest in Central Amazonia, Brazil. Tese de doutorado, Institut für Agrartchnik Bornim, Universidade de Potsdam, Alemanha.

Laclau, J.P.; Toutain, F.; M'Bou, A.T.; Arnaud, M.; Jofre; Ranger, J. 2004. The function of the superficial root mat in the biogeochemical cycles of nutrients *In Congolese Eucalyptus plantations. Annals of Botany, Oxford, 93(3): 249-261, Mar*

Larcher, W. 2000. *Ecofisiologia Vegetal.* São Carlos. pp 531 p.

Laurance, W. F.; Cochrance, M. A.; Bergen, S.; Fearnside, P. M.; Delamonica, P. Barber, C.; D'Angelo, S.; Fernandes, T. 2001. The future of the Brazilian Amazon. *Science, 291: 438-439.*

- Lavelle, P.; Blanchart, E.; Martin, S.; Spain, A.; Touain, F.; Barois, I. Schaefer, R. 1993. a hierarchical model for decomposition in terrestrial ecosystems: Application to soils in the humid tropics. *Biotropica*, 25 (2): 130-150.
- Lehmann, J.; Zech, W. 1998. Fine root turnover of irrigated hedgerow intercropping in Northern Kenya. *Plant and Soil*. 198: 19-31.
- Leonel, M. 2000. O uso do fogo: o manejo indígena e a piromania da monocultura. *Estudos Avançados*, 40: 1-17.
- Lima, H.V.; Lima, C.L.R.; Leão, T.P.; Cooper, M.; Silva, A.P.; Romero, R.E. 2005. Tráfego de máquinas agrícolas e alterações de bioporos em área sob pomar de laranja. *Revista Brasileira. Ciência do Solo*, 29: 677-684.
- Liu, X.; Ellsworth, D. S.; Tyree, M. T.; 1997. Leaf nutrition and photosynthetic performance of sugar maple (*Acer saccharum*) in stands with contrasting health conditions. *Tree physiology*, 17:169-178
- Lopes, A. S.; Guilherme, L. R. G. 2007. Fertilidade do solo e produtividade agrícola. In: Novais, R. F. ; Alvarez V, V. H. ; Barros, N. F. ; Fontes, R. L. F. ; Cabtarutti, R. B. ; Neves, J. C. L. (Eds). *Fertilidade do Solo*. Viçosa: SBCS, p. 1-63.
- Lopes, A.S. 1983. Solos sob cerrados; características propriedades e manejo. Piracicaba: Instituto Potassa e Fosfato.162p.
- Luizão R.C.C; Costa, E.S.; Luizão, F.J. 1999. Mudanças na biomassa microbiana e nas transformações de nitrogênio do solo em uma sequência de idades de pastagens após derrubada e queima da floresta na Amazônia Central. *Acta Amazonica* 29(1):57-78.
- Luizão, F. .J.; Gallardo-Ordinola, J.; Tapia-Coral, S.E.V. 2000. Carbono e Nutrientes na liteira em Sistemas Agroflorestais na Amazônia Central. In: *XXIV Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas, Fertbio 2000*. SBCS,

Santa Maria (RS), Brasil, CD-ROM, p 4.

- Luizão, F.J.; Luizão, R. C. C. 1997. Matéria orgânica do solo em Roraima. In: Barbosa R., Ferreira, E. I. G. Castellon, E.G. (Eds). *Homem, Ambiente e Ecologia no Estado de Roraima*. INPA. Manaus, p. 366-379.
- Luizão, F.J.; Schubart, H.O.R. 1987. Litter production and decomposition in a terra-firme forest of Central Amazonia. *Experientia*, 43 (3): 259-265.
- Luizão, R.C.C.; Luizão, F.J.; Paiva, R.Q.; Monteiro, T.F.; Sousa, L.S.; Kruijt, B. 2004. Variation of carbon and nitrogen cycling processes along a topographic gradient in a central Amazonian forest. *Global Change Biology*, Oxford, 10 (5): 592-600.
- Machado, M.L.; Andrade. Mapeamento dos solo. Disponível em <
http://www.epamig.br/geosolos/MN_CAFE/solo.php. Acesso 25 mai. 2008.
- Malavolta, E.; Vitti, G. C.; Oliveira, S.A. 1997. *Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações*. Piracicaba, POTAFOS. 319pp.
- Marchner, H. 1995. *Mineral nutrition of higher plants*. 2ed. Germany, Academy Press. 889pp.
- Margulis, S. 2003. *Causas do desmatamento da Amazônia brasileira*. 1ª ed. Brasília: Banco Mundial. 100 pp.
- Marrs, R.H.; Thompson, J.; Scott, D and Proctor, J. 1991. Nitrogen mineralization and nitrification in terra firme forest and savanna soils on Ilha de Maracá, Roraima, Brazil. *Journal of Tropical Ecology*, 7: 123-137.
- Marschner, H. Mineral nutrition of higher plants. 1995. 2.ed. San Diego: Academic Press, pp 902.
- Martinelli, L.A.; Almeida, S.; Brown, I.F.; Moreira, M.Z.; Victoria, R.L.; Filoso, S.; Ferreira, C.A.C.; Thomas, W.W. 2000. Variation in nutrient distribution and

potential nutrient losses by selective logging in a humid tropical forest of Rondonia, Brazil. *Biotropica*, 32(4): 597-613.

Meggers, B.J. 1987. The Early History of Man in Amazonia. In: Whitemore, T.C.& Prance, G. T. (Org). Biogeography and Quaternary History. *Tropical America. Oxford Monographs on Biogeography*. Oxford, Clarendon Press, pp. 151-174.

Melillo, J.M. Carbon and Nitrogen interactions in the terrestrial biosphere: anthropogenic effects. In: Walker, B.; Steffen, W. (Eds). *Global Change and Terrestrial Ecosystems*. Cambridge: University Press. p.431-450.

Melo, V.F. 2002. *Solos e indicadores de uso agrícola em Roraima: Áreas Indígena Maloca do Flechal e de colonização do Apiaú*. Tese de Doutorado, Universidade Federal Viçosa, Viçosa, Minas Gerais. 145pp.

Mesquita. R. .C. G.; Workman, S. W.; Neely, C. L. 1998. Slow litter decomposition in a Cecropia-dominated secondary forest of Central Amazonian. *Soil Biology Biochemistry*, 30 (2): 167-175.

Miranda, E. E. de. 2005. Brasil em Relevo. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2005. Disponível em: <<http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br>>. Acesso em: 20 jun. 2008.

Miranda, I. S. 1998. Flora, fisionomia e estrutura das savanas de Roraima, Brasil. Tese de Doutorado. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia / Universidade do Amazonas, Manaus. 186pp.

Miranda, I. S.; Absy M . L. 1997. A flora fanerogâmica das savanas de Roraima. In: Barbosa,R. I.; Ferreira, E.; Castellón, E. (Eds.). *Homem, Ambiente e Ecologia no Estado de Roraima*. INPA, Manaus, p. 445-454.

Miranda, I. S.; Absy,M. L.; Rebêlo,G. H. 2003. Community structure of woody plants of Roraima Savannahs, Brazil. *Plant Ecology*, 164: 109-123.

- Moreira, A. ; Castro, C.; Alfaia, S. S.; Malavolta, E. 2005. Fertilidade dos Solos Da Amazônia. In: Mateus Rosa Ribeiro; Clístenes Williams Araújo do Nascimento; Adriana Maria de Aguiar Accioly; Mario de Andrade Lira Junior; Newton Pereira Stanford; Fernando José Freire. (Org.). Anais do Xxx Congresso Brasileiro De Ciência do Solo. 1 ed. Recife: UFRPE/Embrapa/SBCS, 2005, v. 1, p. 1-29.
- Morán, E. F. A ecologia humana das populações da Amazônia. Petrópolis, Vozes, 1990. pp 367p
- Mosier, A.; Galloway, J. 2005. Setting the scene- The international nitrogen inative. In: International Worshop on Enhanced-Efficiency Fertilizers. Frankfurt , 2005.Proceedings Paris, Intertational Fertilizer Industry Association, 2005 10 p. CD-ROOM
- Müller, C. 2003. Expansion and modernization of agriculture in the Cerrado – the case of soybeans in Brazil’s center-West. *Department of Economics Working*. Universidade de Brasília, Brasília. pp306.
- Nair, P. K. R. 1990. *An introduction to agroforestry*. Kluwer Academic Publisher, Netherlands. 499pp.
- Nair, P. K. R.; Buresh, R. J.; Mugendi, D.N; Latt, C. R. 1999. Nutrient cycling in tropical agroforestry systems: myths and science. In: Buck, L. E.; Lassoie, J. P.; Fernandes, E. C. M. (Eds). *Agroforestry in sustainable agricultural systems*. Washington, CRC Press, p. 1-31.
- Nardoto, G. B.; Bustamente, E, M. M da C. 2003. Effects of fire on soil nitrogen dynamics and microbial biomass in savannas of Central Brazil.. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 38 (8): 955-962. .
- Nardoto, G.B. 2000. Efeito de queimadas na mineralização de nitrogênio e em processos de ciclagem de nutrientes em uma área de cerrado stricto sensu. *Dissertação de Mestrado*, Universidade de Brasília, Brasília-DF. 90pp.

- Nardoto, G.B. 2005. Abundancia Natural de 15 N na Amazônia e no Cerrado- implicações para ciclagem do nitrogênio. Tese doutorado, Escola Agricultura Superior Luiz de Queiroz/ Universidade São Paulo, Piracicaba, São Paulo, 100pp
- Nardoto, G.B., Souza, M.P. & Franco, A.C. 1998. Estabelecimento e padrões sazonais de produtividade de *Kielmeyera coriacea* (Spr) Mart. nos cerrados do Planalto Central: efeitos do estresse hídrico e sombreamento. *Revista Brasileira de Botânica* 21:313-319.
- Neill, C.; Piccolo, M. C.; Steudler, P.A.; Melillo, J.M.; Feigl, B.J.; Cerri, C.C. 1995. Nitrogen dynamics in soils of forest and active pastures in the wertern brazilian Amazon Basin. *Soil Biology and Biochemistry*, 27(9): 1167-1175.
- Neu, V. 2005. Influência da cobertura vegetal na ciclagem de nutrientes via solução do solo na região de Manaus – AM. Dissertação Mestrado em Ecologia de Agroecossistemas – Campus Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba. 110 p.
- Neves, E.J.M.; Reissmann, C.B.; Dünisch, O. 2001. Biomassa e conteúdo de elementos minerais nos compartimentos arbóreos de *Ceiba pentandra* (L.) Gaertn. *Boletim de Pesquisa Florestal*, Colombo, 42: 41-49.
- Oliveira Júnior, J. O. L.; Costa, P.; Mourão Júnior, M. 2005. In: Barbosa, R. I.; Xaud, H. A. M.; Costa e Souza, J. M. (Eds.) *Savanas de Roraima: Etnoecologia, Biodiversidade e Potencialidades Agroecossistêmicas*. Fundação Estadual de Meio Ambiente, Ciência e Tecnologia- FEMACT. Boa Vista, Roraima, p. 155 – 168.
- Oliveira, M. W.; Trivelin, P. C. O.; Boaretto, A. E.; Muraoka, T.; Mortalli, J. 2002. Leaching of nitrogen, potassium, calcium and magnesium in a sandy soil cultivated with sugarcane. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 37 (6): 861-868
- Oliveira-Filho, A.T.; Shepherd, G.J.; Martins, F.R. & Stubblebine, W.H. 1990. Environmental factors affecting physiognomic and floristic variation in an area of

cerrado in central Brazil. *Journal of Tropical Ecology* 5: 413-451.

Palm, C. A., Swift, M. J.; Wooster, P. L. 1996. Soil biological dynamics in slash and burn agriculture. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 58: 61-74.

Passianoto, C.C. Ahrens, T.; Feigl, B. J.; Steudler, P. A.; Carmo, J. B.; Melillo, J. M. 2003. Emissions of CO₂, N₂O and NO in conventional and no-till management practices in Rondonia, Brazil. *Biology And Fertility of Soils*, Berlin v38 p.200-208.

Paul, E. A.; Clark, F. E. 1989. *Soil microbiology and Biochemistry*. Academic Press, San Diego, Califórnia. 275 pp.

Paul, E. A.; Clark, F. E. 1996. *Soil Microbiology and Biochemistry*. Academic Press, 340pp.

Pereira, J. 1982. Nitrogen cycling in South American savannas. *Plant and Soil*, 67: 293-301.

Piccolo, M.C.; Neill, C.; Cerri, C.C. 1994. Net nitrogen mineralization and net nitrification along a tropical forest-to-pasture chronosequence. *Plant and Soil*, Dordrecht; 162(1): 61-

Piccolo, M.C.; Neill, C.; Melillo, J.M.; Cerri, C.C.; Stuedler, P.A. 1996. N-15 natural abundance in forest and pasture soils of the Brazilian Amazon Basin. *Plant and Soil*, Dordrecht; 182 (2): 249-258.

Pinho, R.C de. 2008. Quintais agroflorestais indígenas em área de savana na Terra Indígena Araçá, Roraima. Dissertação de Mestrado-Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/Universidade Federal do Amazonas, Manaus, Amazonas. 102 pp.

Poggiani, F.; Schumcher, M. V. 2000. Ciclagem de nutrientes em florestas nativas. In: Gonçalves, J.L.M.; Benedetti, V. (Eds.). *Nutrição e fertilização florestal*.

Piracicaba, p. 427.

Prasad, R.; Power, J. F. 1997. *Soil fertility management for sustainable agriculture*. CRC Press LLC, Florida. 356 pp.

RADAMBRASIL. 1981. Levantamento de recursos naturais. Rio de Janeiro, Ministério as Minas e Energia 25, folha SD- 22/Goiás

Raij, B. V. 1981. *Avaliação da fertilidade do solo*. Piracicaba: Instituto da Potassa & Fosfato.

Raij, B. V. 1991. *Avaliação da fertilidade do solo*. Instituto Agronômico de Campinas, Campinas. 353 pp.

Ratter, J.A. 1971. Some notes on two types of cerrado occurring in northeastern Mato Grosso.. In: M.G. Ferri (Eds.). III Simpósio Sobre o Cerrado. São Paulo, EDUSP/Edgard Blücher, p.110-112.

Ratter, J.A.; Askew, G.P.; Montgomery, R.F. & Gifford, D.R. 1977. Observações adicionais sobre o cerrado de solos mesotróficos no Brasil central.. In: M.G. Ferri (Eds.). IV Simpósio sobre o Cerrado: Bases para a Utilização Agropecuária. São Paulo, EDUSP, p.303-316.

Reijntjes, C.; Haverkort, B.; Waters-Bayer, A. 1999. Agricultura para o futuro: uma introdução à agricultura sustentável e de baixo uso de insumos externos. Tradução Jonh Cunha Comerford. 2 ed. – Rio de Janeiro: AS-PTA; Leusden, Holanda: ILEIA. 334pp.

Resck, D.V.S. O plantio direto como alternativa de sistema de manejo e conservação do solo e da água na região dos Cerrados. 1997. In: *CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO*. Rio de Janeiro, Anais: Embrapa-CNPS; SBCS, CD-ROM.

Ribeiro, B. 1995. *Os índios das águas pretas*. São Paulo, Edusp/Companhia das Letras.

- Ribeiro, C.; Madeira, M.; Araújo, M. C. 2002. Decomposition and nutrient release from leaf litter of *Eucalyptus globules* grown under different water and nutrients regimes. *Forest Ecology and Management*, 171: 31 - 41p.
- Ribeiro, P.A.M. 1997. Arqueologia em Roraima: histórico e evidencias de um passado distante. In: Barbosa, R.I.; Ferreira, E.J.G.; Castellón, E.G. (Eds). *Homem, Ambiente e Ecologia no Estado de Roraima*. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, Amazonas. p. 3-24.
- Ribeiro, B. 1995. *Os índios das águas pretas*. São Paulo, Edusp/Companhia das Letras.
- Ribeiro, C.; Madeira, M.; Araújo, M. C. 2002. Decomposition and nutrient release from leaf litter of *Eucalyptus globules* grown under different water and nutrients regimes. *Forest Ecology and Management*, 171: 31 - 41p.
- Ribeiro, P.A.M. 1997. Arqueologia em Roraima: histórico e evidencias de um passado distante. In: Barbosa, R.I.; Ferreira, E.J.G.; Castellón, E.G. (Eds). *Homem, Ambiente e Ecologia no Estado de Roraima*. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, Amazonas. p. 3-24.
- Rodrigues, de S. F.; Garrido, G.R. 2005. Fluxo sazonal de nitrato no trópico úmido. Publicação Científica da Faculdade de Agronomia d Engenharia Florestal de Garça/Faef. Ano IV número 8.
- Ross, S.M.; Luizão, F.J.; Luizão, R.C.C. 1992. Soil conditions and soil biology in different habitats across a fores-savanna boundary in northern Brazil. In: FURLEY, P.A.; Proctor, J.; Ratter, J.A. *Dinamics of Forest-Savanna Boundaries*. Chapman & Hall, London. p.145-170.
- Sanchez P. A.; Garrity, D. P.; Bandy, Dale E.; Torres, F.; Swift, M. J. 1993. Alternativas sustentáveis à agricultura migratória e a recuperação de áreas degradadas nos trópicos úmidos. In: Simpósio de áreas degradadas e florestas secundárias na Amazonia, Santarém, PA., Anais. Rio Piedras: Internacional

Institute of Tropical Forestry/USDA – Forest Service, p. 1-13.

Sanchez, P. A. 1981. *Suelos del Trópico*. Características y manejo. San José, Costa Rica: IICA, 660pp.

Sanchez, P. A. 1995. Science in agroforestry. *Agroforestry Systems*. 30: 5-55.

Sanchez, P. A.; Vilachica, J. H. 1983. Soil fertility dynamics after clearing a tropical rainforest in Peru. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 47: 1171-1178.

Sanchez, P.A. 1982. Nitrogen in shifting cultivation systems of Latin America. *Plant Soil*. 67: 271-281.

Sanchez, P.A. 1997. Changing tropical soil fertility: paradigms from Brazil of Africa and back. In: Moriz, C. A.; Furlani, A. M. C.; Schaerffert, R. E.; Fageria, N. K.; Rosolem, C. A. & Cantarella, H. (Eds). *Plant-soil interactions at low pH*. Brazilian Soil Science Society, Campinas/Viçosa, p. 19-28.

Santos, V. D. dos. 1989. Ciclagem de nutrientes minerais em mata tropical subcaducifolia dos planaltos do Paraná (parque estadual Vila Rica do Espírito Santo – Fênix/PR). Tese de Doutorado –Universidade Federal de São Carlos. São Carlos. 387pp

Sarmiento, G. 1984. *The Ecology of Neotropical Savannas*. Harvard University Press. Cambridge. 235pp.

Sarmiento, G. 1990. Ecología comparada de ecosistemas de sabanas en América del Sur. In: Sarmiento, G. ed. *Las Sabanas Americanas. Aspecto de su biogeografía, Ecología y Utilización*. Centro de Investigaciones Ecológicas de los Andes Tropicales. Mérida, Venezuela, p. 15-56.

Sarruge, J. R.; Haag, H. P. 1974. *Análises químicas em plantas*. Piracicaba, ESALQ, 56pp.

- Schimel, D.S.; Emanuel, W.; Rizzo, B.; Smith, T.; Woodward, F.I.; Fisher, H.; Kittel, T.G.F.; Mckeown, R.; Painter, T. Rosenbloom, N.; Ojima, D.S.; Parton, W.J.; Kilcklighter, D.W.; Mcguire, A.D.; Mellilo, J.M.; Pan, Y.; Haxeltine, A.L; Prentice, C.;; Sitch, S.; Hibbard, K.; Nemani, R.; Pierce, L.; Runnings, S.; Bochers, J.; Chaney, J.; Neilson, R.; Braswell, B.H. .1997.Continental scale variability in ecosystem processes: Models, data, and the role of disturbance. *Ecological Monographs*, Washington, 67(2): 251-271.
- Schimel, J. 2001. Biogeochemical models: implicit versus explicit microbiology. In: Global Biogeochemical Cycles in the Climate System. 177-183 pp. Academic Press. New York.
- Schrot, G.; Seixas, R.; Silva, L. F.; Teixeira, W. G.; Zech, W. 2000. Nutrient concentrations and acidity in ferralitic soil under perennial cropping, fallow and primary Forest in Central Amazonian. *Journal Soil Science*, 51: 219-231.
- Schubart, H. O. R.; Franken, W.; Luizão, F. J. 1984. Uma floresta sobre solos pobres. *Ciencia Hoje*, 2 (10): 26-32.
- Schumacher. M.V. 1992. Aspectos da ciclagem de nutrientes e do microclima em talhões de *Eucalyptus camadulensis* Dehnh, *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden e *Eucalyptus torelliana* F. Muell. Dissertação Mestrado. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba. 87 pp.
- Serrão, E. A. S.1996. Upland agriculture and forestry development in the Amazônia. *Ecological Economics*, 8: 3-13.
- Sette- Silva, E. L. 1993. Inventário preliminar das espécies arbóreas das florestas dos arredores de Boa Vista (Roraima) – Uma abordagem fitossociológica. Dissertação de Mestrado - Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia, Manaus. 194pp.
- Sette-Silva, E.L. 1997. A vegetação de Roraima. In: Barbosa, R.I.; Ferreira, E.J.G.; Castellón, E.G. (Eds). *Homem, Ambiente e Ecologia no Estado de Roraima*. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, Amazonas. p. 401-415.

- Silva, C. A.; Vale F.R. 2000. Disponibilidade de Nitrato em solos brasileiros sob efeito da calagem e fontes e doses de Nitrogênio. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 35(12): 2461-2471.
- Silva, D. M. L da.; Ometto, J.P.H.B.; Lobo, G. A.; Lima, W. P.; Scaranello, M.A.; Mazzi, E.; Rocha, H.R. 2007. Can land use changes alter carbon, nitrogen, and major ion transport in subtropical Brazilian streams? *Science Agricol*, 64(4): 317-324.
- Silva, N.M.C.; Antony, L.M.K.; Rocha, R.M.; Silva, R.P.; Carneiro, V.M.C.; Teixeira, L.M.; Veiga, J.; Higuchi, N. 2004. A Biosfera: seus componentes e conceitos. In: Higuchi, M. I. G.; Higuchi, N. (Eds). *A Floresta amazônica e suas múltiplas dimensões: uma proposta de educação ambiental*. INPA/CNPq, Manaus, AM. p.17-44.
- Singh, J.S.; Raghubanshi, A S.; Srivastava, S.C. 1989. Microbial biomass acts as a source of plant nutrients in dry tropical forest and savanna. *Nature*, 388:499-500.
- Siqueira, J.O.; Moreira, F. M. S.; Lopes, A. S. 1999. Inter-relação fertilidade, biologia do solo e nutrição mineral de plantas: base para um novo paradigma na agrotecnologia do século XXI. In: Siqueira, J. O.; Moreira, F. M. S.; Lopes, A. S.; Guilherme, L. R. G.; Faquin, V.; Furtini Neto, A. E.; Carvalho, J.G. (Eds). *Inter-relação fertilidade, biologia do solo e nutrição mineral de plantas*. Viçosa: SBCS, p. 1-9.
- Siqueria Neto, M. 2006. Estoque de carbono e nitrogênio do solo com diferentes usos no cerrado Rio Verde. Tese de Doutorado, Centro de Energia Nuclear da Agricultura-Universidade São Paulo. São Paulo, 159pp.
- Sisti, C. J.; Santos, H.P.; Kohhann, R.; Alves, B. J.R.; Unguiaga, S.; Boddey, R.M. 2004. Change in carbon and nitrogen stocks in soil und 13 years of conventional or zero tillage in southern Brazil. *Soil Tillage Research*, Amsterdam, 16: 30-58.

- Smith, N. J. H.; Serrão, E. A. S.; Alvim, P.T.; Falesi, I. C. 1995. *Amazônia: Resiliency and dynamism of the land and its people*. Tokyo: United Nations University Press.
- Smithson, P. C.; Gilher, K.E.2002. Appropriate farm management practices for alleviating N and P deficiencies in low-nutrient soils of tropics. *Plant of Soil*, 245(1):169-180.
- Snedaker SC (1980) Successional immobilization of nutrients and biologically mediated recycling in tropical forests. *Biotropica* 12: 16-22
- Soares, A. E. S. 2006. Nutrientes e Carbono no Solo em Áreas com Diferentes Sistemas de Uso na Região do Alto Solimões (Benjamin Constant AM). Dissertação (Mestrado em Agricultura no Trópico Úmido) – INPA/FAPEAM, 56p.
- Solomon, D.; Lenhmn, J.; Mamo, T.,; Fritzsche, F.; Zech, W. 2002. Phosphorus forms and dynamics as influenced by land use changes in the sub humid Ethiopians. *Geoderma*, 105:21-38.
- Sousa, D. M. G.; Lobato, E. 2002. Cerrado: Correções do solo e adubação. Planaltina, Embrapa Cerrado, 416p.
- Sousa, D. M. G.; Miranda, L.N.; Oliveira, S.A. 2007. Acidez do solo e sua correção. In: Novais, R. F. ; Alvarez V, V. H. ; Barros, N. F. ; Fontes, R. L. F. ; Cantarutti, R. B. ; Neves, J. C. L. (Eds). *Fertilidade do Solo*. Viçosa: SBCS, p 205-274.
- Sousa, D.M.G.; Lobato, E. 2004. *Cerrado: correção do solo e adubação*. Embrapa Informação Tecnológica 2 ed. Brasília. 416 pp.
- Souza, E. C. 1995. *500 Perguntas e respostas sobre adubos e adubação*. Unesp, Jaboticabal, SP: Funep, 99 p.
- Sprent, J.I. ; Geoghegan, I.E.; Whitty, P.W.; James, E.K. Natural. 1996. Abundance of N-15 and C-13 in nodulated legumes and other plants in the cerrado and neighbouring regions of Brazil. *Oecologia*, 4(105): 440-446.
- Spurr, H. S.; Barnes, B. V. 1980. *Forest ecology*. 3 ed. New York, 670 pp.

- Stute, W. 1995. The central limit theorem under random censorship. *The Annals of Statistics*, 23: 422-439.
- Suhet, A.R.; Peres, J.R.R.; Vargas, M.A.T. 1986. Nitrogênio. In: GOEDERT, W.J. *Solos dos Cerrados: tecnologias e estratégias de manejo*. Planaltina: Embrapa-CPAC; São Paulo: Nobel, p.167-202.
- Swift, M. J., Heal, O. W., Anderson, J. M. 1979. Decomposition in terrestrial ecosystem. *Studies in Ecology. Blackwell Scientific Publications*, 5: 372 p.
- Szott, L. T. & Palm, C. A. 1999. Dinamica del suelo y la vegetacion alternando cultivos y periodos de descanso. Contribution of the tropical soil program in collaboration with the Instituto Nacional de Investigacion y Promocion Agropecuaria of Peru.
- Szott, L.T. and C.A. Palm. 1986. Soil and Vegetation Dynamics in Shifting Cultivation Fallows. In: 1º Simpósio do Trópico Umido, EMBRAPA, Belem (PA), 1: 360-379.
- Telles, E. C.C.; Camargo, P. B. de.; Martinelli, L.A.; Thumbore, S. E.; Costa, E. S.; Santos, J.; Higuchi, N.; Oliveira, R. C. 2003. Influence of soil texture on carbon dynamics and storage potential in tropical forest soil Amazônia. *Global Biogeochemical Cycle*, 17 (2): 1029-2002.
- Tomé Jr., J.B. 1997. *Manual para interpretação de análise de solo*. Guaíba: Agropecuária. 247 p.
- Vale Júnior, J. F.; Souza, M., I. L. 2005. Caracterização e distribuição dos solos das savanas de Roraima. In: Barbosa, R. I.; Xaud, H. A. M.; Costa e Souza, J. M. (Eds.) *Savanas de Roraima: Etnoecologia, Biodiversidade e Potencialidades Agrossilvipastoris*. Fundação Estadual de Meio Ambiente, Ciência e Tecnologia-FEMACT. Boa Vista, Roraima. 79 – 92 p.
- Vale Júnior, J.F. 2000. Pedogênese e alterações dos solos sob manejo itinerante, em áreas de rochas vulcânicas ácidas e básicas, no nordeste de Roraima. Tese de Doutorado, Universidade Federal de Viçosa. Viçosa,, Minas Gerai, 185pp.

- van Dijk, S.M.; Meixner, F.X. 2001. Production and consumption of NO in forest and pasture soils from the Amazonian Basin: a laboratory study, *Water, Air and Soil Pollution: Focus*, 1: 119-130.
- Vale Júnior, J. F.; Souza, M., I. L. 2005. Caracterização e distribuição dos solos das savanas de Roraima. In: Barbosa, R. I.; Xaud, H. A. M.; Costa e Souza, J. M. (Eds.) *Savanas de Roraima: Etnoecologia, Biodiversidade e Potencialidades Agrossilvipastoris*. Fundação Estadual de Meio Ambiente, Ciência e Tecnologia-FEMACT. Boa Vista, Roraima. 79 – 92 p.
- Van Miergroet, H.; Johnson, D. W. 1993. Nitrate dynamics in forest soils. In: Burt, T. P.; Heathwaite, A. L.; Trudgill, S. T. (Eds). *Nitrate: process, partherns and management*. Chichester: John Willey. 75-97p.
- Viana, L. T. 2002. Comparação das dinâmicas de mineralização de nitrogênio, biomassa e estruturas das comunidades microbianas dos solos em areas de cerrado nativo e pastagem.
- Vieira, I. C. G.; Almeida, A. S.; Davidson, E. A.; Stone, T.; de Carvalho, C.J. R.; Guerreiro, J.B. 2003. Classifing sucessional forest using Ladsat spectral properties and ecological characteristics in eastern Amazônia .*Remote Sensing of Environment*, New York, 87(4): 470-481.
- Vieira, L. S.; Santos, P.C.T.C. 1987. *Amazônia seus solos e outros recursos naturais*. Ed. Agrônômica Ceres. São Paulo. 416 pp.
- Vieira, M de N. F.; Vieira. L. S.; Santos, P. C. T. dos.; Chaves. R. de S. 2000. *Levantamento e Conservação do solo*. 2^a Ed. Belém: FCAP. Serviço de Documentação e Informação. 320pp.
- Vitousek, P. M. 1984. Litterfall, nutrient cycling and nutrients in tropical forests. *Ecology*, 65 (1): 285-298.
- Vitousek, P.M.; Aber, J.D.; Howarth, R.W.; Likens, G.E.; Matson, P.A; Schindler, D.W.; Schlesinger, W.H and Tilman, D.G. 1997. Human Alteration of the Global Nitrogen Cycle: Sources and Consequences. *Ecological Applications*, 7(3): 737-750.
- Vitousek, P.M.; Field.,C.B. 2001. Input/output balances and nitrogen limitation in

- terrestrial ecosystems. In: Schulze, E-D; Heimann, M.; Harrison, S.; Holland, E.; Whithölter, S. 2000. Nitrogênio no solo sob plantio direto. *Revista Plantio Direto*, Passo Fundo v.8 p.38-42.
- Wilkinson, S. R.; Grunes, D.L.; Sumner, M. E. 2000. Nutrient interaction n soil and plant nutrition . In: Sumner, M. E., ed. Handbook oh soil science. Boca Raton, CRC Press p 89-112.
- Woods, W.I. 2003. Development of anthrosol research. In: Lehmann, J.; Kern, D.; Glaser, B. (Eds.) *Amazonian Dark Earths: Origin, Properties, Management*. Kluwer Academic Publishers. p.3-14.
- Yared, J. A. G.; Souza, A. L. 1993. *Análise dos impactos ambientais no manejo de florestas tropicais*. Viçosa: Sociedade de Investigações Florestais. 40pp.
- Young, A. 1989. *Agroforestry for soil conservation*. CAB International. Wallingford, UK. 276pp.
- Zink, P.J.; Sabhasri, S.; Kundstadter, P. 1978. Soil fertility aspects of the Lua Forest fallow system of shifting cultivation. In: .; Kundstadter, P.; Chapman, E.C.;