



UNIVERSIDADE FEDERAL DE RORAIMA

PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA – POSAGRO

PABLO LIMA DE SOUZA CRUZ

**ATRIBUTOS QUÍMICOS DE ARGISSOLO AMARELO SOB FLORESTA E
SAVANA NATURAIS E CULTIVADOS COM PASTAGEM EM RORAIMA**

BOA VISTA – RR

2013

PABLO LIMA DE SOUZA CRUZ

**ATRIBUTOS QUÍMICOS DE ARGISSOLO AMARELO SOB FLORESTA E
SAVANA NATURAIS E CULTIVADOS COM PASTAGEM EM RORAIMA**

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, da Universidade Federal de Roraima em parceria com a Embrapa, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Agronomia, com área de concentração em Produção Vegetal.

Orientador: Dr. José Frutuoso do Vale Júnior

Boa Vista – RR

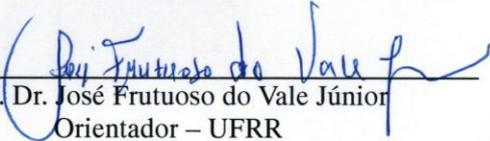
2013

PABLO LIMA DE SOUZA CRUZ

Atributos químicos de ARGISSOLO AMARELO sob floresta e savana naturais e cultivados com pastagem em Roraima

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Agronomia da Universidade Federal de Roraima, em parceria com a Embrapa Roraima, como pré-requisito para obtenção do título de Mestre em Agronomia, Área de Concentração: Produção Vegetal.

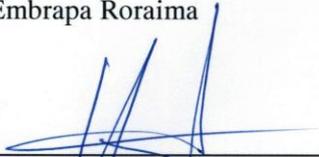
Aprovado: 11 de março de 2013.



Prof. Dr. José Frutuoso do Vale Júnior
Orientador – UFRR



Pesquisador Dr. Roberto Dantas de Medeiros
Embrapa Roraima



Prof. Dr. Valdinar Ferreira Melo
UFRR



Prof. Dr. Armando José da Silva
UFRR

DEDICATÓRIA

*Dedico este trabalho ao meu pai Hέλvio
Tupinambά, por todos os ensinamentos,
pelo grande exemplo de pai, pessoa e
profissional, pela humildade repassada,
pelos incentivos e conselhos que me deu
ao longo da vida, pela oportunidade da
vida e por sua imensa amizade.*

*Infelizmente, vocę nāo estarά presente em
mais uma conquista nossa, mas tenho
certeza de que onde estiver, estarά sempre
guiando meus passos rumo ao sucesso.*

*Continuo por vocę e por mim agora.
A humildade nāo te faz melhor do que
ninguém, mas te faz diferente de muitos.*

Fica com Deus!

AGRADECIMENTOS

Agradeço imensamente à Deus pela oportunidade da vida e pela saúde que meu deu durante todo este tempo.

Agradeço aos meus familiares, especialmente minha mãe por todo seu incentivo, todos os ensinamentos passados e por sempre acreditar em mim, ao meu irmão Diego por ser uma referência tanto como pessoa quanto profissional e por todas as lições ensinadas, a Paloma por toda sua amizade, confiança e companheirismo.

Aos meu amigos, Lindemberg pela sua grande amizade e trabalhos realizados juntos, ao Washington pela dedicação e por toda superação que serve de incentivo para mim, ao meu cunhado Nekinho pela amizade inabalável, pelo grande incentivo e pelo apoio prestados a mim e à minha família, ao meu primo Gustavo, por sua grande fidelidade como amigo e por todas as vezes que se dispôs aos mais severos trabalhos comigo e com meu irmão.

À minha namorada Priscila, por toda compreensão, pelo amor e cuidado que tem por mim e por todo seu companheirismo.

Ao professor José Frutuoso do Vale Júnior, por ser minha referência profissional, por todos os seus conselhos sobre o curso e sobre a vida, pelos valorosos ensinamentos repassados ao longo de sete anos de convivência, pela grande amizade e por todas as oportunidades dadas.

Ao Professor Wellington pela oportunidade de ingresso no meio Científico, pela sua grande contribuição na minha formação, pelas boas histórias e risadas e por toda sua paciência.

Aos membros da banca, Professor Valdinar Ferreira Melo, Roberto Dantas de Medeiros e Armando José da Silva que estiveram dispostos a contribuir na avaliação deste trabalho.

À Universidade Federal de Roraima e ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia que contribuíram para o desenvolvimento, realização e publicação deste trabalho. Ao CNPq pela concessão da bolsa e incentivo à docência.

A Pedra

*"O distraído nela tropeçou...
O bruto a usou como projétil.
O empreendedor, usando-a, construiu.
O camponês, cansado da lida, dela fez
assento.
Para meninos, foi brinquedo.
Drummond a poetizou.
Já, David matou Golias, e Michelangelo
extraiu-lhe a mais bela escultura...
E em todos esses casos, a diferença não
esteve na pedra, mas no Homem!
Não existe 'pedra' no seu caminho que você
não possa aproveitá-la para o seu próprio
crescimento."*

(Fenelon Portilho)

BIOGRAFIA

PABLO LIMA DE SOUZA CRUZ, filho de Hélvio Tupinambá de Souza Cruz e Adelina Lima de Souza Cruz. Nascido em 28 de Agosto de 1987, na cidade de Boa Vista, Estado do Roraima. Concluiu o Ensino Médio na Escola Estadual Gonçalves Dias, no ano de 2004. Ingressou no Curso de Bacharelado em Agronomia, na Universidade Federal de Roraima, em 2006 e o concluiu em 2010. Foi bolsista PIBIC entre 2007 a 2010; estagiário da Empresa Norte Irrigação LTDA no ano de 2010. Em março de 2011, iniciou o curso de Mestrado em Agronomia, do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, na Universidade Federal de Roraima em parceria com a Embrapa.

CRUZ, Pablo lima de Souza. **Atributos Químicos de Argissolo Amarelo Sob Floresta e Savana Naturais e Cultivados Com Pastagem em Roraima**. Dissertação de Mestrado/ Dissertação de Mestrado em Agronomia – Universidade Federal de Roraima, Boa Vista, 2013.

RESUMO

O estado de Roraima pode ser caracterizado pelo domínio de três grandes biomas. As áreas de floresta ocupam a maior porção do Estado, as áreas de Savanas que se distribuem nas regiões centro-leste e nordeste do Estado e por último o domínio das Campinaranas que ocupam a porção centro-sul do Estado. A pecuária é uma atividade tradicional, de grande importância econômica sendo bastante difundida tanto nos biomas Savana quanto no bioma Floresta. Em decorrência da grande necessidade de produção de alimentos, os recursos naturais de Roraima sofrem forte pressão de ocupação, sendo substituídos pela agricultura e pela pecuária. Esta situação traz, muitas vezes, resultados indesejáveis à sustentabilidade do ambiente, já que a agricultura é de derrubada e queima do extrato arbóreo. Em razão disto, o presente trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar e comparar os atributos químicos do ARGISSOLO AMARELO sob os ecossistemas de savana e floresta natural, convertidos em sistema de pastagem. Os tratamentos utilizados foram áreas representativas de savana natural (SN) e savana convertida em pastagem (SCP), floresta natural (FN) e floresta convertida em pastagem (FCP). O delineamento foi em blocos casualizados em esquema de parcela subdividida (ambientes e profundidades) e os atributos químicos avaliados foram: pH, acidez potencial, saturação em Alumínio, Alumínio trocável, matéria orgânica do solo, Potássio trocável, Magnésio trocável, Cálcio trocável, soma de bases, saturação em bases, Fósforo disponível e remanescente e Capacidade de troca catiônica efetiva e total. Os valores de pH do solo não apresentaram diferença estatísticas entre si, com o ambiente FN obtendo a menor média observada. Para acidez potencial os ambientes convertidos apresentaram menores valores do que os ambientes naturais. Para a variável saturação em alumínio houve notável redução nos ambientes convertidos, principalmente nas camadas mais superficiais. O Alumínio trocável apresentou níveis significativamente menores em SCP quando comparado a SN e nos ambientes florestais houve diferença significativa apenas nos primeiros 10 cm do solo. Os níveis de matéria orgânica observados foram maiores no ambientes FN, seguido por FCP e SCP, este último mostrando tendência a maior acúmulo de matéria orgânica. Em Potássio trocável não foi verificada diferença estatística significativa entre os ambientes e profundidades analisados. Para Cálcio e Magnésio trocável, soma de bases os maiores níveis encontrados foram na profundidade de 0-10 cm, com evidente redução ao longo do perfil. Para saturação de bases, o ambiente SCP foi integralmente superior ao ambiente SN e o ambiente FCP foi maior estatisticamente que o FN até a profundidade de 20 cm. As médias de Fósforo remanescente obtidas não apresentaram diferença em nenhum ambiente e nenhuma profundidade analisada, já Fósforo disponível não apresentou significância para interação, onde a maior média observada para esta variável ocorreu no ambiente FCP. Para CTC efetiva e total os valores mais expressivos foram encontrados na profundidade 0-10 cm, com ligeira tendência ao decréscimo conforme aumento de profundidade. A conversão de ambientes naturais por pastagens provocou alterações significativas a maioria das características químicas do ARGISSOLO AMARELO. De maneira geral, os atributos químicos apresentaram uma ligeira melhoria, especialmente nas camadas mais superficiais sujeita à maior influência da antropização.

Palavras – chave: Amazônia, Conversão de Ambientes, Fertilidade do Solo, Uso da Terra.

CRUZ, Pablo lima de Souza. **Chemical Attributes of Ultisol under Forest and Natural Savanna and Cultivated with Pasture in Roraima**. Master's Degree Dissertation in Agronomy – Universidade Federal de Roraima, Boa Vista, 2013 Universidade Federal de Roraima, Boa Vista, 2013.

ABSTRACT

The Roraima state can be characterized by three major biomes. The areas of Forest occupy the greater portion of the state, the areas of Savannahs that are distributed in the regions center-east and northeast of the state and finally the field of Campinaranas which occupy the south-center portion of the state. The livestock is a traditional activity, of great economic importance being widespread both in biomes of savanna and Forest. As a result of the huge need of food production, the natural resources of Roraima suffer strong pressure of occupation, being replaced by agriculture and livestock. This situation brings, many times, undesirable results to environmental sustainability, already that agriculture and slash and burn. Because of this, the present study was carried out with the aim to evaluate and compare the chemical attributes of an Ultisol under ecosystems of savanna and natural forest, converted into pasture system. The treatments were representative areas of savanna and natural savanna converted into pasture, natural forest and forest converted to pasture. The delineation were a randomized blocks in Split plot scheme (treatments and depth), being evaluated the following chemical attributes: pH, potential acidity, Aluminum saturation, exchangeable Aluminum, soil organic matter, exchangeable Potassium, exchangeable Magnesium, exchangeable Calcium, sum of bases, bases saturation, available phosphorus and remaining and Total and effective Cation Exchange Capacity. The soil pH values showed no statistical difference between themselves and with the environment NF obtaining the lowest average observed. For potential acidity converted environments showed lower values than the natural environments. For the Aluminum saturation there was a remarkable reduction in environments converted, mainly in the most superficial layers. The exchangeable Aluminum showed significantly lower levels in SCP when compared to NF and in forest environments there was a significant difference only in the first 10 cm of the soil. The levels of organic matter were more frequently observed in environments NF, followed by FCP and SCP, the latter showing a greater tendency toward accumulation of organic matter. In exchangeable Potassium was not observed statistically significant differences between the environments and depths analyzed. For exchangeable Calcium and Magnesium, sum of bases the highest levels were found at a depth of 0-10 cm, with evident reduction along the soil profile. For bases saturation, the environment SCP was fully above the environment SN and the FCP environment was statistically higher than the FN until a depth of 20 cm. The averages of phosphorus remainder obtained showed no difference in any environment and any depth analyzed, already available Phosphorus showed no significance for interaction, where the highest average observed for this variable has occurred in the environment SCP. For CTC effective and total the most expressive values were found in depth 0-10 cm, with a slight tendency to decline as increase in depth. The conversion of natural environments by pasture has caused significant changes to the majority of chemical characteristics of Ultisol. In general, the chemical attributes showed a slight improvement, especially in the most superficial layers subject to greater influence of major growth in.

Key words: Amazon, Ambients Conversion, Land Use, Soil Fertility.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Granulometria do solo em área de floresta e savana naturais, e floresta e savana convertidas em pastagem.....	37
Tabela 2 – Esquema da análise de variância.....	42
Tabela 3 - Resumo da Análise de Variância para as variáveis analisadas em diferentes profundidades de um ARGISSOLO AMARELO distrófico do estado de Roraima em quatro ambientes.....	46
Tabela 4 - Valores médios de pH, Alumínio trocável, Acidez potencial e Saturação por Alumínio em três profundidades de um ARGISSOLO AMARELO distrófico do estado de Roraima em quatro ambientes.....	48
Tabela 5 - Valores médios de Magnésio trocável, Cálcio Trocável, Potássio Trocável e Soma de Bases em três profundidades de um ARGISSOLO AMARELO distrófico do estado de Roraima em quatro ambientes.....	57
Tabela 6 - Valores médios de Saturação em Bases, CTC efetiva e CTC total em três profundidades de um ARGISSOLO AMARELO distrófico do estado de Roraima em quatro ambientes.....	62
Tabela 7 - Valores médios de Fósforo disponível e Fósforo Remanescente, em três profundidades de um ARGISSOLO AMARELO distrófico do estado de Roraima em quatro ambientes.....	66

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** - Localização do estado de Roraima e dos municípios de Bonfim e Rorainópolis.....**35**
- Figura 2** - Mapa Fitoecológico indicando a região de domínio dos ecossistemas de Savana e Floresta densa na escala de 1:1.000.000..... **36**
- Figura 3** - Área de pastagem em ambiente de savana no município de Bonfim - RR..... **39**
- Figura 4** - Área de Savana Natural com predominância de *Curatella americana* (caimbé), em Bonfim – RR..... **39**
- Figura 5** - Área convertida à pastagem em ambiente de floresta em Rorainópolis-RR..... **40**
- Figura 6** - Mini-trincheira de PA em Floresta Natural no município de Rorainópolis-RR..... **41**
- Figura 7** - Esquema de amostragens da área e delineamento experimental utilizados. R = Perfil = Repetição; em cada bloco (B) foram coletados dados e amostras nas três profundidades (0 a 10 cm; 10 a 20 cm; 20 a 40 cm) dentro de uma área de 1 ha (100 x 100m)..... **42**
- Figura 8** - Teores de matéria orgânica em três profundidades de um ARGISSOLO AMARELO distrófico em quatro ambientes..... **54**

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	16
2.	OBJETIVOS	18
2.1	Geral.....	18
2.2	Específicos.....	18
3.	REVISÃO DE LITERATURA	19
3.1	Os Ecossistemas Naturais Estudados.....	19
3.1.1	As Savanas de Roraima.....	19
3.1.2	A Floresta Amazônica.....	21
3.1.3	Impactos da Conversão da Vegetação Natural em Pastagem.....	22
3.2	Qualidade Química do Solo.....	25
3.3	O ARGISSOLO AMARELO.....	26
3.4	Propriedades Químicas.....	27
3.5	Importância e Alterações da Matéria Orgânica do Solo pela Conversão da Vegetação Natural em Pastagem.....	32
4.	MATERIAL E MÉTODOS	35
4.1	Localização da Área de Estudo.....	35
4.2	Caracterização da Área de Estudo.....	36
4.2.1	Solo.....	36
4.2.2	Clima.....	38
4.2.3	Vegetação e Histórico das Áreas.....	38
4.2.4	Amostragem.....	40
4.2.5	Delineamento.....	41
4.2.6	Variáveis Analisadas.....	43
4.3	Análises Químicas do Solo.....	43
4.4	Análise Estatística.....	45
5.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	46

5.1	Acidez do Solo.....	46
5.2	Matéria Orgânica do Solo (MOS).....	53
5.3	Bases Trocáveis.....	57
5.4	Complexo de Troca e Saturação em Bases.....	62
5.5	Fósforo Disponível e Fósforo Remanescente.....	65
6.	CONCLUSÕES	67
	REFERÊNCIAS	68

1. INTRODUÇÃO

O estado de Roraima pode ser caracterizado pelo domínio de três grandes biomas. As áreas de floresta que ocupam a maior porção do território e são constituídas, principalmente, pela Floresta Ombrófila Densa. As áreas de Savanas distribuem-se na região centro-leste e nordeste, perfazendo 17% do território de Roraima (BRASIL, 2009). Por último o domínio das Campinaranas que ocupam a porção centro-sul do estado (GRIBEL et al., 2009; SCHAEFER et al., 2009).

As áreas de floresta mais extensas encontram-se nas porções mais úmidas ao sul e ao oeste do Estado, bem como nas áreas de relevo mais elevado ao norte, representadas pelos municípios de Uiramutã e Pacaraima (BRASIL, 1975). Estudos sobre o ecossistema da floresta têm mostrado que os solos destes ambientes são na maioria de baixa fertilidade natural, devendo sua sobrevivência e produtividade à alta diversidade vegetal estabelecidas ao longo dos anos adaptadas às condições edafoclimáticas (NUMATA, 2002).

As savanas ocupam uma área de aproximadamente 43.000 km² situadas na porção central do Estado. Fatores como o relevo plano a suave ondulado, geologia de sedimentos pré-intemperizados da formação Boa Vista, rochas vulcânicas básicas e ácidas e a grande diversidade e variabilidade pedológica, distingue esse ecossistema do Cerrado do Planalto Central do Brasil. (VALE JÚNIOR e SCHAEFER, 2010).

Em decorrência da necessidade de produzir alimentos, os recursos naturais de Roraima (solo e biomassa) sofrem forte pressão de ocupação, sendo substituídos pela agricultura e pela pecuária. Esta situação traz, muitas vezes, resultados indesejáveis à sustentabilidade do ambiente, já que a agricultura é de derrubada e queima da vegetação (MELO et al. 2006). A pecuária é uma atividade tradicional, de grande importância social e econômica e que, nos últimos anos, vem apresentando um acelerado crescimento, sendo bastante difundida tanto nos biomas de Savana quanto no de Floresta. Porém esta atividade apresenta baixos índices zootécnicos, fato este que está associado principalmente à baixa fertilidade dos solos, baixa qualidade das pastagens nativas e manejo de pastagens inadequado (GIANLUPPI et al., 2001).

Para Salimon (2003), ao transformar os ecossistemas naturais em áreas produtoras de alimentos (agricultura, pecuária, por exemplo), alteram-se características químicas, físicas e biológicas do solo, água e atmosfera, devido às mudanças no uso da terra. Moreira e Malavolta (2004) em estudo sobre a conversão de floresta para pastagens verificaram que a temperatura elevada e as condições de umidade dos trópicos aceleram os processos bioquímicos do solo e, quando associados a sistemas convencionais de preparo do solo – que diminuem a proteção física da Matéria Orgânica determinando taxas de mineralização maiores em relação às taxas de adição de resíduos orgânicos, diminuindo, portanto, o estoque de Matéria Orgânica e, por fim, contribuindo para a emissão de CO₂ à atmosfera.

Nas áreas convertidas em agricultura a não utilização de fertilizantes e corretivos ocasiona um dos principais entraves enfrentados pelos agricultores da Amazônia, onde o uso do fogo é amplamente empregado como manejo do solo, por este ser o método mais econômico (ALFAIA e SOUZA, 2002). Em geral, a queimada resulta no aumento na disponibilidade de P no teor de bases trocáveis (RHEINHEIMER et al., 2003), que são observados imediatamente após a queima e principalmente nos primeiros cinco (05) cm do solo, em consequência do acúmulo de cinzas na superfície. Entretanto, esses efeitos tendem a desaparecer, em médio prazo, na lixiviação dos nutrientes pela ação de chuvas (KNICKER, 2007).

Na classe dos ARGISSOLOS, os fatores de formação se expressam de formas diferentes no ecossistema de savana e de floresta, conferindo características peculiares em cada ambiente. São escassas na literatura, mensurações e comparações das características químicas e físicas do ARGISSOLO nestes dois ecossistemas, destacando-se os trabalhos realizados por VALE JÚNIOR, (2010) e BRASIL, (1975) no estado de Roraima. Além disso, não se tem registros da magnitude das alterações provocadas pela fito-fisionomia e pelo manejo da pastagem em ambientes de floresta e savana, nas propriedades químicas de ARGISSOLO AMARELO no estado de Roraima.

A substituição da vegetação nativa por plantas melhoradas como as gramíneas utilizadas em pastagens pode promover impactos negativos nas propriedades químicas do solo, alterando drasticamente tanto as camadas mais superficiais quanto as mais profundas. Este trabalho foi desenvolvido com o intuito de melhor compreender as alterações químicas em ARGISSOLO AMARELO ocasionadas pela conversão de ambientes naturais em sistemas de pastagens.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL

- Avaliar e comparar as propriedades químicas de ARGISSOLO AMARELO distrófico sob o ecossistema de Savana e Floresta Natural e convertidos em sistema de pastagem.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar comparativamente os atributos químicos do solo sob ecossistemas e sob pastagens;
- Avaliar o grau de alteração provocado pela conversão de ecossistemas naturais para pastagem por meio dos atributos químicos.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Os Ecossistemas Naturais Estudados

3.1.1 As Savanas de Roraima

As savanas de Roraima são as maiores áreas de savana encontradas no Brasil. Em âmbito regional, os termos “savana”, “cerrado” e “lavrado” identificam a mesma paisagem savânica, representando o bioma Cerrado Brasileiro. Contudo, na definição fitogeográfica, toda a paisagem da savana faz parte da ecorregião das “Savanas das Guianas”, as quais pertencem ao bioma Amazônia (VALE JÚNIOR e SCHAEFER, 2010). Esta diferenciação é importante por que, embora ambas possuam a mesma aparência e estrutura física, existem especificações ecológicas, florísticas e pedológicas que distinguem as savanas do extremo norte amazônico dos cerrados situados em outras regiões do país (MIRANDA e ABSY, 2000).

São características desse ecossistema a extensa superfície aplainada com mosaico de suaves colinas e tabuleiros entremeados de depressões e buritizais e manchas esparsas de florestas, como ilhas. As espécies arbóreas predominantes nas savanas são a *Curatella americana* L. (caimbé) e seguida de *Byrsonima* ssp (murici ou mirixi), *Bowdichia virgilioides* Kunth.(paricarana), *Himatanthus articulatus* (sucuba). Nas formações pioneiras ocorre o domínio da *Mauritia flexuosa* (buriti) (BENEDETTI, 2007).

Em geral, os solos encontrados neste ecossistema possuem baixa fertilidade natural, com baixos valores de cátions trocáveis (Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+) e elevada saturação por alumínio. O fósforo disponível é baixo e a matéria orgânica, principalmente pela ação constante do fogo e da rápida mineralização, apresenta valores inferiores a 2% (MELO et al. 2004). Porém, as savanas de Roraima são detentoras de uma ampla diversidade e variabilidade pedológica em função de fatores geomorfológicos (relevo plano e suave ondulado), vegetação, clima e material de origem (VALE JÚNIOR, 2000).

Vários pesquisadores realizam estudos pedológicos sobre este ecossistema, com grande destaque para pesquisadores como Melo et al. (2004); Vale Junior e Schaefer (2010). Grande parte das pesquisas acerca dos solos assentados nas áreas sob savana em Roraima revelou

grau relativamente avançado de intemperismo, baixa fertilidade natural, reação ácida e presença de caulinita como o principal mineral constituinte da fração argila, além de limitações físicas dos solos para uso agrícola. VALE JÚNIOR, 2000; MELO, 2002; MELO et al. 2006). Estudos anteriores também revelaram a presença de solos influenciados por Na (SCHAEFER et al., 1993) ou com argila de alta atividade (Ta) sob savana, o que foi interpretado como herança paleoclimática mais seca na região (SCHAEFER et al., 1991; SCHAEFER e DALRYMPLE, 1996; MELO et al., 2010).

As principais classes de solo caracterizadas e mapeadas até hoje nas savanas de Roraima são: LATOSSOLOS, ARGISSOLOS, GLEISSOLOS, PLINTOSSOLOS, NEOSSOLOS FLÚVICOS e NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS, sendo em geral distróficos e ácidos (EMBRAPA, 1990; VALE JÚNIOR, 2000; MELO et al., 2006; VALE JÚNIOR et al., 2007) e algumas manchas de CHERNOSSOLOS, CAMBISSOLOS e NITOSSOLOS EUTRÓFICOS, derivados de diabásio e basalto (MELO et al., 2010), além dos solos alterados por Na (SCHAEFER et al., 1993), encontrados especialmente no município do Uiramutã e Pacaraima.

As áreas de savanas do estado de Roraima são bastante utilizadas na pecuária de corte extensiva, pequenas áreas com fruticultura e cultura de subsistência (VALE JÚNIOR, 2000). Segundo dados obtidos por Barbosa et al. (2007), atualmente 57,3 % da área de savana de Roraima são ocupadas por terras indígenas, 35,2 % por propriedades rurais e 4,4 % por assentamentos de reforma agrária. Considerando as áreas ocupadas pelas propriedades rurais, 65 % se concentram entre a capital Boa Vista e o município de Bonfim, com áreas que variam de 100 a 1.000 ha.

Os solos sob savana, quando submetidos a determinados sistemas de manejo, tendem a um novo estado de equilíbrio refletido em diferentes manifestações de seus atributos químicos, os quais poderão ser desfavoráveis à conservação do solo e produção das culturas (SOUZA et al., 2006; CARNEIRO et al., 2009).

Com o desenvolvimento agrícola, a modificação da biomassa vegetal contribui para uma grande transformação no ambiente savânico. A produtividade média de pastagens de *Brachiaria* de mais de 5 a 7 anos de idade são significativamente inferiores ($200 \text{ a } 400 \text{ g/MS.m}^{-2} \cdot \text{an}^{-1}$). Considerando a extensão do bioma e a área de pastagens, essa diferença tem um primeiro impacto: a redução dos estoques de carbono, observados em análises das camadas superficiais de solos (CORAZZA et al., 1999) em relação aos valores de solos sob vegetação nativa. Essa drástica redução apresenta conseqüências sobre a oferta de elementos

trocáveis, pois uma fração das propriedades de troca desses solos é altamente dependente do conteúdo da matéria orgânica. Nessas condições, em que os fatores climáticos atuam intensamente e os solos são bastante intemperizados, a matéria orgânica é a principal responsável pela capacidade de troca catiônica (CTC), retenção de água e estruturação do solo (CANELLAS e SANTOS, 2005).

Apesar do nível de alteração, como um todo, ser relativamente baixo (ao redor de 10%), alguns impactos já são visíveis no ambiente, embora a região apresente uma carência muito grande de pesquisas científicas que possam qualificar e quantificar as alterações, decorrentes da antropização das savanas. Estudos mais recentes foram realizados com objetivo de diagnóstico dos solos e avaliação de impactos ambientais em áreas do projeto de plantio com *Acácia mangium* (VALE JÚNIOR, 2011). Vale Júnior (2000) concluiu que em solos submetidos a sucessivos anos de cultivo, há uma tendência para diminuição gradativa de sua aptidão agrícola pela alteração de suas propriedades físicas e químicas.

3.1.2 A Floresta

No estado de Roraima são ainda encontradas muitas áreas cobertas por vegetação natural não antropizada. Este fato se deve basicamente a dois motivos, o primeiro é que o estado até poucas décadas atrás apresentava falta de infra-estrutura viária, dificultando o acesso e o deslocamento da população e sua interiorização. O segundo motivo está aliado à demarcação de áreas indígenas e parques nacionais, que ocupam aproximadamente 46% do Estado (BRASIL, 2009).

Conforme informações obtidas por Brasil (2009) a cobertura vegetal do estado de Roraima compreende um importante conjunto de formações primárias (florestais e campestres). As áreas de floresta ocupam a maior porção do estado e são constituídas, principalmente, pela Floresta Ombrófila Densa, que ocorre maciçamente a oeste, noroeste e sudeste. A floresta amazônica é a designação que corresponde a vários tipos de vegetação, Brasil (1975), divide as mesmas em Floresta Ombrófila densa que pode ser de vários tipos: montana, submontana, entre 100 e 600m de altitude, as árvores raramente ultrapassam os 30m de altura, aluvial e das terras baixas; já a Floresta Ombrófila aberta pode ser de dois tipos principais: submontana e das terras baixas, a sendo classificadas de acordo com as espécies dominantes: floresta aberta com palmeiras, floresta aberta com cipós, floresta aberta com

bambu e floresta aberta com sororocas. Roraima apresenta tipos de cobertura vegetal bastante diversificados, destacando-se as florestas tipicamente amazônicas e suas variações as quais cobrem 85% do Estado (SILVA, 1997).

A floresta ombrófila densa das terras baixas (ou floresta de terra firme), são florestas que ocorrem em áreas não inundáveis, em cotas altimétricas abaixo de 100 m, na área de embasamento do relevo residual das Serras do Preto e da Perdida (no PARNA Viruá) . São encontradas também em áreas não inundáveis no tempo presente (provavelmente paleovárzeas) das bacias do Rio Branco, Rio Anauá e tributários. As formações de florestas ombrófila densa (submontana, das terras baixas e aluviais) podem apresentar trechos mais abertos, com dossel descontínuo, com presença conspícua de palmeiras ou de cipós, a essas variações denomina-se floresta ombrófila aberta (VELOSO et al., 1991).

Até o ano 2000, o desflorestamento na Amazônia foi de 59 milhões de hectares, o que corresponde à cerca de 15% da área total. Dessa área, cerca de 18 milhões de hectares foram transformados em pastagens, existindo estimativas de que pelo menos a metade dessa área estaria atualmente degradada ou em estado de degradação (GEO BRAZIL, 2002).

3.1.3 Impactos da Conversão da Vegetação Natural em Pastagem

A pastagem é um dos principais tipos de vegetação que formam a cobertura dos solos brasileiros. A utilização de áreas com pastagens tem assumido destaque pela elevada proporção de ocupação em relação ao total das áreas agrícolas, e também porque grande proporção das áreas degradadas encontra-se sob pastagens (AZEVEDO, 2004). De acordo com Bertoni e Lombardi Neto (2005), a área coberta pela pastagem está na dependência direta das condições de clima e solo.

Estimativas citadas em Dias-Filho (2007) indicam que cerca de 70 milhões de hectares de pastagens, nas regiões Centro-Oeste e Norte do Brasil, estariam degradados ou em processo de degradação, isto é, seriam pastagens improdutivas ou de baixa produtividade. Essa condição é causada, principalmente, pela baixa atividade biológica e pela deficiência de macro e micronutrientes nos solos (LILIENFEIN et al., 2003).

Nos países em desenvolvimento, as necessidades atuais de forragem para a produção pecuária excedem a produção sustentável das pastagens e dos solos que as suportam. Sistemas

intensivos de exploração agropecuária exigem a utilização de forrageiras com elevada produtividade e qualidade de biomassa, cujo processo de produção envolve o uso intenso de máquinas e equipamentos (GIAROLA et al., 2007). Após a conversão de vegetações naturais em pastagens o manejo inadequado é o principal fator condicionante para a perda de fertilidade do solo.

Este processo de perda de fertilidade dos solos é atribuído à pequena entrada de nutrientes, toxidez por alumínio e deficiência em fósforo e também pela diminuição da porosidade total, infiltração de água e degradação da estrutura do solo devido ao super pastejo e invasão de plantas daninhas (CERRI, et al.; 2004).

A conversão de áreas de floresta amazônica em pastagem resulta em mudanças na quantidade e qualidade da biomassa aérea (FEARNSIDE e BARBOSA, 1998), nas características físicas e químicas do solo (PEREIRA et al., 2000; LONGO e ESPÍNDOLA, 2000; MARKEWITZ et al., 2004) e na emissão de gases de efeito estufa durante as operações de queima da floresta e, ou das pastagens (FEARNSIDE, 2002). Com a introdução da pastagem os estoques de C no solo podem decrescer nos primeiros anos da implantação, e aumentar nos anos seguintes, até atingir valores próximos ou superiores aos existentes antes da conversão (FEIGL et al., 1995; MELO, 2003; SALIMON et al., 2007).

Nos últimos quarenta anos, a produção pecuária na região Amazônica passou, de forma crescente, a ser desenvolvida em áreas originalmente de florestas (LONGO e SPÍNDOLA, 2000, MATIAS, 2003). As áreas onde a floresta foi convertida a pastagem apresentam nos primeiros anos de implantação boa produção, diminuindo gradualmente com o passar dos anos, devido ao decréscimo da fertilidade do solo (DIEZ et al., 1997; FEARNSIDE e BARBOSA, 1998).

No Brasil, o fogo é utilizado, de modo geral, diretamente para: (a) limpeza de áreas tanto agrícolas como florestais, (b) renovar pastagens, melhorando a oferta e qualidade dos alimentos; (c) abrir novas fronteiras agrícolas, (d) melhorar o manejo de pré-colheita da cultura da cana-de-açúcar e (e) controlar pragas e doenças em culturas (anuais e perenes), em manejo pós-colheita, entre outras (ALFAIA e SOUZA, 2002).

A produtividade da agropecuária tradicional depende da liberação de nutrientes oriundos das cinzas da biomassa que sofreu combustão. A queima da biomassa ocasiona o aumento das taxas de decomposição da liteira e da matéria orgânica do solo, causada pelo

aumento da temperatura, e aumenta a disponibilidade de nutrientes na solução do solo, o que favorece a absorção pelas raízes das plantas. (JUO e MANU, 1996).

A quantidade de nutrientes liberados pela queima depende da idade da vegetação e da intensidade da queimada, porém a quantidade de nutrientes incorporados no sistema não depende somente da quantidade de cada elemento nas cinzas, mas também da capacidade do solo em reter esses nutrientes numa forma que possam ser absorvidos pelas plantas (JUO e MANU, 1996).

Com o tempo de cultivo das áreas, fatores como perda de fertilidade do solo, aumento das plantas daninhas e aumento da incidência de pragas e doenças ao longo dos anos têm sido relatados por agricultores tradicionais como justificativas para deixar o solo em pousio (BROCKI, 2001).

Sob o ponto de vista de conservação do solo, o efeito do fogo pode variar de acordo com as condições ambientais no momento da queima e com o tipo de solo (BATMANIAN, 1983). As queimadas resultam também na perda de nutrientes devido a sua volatilização, quando a temperatura atinge graus elevados na superfície do solo (BRINKLEY et al., 1994). Assim, entre 60 °C e 100 °C, ocorre a esterilização da camada superficial do solo; a 200 °C a volatilização do N; entre 300 °C e 600 °C a volatilização do enxofre e do fósforo, e acima de 1000 °C, a volatilização do cálcio e do magnésio (BRINKLEY et al., 1994).

De maneira geral, os trabalhos sobre ecossistemas de pastagens (degradadas ou não) têm mostrado uma melhora nas propriedades químicas dos solos (DESJARDINS et al., 1994, DESJARDINS et al., 2004; MELO, 2003), devido principalmente à utilização de fertilizantes e corretivos.

A distribuição, o conteúdo e, conseqüentemente, a disponibilidade de cátions trocáveis (Ca, Mg e K) e teores de matéria orgânica podem ser afetados pelos métodos de preparo e manejo do solo, devido, principalmente, às alterações na CTC do solo, localização da aplicação de fertilizantes e corretivos e variação na capacidade de reciclar nutrientes (WIETHÖLTER, 2002).

Os primeiros trabalhos realizados sobre as alterações da conversão de florestas nativas em pastagens na Amazônia surgiram praticamente no fim da década de 70 e no decorrer da década de 80, como forma de alerta à evolução crescente do desmatamento na região e ao abandono de pastagens em processo de degradação (FALESI, 1976) e, obviamente, devido aos impactos causados à fauna do solo (BANDEIRA, 1979).

Uma das características mais marcantes das espécies forrageiras que compõem as pastagens nativas das savanas bem drenadas é o baixo potencial produtivo, cerca de 1.500 kg ha⁻¹, com agravamento da produção de forragem durante a época de estiagem, quando podem atingir 800 kg ha⁻¹. Outra característica importante das pastagens nativas da savana é a baixa qualidade de forragem produzida, representada pelos baixos teores de proteína bruta e minerais, bem como pelos baixos valores de digestibilidade, ficando abaixo dos níveis críticos para a nutrição animal (CAMARÃO e SOUZA FILHO, 2001).

Por esta razão, o desenvolvimento de uma pecuária com índices zootécnicos aceitáveis sob o ponto de vista bio-econômico, tem esbarrado nestas limitações. Em função destas limitações, muitos proprietários tem adotado sistemas de manejo (incluindo o fogo) na busca da melhoria do potencial produtivo dessas áreas, principalmente pela introdução de espécies forrageiras e a fertilização das pastagens nativas ou já existentes. Dentre as espécies, pode-se encontrar as gramíneas *Brachiaria brizantha*, *Brachiaria humidicola*, *Paspalum secans*, *Paspalum notatum*, *Paspalum guenoarum*, e as leguminosas *Stylosanthes* spp., *Centrosema macrocarpum*, *Centrosema acutilifolium*, *Pueraria phaseoloides* e *Dioclea guianensis* (CAMARÃO e SOUZA FILHO, 2001).

3.2 Qualidade química do solo

As inter-relações das propriedades do solo controlam os processos e os aspectos relacionados a sua variação espacial e temporal, de tal forma que qualquer alteração pode afetar diretamente a sua estrutura e a atividade biológica e, conseqüentemente, a sua qualidade (CARNEIRO et al., 2009). Avaliar alterações nas propriedades do solo, decorrentes de impactos da intervenção antrópica em ecossistemas naturais, podem constituir importante instrumento para auxiliar no monitoramento da conservação ambiental, pois permitem caracterizar a situação atual, alertar para situações de risco e, por vezes, prever situações futuras, especialmente quando adotada como referência a vegetação nativa original (CARDOSO et al., 2011).

Os indicadores da qualidade do solo, segundo Islam e Weil (2000), podem ser separados em três categorias: i) os efêmeros, que como exemplo pode-se citar a disponibilidade de nutrientes, a acidez e a compactação do solo, cujas alterações manifestam-se rapidamente no tempo de acordo com o tipo de manejo adotado; ii) os intermediários, tais como teor de

carbono orgânico total, agregação e biomassa microbiana, que dependem da influência dos processos que ocorrem no solo; iii) e os permanentes, que estão mais relacionados com as próprias características do solo, como textura, profundidade e mineralogia. Esses autores sustentam ainda que a qualidade ou condição do solo seja determinada por propriedades que não são tão permanentes, ao ponto de serem insensíveis ao manejo, nem tão facilmente modificáveis, ao ponto de darem pequena indicação de alterações em longo prazo.

Segundo Gomes e Filizola (2006) a qualidade química dos solos pode ser agrupada em quatro classes: a) aqueles que indicam os processos do solo ou de comportamento. Ex: pH, Carbono Orgânico; b) aqueles que indicam a capacidade do solo de resistir à troca de cátions. Ex: Tipo de argila (1:1 ou 2:1), CTC, CTA, Óxidos de Ferro; Óxidos de Alumínio; c) aqueles que indicam as necessidades nutricionais das plantas. Ex: N, P, K, Ca, Mg e elementos traços (micronutrientes); d) aqueles que indicam contaminação ou poluição. Ex: Metais pesados, nitrato, fosfato, agrotóxicos.

3.3 O Argissolo Amarelo

As principais classes de solos encontradas em Roraima são os ARGISSOLOS e LATOSSOLOS, que apresentam ampla variação em termos de propriedades físicas e nos atributos químicos, influenciados primordialmente pelo material de origem e o grau de desenvolvimento. Na savana são solos cujos fatores de formação são semelhantes aos do LATOSSOLO AMARELO, ou seja, sedimentos pré-intemperizados, caulíníticos e pobres em óxidos de ferro, porém com o desenvolvimento de gradiente textural devido ao relevo. A maioria dos solos são caracterizados como distróficos e álicos com baixas reservas de nutrientes e capacidade de troca de cátions (MELO et al., 2004). Em geral os ARGISSOLOS AMARELOS estão associados aos LATOSSOLOS AMARELOS na paisagem, sendo que, na região de savana, os LATOSSOLOS AMARELOS posicionam-se nos topos mais aplainados onde há maior perda de argila por erosão diferencial, enquanto nas bordas e rampas se distribuem os ARGISSOLOS AMARELOS (VALE JÚNIOR e SCHAEFER, 2010).

A Formação Boa Vista é constituída por sedimentos predominantemente arenosos, inconsolidados, mal selecionados, com argilas arenosas e níveis de cascalhos intercalados. Tem cerca de 30 m de espessura máxima e ocupa uma área de aproximadamente 20.000 km² em Roraima, estendendo-se pela república da Guiana com o nome de “White Sand

Formation” lá chegando a mais de 100 m de espessura. (BRASIL, 1975). No entanto, Vale Júnior em levantamento exploratório na região de domínio das florestas, observou fortes indícios de que os ARGISSOLOS de ambiente florestal são produto da intemperização de cangas lateríticas, não pertencendo à formação Boa Vista, ao contrário dos ARGISSOLOS sob savana.

3.4 Propriedades químicas do solo

O conhecimento das características e propriedades químicas dos solos permite entender, de uma maneira genérica, quais são as principais limitações, em termos fertilidade e quais os tipos de manejos mais adequados a serem empregados, tendo em vista o uso dos mesmos para fins agrícolas. O uso agrícola dos solos depende do entendimento de vários fatores que auxiliam a avaliação dos problemas e no estudo de soluções, para a racionalização do uso destas áreas. Com isso, é obrigatório o conhecimento detalhado das características e propriedades químicas dos solos, objetivando seu manejo adequado e o uso mais apropriado de insumos (MELO et al., 2004).

De modo geral, os solos tropicais brasileiros apresentam elevada acidez, alta saturação em Al e Fe trocáveis, associados à baixa concentração de nutrientes, principalmente fósforo disponível, Ca e Mg (FERNANDES et al., 2003). É, no entanto, possível aumentar a concentração dos nutrientes no solo através da incorporação de fertilizantes químicos e orgânicos podendo tornar o solo fértil para a produção agrícola.

A acidez do solo limita a produção agrícola em consideráveis áreas no mundo, em decorrência da toxidez causada por Al e Mn e baixa saturação por bases. O método de correção do solo mais utilizada no Brasil é a calagem, por ser esta uma maneira simples e econômica, além de apresentar resultados satisfatórios (CAIRES et al., 2003). A calagem é a primeira ação a ser implementada, mas necessita de maiores estudos, pois as respostas a esta prática têm sido diferenciadas (PAULINO et al., 2006), provavelmente em virtude de diferenças de solo e da variabilidade de tolerância à acidez do solo das principais gramíneas forrageiras tropicais. A finalidade da calagem é elevar os valores de pH do solo, reduzir a atividade de Al e Fe, reduzir os efeitos fitotóxicos do Al e Mn no solo, aumentar a disponibilidade de nutrientes, notadamente o P, elevar a atividade microbiana, melhorar o

ambiente radicular e restaurar a capacidade produtiva dos solos (MARSCHNER E WILCZYNSKI, 1991; FERNANDES et al., 2003; CAIRES et al., 2005). Entretanto, esta prática corretiva quando empregadas em pastagens na Amazônia apresenta controvérsias técnicas, ainda não esclarecidas, quanto aos métodos de recomendação e às respostas em produtividade, uma vez que esta nem sempre traz efeitos positivos (LUZ et al., 2004).

Segundo Oliveira et al. (2004), quando o agroecossistema está muito degradado e o solo bastante exaurido pode não haver resposta à calagem, pois não há elementos minerais presentes no solo (N, P, K e micronutrientes) para serem colocados em disponibilidade - quando existir teores desses elementos no solo, caracterizando algum indício de fertilidade, apenas a calagem pode produzir aumentos de produção da forrageira. Os pecuaristas que desejam realizar alguma correção do solo, não necessitam destruir seus pastos pela prática da incorporação, mesmo porque, a calagem superficial, vem apresentando evidências práticas e científicas quanto à ação benéfica em profundidade no perfil do solo (SANTOS et al., 2008).

A degradação de pastagens é um problema que afeta a pecuária em âmbito mundial. No Brasil, esse fenômeno tem sido registrado como causa importante de prejuízos econômicos e ambientais (DIAS-FILHO, 2007). A degradação das pastagens cultivadas na Amazônia é um dos principais problemas da agropecuária, acarretando graves conseqüências ambientais.

O Alumínio possui efeito drástico de toxicidade sobre as plantas e estes efeitos já foram bem avaliados por vários pesquisadores (NOBLE et al., 1988; RAIJ, 1996; HARTWIG et al., 2007). A toxicidade do alumínio é um dos principais fatores limitantes à produção vegetal em solos ácidos (RITCHIE, 1995), devido às dificuldades de incorporação do calcário em profundidade. Os efeitos da toxicidade do Alumínio são a inibição do crescimento radicular, diminuindo a tolerância à seca e interferindo na absorção e translocação de nutrientes essenciais, como fósforo, cálcio, magnésio e potássio. Outro ponto importante é o efeito do alumínio tóxico sobre os organismos do solo (HARTWIG et al., 2007).

O alumínio é liberado da fração mineral do solo para a solução do solo sob condições ácidas, pela troca catiônica entre os íons H^+ e Al^{3+} na composição química da argila, ficando disponível como $Al(OH)^{2+}$, $Al(OH)_2^{2+}$ e $Al(OH)_3^{3+}$, este último também referido como alumínio trocável - Al^{3+} (KINRAIDE, 1991), as quais são as principais formas responsáveis pela fitotoxicidade em pH 4,0 a 5,0 (PAVAN et al., 1982).

A interação entre o alumínio (Al) e a matéria orgânica (MO) é uma das reações que mais influencia as propriedades dos solos ácidos (URRUTIA et al., 1995); já a fração orgânica do solo possui a capacidade de complexar cátions, entre eles o Al^{3+} (VANCE et al., 1996). Desse modo, no sistema plantio direto (SPD), devido aos maiores teores de MO do que no sistema convencional de cultivo com preparo do solo (LOVATO et al., 2004), a quantidade de Al complexado (Al-MO) torna-se de acentuada importância, como constatado por CAMBRI (2004) para amostras de solos cultivados sob SPD de diferentes localidades brasileiras, em que o Al-MO predominou sobre a forma trocável (Al^{3+}). De acordo com Amaral et al. (2000), resíduos vegetais deixados na superfície do solo tendem a diminuir a acidez e a reduzir o efeito tóxico do alumínio, onde o efeito negativo promovido pela acidez do solo e pela toxidez por Al^{3+} na produção agrícola não tem sido observado na maior parte dos solos cultivados no sistema de plantio direto (CAIRES et al., 2005; CAIRES et al., 2006; ALLEONI et al., 2003, ALLEONI et al., 2005).

A capacidade de neutralização da acidez do solo está associada à complexação com os ácidos orgânicos dos resíduos vegetais, aos teores de cátions e CO solúvel, (ZAMBROSI et al., 2007); já a biodisponibilidade e o potencial tóxico dos elementos no ambiente dependem de sua especiação na solução do solo (CANCÈS et al., 2003). No entanto, a acidificação, o revolvimento do solo e a decomposição de MO podem favorecer a alteração da forma não trocável do Al para formas mais disponíveis às plantas (ZAMBROSI et al., 2007).

O grande potencial de produção de ligantes orgânicos solúveis no sistema de plantio direto faz com que grande parte do alumínio solúvel, nesse sistema, se encontre nessa forma. A adição de matéria orgânica a solos ácidos pode amenizar a fitotoxicidade provocada pelo excesso de alumínio trocável no solo e aumentar a produtividade das culturas (MOKOLOBATE e HAYNES, 2003). Lima et al. (2007), avaliando o crescimento inicial de plantas em solos com alto teor de alumínio trocável, observaram que a adição de matéria orgânica, na forma de esterco bovino, reduziu os efeitos fitotóxicos do alumínio permitindo bom crescimento às plantas.

Segundo Miyazawa et al. (2000), mesmo em pH baixo, o Al na solução do solo pode encontrar-se em formas que influenciam menos o crescimento das plantas, pelo fato de encontrar-se complexado com ligantes orgânicos oriundos da decomposição de resíduos. Isto, por sua vez, determina seu menor potencial químico de causar toxidez às plantas. Em adição, durante a decomposição são liberados também bases e, ou, sais que favorecem o aumento do

pH do solo e, ou, promovem maior tamponamento do mesmo (ANGHINONI e NICOLODI, 2004).

Os ligantes ou ânions orgânicos são mais abundantes nas plantas na época de pleno crescimento vegetativo ou início do florescimento, reduzindo com a idade fisiológica da planta, graças à redução nos teores de cátions e C solúvel. Isto explica a menor capacidade dos resíduos vegetais de culturas comerciais em neutralizar a acidez do solo, correspondendo, em média, a um terço em relação à dos resíduos de plantas de cobertura (FRANCHINI et al., 2001).

A fonte natural do potássio (K) provém do intemperismo de minerais como feldspatos, micas e outros, assim como dos minerais de argila (ERNANI, 2004; CURI et al., 2005). Os minerais secundários, produtos da intemperização dos primários, também podem apresentar K na sua estrutura, por esse motivo constituem fontes potenciais de K (FANNING et al., 1989; HUANG, 1989). Nos solos tropicais caulíníticos mais intemperizados, por apresentarem baixo teor de minerais primários fontes de K, a dinâmica deste nutriente seria controlada pelo K trocável (RITCHEY, 1982). Em muitos desses solos, porém, não ocorrem reduções nos rendimentos em cultivos sucessivos, não há resposta às adubações potássicas e, além disso, a quantidade de K absorvida pelas plantas é superior ao teor de K trocável (SILVA et al., 1995). Os teores insuficientes de K disponível na maioria dos solos brasileiros contrastam com as elevadas exigências desse nutriente pelas culturas, o que tem proporcionado grande aumento de consumo de adubos potássicos para atender ao crescimento da agricultura brasileira nesses últimos anos (NACHTIGALL e RAIJ, 2005).

O potássio na solução do solo aparece na forma iônica, K^+ , forma esta absorvida pelas raízes das plantas. Concentrações elevadas de Ca^{2+} e Mg^{2+} reduzem a absorção do potássio por inibição competitiva; em baixas concentrações contudo Ca^{2+} apresenta um efeito sinérgico (MELO et al., 2010). Essa forma (K^+) está em equilíbrio com outra conhecida como trocável, que fica adsorvida aos colóides (orgânicos e minerais), devido à capacidade de troca catiônica desses materiais – as duas formas são consideradas disponíveis para as plantas, ou seja, são sujeitas à absorção (TANAKA et al., 1993).

A habilidade de uma planta para obter quantidades suficientes de K, Ca e Mg ou outro nutriente para um bom crescimento e desenvolvimento pode depender não apenas do teor e da forma disponível do nutriente no meio de crescimento, mas também de outros fatores que alteram sua absorção. No caso dos cátions, tem sido evidenciada a importância de outros

presentes no meio de crescimento para a absorção de determinado cátion pela planta (BULL et al., 1998). Entretanto, pouco se sabe sobre a influência dos ânions, NO_3^- e SO_4^{2-} , ou de seu equilíbrio sobre esses.

Marschner (1995) citado por Batista e Monteiro (2010) relatou que cátions como K^+ e Ca^{2+} competem efetivamente com o Mg^{2+} e diminuem sua absorção. Andrade et al. (2000) demonstraram que a adubação nitrogenada interfere de forma negativa no teor de K, Ca e Mg em pastagens, ao mesmo tempo em que salientaram ser necessário cuidar do fornecimento destes, pois aplicações elevadas de K podem interferir na absorção de Ca e Mg pela planta.

Muzzili (1983) observou distribuição similar do K no solo nos sistemas de plantio direto e plantio convencional de culturas. Santos et al. (2003) observaram, após sete anos, que os teores de K foram mais elevados nas camadas superficiais dos preparos reduzidos. Sidiras e Pavan (1985) observaram maior distribuição do elemento no perfil do solo, no sistema com cobertura permanente e no plantio direto, devido provavelmente à maior infiltração de água observada nesses tratamentos - isso porque o K ocorre livre nos tecidos vegetais, podendo ser facilmente removido pela água após a senescência.

O fósforo (P) é encontrado nas rochas, nos minerais e na matéria orgânica do solo. É usado pelas plantas para a reprodução e transformação de energia, e essencial para o crescimento (RHEINHEIMER, 2000). Dos macronutrientes essenciais, é o elemento mais limitante para a produção agrícola e de pastagens na Amazônia brasileira. Isso, por apresentar-se em formas pouco disponíveis aos vegetais e pelas características de elevada adsorção dos solos dessa região. (VALE JÚNIOR, 2000) – o nível dele é baixo em praticamente todos os solos na Amazônia brasileira (SCHAEFER e VALE JÚNIOR 1997; VALE JÚNIOR, 2000; MELO et al., 2006).

Na Amazônia brasileira, em pastagens formadas em áreas originalmente sob floresta, que sofreram corte e queima, a disponibilidade inicial do fósforo no solo é relativamente alta, devido à deposição das cinzas e à decomposição de resíduos de vegetação original (FALESI, 1976; GARCIA-MONTIEL et al., 2000; VALE JÚNIOR, 2000). Entretanto, ao contrário de outros nutrientes, geralmente mantidos em níveis mais ou menos estáveis no solo da pastagem, a disponibilidade de fósforo frequentemente diminui com o tempo (FALESI, 1976; ASNER et al., 2004), sendo a manutenção de níveis adequados de fósforo disponível no solo ser um dos maiores desafios do manejo de pastagens na Amazônia.

A adição de fertilizantes fosfatados em solos sob promove a saturação dos sítios de adsorção de P, razão pela qual o P permanece na forma disponível por mais tempo (RHEINHEIMER et al., 2003). Esse aumento de P no solo pode também resultar na formação de compostos de baixa solubilidade [AlPO_4 ; $\text{Al}(\text{OH})_2\text{H}_2\text{PO}_4$] que se precipitam (NOVAIS e SMYTH, 1999), de acordo com sua atividade química e, assim, contribui para a inativação de parte do Al^{3+} em solução, reduzindo a sua toxidez para as plantas.

A maioria dos estudos mostra que o P disponível aumenta somente no momento inicial após a conversão da floresta em pastagem, mas tende a diminuir com o tempo. Alguns estudos, avaliando as frações de P em sucessões de solos, mostram que há ocorrência de um aumento nas frações orgânicas de P e redução do fósforo total (formas oclusas) (TOWNSEND et al., 2002).

O decréscimo no conteúdo de P total, segundo Townsend et al. (2000), estaria associado a dois fatores: 1) após o desflorestamento da mata nativa e subsequente queima, ocorre incremento no pH, que pode causar a transferência de formas inorgânicas de P ocluso em formas mais lábeis; 2) solos sob pastagem são frequentemente sujeitos à compactação que podem limitar a disponibilidade de oxigênio, criando condições redutoras que levam a liberação de formas inorgânicas de P a partir de formas mais oclusas para menos oclusas.

São diversos os efeitos que o uso de manejo de culturas tem sobre o P. Segundo Franchini et al. (2001), o fluxo contínuo de diferentes formas de C, provenientes da decomposição dos resíduos culturais, associado ao não revolvimento do solo, resulta na competição pelos sítios de carga positiva dos colóides inorgânicos por parte dos compostos orgânicos, ocorrendo a formação de complexos orgânicos com os íons de Al^{3+} , Fe^{3+} e Mn^{2+} . O resultado da ocupação dos sítios de carga positiva na superfície dos colóides inorgânicos é a minimização da passagem do P-disponível para o P não disponível, resultando no aumento da disponibilidade de P para as raízes das plantas (RHEINHEIMER, 2000)

3.5 Importância e alterações da matéria orgânica do solo pela conversão da vegetação natural em pastagem

A matéria orgânica do solo é resultante da decomposição de resíduos de origem animal e, principalmente vegetal, não havendo relação com o material de origem do solo. Esses resíduos sofrem inicialmente decomposição parcial pela mesofauna e, posteriormente, pela microbiota decompositora. Parte do carbono existente nos resíduos é liberado para a atmosfera como CO₂ e o restante passa a fazer parte da matéria orgânica como um componente do solo (SANTOS e CAMARGO, 1999).

Em solos de regiões tropicais onde predominam minerais de baixa CTC (argila do tipo 1:1 e sesquióxidos de Fe, Al e Mn), o manejo de materiais orgânicos (resíduos de culturas, esterco, composto de lixo, lodo de esgoto etc.) é de fundamental importância podendo contribuir com até 90% da CTC do solo (KIEHL, 1985; MELO et al., 2004). As cargas negativas, responsáveis pelo incremento da CTC, são consequências dos grupos funcionais carboxílicos (-COOH), fenólicos (-OH), álcoois (-OH) e metoxílicos (-OCH₃) que se encontram na periferia dos ácidos orgânicos presentes no húmus (FASSBENDER, 1975) e dependem do pH do solo (RODELA et al., 1995; BENITES e MENDONÇA, 1998; OLIVEIRA, 2009). A matéria orgânica do solo também tem grande influência na capacidade de reter e trocar íons, assim como de tamponamento da solução do solo (DING et al., 2002).

Outro fator que a matéria orgânica do solo influencia é na estabilidade dos agregados, que também indica o nível de preservação da estrutura do solo, proporcionado pelos diferentes preparos. Solos bem estruturados apresentam boas condições de aeração, de infiltração e armazenamento de água, e de equilíbrio da população de microrganismos do solo, fatores que favorecem o desenvolvimento das plantas. A formação de agregados estáveis depende, entre outros fatores, da cimentação dos colóides do solo, sendo a matéria orgânica um de seus principais agentes (MOREIRA e MALAVOLTA, 2004).

A manutenção da produtividade dos ecossistemas florestais e agrícolas depende, em grande parte, do processo de transformação da matéria orgânica e, conseqüentemente, da participação da biomassa microbiana do solo. Ela representa importante indicador ecológico, pois é responsável pela decomposição e mineralização dos resíduos vegetais e animais no solo. A biomassa microbiana é considerada como um reservatório de nutrientes e de energia potencialmente disponível para as plantas (SILVA e MENDONÇA, 2007).

Tanto o C carbono orgânico do solo quanto o C da biomassa microbiana têm sido utilizados como indicadores de alterações e de qualidade do solo, uma vez que estão

associados às funções ecológicas do ambiente e são capazes de refletir as mudanças de uso do solo.

Ela é fundamental na manutenção e produtividade de vários ecossistemas naturais e de muitos agroecossistemas, os quais dependem, em grande parte, de processos mediados pelos microrganismos. A importância ecológica da biomassa microbiana tem como principais destaques, além do armazenamento de nutrientes, o de servir como indicador rápido de mudanças no solo, quando a matéria orgânica é a ele incorporada, e indicador da sensibilidade da microbiota a interferências no sistema (LEITE et al., 2003).

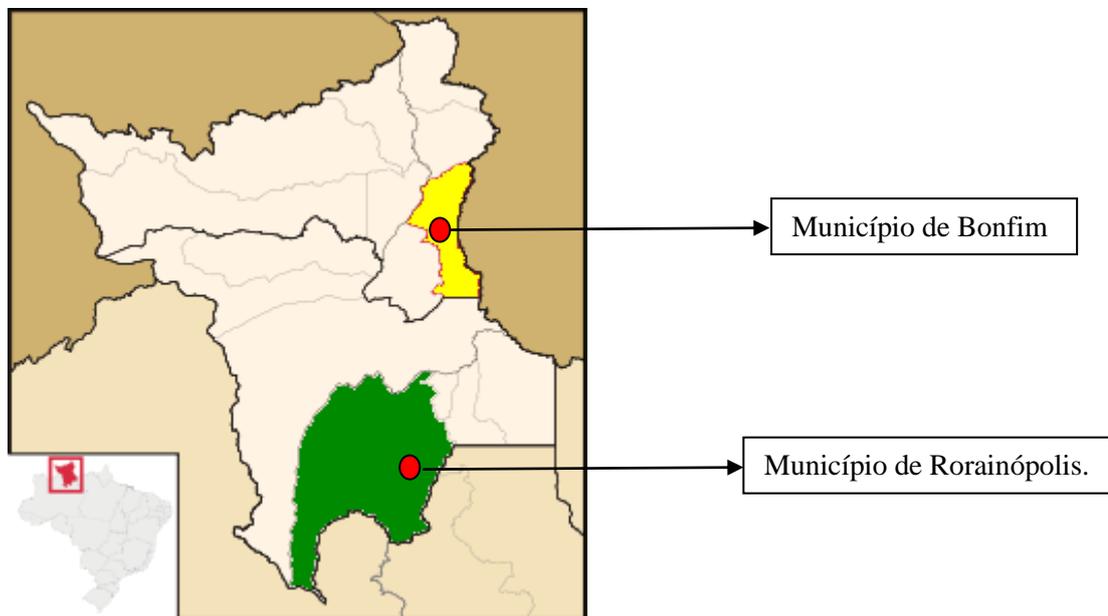
Informações sobre os efeitos da queima na quantidade da matéria orgânica do solo (MOS) são conflitantes, sendo relatado tanto seu aumento (POTES et al., 2010) quanto sua diminuição (DE LA ROSA et al., 2008). Quanto ao efeito na sua qualidade, pode ocorrer formação de estruturas mais recalcitrantes a partir de compostos orgânicos mais lábeis, porém esse processo depende da intensidade e duração do fogo (SANTÍN et al., 2008) e também das condições ambientais do local, como velocidade do vento, topografia, umidade do ar e quantidade de resíduos (CERTINI, 2005).

Maiores valores de CTC encontrados no sistema sob pastagem podem ser atribuídos aos maiores valores da matéria orgânica nesse sistema. A matéria orgânica contribui para formação de muitas cargas negativas no solo, assim, a elevação dos teores aumenta a CTC (JACKSON et al., 2003). Além disto, um maior conteúdo de argila no solo do sistema sob pastagem contribuiu para o aumento da CTC, uma vez que a fração argila é um importante componente da CTC do solo (LOPES, et al., 2006).

4. MATERIAL E MÉTODOS

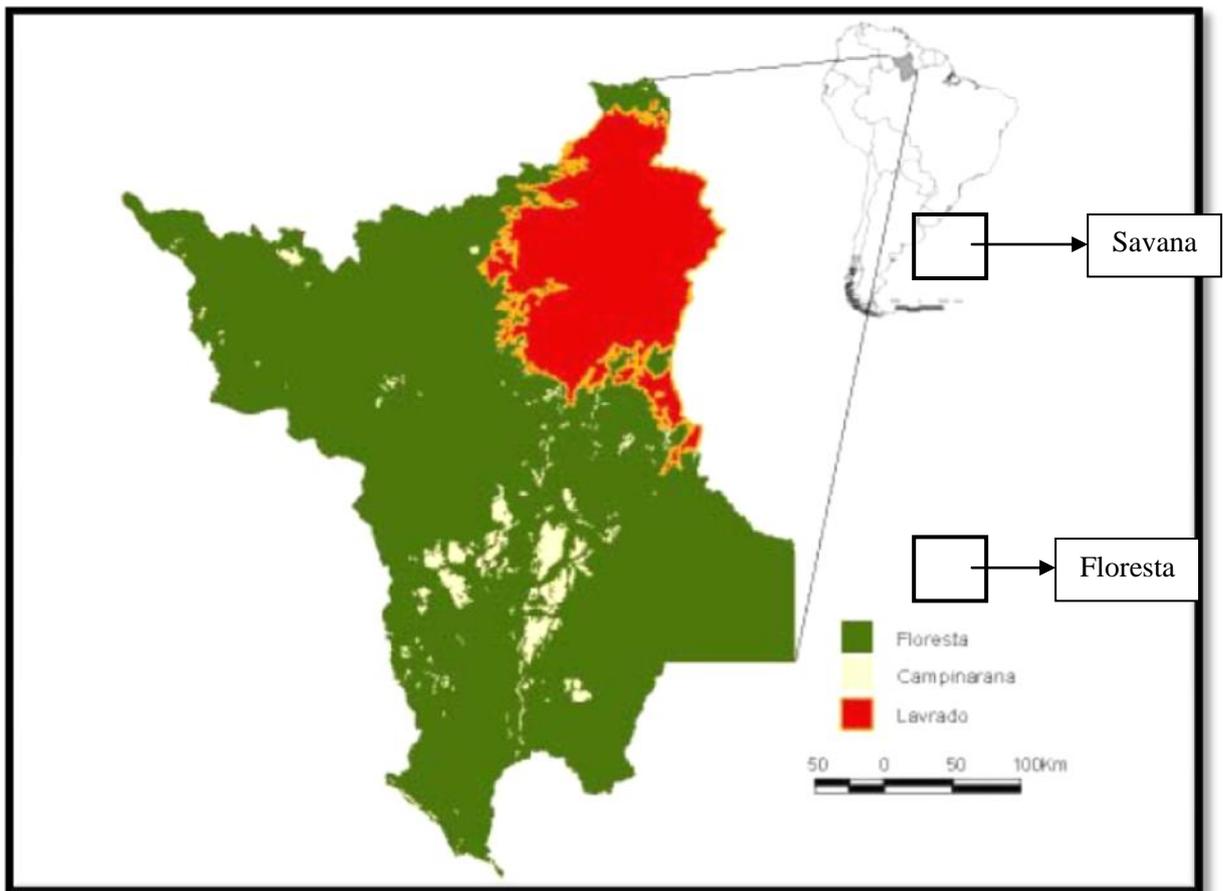
4.1 Localização da Área de Estudo

O presente estudo foi realizado no estado de Roraima, no período de março de 2011 a julho de 2012. A área representativa do ecossistema Floresta Natural (FN) está localizada no município de Rorainópolis (vicinal 09), nas coordenadas UTM N0783832 e W00930008. Nas adjacências foi selecionada uma área de Floresta Convertida à pastagem (FCP) para bovinos e ovinos cujas coordenadas são UTM N0783816 e W0092996. Foi selecionada uma área de Savana Natural (SN) no município de Bonfim à margem da BR-410 a aproximadamente 60 km da capital Boa Vista. Para a área de Savana Convertida (SCP) foi selecionada uma área de pastagem na fazenda Smith, que se distanciava da SN em aproximadamente 4 km (**Figura 01 e 02**).



Fonte: BRASIL, 2009.

Figura 01: Localização do estado de Roraima e dos municípios de Bonfim e Rorainópolis.



Fonte: BRASIL, 1975.

Figura 02: Mapa Fitoecológico indicando a região de domínio dos ecossistemas de Savana e Floresta densa na escala de 1:1.000.000.

4.2 Caracterização da Área de Estudo

4.2.1 Solo

O solo nas duas áreas de floresta e savana foi classificado como ARGISSOLO AMARELO Distrófico, o relevo na savana foi de plano a suave ondulado (5 a 10 %) e na floresta, suave ondulado a ondulado (8 a 13 %). A granulometria dos solos estudados nos ambientes naturais e convertidos está disposta na **Tabela 1**. A classe textural no solo sob floresta convertida e natural é Franco-Argilo-Arenosa até a profundidade de 20 cm, de 20 a 40

cm é de Argilo-Arenoso. Na savana (natural e convertida) a classe textural do solo é Franco-Arenosa até a profundidade de 20 cm. De 20 a 40 cm é Franco-Argilo-Arenosa. São solos profundos, bem drenados, com presença de petroplintita a partir de 30 cm de profundidade apenas no ARGISSOLO sob floresta, em quantidade insuficiente para a classificação desses solos como PLINTOSSOLO (<15% de plintita ou petroplintita).

Quimicamente corresponde a solos de baixa fertilidade natural, fortemente ácido segundo EMBRAPA (2006), com baixos teores da Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+ , elevada saturação por alumínio (BRASIL, 1975; EMBRAPA, 1983).

Tabela 1: Granulometria do solo em área de floresta e savana naturais, e floresta e savana convertidas em pastagem.

Profundidades (cm)	Tratamentos	Argila	Silte	Areia T
		---- dag kg ⁻¹ ----		
0 a 10	Floresta Natural	22,6	10,8	64,4
	Floresta Natural Convertida à Pastagem	25,8	6,6	66,4
	Savana Natural	10,8	11	78,2
	Savana Natural Convertida à Pastagem	10,4	8,4	81,2
10 a 20	Floresta Natural	28,4	9,6	62,0
	Floresta Natural Convertida à Pastagem	37,0	6,0	57,0
	Savana Natural	19,0	10,6	70,4
	Savana Natural Convertida à Pastagem	16,6	8,0	75,4
20 a 40	Floresta Natural	36,2	8,8	58,6
	Floresta Natural Convertida à Pastagem	48,2	4,0	49,6
	Savana Natural	22,4	10,6	67,0
	Savana Natural Convertida à Pastagem	22,4	6,2	71,4

Onde: GT: Gradiente Textural dividindo-se o teor de argila da profundidade de 0 a 10 cm com o teor de 20 a 40 cm; Areia T: Areia Total.

4.2.2 Clima

Segundo BARBOSA (1997), o clima da Amazônia é classificado por Koppen como do tipo A, isto é Tropical Úmido com temperatura média do mês mais frio nunca inferior a 18 °C. No caso de Roraima temos os seguintes sub-climas:

Clima Tropical Chuvoso com precipitação média do mês mais seco inferior a 60 mm, com nítida estação seca (Aw); Clima Tropical Chuvoso tipo monção, com precipitação excessiva durante alguns meses, o que compensa a ocorrência de um ou dois meses de precipitação inferior a 60 mm (Am); Clima Tropical Chuvoso com precipitação média maior ou igual a 60 mm, sem estação seca definida (Af). Para o Bioma Florestal o clima foi classificado como (Af) e para os ambientes sob Savana o clima foi do tipo (Aw).

4.2.3 Vegetação e Histórico das Áreas

A Savana Convertida à Pastagem (SCP) (**Figura 03**) foi aberta inicialmente para o cultivo de grãos, seguida de calagem e adubação apenas no início da abertura da área. Foi cultivado arroz, milho e soja, milheto e feijão guandú e por último a pastagem com *Brachiaria brizantha* em sistema de plantio direto há 5 anos com aração e gradagem, calagem e adubação a cada rotação de culturas. A área ocupada pela pastagem tem 600 ha e taxa de lotação de 1 animal/ha. A área de Savana Natural (SN) (**Figura 04**) foi classificada como Savana Parque, com predominância de *Curatela americana* (Caimbé). A Floresta Natural (FN) foi classificada como Floresta Ombrófila Densa, sendo selecionada uma área não antropizada. A Floresta Convertida à Pastagem (FCP) (**Figura 05**) foi desmatada há aproximadamente 25 anos pelo uso do fogo. Há 16 anos essa área tem sido ocupada com *Brachiaria brizantha* e *Brachiaria humidicola* para a criação de bovinos e ovinos.



Foto: CRUZ, 2011.

Figura 03: Área de pastagem em ambiente de savana no município de Bonfim – RR.



Foto: CRUZ, 2011.

Figura 04: Área de Savana Natural com predominância de *Curatella americana* (Caimbé), em Bonfim - RR.



Foto: CRUZ, 2011.

Figura 05: Área convertida à pastagem em ambiente de floresta em Rorainópolis - RR.

4.2.4 Amostragem

As amostras para análises químicas foram obtidas de cinco mini trincheiras com 50 cm de profundidade dentro da área de cada tratamento, sendo estipulada em 1 ha (100 x 100 m), sub-divididas em três profundidades de 0-10, 10-20 e 20- 40 cm (**Figura 06**). Para tanto, marcou-se um transecto de 100 m e distribuídos os pontos (trincheiras) a cada 20 m, totalizando-se cinco pontos de amostragem (repetições) por ambiente. Em cada mini trincheira coletou-se amostras deformadas em três profundidades. Cada amostra continha aproximadamente 2 kg de solo, portanto cada tratamento teve 15 amostras. As amostras foram conduzidas ao galpão de secagem de solos do DSEA/CCA/UFRR onde foi preparada a Terra Fina Seca ao Ar (TFSA). Amostras foram embaladas e etiquetadas e enviadas à Universidade Federal de Viçosa (UFV) para as demais análises químicas.



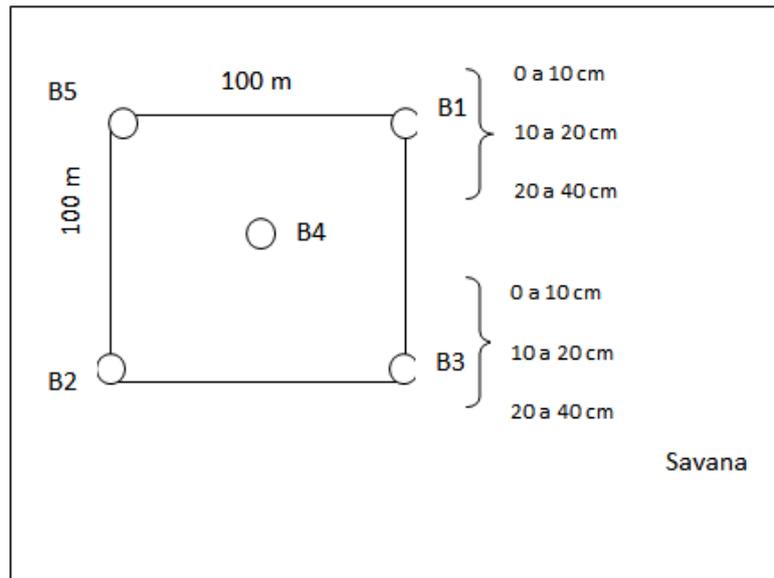
Foto: CRUZ, 2011.

Figura 06: Mini-trincheira de ARGISSOLO AMARELO em Floresta Natural no município de Rorainópolis - RR.

4.2.5 Delineamento

O delineamento experimental foi em Blocos Casualizados (DBC) em esquema de parcela subdividida. O presente trabalho foi constituído de 4 tratamentos (Parcelas), sendo **T1 = Floresta Natural**; **T2 = Savana Natural**; **T3 = Floresta Natural Convertida à Pastagem** e **T4 = Savana Natural Convertida à Pastagem**; e cinco blocos (cinco mini-trincheiras) dentro da área delimitada, e 3 profundidades de amostragem (sub-parcela) (0 – 10 cm; 10 – 20 cm e 20 – 40 cm) conforme pode se observar nas **Figura 07** e **Tabela 02**.

Figura 07: Esquema de amostragens da área e delineamento experimental utilizados. R = Perfil = Repetição; em cada bloco (B) foram coletados dados e amostras nas três profundidades (0 a 10 cm; 10 a 20 cm; 20 a 40 cm) dentro de uma área de 1 ha (100 x 100m).



Fonte: CRUZ, 2011.

Tabela 2: Esquema da análise de variância.

FV	GL
Blocos	4
Ambientes (A)	3
Resíduo a	12
Parcelas	19
Profundidades (P)	2
Interação A X P	6
Resíduo b	32
Total	59

4.2.6 Variáveis Analisadas

As variáveis analisadas neste estudos foram: Capacidade de Troca de Cátions (CTC) efetiva (t), CTC a pH 7,0 (T), Soma de Bases, Bases trocáveis, Saturação por Bases (V%), Saturação por Alumínio (m%), Alumínio Trocável, Acidez Potencial, pH do solo em água, P-Remanescente, P-Disponível e Matéria Orgânica.

4.3 Análises químicas do solo

As análises químicas foram realizadas no Laboratório de Análises de Solos do Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa, conforme recomendações de EMBRAPA (1997) e Álvarez (2000), determinando-se os seguintes atributos químicos:

pH

O pH foi determinado em H₂O usando a relação solo:solução de 1:2,5, conforme (EMBRAPA, 1997).

P- disponível e K-trocável

Para extração desses íons, foi utilizada a solução Mehlich 1, também chamada de solução de duplo-ácido, constituída por uma mistura de HCl 0,05 Mol L⁻¹ + H₂SO₄ 0,0125 Mol L⁻¹. O emprego dessa solução, como extratora de fósforo e potássio disponível do solo, baseia-se na solubilização desses elementos pelo efeito de pH entre 2 e 3, sendo o papel do Cl⁻ o de restringir o processo de readsorção dos fosfatos recém extraídos. A relação solo: extrato sugerido é de 1:5ml (EMBRAPA, 1997).

A leitura de P- disponível do solo foi realizada em fotocolorímetro, utilizando o comprimento de onda 660 nm (EMBRAPA, 1997).

A leitura de K-trocável foi realizada em fotômetro de chama, aferido com água deionizada no ponto zero (EMBRAPA, 1997).

P- remanescente

O fósforo remanescente (P-rem) foi determinado na TFSA (Terra Fina Seca ao Ar) em solução de CaCl₂ 10 mol L⁻¹ contendo 60 mg L⁻¹ de P (KH₂PO₄), na relação solo - solução de 1:10, com agitação durante 1h. Em seguida, efetuou-se a separação das fases sólida e líquida; na solução de equilíbrio determinou-se a concentração de P, utilizando o método da vitamina C (ALVAREZ et al., 2000).

Ca-trocável, Mg-trocável e Acidez trocável

A extração dos cátions trocáveis (Ca^{2+} , Mg^{2+} e Al^{3+}) foi realizada com a solução de KCl 1 mol L^{-1} (EMBRAPA, 1997).

A leitura dos cátions Ca^{2+} e Mg^{2+} foi realizada em espectrofotômetro de absorção atômica, EAA (EMBRAPA, 1997).

A leitura do Al trocável foi realizada por titulação com NaOH $0,025\text{ Mol L}^{-1}$, na presença de azul de bromotimol como indicador (EMBRAPA, 1997).

Acidez Potencial (H + Al)

Na determinação da acidez potencial do solo, utilizou-se o método descrito pela EMBRAPA (1997), extraíndo a acidez dos solos com acetato de cálcio tamponado a pH 7,0 e determinado volumetricamente com solução de NaOH em presença de fenolftaleína como indicador.

Determinação da Matéria Orgânica do Solo (MOS)

Para determinar o teor de matéria orgânica foi realizada a análise química do carbono orgânico do solo, conforme o método Walkey-Black (EMBRAPA, 1997).

Soma de bases; Capacidade de troca de cátions; Saturação por bases; Saturação por alumínio

Com os valores que foram obtidos nas análises, foram realizadas operações matemáticas para encontrar a saturação por alumínio (m %), a soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions a pH 7,00 (CTC a pH 7,0 ou CTC total), saturação por bases (V %) e CTC efetiva (t), conforme descrito por EMBRAPA, (1997) e Meurer et al., (2000).

4.4 Análise Estatística

Os resultados obtidos foram tabulados em planilha eletrônica (Excel) e submetidos à análise de variância, e as médias, comparadas por meio do teste de Tukey a 5%, utilizando-se o programa de computador SISVAR, Versão 5.3.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Acidez do Solo

A análise de Variância dos dados do experimento revelou diferenças altamente significativas pelo teste de F entre os valores de pH, Acidez potencial, Alumínio trocável e saturação por Alumínio de todos os fatores em estudo, inclusive da interação entre os Ambientes e as profundidades (**Tabela 3**).

Tabela 3 – Resumo da Análise de Variância para as variáveis analisadas em diferentes profundidades de um ARGISSOLO AMARELO distrófico do estado de Roraima em quatro ambientes.

FV	GL	QM							
		pH	H+Al	Al ³⁺	m%	MOS	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺
Ambientes (A)	3	0,0558 ^{ns}	0,8343 ^{ns}	0,1514 ^{ns}	627,0330 ^{ns}	0,4012 ^{ns}	205,9416 ^{ns}	0,0057 ^{ns}	0,0985 ^{ns}
Blocos	4	1,8986 ^{**}	38,8644 ^{**}	2,3623 ^{**}	14590,9361 ^{**}	14,9031 ^{**}	2007,4222 ^{**}	0,0596 ^{**}	0,9810 ^{**}
Resíduo (a)	12	0,1147	0,7338	0,0846	312,2363	0,3378	164,5750	0,0098	0,1324
Profundidades (P)	2	0,1818 ^{**}	7,0845 ^{**}	0,3657 ^{**}	7057,1301 ^{**}	7,5168 ^{**}	3397,5166 ^{**}	0,1757 ^{**}	1,4288 ^{**}
A x P	6	0,3047 ^{**}	3,6209 ^{**}	0,1406 ^{**}	1346,5048 ^{**}	1,4690 ^{**}	642,3380 ^{**}	0,0095 ^{ns}	0,2939 [*]
Resíduo (b)	32	0,0271	0,1235	0,0208	237,5395	0,1827	124,7791	0,0061	0,1055
CV	—	6,44	23,53	57,40	35,37	37,77	84,77	51,72	118,48

Onde: m(%)= Saturação por Alúminio, MOS= Matéria Orgânica do Solo.

Continuação Tabela 3 – Resumo da Análise de Variância para as variáveis analisadas em diferentes profundidades de um ARGISSOLO AMARELO distrófico do estado de Roraima em quatro ambientes.

FV	GL	QM					
		SB	V%	CTC(t)	CTC(T)	PD	P-rem
Ambientes (A)	3	0,1585 ^{ns}	23,2189 ^{ns}	0,0205 ^{ns}	1,0963 ^{ns}	2,9550 ^{ns}	22,0210 ^{ns}
Blocos	4	1,5458 ^{**}	1411,7508 ^{**}	1,9993 ^{**}	38,0396 ^{**}	99,9521 ^{**}	1679,6255 ^{**}
Resíduo (a)	12	0,1869	32,6640	0,1965	0,9820	2,0185	48,2539
Profundidades (P)	2	3,0953 ^{**}	704,8026 ^{**}	1,1808 ^{**}	19,3100 ^{**}	4,2201 ^{ns}	124,7595 ^{**}
A x P	6	0,4256 [*]	90,5260 ^{ns}	0,4867 ^{**}	4,0580 ^{**}	6,7861 ^{ns}	24,7468 ^{ns}
Resíduo (b)	32	0,1428	45,143	0,1099	0,3156	4,1011	20,2762
CV	—	80,23	43,86	40,96	23,72	42,31	17,70

Onde: CTC(t)= Capacidade de troca de cátions efetiva, CTC(T)= Capacidade de troca de cátions a pH 7, PD= Fósforo Disponível, P-Rem= Fósforo Remanescente, SB= Soma de Bases..

Com base nos resultados obtidos no estudo, os valores médios de pH, acidez potencial, Alumínio trocável e Saturação por Alumínio nos ambientes naturais e convertidos a pastagem estão dispostos na **Tabela 4**.

Tabela 4: Valores médios de pH, Alumínio trocável, Acidez potencial e Saturação por Alumínio em três profundidades de um ARGISSOLO AMARELO distrófico do estado de Roraima em quatro ambientes.

Ambientes	pH (H ₂ O)			Al ³⁺ (cmol _c /dm ³)			H+Al ³⁺ (cmol _c /dm ³)			m (%)		
	Profundidades (cm)											
	0-10	10-20	20-40	0-10	10-20	20-40	0-10	10-20	20-40	0-10	10-20	20-40
FN	4,80 Ba	4,77 C a	4,76 B a	1,03 Aa	1,02 Aa	1,04 Aa	7,52 Aa	5,50 Ab	3,88 Ac	66,14 Aa	78,42 Aa	89,48 Aa
FCP	5,48 Aa	5,12 BC ab	5,09 B b	0,22 Bb	0,43 ABb	0,86 ABa	4,52 Ba	4,12 Ba	3,90 Aa	12,40 BCa	40,70 Bb	81,28 Ac
SN	5,48 Aab	5,75 A a	5,12 B b	0,18 Bb	0,55 Ba	0,57 Ba	2,60 Ca	2,84 Ca	2,84 Ba	35,66 Ba	89,10 Ab	81,78 Ab
SCP	5,72 Aa	5,27 B b	5,76 A a	0,02 Ba	0,06 Ca	0,12 Ca	2,42 Ca	1,84 Ca	1,70 Ca	1,56 Ca	14,96 Ba	7,94 Ba

Nas colunas e nas linhas, valores seguidos por letras maiúsculas e minúsculas diferentes respectivamente, diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os valores de pH em todos os ambientes estudados e em todas as profundidades analisadas são consideradas de baixo potencial agrônômico (RIBEIRO et al., 1999), sendo considerada característica peculiar de grande parte dos solos de Roraima (BENEDETTI et al., 2011).

A reação destes solos está entre fortemente e moderadamente ácido (EMBRAPA, 2006), com valores de pH em água variando entre 4,76 a 5,76. Segundo Araújo, (2004), os horizontes mais superficiais apresentam os maiores valores para esta variável, pois estão associados a teores mais elevados de Carbono, Cálcio e Magnésio nas áreas convertidas. Os valores de pH do solo nas profundidade de 0-10 cm nos ambientes Savana Natural (SN), Savana Convertida à Pastagem (SCP) e Floresta Convertida à Pastagem (FCP), não apresentaram variação estatística entre si, porém diferiram estatisticamente do ambiente Floresta Natural (FN), que apresentou o menor valor de pH nesta profundidade. Nas profundidades subsequentes o ambiente FN manteve valores estáveis e pouco variaram, apresentando valores médios de 4,77 e 4,76, nas profundidades de 10-20 cm e 20-40 cm respectivamente, não diferindo estatisticamente em nenhuma das profundidades estudadas. Estes resultados demonstram a estabilidade em que se encontra o ambiente de Floresta Natural considerando o equilíbrio nesse sistema cujas bases encontram-se na vegetação. A condição de acidez é propícia à manutenção da matéria orgânica (GOLFETTO, 2010). O maior valor encontrado para esta variável na profundidade 0-10 cm foi para o ambiente SCP, que pode ser compreendido pelo aporte de corretivos ao solo com a finalidade de aumentar a produção das pastagens neste ambiente.

Na profundidade de 10 a 20 cm os ambientes convertidos não apresentaram diferença estatística entre si, com valores próximos de 5,27 para SCP e 5,12 para FCP, sendo

classificados como fortemente ácidos. O maior valor encontrado nesta profundidade foi 5,75 para SN, moderadamente ácido, este acréscimo no valor de pH é explicado pela pequena redução dos teores de matéria orgânica nos horizontes sub-superficiais, além das cinzas remanescentes oriundas de queimadas ocorridas no passado, que agem como corretivo da acidez do solo, adicionando íons OH^- , que irão neutralizar íons H^+ e precipitar o Al^{3+} . Haverá, assim, aumento do pH, favorecimento da troca de cátions e aumento das bases, P e Zn e redução de Al^{3+} e de sua saturação, condição favorável às culturas (BONILLA, 2005; SILVA et al. 2006; VALE JUNIOR e SCHAEFER, 2010; GOLFETTO, 2010).

Na última profundidade analisada, 20-40 cm, observou-se que somente o ambiente SCP foi superior estatisticamente em relação aos demais ambientes, apresentando o valor de pH de 5,76, o maior valor encontrado para esta variável na presente pesquisa. Este aumento é explicado por indícios de queimadas ocorridas em outras épocas juntamente com as constantes técnicas de manejo e preparação dessa área, que envolve aração e gradagem, incorporando as cinzas remanescentes das queimadas dos horizontes superficiais aos sub-superficiais, fazendo com que as cinzas ajam como agentes de correção do pH do solo. Nos ambientes FCP e FN houve um decréscimo linear nas três profundidades, sendo que no ambiente FCP só ocorreu diferença significativa entre as profundidades 0-10 cm e 20-40 cm.

Os solos sob florestas geralmente apresentam menores valores de pH, uma vez que a mineralização da matéria orgânica e os exsudatos liberados pelas raízes das plantas contribuem para aumentar a acidez do solo (BARRETO et al., 2006). Já SN apresentou o seu menor valor de pH na profundidade 20-40 cm, pois este pH está diretamente relacionado com a variação do teor das bases trocáveis e com a mineralização da matéria orgânica, que diminuiu com a profundidade (SILVA et al., 2006).

O ambiente FN apresentou os maiores valores e grande variação para acidez potencial nos primeiros 20 cm do solo, 7,52 e 5,50 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ para as camadas de 0-10 cm e 10-20 cm respectivamente, tendo significativa redução estatística ao longo de cada profundidade, obtendo como menor valor 3,88 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ nas camadas de 20-40 cm conforme pode ser observado na **Tabela 4**. Confrontando estes resultados aos demais ambientes, é possível notar que os ambientes florestais, seja de forma convertida ou natural, apresentam valores superiores estatisticamente aos ambientes de savana em todas as profundidades analisadas, com SCP obtendo os menores valores para esta variável, decrescendo de acordo com a profundidade estudada, porém não suficientes para diferir estatisticamente. Apesar dos

valores reduzidos de SCP, este ambiente só apresenta diferença estatística do ambiente SN na última profundidade estudada, com SCP obtendo 1,70 e SN 2,84 $\text{cmol}_e/\text{dm}^3$.

Os maiores valores de acidez (ativa e potencial) encontrados no sistema FN não podem ser interpretados como desfavoráveis, considerando o equilíbrio deste sistema cujas bases encontram-se na vegetação nativa, pois esta condição de acidez é propícia à manutenção da matéria orgânica (MELO, 2002).

Os valores de acidez potencial corroboram com os valores de pH em cada ambiente e à baixa quantidade de bases trocáveis. É interessante notar que a conversão de ambientes naturais à pastagem aliado as práticas de correção dos solos, influenciaram positivamente os ambientes convertidos (reduzindo os valores de $\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$), sobretudo o ambiente FCP, principalmente nos primeiros 20 cm. Tais valores podem ser explicados pela maior concentração de bases nestas profundidades, que podem estar associadas ao processo de queima da vegetação bem como da aplicação de fertilizantes e corretivos (ALMEIDA et al., 2005).

Segundo Melo (2002) a contribuição das cinzas é bastante notável e influencia na redução do alumínio trocável e conseqüentemente na acidez potencial, sendo bastante evidenciada nos horizontes mais superficiais, onde há um aumento dos cátions trocáveis pela queima da vegetação nativa, portanto as práticas de abertura e manejo de áreas convertidas que utilizam fogo surgem como soluções paliativas na melhoria química do solo, uma vez que os efeitos qualitativos da queimada não ultrapassam a um período superior a quatro meses (BARBOSA e FEARNSSIDE, 2000).

Os dados para esta variável no ambiente FN e FCP destoam dos obtidos por Golfetto (2010), que estudou ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO em função de cinco sistemas de uso da terra em três profundidades (0-10, 10-20 e 20-40 cm). Entretanto para o ambiente SN, Vale Júnior et al. (2011) e Leitão Sousa (2004) analisando as características químicas de um ARGISSOLO AMARELO no ambiente de savana natural, no município do Cantá obteve resultados semelhantes aos encontrados neste estudo para acidez potencial nos primeiros 60 cm de solo, mostrando que os solos desta classe inseridos no ambiente de savana natural, tendem a apresentar grande uniformidade nesta variável.

A acidez potencial acompanhou o comportamento da camada superficial, sendo maior na área sob floresta natural em relação aos ambientes convertidos, confrontando com os

resultados de Matias (2003), que verificou maiores concentração de H+Al para solo sob pastagem. Essa discordância nos resultados provavelmente deve-se ao tempo de implantação do pastejo. Marin, (2002) salienta que mudanças em variáveis do solo devido ao manejo, principalmente químicas não ocorrem em curto espaço de tempo, sugerindo um tempo de 10 a 35 anos para que sejam observadas alterações.

Para alumínio trocável o ambiente SCP obteve os menores valores para e também teve grande homogeneidade nas três profundidades analisadas, possuindo diferença estatística dos demais ambientes nas profundidades 10-20 cm e 20-40 cm (**Tabela 4**). Os ambientes de SN e FCP obtiveram grande similaridade neste quesito quando comparadas entre si e entre as profundidades dentro de cada ambiente. Quando procedida a comparação estatísticas entre ambientes na primeira profundidade é possível observar que FN foi superior aos demais ambientes, não havendo diferença entre eles. Subsequentemente, os resultados encontrados em todos os ambientes seguiram um padrão similar, sendo FN e FCP com os maiores valores observados, porém com valores insuficientes para que ocorra diferença estatística entre FCP e SN. A variação de Al^{3+} trocável está intimamente ligada ao pH do solo, que no ambiente FN ficou abaixo do valor crítico de pH 5,5 citado por Zambrosi, (2007).

Os teores de Al^{3+} revelaram diferença significativa entre os ambientes de Floresta e Savana Natural em todas as profundidades pesquisadas, resultado oposto ao encontrado por Feitosa, (2009). Entretanto, apesar de não ser constatada diferença, o solo sob savana demonstrou uma maior tendência no acréscimo destes valores com o aumento em profundidade.

Ao contrário dos resultados das pesquisas de Rangel e Silva (2007) e Souza et al. (2007), os valores de Al^{3+} aumentaram de acordo com o aumento de profundidade. Nas pesquisas destes autores, eles observaram uma redução para esta variável conforme o aumento da profundidade e atribuíram tal redução ao fato da decomposição da serapilheira dos fragmentos florestais produzirem grande quantidade de grupos carboxílicos e fenólicos, que podem liberar o H^+ que irá compor os íons envolvidos na CTC do solo

Os resultados de Al^{3+} encontrados na Savana Natural nos primeiros 10 cm ($0,18 \text{ cmol}/\text{dm}^3$) são próximos aos encontrados por Feitosa (2009), $0,27 \text{ cmol}/\text{dm}^3$ e por Miranda e Absy (2000), $0,28 \text{ cmol}/\text{dm}^3$ de Al^{3+} , que estudaram o comportamento de diferentes classes de solos sob Savana e sob ilhas florestais inseridas na Savana. Estes resultados mostram que

solos da mesma classe inseridos em ambientes naturais, mesmo que apresentem características indesejáveis para atividades agrícolas (elevada acidez, alta saturação por alumínio e distrofismo), tendem a ser mais equilibrados e apresentam baixa variação de parâmetros de qualidade química.

Para a variável Saturação em Alumínio também observou-se que nos primeiros centímetros, com o ambiente FN demonstrando superioridade estatística do que os demais tratamentos ocorrendo um aumento linear desses valores ao longo do perfil do solo, porém tanto FCP quanto SN não diferiram entre si segundo teste de tukey a 5% (**Tabela 4**). O ambiente de SCP foi o que apresentou as menores médias de m% na profundidade inicial. Nas profundidades seguintes este quadro praticamente não se altera, com FN alcançando os maiores índices e SCP os menores de acordo com o aumento da profundidade do solo. Vale ressaltar que os ambientes SN e FCP apresentam diferença estatística somente na profundidade de 10-20 cm e que os demais resultados encontrados nestes ambientes estão distribuídos de forma semelhantes segundo a estatística. Na profundidade 20-40 cm os ambientes FN, SN e FCP não diferiram estatisticamente, apresentando valores que segundo Álvarez et al. (1999), são bastante elevados ($\geq 75,01\%$) para esta variável 89, 48%, 81,78% e 81,28 %.

O ambiente SCP alcançou as menores médias em m% com 1,56 %, 14,96 % e 7,94% para as profundidades de 0-10 cm, 10-20 cm e 20-40 cm respectivamente, características estas consideradas de bom potencial agrônomo ($\leq 15\%$) (RIBEIRO et al., 1999). A Floresta Natural e Savana Convertida à Pastagem foram os ambientes que demonstraram maior estabilidade e homogeneidade na distribuição desta variável ao longo do perfil, não ocorrendo nenhuma diferença estatística ao longo de todas as profundidades analisadas. Situação inversa ocorrida no ambiente FCP que apresentou maior discrepância entre os valores de m% ao longo do perfil.

De maneira geral, os maiores valores deste atributo foram observados em profundidades maiores que 20 cm. É importante ressaltar que o uso excessivo de adubos minerais em pastagens ou sistemas agrícolas, sem uma calagem adequada, pode acarretar em acidificação do solo, conforme citado por Theodoro et al. (2003) e Guarçoni et al. (2005).

Apesar de os ambientes naturais (SN e FN) apresentarem valores bastante elevados neste quesito, tal homogeneidade na distribuição de saturação em alumínio no perfil do solo,

denota a grande estabilidade em que se encontram tais sistemas. Há uma tendência da saturação por alumínio aumentar em profundidade, isto pode estar associado a redução do teor da MOS em profundidade, reduzindo a capacidade do alumínio em formar complexo com os compostos orgânicos (VALE JÚNIOR, 2000).

Reis et al. (2009), estudando as características químicas dos solos de uma topossequência sob pastagem em uma frente pioneira da Amazônia oriental, também encontraram aumento expressivo nos teores de saturação por alumínio, especialmente em Latossolo, até a profundidade de 50 cm.

Embora existam perdas significativas de nutrientes durante a conversão de florestas primárias em pastagens, grande quantidade de nutrientes (principalmente cátions) permanece na área e é incorporada ao solo, geralmente produzindo alterações relevantes nas suas propriedades químicas. Um dos estudos pioneiros, demonstrando as transformações químicas que ocorrem no solo após a conversão de florestas primárias em pastagens na região Amazônica, foi realizado por Falesi (1976). Nesse estudo e em diversos outros realizados posteriormente (MORAES et al., 1996; McGRATH et al., 2001; FERNANDES et al., 2002; MÜLLER et al., 2004), ficou demonstrado que a incorporação dos nutrientes contidos nas cinzas resultantes da queima da biomassa florestal proporciona aumento considerável do pH, o alumínio trocável do solo é praticamente neutralizado, a saturação por alumínio reduzida e a saturação por bases elevada, sendo estas características observadas nos ambientes naturais convertidos principalmente nos primeiros 20 cm (por ser uma área bastante influenciável), corroborando assim a informação produzida pelos autores de trabalhos anteriores.

5.2 Matéria Orgânica do Solo (MOS)

Nos solos sob FN e FCP apresentaram teores de MOS que variaram de 4,20 a 1,45 dag/kg 2,54 a 1,37 dag/kg respectivamente (**Figura 8**), diferenciando-se apenas nos primeiros 10 cm e apresentando certa heterogeneidade de distribuição de MOS ao longo das demais profundidades quando comparados apenas os ambientes de maneira isolada. O teor de MOS variou de 0,35 a 4,20 dag/kg, valores estes que se enquadram nas faixas de baixo (< 0,8 dag/kg), médio (0,8- 1,4 dag/kg) e alto (> 1,4 dag/kg) conforme (CFSEMG, 1999). Os maiores teores, concentram-se nos primeiros 10 cm de solo.

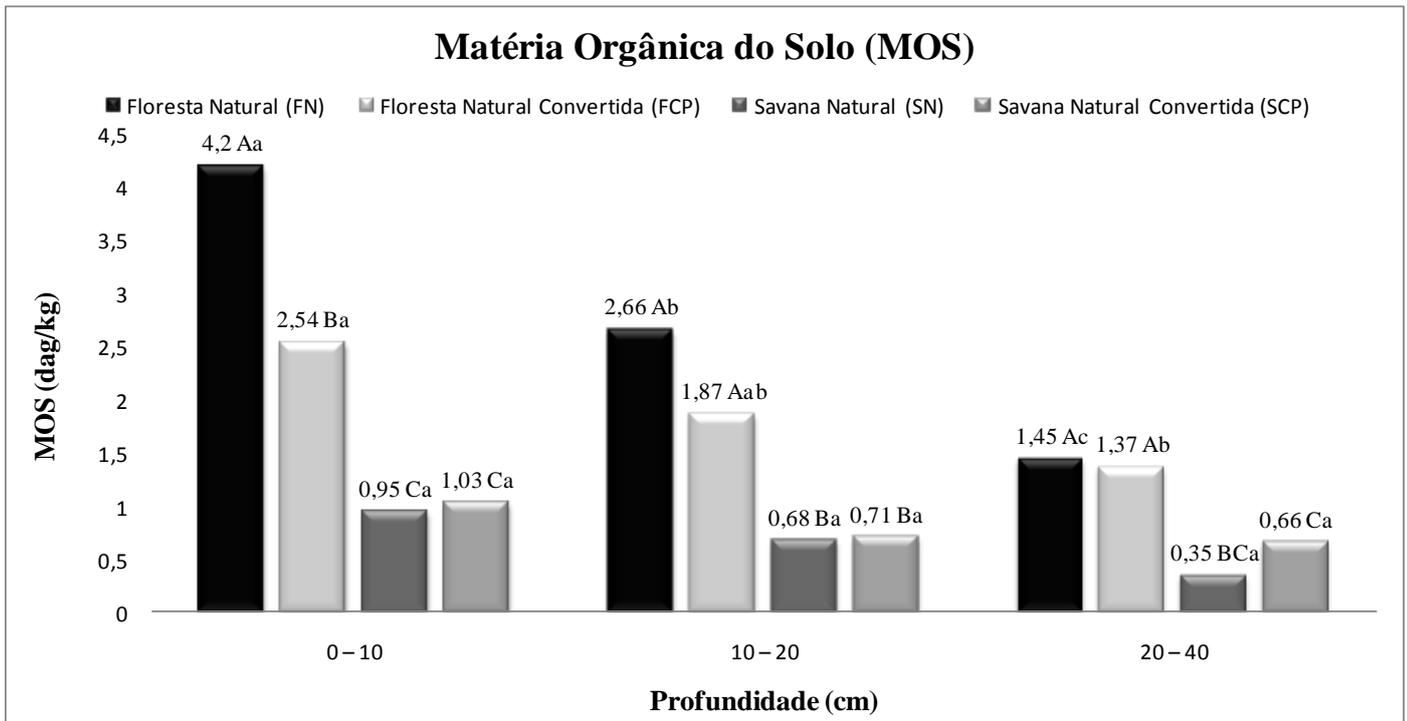


Figura 8: Teores de matéria orgânica em três profundidades de um ARGISSOLO AMARELO distrófico em quatro ambientes. Nas colunas e nas linhas, valores seguidos por letras maiúsculas e minúsculas diferentes respectivamente, diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Nos solos cobertos por Savana, a conversão não proporcionou incremento significativo nos teores de matéria orgânica, ainda que a cobertura vegetal dos solos com pastagem favoreça um maior aporte orgânico quando comparados aos ambientes savânicos. Os solos sob SN e SCP apresentaram grande estabilidade na distribuição de MOS ao longo do perfil, variando muito pouco com teores médios de MOS de 0,77 dag/kg para SN e 0,69 dag/kg para SCP, teores estes não suficientes para haver distinção estatística. Alvarenga e Davide (1999) também constataram que áreas de pastagem não diferiram estatisticamente de áreas de Cerrado, indicando se tratar de um ambiente altamente conservador de matéria orgânica. Todos os ambientes analisados apresentaram comportamento esperado, ou seja, redução nos teores de MOS ao longo do perfil do solo, conforme também relatado por Benedetti (2007), Vale Júnior e Schaefer (2010), e Golfetto, (2010).

Em linhas gerais a análise inter-ambientes permite inferir que os ambientes florestais, apresentam naturalmente maior quantidade de MOS do que ambientes savânicos. A área de

FN foi a única que apresentou diferença estatística no teor de MOS nas três profundidades. Apesar disso, todas as áreas mostraram valores decrescentes de MOS com o aumento da profundidade. Essa resposta se deve ao acúmulo de biomassa vegetal na superfície do solo, ocorrendo em maior intensidade nas florestas. Esse padrão é frequentemente evidenciado no trópico úmido, em especial nos solos brasileiros conforme estudo já realizado por Neves Júnior (2005). Apesar de ser um ambiente convertido, FCP apresentou valores próximos do ambiente FN (principalmente nas camadas de 10 a 40 cm) e superiores a SN e SCP. A teoria sugerida para os resultados obtidos de FCP é que provavelmente parte dos teores alcançados neste solo seria herança dos resíduos florestais que deram origem a este ambiente, além é claro, do acréscimo de MOS proporcionado pela implantação do sistema de pastagem.

De acordo com Bayer e Mielniczuk (2008), nos solos sob vegetação natural, a MOS se encontra estável e, quando submetida ao uso agrícola, pode ocorrer redução acentuada no seu conteúdo, principalmente quando utilizados métodos de preparo com intenso revolvimento do solo e sistemas de cultura com baixa adição de resíduos.

Alguns autores relatam teores semelhantes ou superiores nos solos sob pastagem em relação aos solos sob florestas (ARAÚJO et al., 2007; RANGEL e SILVA, 2007; CARNEIRO et al., 2009), sendo tais valores atribuídos, em grande parte, ao maior aporte de material orgânico proporcionado pelo sistema radicular das gramíneas, que é desenvolvido e bem distribuído, enquanto outros autores apontam teores mais elevados nos solos sob ambiente de floresta natural (OLIVEIRA et al., 2008; PORTUGAL et al., 2008), geralmente atribuídos ao maior aporte global de material orgânico na floresta em relação às pastagens, estando estas geralmente degradadas.

A importância e os benefícios da MOS são relatados por Bayer e Mielniczuk (2008), segundo estes autores a MOS é um componente fundamental na capacidade produtiva dos solos, por causa dos seus efeitos sobre a disponibilidade de nutrientes, a complexação de elementos tóxicos e micronutrientes, a agregação, a infiltração e retenção de água, a aeração e a atividade e biomassa microbiana. Portanto, em decorrência da baixa disponibilidade de nutrientes minerais dos solos predominantes nos diferentes ambientes estudados, a MOS assume papel indispensável na reciclagem de nutrientes e as atividades produtivas que causem a redução no seu teor no solo contribuem de maneira significativa para a degradação da qualidade deste, interferindo no equilíbrio do sistema e, conseqüentemente, comprometendo a sustentabilidade dos agroecossistemas.

Os valores de MOS encontrados no solo sobre savana natural, estão condizentes aos encontrados nos estudos realizados por Benedetti et al. (2011), onde estes autores relatam decréscimo nos teores de MOS em diferentes profundidades em ARGISSOLO AMARELO no ambiente de Savana Natural, sendo constatado 0,83 dag/kg e 0,4 dag/kg de MOS nas profundidades de 0-25 cm e 25-43 cm respectivamente. Os teores de MOS em savana refletem a diferença da cobertura vegetal na sua incorporação ao solo. Ao contrário do que foi visto no ambiente de floresta, o ambiente de savana que apresentou maior teor de MOS foi o ambiente SCP em todas as profundidades, apesar de não haver diferença estatística. Essa resposta provavelmente ocorreu pela biomassa produzida pelas culturas plantadas em sistema de plantio direto, associado às pastagens que são reconhecidamente responsáveis por incorporar elevadas quantidades de MOS no solo. Neste sentido, é possível afirmar que as áreas de savana foram menos sensíveis à conversão, elevando sutilmente o teor de MOS no solo.

Vale Júnior et al. (2011) em pesquisa sobre os atributos químicos e atividade microbiana em solos convertidos de savana para plantios de *Acacia mangium* no estado de Roraima, concluiu que a MOS concentrou-se basicamente na camada de 0-30 cm, mostrando tendência ao decréscimo conforme aumento de profundidade, independentemente do sistema e idade do plantio, com valor médio de 2,21 dag/kg de MOS. Os valores médios de MOS obtidos no estudo destes autores apresentam-se elevados em relação a média encontrada a Savana natural das classes de solos, mostrando que os ambientes naturais convertidos podem apresentar acréscimos substanciais nos teores de MOS. Ainda utilizando o estudo de Vale Júnior et al. (2011), os resultados encontrados em SN destoam dos encontrados pelos autores supracitados, principalmente na camada de 0-10 cm e 20-40 cm, onde o mesmo encontrou valores de 1,86 dag/kg e 1,24 dag/kg de MOS superiores aos valores obtidos neste trabalho.

Nos ambientes convertidos à pastagem, por tratar-se de uma área de baixa produtividade, a ausência de um manejo frequente e o pastoreio intensivo causaram pouco aporte de resíduos vegetais e provavelmente redução na distribuição do sistema radicular, que justificam os baixos teores de carbono no solo. Silva et al. (2004) verificaram que pastagens de baixa produtividade em diversas regiões do Cerrado favoreceram a redução do carbono no solo.

Ao se comparar savana com floresta, tem-se a comprovação de muitos agricultores em afirmar que áreas de florestas produzem melhor que áreas de savana, pois os elevados índices

de MOS encontrados nos ambientes florestais, contribuem de maneira significativa para a implantação e manutenção de agroecossistemas, devido aos grandes benefícios proporcionados pelo aporte de MOS no solo. Sendo assim, a manutenção dos níveis ótimos de MOS pode ser a chave para o aumento exponencial da produção nos ambientes agrossilvipastoris.

5.3 Bases trocáveis

Os valores médios de bases trocáveis e Soma de bases estão representados na **Tabela 5**, onde se evidenciou a superioridade dos ambientes convertidos, florestais e de savana, sobre os ambientes naturais, especialmente na profundidade de 10 cm.

Tabela 5: Bases Trocáveis e Soma de Bases em três profundidades de um ARGISSOLO AMARELO distrófico do estado de Roraima em quatro ambientes.

Ambientes	Mg ²⁺	Ca ²⁺			K ⁺			SB		
	(cmol _c /dm ³)	(cmol _c /dm ³)			(mg/dm ³)			(cmol _c /dm ³)		
	Profundidades (cm)									
		0-10	10-20	20-40	0-10	10-20	20-40	0-10	10-20	20-40
FN	0,16 b	0,36 BCa	0,03 Aa	0,00 Aa	39,00 Aa	28,40 Aa	6,60 Ab	0,70 BCa	0,24 Aa	0,12Aa
FCP	0,27 a	1,17 Aa	0,34 Ab	0,05 Ab	56,40 Aa	13,60 ABb	6,40 Ab	1,73 Aa	0,65 Ab	0,20 Ab
SN	0,13 b	0,05 Ca	0,00 Aa	0,08 Aa	7,60 Ba	1,20 Ba	1,40 Aa	0,32 Ca	0,06 Aa	0,17 Aa
SCP	0,20 ab	0,86 Aba	0,42 Aab	0,32 Ab	14,60 Ba	5,40 Ba	1,00 Aa	1,18 ABa	0,63Aab	0,45 Ab

Nas colunas e nas linhas, valores seguidos por letras maiúsculas e minúsculas diferentes respectivamente, diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os teores de K⁺ entre os sistemas e profundidades variaram entre 56,40 mg/dm³ e 1,00 mg/dm³ de K⁺, no ambiente FCP, profundidade 0-10 cm e SCP, profundidade 20-40 cm respectivamente. A maior concentração de K⁺ foi observada nos primeiros 10 cm do solo, com redução de K⁺ em aumento de profundidade, semelhante a Araújo et al. (2007) que observaram maiores teores nos primeiros centímetros e até próximo a 10 cm.

Nos primeiros 10 cm os ambientes florestais não diferiram entre si, porém foram superiores aos ambientes de savana, com o ambiente SCP e SN apresentando os maiores e

menores teores de K^+ respectivamente. Na profundidade subsequente, o ambiente FN foi superior aos demais ambientes, entretanto houve diferença significativa somente quando comparados aos ambientes SN e SCP. Na última profundidade analisada não foi observada diferença estatística entre si. Novamente os resultados obtidos para K^+ evidenciam que as últimas profundidades tendem a conservar as características naturais de cada ambiente, sendo constatados valores muito próximos nos ambientes convertidos e naturais, como FN que obteve $6,60 \text{ mg/dm}^3$ de K^+ e FCP que alcançou $6,40 \text{ mg/dm}^3$ de K^+ . Esta mesma semelhança foi observada pelos ambientes SN e SCP.

Nas primeiras profundidades (até 20 cm) pode-se atribuir o maior aporte K^+ às cinzas, estando de acordo com que acontece em outros ambientes e fazendo com que esse cátion seja liberado para a solução do solo e disponibilizado para as plantas (BONILLA, 2005). Em FCP e SCP o K^+ foi oriundo, sobretudo da adubação com N-P-K, comprovando que a fertilidade dos solos degradados pode ser recuperada com a utilização do sistema de manejo adequado a cada cultura e tipo de solo. Apesar da adubação ocorrida nos ambientes convertidos, o teor de K^+ no solo apresenta baixa disponibilidade (EMBRAPA, 2007).

Segundo Ribeiro et al. (1999), os valores de K^+ encontrados nos ambientes Savânicos, convertido e natural, estão classificados como muito baixos ($\leq 15 \text{ mg/dm}^3$ de K^+) para todas as profundidades analisadas. Já os teores de K^+ para o ambiente FN foram classificados como baixo ($16 - 40 \text{ mg/dm}^3$ de K^+) na profundidade até 20 cm e muito baixo na profundidade seguinte. FCP foi o ambiente que obteve o melhor resultado para esta variável, na camada de 0-10 cm, sendo observado o valor de $56,40 \text{ mg/dm}^3$ de K^+ , sendo os teores de K^+ classificados como médio. Na profundidade de 20-40 cm os valores encontrados estão todos classificados como muito baixo.

De maneira geral, os valores de K^+ observados nesta pesquisa estão dentro de um padrão também verificado por alguns autores, tais como, Melo et al. (2004); Vale Júnior e Schaefer (2010); Vale Júnior et al. (2011); Benedetti (2007); Feitosa (2009), que associam a baixa fertilidade dos solos de Roraima à enorme pobreza do material de origem destes solos.

Os valores para Magnésio trocável (Mg^{2+}) variaram de $0,13 \text{ cmol/dm}^3$ a $0,27 \text{ cmol/dm}^3$ de Mg^{2+} e a interação profundidade e ambiente não foi significativa pelo teste de F a 5%. (**Tabela 5**). Assim como os demais nutrientes, houve maior concentração de Mg^{2+} na profundidade 0-10 cm e ocorrendo uma acentuada redução ao longo do perfil.

Segundo Melo et al. (2004), existe forte correlação do teor de magnésio no solo com o nível de intemperismo, pois quanto mais intemperizado o solo, menor a ocorrência desse cátion. Ainda segundo este autor, os baixos teores de magnésio observados são reflexo da natureza do material de origem bem como, da alta pluviosidade e da elevada temperatura registrada no estado.

Os teores de Mg^{2+} observados neste trabalho estão classificados como baixo a muito baixo (16 - 45 $cmol_c/dm^3$ de Mg^{2+}), segundo Ribeiro et al. (1999). Estes teores são corroborados por Melo et al., (2004), que concluiu que os níveis de magnésio no solo apresentam-se de baixos a muito baixos, onde 63% possuem valores menores ou iguais a 0,5 $cmol_c/dm^3$ de Mg^{2+} . Os teores de Mg^{2+} estão abaixo do limite crítico para culturas, sugerido por Ribeiro et al. (1999).

Os níveis de Cálcio (Ca^{2+}) em todos os ambientes e profundidades utilizadas neste estudo variaram de 0,03 $cmol_c/dm^3$ a 1,17 $cmol_c/dm^3$ de Ca^{2+} , sendo estes valores enquadrados como baixo a muito baixo, segundo classificação proposta por Ribeiro et al., (1999). A interação entre ambientes e profundidades foi significativa a 5% segundo o teste de F (**Tabela 5**).

Os teores de Ca^{2+} em todos os ambientes estudados mostraram redução linear conforme aumento de profundidade, mesmo comportamento observado para as variáveis MOS, K^+ , Mg^{2+} . Os ambientes FN e SN não diferiram estatisticamente entre si e quando analisados de maneira isolada a distribuição de Ca^{2+} no perfil do solo não apresentou diferença estatística em nenhuma profundidade observada. Já os ambientes SCP e FCP apresentaram níveis de Ca^{2+} bastante semelhantes na profundidade até 20 cm e também não diferiram estatisticamente entre si. As variações de Ca^{2+} ao longo do perfil do solo nestes dois ambientes foi mais pronunciada, principalmente em FCP que teve uma redução drástica nos níveis deste nutriente em cada profundidade, com teores variando entre 1,17 $cmol_c/dm^3$ a 0,05 $cmol_c/dm^3$ Ca^{2+} . A baixa variação dos teores de Ca^{2+} em SCP é atribuída à presença de carvão (resíduos vegetais) em algumas trincheiras o que possivelmente contribuiu para o aumento nos níveis de Ca^{2+} e Mg^{2+} e também para o aumento de pH, especialmente na camada de 20-40 cm. As baixas variações de Ca^{2+} ao longo do perfil do solo também evidenciam principalmente o comportamento de baixa mobilidade deste cátion no perfil do solo (MELO et al., 2004).

O baixo teor de cálcio no ambiente FN pode ser resultado da intensa ciclagem desse nutriente na floresta - o cálcio é complexado pela matéria orgânica e absorvido pelos organismos ou plantas, prevenindo, dessa forma, a saída do sistema, que apresenta limitações dado à extrema pobreza química do solo, fato este também analisado por Golfetto, (2010) e Numata et al. (2002).

Os resultados obtidos em Cálcio e Magnésio mostram que os ambientes convertidos apresentam maiores níveis destes nutrientes, pois esta superioridade está condicionada basicamente a alguns fatores anteriormente discutidos, como o caso da utilização do fogo na abertura de áreas para a formação de pastagens, bem como a aplicação de fertilizantes e corretivos agrícolas para a manutenção e aumento da produtividade das mesmas (KNICKER, 2007).

De acordo com Euclides et al. (2010) os resultados das análises de Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+ são inferiores aos níveis críticos de nutrientes requeridos para manutenção e estabelecimento de forragens em pastagem, principalmente para solos com alta porcentagem de argila, pois estes cátions são retidos fortemente nas superfícies negativamente carregadas da argila e também de matéria orgânica, fato este também observado por Melo et al., (2004).

Golfetto (2010), também observou maiores teores de cálcio na profundidade 0-10 cm. Os valores obtidos pelo autor para Ca^{2+} variaram entre $1,40 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3 \text{ Ca}^{2+}$ na profundidade 0-10 cm e $0,18 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3 \text{ Ca}^{2+}$ na profundidade 20-40 cm respectivamente, valores superiores aos encontrados neste trabalho. No trabalho realizado por este autor, os níveis de Ca^{2+} também estão classificados como baixo a muito baixo, com exceção de um ambiente que alcançou resultado suficiente de Ca^{2+} para ser classificado como médio, segundo classificação sugerida por CFSEMG (1999).

Segundo Benedetti et al. (2011), há certa homogeneidade dos atributos químicos dos solos desenvolvidos de sedimentos da Formação Boa Vista, os quais apresentam baixos valores de pH, soma e saturação por bases e baixa atividade da fração argila, influenciados principalmente pela pobreza química e pela composição mineralógica do material de origem.

A soma de bases, nos quatro ambientes estudados, variaram de 0,06 a $1,73 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ (**Tabela 5**) portanto, valor baixo ($< 2,0 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$) segundo (Alvárez et al., 1999). Observa-se que na primeira camada (0-10 cm), os ambientes convertidos alcançaram os maiores valores para soma de bases (1,73 para o ambiente FCP e $1,18 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$, para SCP), sendo os dados

restantes inferiores a $0,7 \text{ cmolc/dm}^3$. A soma de bases concentra-se basicamente nos dez primeiros centímetros de solo, com menores teores nos solos sob Floresta Natural e Savana Natural, decrescendo consideravelmente conforme aumento da profundidade. A concentração das bases trocáveis (Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+) nos primeiros dez centímetros de solo, demonstra que esta ocorrência está relacionada diretamente à incorporação de biomassa ao solo, resultante da queima de resíduos vegetais da Floresta e de Savana, da mineralização da matéria orgânica, além da incorporação de corretivos e fertilizantes agrícolas.

Os ambientes FN e SN são semelhantes, apesar dos solos sob FN possuírem maior SB na primeira camada (0-10 cm), esta diferença não satisfaz a condição para diferirem estatisticamente, assim ocorre também nas demais profundidades analisadas. Tais resultados demonstram mais uma vez a estabilidade em que se encontram tais ambientes.

FN foi o ambiente que apresentou os maiores valores de MOS. Dada a grande importância da MOS para a distribuição e fornecimento de nutrientes para o solo, era esperado que o ambiente FN obtivesse valores superiores de SB em relação aos demais ambientes, entretanto houve grande diferença entre os valores de MOS e SB encontrados no ambiente FN em particular. Esta ocorrência é compreendida pelo estudo de Cuevas e Medina (1986), onde estes autores ressaltam que a quantidade e a qualidade de nutrientes fornecidos ao solo, pela deposição da serapilheira, são variáveis, sendo dependentes, principalmente, das espécies vegetais que compõem a formação florestal e da disponibilidade de nutrientes no solo; outro fator de importância para Vital (2004) é a precipitação pluviométrica. Estas informações comprovam que a qualidade da MOS é fundamental para o aumento de SB nos mais variados ambientes, isto explica também a baixa contribuição da MOS para o aumento de SB no ambiente SN, pois este ambiente é dotado naturalmente de baixo estoque de MOS além da baixa qualidade nutricional da fitomassa.

Em estudo sobre a conversão de ambientes naturais em agroecossistemas, Golfetto (2010) encontrou valores de soma de bases variando entre 1,86 a $0,25 \text{ cmolc/dm}^3$ em cinco diferentes áreas e em três profundidades. Corroborando as informações obtidas nesta pesquisa, o autor supracitado observou que os maiores valores de SB ficaram concentrados na camada superficial do solo, fato este atribuído à influência das cinzas, decrescendo em profundidade, com maior gradiente para o ambiente FN que não teve o solo revolvido.

Vale Júnior e Schaefer (2010), em estudo sobre ARGISSOLO AMARELO em ambiente savânico, observou valores de SB bem próximos aos obtidos neste estudo, com 0,45

$\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ e $0,06 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ para as profundidades 0-30 cm e 30-60 cm respectivamente. Baixos valores de SB em ARGISSOLOS AMARELOS são atribuídos por este autor à pobreza do material de origem dessa classe de solo, que são sedimentos terciários pré-intemperizados da formação Boa Vista. Sousa et al., (2010) e Benedetti (2007) também encontraram valores semelhantes de SB em ARGISSOLO AMARELO sob Savana natural. Segundo Melo et al. (2004) 72% dos solos dos solos do estado de Roraima encontram-se com baixo valores de soma de bases, ou seja, com até $2 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ de solo.

5.4 Complexo de troca e Saturação em bases

Na **Tabela 6**, observa-se os resultados de cada ambiente juntamente com suas profundidades para a variável Saturação em Bases (V%), Capacidade de Troca Catiônica efetiva (CTC(t)) e Capacidade de Troca Catiônica Total (CTC(T)). Não houve resultado significativo para a interação de profundidades e ambientes ($p < 0,05$) para a variável Saturação em bases conforme pode ser observado na **Tabela 6**.

Tabela 6: Valores médios de Saturação em Bases, CTC efetiva e CTC total em três profundidades de um ARGISSOLO AMARELO distrófico do estado de Roraima em quatro ambientes.

Tratamentos	V(%)	CTC (t) ($\text{cmol}_c/\text{dm}^3$)			CTC (T) ($\text{cmol}_c/\text{dm}^3$)		
	Profundidades (cm)						
		0-10	10-20	20-40	0-10	10-20	20-40
FN	5,00 c	1,74ABa	1,25 Aab	1,16 Ab	8,22 Aa	5,74 Ab	4,00 Ac
FCP	15,16 b	1,95 Aa	1,08 ABb	1,06 ABb	6,25 Ba	4,77 Ab	4,10 Ab
SN	6,09 c	0,50 Ca	0,61 Ba	0,74 ABa	2,92 Ca	2,90 Ba	3,01 ABa
SCP	25,9 a	1,20 Ba	1,20 ABa	0,51 Bb	3,60 Ca	2,47 Bab	2,15 Bb

Nas colunas e nas linhas, valores seguidos por letras maiúsculas e minúsculas diferentes respectivamente, diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os valores analisados para V% em todos os ambientes e profundidades não satisfazem o que EMBRAPA, (2006) preconiza para a caracterização de eutrofismo nos solos, ou seja, ($V\% \geq 50\%$), sendo assim o ARGISSOLO AMARELO utilizado para esta pesquisa foi classificado como distrófico ($V\% < 50\%$). Estes resultados são esperados e corroboram com o

estudo de diversos pesquisadores, entre eles Brasil (1975); Vale Júnior (2000); Melo et al. (2004); Melo (2002); Benedetti (2007); Vale Júnior e Schaefer (2010); Golfetto (2010); Benedetti et al. (2011) e Feitosa (2009).

Os ambientes de pastagem apresentaram saturação por bases (V%) bastante superior ao sistema FN, indicando que a nutrição da vegetação na mata é sustentada, provavelmente, pela ciclagem de nutrientes, com grande acúmulo na manta orgânica, e nos demais sistemas é necessário o uso de corretivos.

Segundo Araújo (2004), em linhas gerais as classes dos ARGISSOLOS e LATOSSOLOS são aquelas com menor contribuição percentual de bases trocáveis. As condições de baixa fertilidade natural do solo utilizado nesta pesquisa são derivadas do material de origem, que são os sedimentos pré-intemperizados da Formação Boa Vista conforme Brasil (1975); Vale Júnior (2000) e Schaefer (1993) e também em função das condições climáticas e do regime hídrico da região, que acarretam em uma maior lixiviação de nutrientes como K^+ , Ca^{2+} e Mg^{2+} no perfil do solo.

Os maiores valores de V% obtidos na camada superficial apresentaram correlação com Al^{3+} , onde se observaram os menores valores de Al^{3+} trocável na mesma profundidade. Menores concentrações de Al^{3+} nas superfícies devem-se à maior concentração das bases Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+ resultante da constante mineralização da matéria orgânica, sendo confirmada essa correlação negativa por Neves Neto et al., (2012).

Vale Júnior et al. (2011), estudando o comportamento de um ARGISSOLO AMARELO em área de savana, obtiveram resultados de V%, de 12,4% e 12,3% nas profundidades 0-30 cm e 30-60 cm respectivamente. Benedetti (2007) realizando estudo detalhado do Campus do Cauamé, da Universidade Federal de Roraima, encontrou valores médios de 4,1% para saturação em bases na classe de ARGISSOLO AMARELO assentado sob Savanas, resultados semelhantes também foram analisados por Melo, (2002) e Melo et al., (2006).

Para CTC efetiva, observou-se interação significativa ($p < 0,05$) entre os ambientes e profundidades utilizados pelo teste de F a 5%. Os resultados verificados apresentaram ampla variação de CTC(t) (**Tabela 6**) entre os ambientes, com o destaque para FCP e FN que alcançaram as maiores médias para esta variável. Nestes ambientes, não foi verificada

diferença significativa na CTC(t) ao longo do perfil, com os ambientes seguindo uma tendência linear de decréscimo de CTC(t) acompanhado pelo aumento da profundidade.

Os valores de CTC(t) em todos os ambientes e profundidades analisados estão classificados como baixo (0,81 a 2,30 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$) e muito baixo ($< 0,80 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$), segundo classificação proposta por CFSEMG (1999), corroborando o trabalho feito por Vale Júnior e Schaefer (2010). Segundo EMBRAPA (2006) estes solos são classificados como bastante intemperizados, por possuírem CTC inferior a 13 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ nos horizontes diagnósticos.

Na Profundidade 0-10 cm FCP obteve a maior média geral observada para esta variável (1,95 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$), entretanto não suficiente para caracterizar diferença estatística ao ambiente FN, que por sua vez não diferenciou do ambiente SCP. Na profundidade subsequente, o ambiente FN foi superior ao ambiente SN, atingindo valor de (1,25 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$), maior média observada para esta profundidade. O ambiente SCP obteve a menor média para a profundidade de 20-40 cm (0,51 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$), sendo inferior estatisticamente ao ambiente FN e não diferindo dos demais ambientes de acordo com o teste de tukey a 5%.

Analisando individualmente a distribuição de CTC(t) nos ambientes ao longo do perfil, nota-se que o ambiente de SN foi o mais estável, não diferenciando em nenhuma das profundidades. Nos demais ambientes houve um leve gradiente de distribuição desta variável, onde todos apresentaram um comportamento semelhante de redução linear nos valores de CTC(t), conforme aumento de profundidade. Com exceção de SN, todos os demais ambientes alcançaram seu maior valor nos primeiros centímetros de solo.

Feitosa (2009) também observou maior concentração de CTC(t) nos primeiros centímetros do solo, especialmente na camada 0-10 cm. Ainda segundo este autor, as menores médias obtidas nos solos sob devem-se ao fato da menor disponibilidade de MOS nestes ambientes.

Vale Júnior et al. (2011), encontraram valores superiores de CTC em ARGISSOLO AMARELO assentados sobre Savana Natural. Nas profundidades de 0-30 cm e 30-60 cm este autor verificou média de 2,78 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$.

Na variável CTC total houve grande variação dos valores entre os ambientes, onde o ambiente FN alcançou a maior média com 8,22 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ (**Tabela 6**), na profundidade de 0-10 cm e o ambiente SCP obteve a menor média para CTC(T), com valor de 2,15 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ na profundidade de 20-40 cm.

Os ambientes SN e SCP não apresentaram diferença significativa entre si em nenhuma profundidade analisada. Já o ambiente FN obteve as maiores médias analisadas neste estudo, sendo estatisticamente superior aos demais ambientes, exceto ao ambiente FCP nas profundidades 0-10 cm e 20-40 cm. Analisando as profundidades utilizadas nos ambientes, conclui-se que houve certa heterogeneidade na distribuição ao longo do perfil, com destaque para o ambiente FN que diferiu estatisticamente em todas as profundidades verificadas, com exceção feita ao ambiente SN, os demais ambientes diferiram basicamente na primeira profundidade analisada. Apenas manteve um padrão na distribuição de CTC(T) de acordo com o aumento da profundidade.

Assim como na CTC(t), todos os ambientes, com exceção ao ambiente SN, demonstraram uma tendência linear ao decréscimo de CTC(T) ao longo do perfil. Tal redução também é explicada pela menor influência da MOS em profundidade, pela baixa concentração de cátions trocáveis e pela pobreza significativa do material de origem destes solos.

As informações obtidas para esta variável diferem dos valores encontrados por Golfetto (2010), este autor encontrou valores da CTC(T) variaram entre 1,58 e 4,33 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ em cinco áreas e em três profundidades, decrescendo ao longo do perfil do solo, sendo estes valores classificados como baixo, reflexo da mineralogia dominada pela caulinita e pela baixa qualidade da matéria orgânica do solo.

Vale Júnior e Schaefer (2010) em estudo sobre solos de Savana em Roraima, obtiveram resultados próximos aos encontrados em Savana Natural no presente estudo, 3,9 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ em superfície e 2,09 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ em subsuperfície. Da mesma maneira que Vale Júnior e Schaefer (2010) os valores de CTC(T) foram influenciados principalmente pela maior contribuição do Cálcio, Magnésio e Potássio.

A maior predominância de CTC(T) nos primeiros centímetros de solo também foi verificado por Feitosa (2009) e Benedetti (2007), que obtiveram resultados semelhantes aos do presente estudo, analisando solos em ambientes de Savana Natural e ilhas de florestas em Savanas.

5.5 Fósforo Disponível e Remanescente

Os resultados encontrados para estas variáveis estão dispostos na **Tabela 7**. Os valores de P-disponível variaram de 7,19 mg/dm³ de P no ambiente SCP e 1,65 mg/dm³ para o ambiente SN. Em P-disponível houve comportamento singular em relação a grande parte das variáveis deste estudo, pois para esta variável os maiores valores observados nem sempre foram encontrados nas primeiras profundidades estudadas, ao exemplo dos solos sob Savana que obtiveram os seus resultados mais expressivos na profundidade 20-40 cm, porém somente o ambiente SCP obteve resultados com significância estatística.

Não foi verificada interação significativa pelo teste de F a 5% ($p < 0,05$) entre os ambientes estudados e as profundidades utilizadas, dessa forma tanto os ambientes quanto as profundidades agem de forma independente sobre as variáveis (**Tabela 7**).

Tabela 7: Valores médios de Fósforo disponível e Fósforo Remanescente, em três profundidades de um ARGISSOLO AMARELO distrófico do estado de Roraima em quatro ambientes.

Ambientes	P-disponível (mg/dm ⁻³)	P-remanescente (mg/L ⁻¹)
FN	2.01 b	28.91 a
FCP	2.59 b	31.46 a
SN	1.65 b	47.01 b
SCP	7.19 a	49.65 b

Nas colunas e nas linhas, valores seguidos por letras maiúsculas e minúsculas diferentes respectivamente, diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Para esta variável o ambiente SCP apresentou valor destoantes dos demais ambientes, sendo superior estatisticamente do que os demais ambientes utilizados. Em linhas gerais os ambientes florestais apresentaram pequena variância entre si, obtendo médias semelhantes ao longo das profundidades estudadas, portanto, não apresentaram diferença estatística significativa.

Para Vale Júnior e Schaefer (2010), o P é um dos fatores mais limitantes para a exploração agrícola no estado de Roraima e grande parte do P encontrados nos solos é originário da incorporação de cinzas, resultantes de queimadas e pelo aumento de C-Orgânico

proveniente de restos de culturas incorporados ao solo e raízes, estando grande parte do P ligado ao ciclo orgânico.

Falleiro et al. (2003); Luizão et al. (2007), observaram maior concentração de fósforo em superfície, e ligeira redução dos teores em profundidade para todas os ambientes estudados, exceto SCP. Esse fato é bastante corriqueiro em solos amazônicos, pois estão associados à baixa mobilidade do P no solo, à natureza ácida dos solos e à pobreza química do material de origem, uma vez que parte do P encontra-se na biomassa vegetal (VALE JÚNIOR e SCHAEFER, 2010; MARIN, 2002).

Os baixos teores de P-disponível encontrados no presente estudo sugerem adoção de prática periódica de adubação fosfatada de forma parcelada, pois, a mineralogia de argila dos solos estudados (caulinita tendendo a óxidos) tendem a promover elevada fixação desse elemento, tornando-o indisponível para as plantas.

Os teores de P-rem foram afetados somente pelos ambientes e profundidades, porém a interação não foi significativa ($p > 0,05$) como pode ser observado na **Tabela 7**. Houve diferença significativa entre os ambientes Savânicos e Florestais, entretanto, não houve diferenciação dos ambientes convertidos e naturais quando comparados individualmente. Houve grande homogeneidade na distribuição de P-rem ao longo do perfil dos solos, não havendo diferença estatística em nenhuma profundidade utilizada no presente estudo.

Assim como verificado por Araújo et al. (2004), os valores de P-rem tendem a decrescer à medida que os teores de argila aumentam, ou seja, com o aumento da profundidade. Conforme constatado também por Silva (1999) o decréscimo dos valores de P-rem conforme aumento da profundidade, é atribuído principalmente ao bloqueio de sítios de retenção de P pela matéria orgânica, que poderia estar contribuindo para os maiores valores de P-rem, encontrados nos primeiros centímetros dos ambientes estudados.

A superioridade dos solos sob floresta (FCP e FN) quanto à adsorção de P em relação a SN e SCP deve-se possivelmente à qualidade da matéria orgânica de cada ambiente.

6. CONCLUSÕES

1. A conversão de ambientes naturais por pastagens provocou alterações significativas a maioria das características químicas do ARGISSOLO AMARELO. De maneira geral, os atributos químicos apresentaram uma ligeira melhoria, especialmente nas camadas mais superficiais sujeita à maior influência da antropização.
2. As maiores alterações ocorreram em ambiente de floresta, sendo a saturação em bases, a soma de bases, a acidez potencial, a saturação por Alumínio, Alumínio trocável, Magnésio trocável, Cálcio Trocável, e a capacidade de troca catiônica efetiva os atributos influenciados positivamente com a conversão à pastagem.
3. Os valores observados de Alumínio trocável, Acidez potencial e Saturação em Alumínio mantiveram-se maiores nos ambientes naturais, sendo estes valores atribuídos a MOS.
4. O Fósforo disponível teve comportamento distinto para os quatro ambientes utilizados. Os níveis de Fósforo foram maiores na Savana com pastagem do que em Savana natural, enquanto no ambiente florestal convertido os níveis foram inferiores aos verificados na floresta nativa.
5. A matéria orgânica do solo, foi diretamente afetada com a alteração da vegetação original. O ambiente florestal convertido mostrou forte tendência a redução nos níveis de matéria orgânica, principalmente na camada 0-10 cm. No ambiente Savânico o efeito da conversão à pastagem foi justamente o oposto.

REFERÊNCIAS

- ALFAIA, S. S.; SOUZA, L. A. G. Perspectivas de uso e manejo dos solos na Amazônia. In: ARAÚJO, Q. R. Ed. **500 Anos de uso do solo no Brasil**. Ilhéus: Editus, 2002.
- ALLEONI, L. R. F. et al. Liming and electrochemical attributes of an Oxisol under no tillage. **Sci. Agric.**, Piracicaba, v.60, p.119-123, 2003.
- ALLEONI, L. R. F.; CAMBRI, M. A.; CAIRES, E. F. Atributos químicos de um Latossolo de cerrado sob plantio direto, de acordo com doses e formas de aplicação de calcário. **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, v.29, p.923-934, 2005.
- ALMEIDA, J.A. et al. Propriedades químicas de um Cambissolo Húmico sob preparo convencional e semeadura direta após seis anos de cultivo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, p. 437-445, 2005. Disponível em: <www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832005000300014&lng=pt&enrm=iso&lng=pt>. Acesso em: 21 Jan 2013. doi: 10.1590/S0100-06832005000300014.
- ALVAREZ V. V. H.; NOVAIS, R. F.; DIAS, L. E.; OLIVEIRA, J. A. de. Determinação e uso do fósforo remanescente. **Bol. Inf. Soc. Bras. Cienc. Solo**, Viçosa, v.25, p.27-32. 2000.
- AMARAL, A. S. **Mecanismos de correção da acidez do solo no sistema plantio direto com aplicação de calcário na superfície**. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002. 107p.
- ANGHINONI, I. e NICOLODI, M. Estratégias de calagem no sistema plantio direto. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS - FERTBIO 2004, 26., Lages, 2004. **Anais**. Lages, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2004. CD-ROM.
- ARAÚJO, E. A. et al. Uso da terra e propriedades físicas e químicas de ARGISSOLO AMARELO distrófico na Amazônia Ocidental. **Rev. Bras. Cienc. Solo**, Viçosa, v. 28, n. 2, Apr. 2004. Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832004000200009&lng=en&enrm=iso>. access on 17 Jan. 2013. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832004000200009>.
- ARAÚJO, R.; GOEDERT, W. J.; LACERDA, M. P. C. Qualidade de um solo sob diferentes usos e sob cerrado nativo. **R. Bras. Ci. Solo**, 31:1099-1108, 2007.
- ASNER, G. P.; TOWNSEND, A. R.; BUSTAMANTE, M. M. C.; NARDOTO, G. B.; OLANDER, L. P. Pasture degradation in the central Amazon: linking changes in carbon and nutrient cycling with remote sensing. **Glob. Chang. Biol.**, Oxford, v. 10, p. 844-862, 2004.
- AZEVEDO, E. C. **Uso da geoestatística e de recursos de geoprocessamento no diagnóstico da degradação de um solo argiloso sob pastagem no estado de Mato Grosso**. 2004. 162p. Tese Doutorado Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- BANDEIRA, A. G. Ecologia de cupins (Insecta: Isoptera) da Amazônia Central: efeitos do desmatamento sobre as populações. *Acta Amazon.*, Manaus, v. 9, p. 481-499, 1979.

BANZATTO, D. A.; KRONKA, S. N. do. **Experimentação Agrícola**. 4^a ed. Jaboticabal: Funep, 2006. 237 p.

BARBOSA, R. I. Distribuição das chuvas em Roraima. In: BARBOSA, R. I.; FERREIRA, E. J. G.; CASTELLÓN, E. G. **Homem, Ambiente e Ecologia no Estado de Roraima**. Manaus: INPA, 1997. p.325-335.

BARBOSA, R.I.; et al. 2007. The "Lavrados" of Roraima: Biodiversity and Conservation of Brazil's Amazonian Savannas. **Functional Ecosystems and Communities** 1: 29-41.

BARRETO, A. C. et al. Características químicas e físicas de um solo sob floresta, sistema agroflorestal e pastagem no Sul da Bahia. **Caatinga**, v.19, n.4, p.415-425, 2006.

BATMANIAN, G. J. **Efeitos do fogo sobre a produção primária e a acumulação de nutrientes do estrato rasteiro de um cerrado**. 1983. 78 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia) – Universidade de Brasília, Brasília, DF.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Dinâmica e função da matéria orgânica. In: SANTOS, G. A.; SILVA, L. S.; CANELLAS, L. P.; CAMARGO, F. A. O. **Fundamentos da matéria orgânica do solo: Ecossistemas tropicais e subtropicais**. 2.ed. Porto Alegre, Metrópole, 2008. p.7-18.

BENEDETTI, U. G. **Estudo detalhado dos solos do Campus do Cauamé da UFRR, Boa Vista, Roraima**. Dissertação (Mestrado em Recursos Naturais) UFRR, Boa Vista, Roraima. 2007.

BENEDETTI, U. G.; et al . Gênese, química e mineralogia de solos derivados de sedimentos plioleustocênicos e de rochas vulcânicas básicas em Roraima, Norte Amazônico. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, Viçosa , v. 35, n. 2, Apr. 2011 . Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832011000200002&lng=en&enrm=iso>. acesso em 17 Jan. 2013.

BENITES, V. M.; MENDONÇA, E. S. Propriedades eletroquímicas de um solo eletropositivo influenciadas pela adição de matéria orgânica. **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, v. 22, p. 215-221, 1998.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do Solo**. São Paulo: Ícone, 2005.

BONILLA, A. L. C. Balanço de nitrogênio em microbacias pareadas (floresta vs pastagem) no Estado de Rondônia. Piracicaba, 2005. 69p. **Tese (Doutorado em Agronomia)** - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Uso da terra e a gestão do território no Estado de Boa Vista**. Relatório Técnico, Rio de Janeiro, 2009. Disponível em: ftp://geoftp.ibge.gov.br/documentos/recursos_naturais/manuais_tecnicos/uso_terra_e_a_gestao_rr.pdf. Acesso em 21 Novembro 2012.

BRASIL. Projeto RADAMBRASIL. Folha NA. 20 Boa Vista e parte das Folhas NA. 21. Tumucumaque, NA. 20 Roraima e NA. 21. **Rio de Janeiro: Ministério das Minas e Energia**, 1975. v.8.

BRINKLEY, D. et al. Soil chemistry in a loblolly/longleaf pine forest with interval burning. **Ecological Applications**, v. 2, p. 157-164, 1994.

BROCKI, E. **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, 2001, 165 p.

CAIRES, E. F. et al. Alterações químicas do solo e resposta da soja ao calcário e gesso aplicados na implantação do sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 27, n. 2, p. 275-286, 2003.

CAIRES, E. F.; ALLEONI, L. R. F.; CAMBRI, M. A.; BARTH, G. Surface Application of Lime for Crop Grain Production Under a No-Till System. **Agron. J.**, Madison, v.97, p.791-798, 2005.

CAIRES, E. F.; GARBUIO, F. J.; ALLEONI, L. R. F.; CAMBRI, M. A. Calagem superficial e cobertura de aveia preta antecedendo os cultivos de milho e soja em sistema plantio direto. **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, v.30, p.87-98, 2006.

CAMARÃO, A. P.; SOUZA FILHO, A. P. S. Pastagens Nativas da Amazônia. **Belém: Embrapa Amazônia Oriental**, 2001. 150p.

CAMBRI, M.A. **Calagem e formas de alumínio em três localidades sob sistema de plantio direto**. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004. 83 p.

CANCÈS, B. et al. Metal ions speciations in a soil and its solution: experimental data and model results. **Geoderma**, Amsterdam, v.113, p.641-355, 2003.

CANELLAS, L. P.; SANTOS, G. A. **Humosfera: Tratado preliminar sobre a química das substâncias húmicas**. Campos dos Goytacazes, CCTA/UENF, 2005. 309p.

CARDOSO, E. L. et al. Qualidade química e física do solo sob vegetação arbórea nativa e pastagens no Pantanal Sul-Mato-Grossense. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, Viçosa, v. 35, n. 2, abr. 2011.

CARNEIRO, M. A. C. et al. Atributos físicos, químicos e biológicos de solo de cerrado sob diferentes sistemas de uso e manejo. **R. Bras. Ci. Solo**, 33:147-157, 2009.

CERRI, C. C. et al. Ciência do solo e o sequestro de carbono. **Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, n. 3, p.21-25, 2004.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO NO ESTADO DE MINAS GERAIS-CFSEMG. **Recomendações de adubação para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. 5ª aprox. Viçosa: UFV. 359 p, 1999.

CORAZZA, E. J.; BROSSARD, M.; DIAS, C. V. Soil chemical characteristics under low productivity pastures: a contribution to a regional approach in the Cerrado region. INTERNATIONAL SYMPOSIUM SOIL FUNCTIONING UNDER PASTURES IN INTERTROPICAL AREAS, 2000, Brasília, DF. **Abstracts...** Planaltina, DF: Embrapa Cerrados: IRD: Soil Pasture Project, 2000. 1 CD-ROM.

CUEVAS, E.; MEDINA, E. Nutrient dynamics within Amazonian forest ecosystems. In: Nutrient flux in fine litter fall and efficiency of nutrient utilization. **Decologia**, v. 68, p. 446 – 472, 1986.

CURI, N.; KÄMPF, N. e MARQUES, J.J. Mineralogia e formas de potássio em solos do Brasil. In: YAMADA, T. e ROBERTS, T.L., eds. Potássio na agricultura brasileira. Piracicaba, Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 2005. p.71-92.

DESJARDINS, T.; ANDREUX, F.; VOLKOFF, B.; CERRI, C.C. Organic carbon and C contents in soils and soil size-fractions, and their changes due to deforestation and pasture installation in eastern Amazonia. **Geoderma**, Amsterdam, v.61, p.103-118, 1994.

DESJARDINS, T.; BARROS, E.; SARRAZIN, M.; GIRARDIN, C.; MARIOTTI, A. Effects of forest conversion to pasture on soil carbon content and dynamics in Brazilian **Amazonia**. **Agr. Environ.**, v. 103, p. 365-373, 2004.

DIAS-FILHO, M. B. **Degradação de pastagens: processos, causas e estratégias de recuperação**. 3. ed. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2007. 190 p.

DICK, D. P. et al. Impacto da queima nos atributos químicos do solo, na composição da matéria orgânica e na vegetação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 5, p. 633-640, maio 2008.

DIEZ, J. A.; POLO, A.; DIAZ-BURGOS, M. A.; CERRI, C. C.; FIEGL, B. J.; PICOLLO, M. C. Effect of fallow land cultivated pasture and abandoned pasture on soil fertility in two deforest Amazonian regions. **Sci. Agric.**, Piracicaba, v. 24, p. 45-52, 1997.

DING, G. et al. Soil organic matter characteristics as affected by tillage management. **Soil. Sci. Am. J.**, v. 66, p.421-429, 2002.

EMBRAPA. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 2. ed. **Rio de Janeiro: Embrapa Solos**, 2006.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Levantamento semidetalhado dos solos e aptidão agrícola das terras do campo experimental Água Boa do CPAF-RR, estado de Roraima. Rio de Janeiro, Comitê de Publicações do SNLCS, 1990a. (**Boletim de Pesquisa**).

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA — EMBRAPA. **Manual de métodos de análises de solo**. 2.ed. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 1997.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA-EMBRAPA. **Levantamento de reconhecimento de média intensidade dos solos e avaliação da aptidão agrícola das terras da área do Polo Roraima**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos. 1983. 1368p. (Boletim de Pesquisa nº 18).

ERNANI, P. R.; RIBEIRO, M. F. S.; BAYER, C. Chemical modifications caused by liming below the limed layer in a predominantly variable charge acid soil. **Comm. Soil Sci. Plant Anal.**, v. 35, p.889-901, 2004.

EUCLIDES, V.P.B.; VALLE, C.B. Do; MACEDO, M.C.M. et al. Brazilian scientific progress in pasture research during the first decade of XXI century. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, p.151-168, 2010.

- FALESI, I. C. **Ecosistema de pastagem cultivada na Amazônia brasileira**. Belém, PA: Embrapa-CPATU, 1976. 193 p. (Embrapa-CPATU. Boletim técnico, 1).
- FANNING, D.S.; KERAMIDAS, V.Z. e EL-DESOKY, M. Micas. In: DIXON, J.B. e WEED, S.B., eds. Minerals in soil environments. Madison, **Soil Science Society of America**, 1989. p.551-634.
- FASSBENDER, H. W. Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina. Costa Rica: IICA, 1975..
- FEARNSIDE, P.M. **Fogo e emissão de gases de efeito estufa dos ecossistemas florestais da Amazônia brasileira**. Estudos Avançados, 2002, 16: 99-123.
- FEIGL, B. J.; MELILLO, J.; CERRI, C. C. Changes in the origin and quality of soil organic matter after pasture introduction In Rondônia. **Plant and Soil**, 1995, 175: 21-29.
- FEITOSA, K. **Caracterização e classificação de solos em “ilhas” florestais e savanas associadas, no nordeste de Roraima**. Boa Vista, 2009. 74f. Dissertação (mestrado em Recursos Naturais). Universidade Federal de Roraima.
- FERNANDES, A. R. et al. Características químicas do solo, matéria seca e acumulação de minerais nas raízes de adubos verdes, em resposta ao calcário e ao fósforo. **Rev. Cienc. Agrar.**, v. 40, p. 45-54, 2003.
- FERNANDES, S. A. P.; BERNOUX, M.; CERRI, C. C.; FEIGL, B. J.; PICCOLO, M. C. Seasonal variation of soil chemical properties and CO₂ and CH₄ fluxes in unfertilized and P-fertilized pastures in an Ultisol of the Brazilian Amazon. **Geoderma**, v. 107, n. 3-4, p. 227-241, 2002.
- FRANCHINI, J.C. et al. Rapid transformations of plant water-soluble organic compounds in relation to cation mobilization in an acid Oxisol. **Plant Soil**, 231:55- 63, 2001.
- GARCIA-MONTIEL, D. C.; NEILL, C.; MELILLO, J.; THOMAS, S.; STEUDLER, P. A.; CERRI, C. C. Soil phosphorus transformations following forest clearing for pasture in the Brazilian Amazon. **Soil. Sci. Am. J.**, , v. 64, p. 1792-1804, 2000.
- GEO Brazil 2002. **Environmental outlooks in Brazil**. Brasília: IBAMA, 2002, 445 p.
- GIANLUPPI, D.; GIANLUPPI, V.; SMIDERLE, O. J. **Produção de Pastagens nos Cerrados de Roraima**. Boa Vista: Embrapa Roraima, 2001. 5 p. (Embrapa Roraima. Comunicado Técnico, 14)
- GIAROLA, N. F. B.; TORMENA, C. A.; DUTRA, A. C. Degradação Física de um Latossolo Vermelho Utilizado para Produção Intensiva de Forragem. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 31:863 – 873, 2007.
- GOLFETTO, D. C. **Alterações das características químicas do solo pela conversão da floresta nativa em sistemas de uso agrícola na região da Serra da Lua, estado de Roraima**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Roraima, 2010.
- GOMES, M. A. F; FILIZOLA, H. F. Indicadores físicos e químicos de qualidade de solo de interesse agrícola. **Jaguariúna: EMBRAPA Meio Ambiente**, 2006.

GRIBEL, R. et al. Vegetação do Parque Nacional do Viruá. **Relatório Técnico/ICMBIO**. 2009

GUARÇONI M., A.; BRAGANÇA, S. M.; LANI, J. A. Modificações nas características da fertilidade do solo causadas pelo plantio adensado de café conilon. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIEIRAS**, 31., Guarapari. Trabalhos Apresentados... Rio de Janeiro: MAPA/PROCAFÉ. 2005. p. 208-209.

HARGROVE, W. L.; THOMAS, G. W. Extraction of aluminum from aluminum-organic matter complexes. **Soil. Sci. Am. J.**, v. 45, p.151-153, 1981.

HARTWIG, I. et al. Mecanismos associados à tolerância ao alumínio em plantas. **Semina Ciências Agrárias**, v.28, p.219-228, 2007.

HUANG, P.M. Feldspars, olivines, pyroxenes, and amphiboles. In: DIXON, J.B. e WEED, S.B., eds. Minerals in soil environments. Madison: **Soil Science Society of America**, 1989. p.975-1050.

ISLAM, K. R.; WEIL, R. R. Soil quality indicator properties en mid-atlantic soils as influenced by conservation management. **Journal of Soil and Water Conservation**, v. 55, p. 69-78, 2000.

JUO, A. S. R.; MANU, A. Chemical dynamics in slash and burn agriculture. **Agricult. Ecosys. Environ**, v. 58, p. 49-60, 1996.

KIEHL, J. E. **Fertilizantes orgânicos**. Piracicaba: Agronômica Ceres, 1985.

KINRAIDE, T. B. Identify of the rhizotoxic aluminum species. **Plant Soil**, v.134, p. 167-178, 1991.

KNICKER, H. How does fire affect the nature and stability of soil organic nitrogen and carbon? A review. **Biogeochemistry**, v.85, p.91-118, 2007.

LEITÃO SOUSA, M. I. **Alterações das características físicas, químicas e água no solo na conversão de savana para plantio de *Acacia mangium* em Roraima**. (Monografia de Especialização). Boa Vista.UFRR. 2004.

LILIENFEIN, J.; WILCKE, W.; VILELA, L.; AYARZA, M.A.; LIMA, S.C.; ZECH, W. Soil fertility under native cerrado and pasture in the Brazilian savanna. **Soil Science Society of America Journal**, v.67, p.1195-1205, 2003.

LIMA, R. L. S. et al. Crescimento da mamoneira em solo com alto teor de alumínio na presença e ausência de matéria orgânica. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, v. 11, n. 1, p. 15-21, 2007.

LONGO R. M.; ESPÍNDOLA C. R. C-orgânico, N-total e substâncias húmicas sob influência da introdução de pastagens (*Brachiaria* sp.) em áreas de Cerrado e floresta amazônica. **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, v.24, p.723-729, 2000.

LOVATO, T. et al. Adição de carbono e nitrogênio e sua relação com os estoques no solo e com o rendimento do milho em sistemas de manejo. **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, v. 28, p.175-187, 2004.

LUZ, P. H. de C.; et al. Uso da calagem na recuperação e manutenção da produtividade das pastagens. In: 21º SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 2004, Piracicaba. **Anais...**Piracicaba: FEALQ, p. 63-100, CD-ROM.

MARIN, A. M. P. **Impactos de um sistema agroflorestal com café na qualidade do solo.** 2002. 83f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 2002.

MARKEWITZ, D. et al. Nutrient loss and redistribution after forest clearing on a highly weathered soil in Amazonia. **Ecol. Appl.**, v. 14, p. S177-S199, 2004.

MARSCHNER, B.; WILCZYNSKI, A.W. The effect of liming on quantity, and chemical composition of soil organic matter in a pine forest in Berlin, Germany. **Plant Soil**, v.137, p.229- 236, 1991.

MATIAS, M. I. A. S. **Influência da cobertura vegetal na disponibilidade de nutrientes e na distribuição do sistema radicular em Latossolo Amarelo coeso de Tabuleiro Costeiro. Cruz das Almas- BA, 2003.** 78f. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Universidade Federal da Bahia.

McGRATH, D. A.; SMITH, C. K.; GHOLZ, H. L.; OLIVEIRA, F. A. Effects of land-use change on soil nutrient dynamics in Amazônia. **Ecosystems**, v. 4, n. 5, p. 625-645, 2001.

MELO, A. W. F. **Avaliação do estoque e composição isotópica do carbono do solo no Acre.** Dissertação (Mestrado em Ecologia de Agroecossistemas), Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003, 74 f.

MELO, A.S. et al. Crescimento, produção de biomassa e eficiência fotossintética da bananeira sob fertirrigação com nitrogênio e potássio. **Revista Ciência Agrônômica**, v.41, p.417-426, 2010.

MELO, V. F. et al. Caracterização física, química e mineralógica de solos da colônia agrícola do Apiaú (Roraima, Amazônia), sob diferentes usos e após queima. **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, v.30, p.1039-1050, 2006.

MELO, V. F. **Solos e indicadores de uso agrícola em Roraima: Áreas indígena Maloca do Flechal e de colonização do Apiaú.** 2002, 145f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa UFV, 2002.

MELO, V. F.; GIANLUPPI, D.; UCHÔA, S. C. P. Características Edafológicas dos Solos do Estado de Roraima. Boa Vista: **DSI/UFRR**, 2004. 46p.

MELO, V. F.; NOVAIS, R. F.; FONTES, M. P. F.; SCHAEFER, C. E. G. R. Potássio e magnésio em minerais das frações areia e silte de diferentes solos. **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, v.24, p.269-284, 2000.

MELO, V.F.; SCHAEFER, C.E.G.R.; UCHÔA, S.C.P. Indian land use in the Raposa Serra do Sol Reserve, Roraima, Amazonia, Brazil: Physical and chemical attributes of a soil catena developed from mafic rocks under shifting cultivation. **Catena**, 80:95-105, 2010.

MEURER, E. J.; RHENHEIMER, D.; BISSANI, C. A. Fenômenos de superfície. In: MEURER, E. J. (Ed.) **Fundamentos de química do solo.** Porto Alegre: Gênese, 2000. 174p.

MIRANDA, I.S. e ABSY, M.L. Fisionomia das savanas de Roraima, Brasil. **Acta Amazonica** 2000, p. 423-440.

MIYAZAWA, M.; PAVAN, M.A. e FRANCHINI, J.C. **Neutralização da acidez do solo por resíduos vegetais**. Piracicaba, 2000. 8p.

MOKOLOBATE, M. S.; HAYNES, R. J. A glasshouse evaluation of the comparative effects of organic amendments, lime and phosphate on alleviation of Al toxicity and P deficiency in an Oxisol. **Journal of Agricultural Science**, v. 140, p. 409-417, 2003.

MORAES, J. F. L. et al. Soil properties under Amazon Forest and changes due to pasture installation in Rondônia, Brazil. **Geoderma**, v. 70, n. 1, p. 63-81, 1996.

MOREIRA, A.; MALAVOLTA, E. Dinâmica da matéria orgânica e da biomassa microbiana em solo submetido a diferentes sistemas de manejo na Amazônia Ocidental. **Pesqui. Agropecu. Bras.**, v.39, n.11, p.1103-1110, nov. 2004.

MÜLLER, M. M. L.; GUIMARÃES, M. F.; DESJARDINS, T. The relationship between pasture degradation and soil properties in the Brazilian amazon: a case study. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 103, n. 2, p. 279-288, 2004.

MUZZILI, O. Influência do sistema plantio direto comparado ao convencional, sobre a fertilidade da camada arável do solo. **Rev. Bras. Cienc. Solo**, Campinas, v.7, p.95-102, 1983.

NACHTIGALL, G.R. e RAIJ, B.van. Análise e interpretação de potássio no solo. In: YAMADA, T. e ROBERTS, T.L., eds. **Potássio na agricultura brasileira**. Piracicaba, Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 2005. p.93-118.

NEVES JUNIOR, A. F. Avaliação da qualidade física de solos em pastagens degradadas da Amazônia. Piracicaba, 2005. 65p. **Dissertação (Mestrado em Agronomia)**-Escola Superior de Agricultura Luiz Queiroz, Universidade de São Paulo.

NEVES NETO, D. N.; SANTOS, A. C.; SILVA NETO, S. P. Atributos físicos e químicos do solo em ecossistema de capim-mombaça na Amazônia Oriental. **Rev. Cienc. Agrar.**, v. 55, n. 2, p. 75-84, abr./jun. 2012

NOBLE, A. D.; SUMNER, M. E.; ALVA, A. K. The pH dependency of aluminum phytotoxicity alleviation by calcium sulfate. **Soil Science Society of America**, Madison, v.52, n.5, p.1398-1402, 1988.

NOVAIS, R. F., SMYTH, T. J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1999.

NUMATA, I.; SOARES, J. V.; LEÔNIDAS, F. C. Comparação da fertilidade de solos em Rondônia com diferentes tempos de conversão de floresta em pastagem. **R. Bras. Ci. Solo, Viçosa**, v.26, p.949-955, 2002.

OLIVEIRA, C. M. et al. Comparação entre atributos físicos e químicos de solo sob floresta e pastagem. **Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal**, v.7, n. 12, 2008. <<http://www.revista.inf.br/florestal11/html>>. Acesso em 27 dezembro de 2012.

- OLIVEIRA, O. C. et al. Chemical and biological indicators of decline/degradation of Brachiaria pastures in the Brazilian Cerrado. **Agric. Ecosyst. Environ.**, v. 103, p. 289-300, 2004.
- PAULINO, V.T. et al. Resposta de Panicum maximum cv Massai à níveis de calagem. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 43, 2006, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2006.
- PAVAN, M.A; BINGHAM, F.T.; PRATT, P.F. Toxicity of aluminum to coffee in ultisoils and oxisols amended with CaCO₃ e CaSO₄ 2H₂O. **Soil. Sci. Am. J.**, v. 46, p.1201 – 1207, 1982.
- PEREIRA, W. L. M.; VELOSO, C. A. C.; GAMA, J. R. N. F. Propriedades químicas de um Latossolo Amarelo cultivado com pastagens na Amazônia Oriental. **Sci. agric.**, Piracicaba, v. 57, p. 531-537, 2000.
- PORTUGAL, A. F. et al. Atributos químicos e físicos de um Cambissolo Háplico Tb distrófico sob diferentes usos na Zona da Mata mineira. **R. Bras. Ci. Solo**, 32:249-258, 2008.
- RANGEL, O.J.P.; SILVA, C.A. Estoques de carbono e nitrogênio e frações orgânicas de Latossolo submetido a diferentes sistemas de uso e manejo. **R. Bras. Ci. Solo**, 31:1609-1623, 2007.
- REIS, M. S.; FERNANDES, A. R.; GRIMALDI, C.; DESJARDINS, T.; GRIMALDI, M. Características químicas dos solos de uma Topossequência sob pastagem em uma frente pioneira da Amazônia oriental. **Revista de Ciências Agrárias**, n. 52, p. 37-47, 2009.
- RHEINHEIMER, D. S. **Dinâmica do fósforo em sistemas de manejo de solos**. Porto Alegre, 2000. 211f. Tese (Doutorado em Agronomia), Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- RHEINHEIMER, D.S.; SANTOS, J.C.P.; FERNANDES, V.B.B.; MAFRA, A.L.; ALMEIDA, J.A. Modificações nos atributos químicos de solo sob campo nativo submetido à queima. **Ciência Rural**, v.33, p.49-55, 2003.
- RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V. V. H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais - 5ª aproximação**. Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais. Viçosa, MG, 1999. 359p.
- RITCHEY, K.D. **O potássio nos Oxissolos e Ultissolos dos trópicos úmidos**. Piracicaba, Instituto da Potassa e Fosfato, Instituto Internacional da Potassa, 1982. 69p. (Boletim Técnico, 7)
- RITCHIE, G. S. P. Soluble aluminium in acid soils: principles and practicalities. **Plant Soil**, v.171, p.17-27, 1995.
- RODELA, A.A.; FISCHER, K.R.; ALCARDE, J.C. Cation exchange capacity of an acid soil as influenced by different sources of organic matter. **Commun. Soil Sci. Plant Anal.**, v.26, p.17-18, 1995.
- SALIMON, C. I.; WADT, P.G.S. e MELO, A.W.F. Dinâmica do carbono na conversão de florestas para pastagens em Argissolos da Formação Geológica Solimões, no Sudoeste da Amazônia. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, 7:29-38, 2007.

SALIMON, C.I. **Respiração do Solo Sob Florestas e Pastagens na Amazônia Sul-Ocidental, Acre**. 2003. 97p. Tese de Doutorado. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2003.

SANTOS, H. P. et al. Efeito de sistemas de produção mistos sob plantio direto sobre fertilidade do solo após oito anos. **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, v.27, n.3, p.545-552, 2003.

SANTOS, W. M. et al. Calagem Superficial e Adubação Fosfatada de Cobertura em Pastagem Recém Renovada de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. **VI Seminário de Iniciação Científica da UFRA e XII Seminário de Iniciação Científica da EMBRAPA Amazônia Oriental**. Belém – PA, 2008.

SCHAEFER, C. E. G. R.; VALE Jr., J. F. Mudanças climáticas e evolução da paisagem em Roraima: uma resenha do Cretáceo ao Recente. In: BARBOSA, R. I.; FERREIRA, E. J. G ; CASTELLÓN, E. G. (Ed.) **Homem, ambiente e ecologia no Estado de Roraima**. Manaus, INPA, 1997, p.231-293.

SCHAEFER, C.E.G.R. **Ambientes no Nordeste de Roraima : Solos, Palinologia e implicações Paleoclimáticas**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Viçosa, 1991. 108p.

SCHAEFER, C.E.G.R.; DALRIMPLE, J.B. Pedogenesis and relict properties of soil with columnar structure from Roraima, North Amazonia. **Geoderma**, 71:1-17, 1996.

SCHAEFER, C.E.G.R.; et al. Características químicas e pedogênese de solos afetados por sódio do nordeste de Roraima. **R. Bras. Ci. Solo**, 17:431-438, 1993.

SCHAEFER, C.E.G.R.; MENDONÇA, B.A.F.de; FERNANDES FILHO, E.I. Geoambientes e Paisagens do Parque Nacional do Viruá – Roraima: esboço de integração da geomorfologia, climatologia, solos, hidrologia e ecologia. **Relatório Técnico/ICMBio**. 2009. 51p.

SIDIRAS, N.; PAVAN, M. A. Influência do sistema de manejo do solo no seu nível de fertilidade. **R. Bras. Ci. Solo**, Campinas, v.9, p.249-254, 1985.

SILVA, I.R.; MENDONÇA, E.S. Matéria orgânica do solo. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. (eds.) **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p.275-374.

SILVA, J. E. et al. Carbon storage in clayey oxisol cultivated pastures in the “cerrado” region, Brazil. **Agriculture, Ecosystem and Environment**, v. 103, n. 2, p. 357-363, 2004.

SILVA, J. R. T.; **Solos do Acre: caracterização física, química e mineralógica e adsorção de fosfato**. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1999. 117p. (Tese de Doutorado).

SILVA, M. A. S. et al. Propriedades físicas e teor de carbono orgânico de um Argissolo Vermelho sob distintos sistemas de uso e manejo. **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, v.30, p.329-337, 2006.

SOUZA, D.M.G.; MIRANDA, L.N. e OLIVEIRA, S.A. Acidez do solo e sua correção. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B. e NEVES, J.C.L. **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do

Solo, 2007. 991p.

SOUZA, E. D. et al. Alterações nas frações do C em um Neossolo Quatzarênico submetido a diferentes sistemas de uso do solo. **ScientiaAgricola**, 28:323-329, 2006.

TANAKA, R. T.; MASCARENHAS, H. A. A. e BORKERT, C. Nutrição mineral da soja. In: ARANTES, N. E.; SOUZA, P. I. M., (Eds.) **Cultura da soja nos cerrados**. Piracicaba: Potafós, 1993. p.105-135.

THEODORO, V. C. A.; ALVARENGA, M. I. N., GUIMARAES, R. J. et al. Alterações químicas em solo submetido a diferentes formas de manejo do cafeeiro. **Rev. Bras. de Ciênc. do Solo**, Viçosa, v. 27, p. 1039-1047, 2003.

TOWNSEND, A. R. et al. Unexpected changes in soil phosphorus dynamics along pasture chronosequences in the humid tropics. **J. Geophys. Res.**, v. D20, p. LBA 34-1, 2002.

TOWNSEND, C. R.; COSTA, N. L.; PEREIRA, R. G. Renovação de pastagens degradadas em consórcio com milho na Amazônia Ocidental. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 18., 2000, Uberlândia. **Anais...** Uberlândia: ABMS, CD-ROM.

URRUTIA, M.; MACÍAS, F.; GARCÍA-RODEJA, E. Evaluación del CuCl_2 y del LaCl_3 como extractantes de aluminio en suelos ácidos de Galicia. **Nova Acta Científica Compostelana**, v.5, p.173-182, 1995.

VALE JUNIOR J. F.; SCHAEFER, C. E. R.; COSTA, J. A. V. Etnopedologia e transferência de conhecimento: diálogos entre os saberes indígena e técnico na terra indígena malacacheta, Roraima. **Revista brasileira de ciência do solo**, 31:403-412, 2007.

VALE JÚNIOR, J. F. do; SCHAEFER, C.E.G.R. Solos Sob Savanas de Roraima: gênese, classificação e relação e relações ambientais. **Boa Vista: Gráfica Ioris**, 2010. 219p.

VALE JÚNIOR, J. F. **Pedogênese e Alterações dos Solos sob Manejo Itinerante, em Áreas de Rochas Vulcânicas Ácidas e Básicas, no Nordeste de Roraima**. Tese de Doutorado. Viçosa, outubro 2000.

VALE JUNIOR. J. F. do V. et al. Atributos químicos e atividade microbiana em solos convertidos de savana para plantios de *Acacia mangium* Willd em Roraima. **RevistaAgro@ambiente On-line**, v. 5, n. 1, p. 1-11, jan-abril, 2011.

VANCE, G. F.; STEVENSON, F. J.; SIKORA, F. J. Environmental chemistry of aluminum-organic complexes. In: SPOSITO, G. (Ed.). **The enviromental chemistry of aluminum**. 2.ed. Flórida: Lewis Publishers, 1996, p.169-220.

VELOSO, H. P.; RANGEL FILHO, A. L.; LIMA, A. **Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal**. Ministério da Economia, Fazenda e Planejamento. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística IBGE. Diretoria de Ciências. Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais – DERNA. 1991.

VITAL, A., R., T., Produção de serrapilheira e ciclagem de nutrientes de uma floresta estacional semidecidual em zona ripária. **R. Árvore**, ViçosaMG, v.28,n.6,p.793-800, 2004.

WIETHÖLTER, S. Manejo da fertilidade do solo no Sistema Plantio Direto. In: CURSO DE FERTILIDADE DO SOLO EM PLANTIO DIRETO, 5, 2002, Guarapuava. **Resumos...** Guarapuava: Aldeia Norte-PR, p.14-53.

ZAMBROSI, F. C. B.; ALLEONI, L. R. F.; CAIRES, E. F. Teores de alumínio trocável e não trocável após calagem e gessagem em Latossolo sob sistema plantio direto. **Bragantia**, Campinas, v. 66, p.487-495, 2007.