

UNIVERSIDADE FEDERAL DE RORAIMA
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS NATURAIS

MARIANA SOUZA DA CUNHA

**PADRÃO DE DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DO CARBONO ARBÓREO- ARBUSTIVO
EM DUAS ÁREAS DE SAVANA EM RORAIMA**

Boa Vista
2010

MARIANA SOUZA DA CUNHA

**PADRÃO DE DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DO CARBONO ARBÓREO- ARBUSTIVO
EM DUAS ÁREAS DE SAVANA EM RORAIMA**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Recursos Naturais do Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais – PRONAT da Universidade Federal de Roraima como pré-requisito para obtenção do título de Mestre em Recursos Naturais.

Orientador: Prof. Dr. Reinaldo Imbrozio
Barbosa

Boa Vista
2010

DEDICATORIA

Dedico ao meu pai (*in memoriam*) Francisco Rodrigues da Cunha Filho, a minha mãe Maria Neuza Guilherme de Souza, ao meu companheiro Jocivaldo Lima Pinheiro, ao meu orientador Dr. Reinaldo Imbrozio Barbosa, as minhas amigas (o) Lucianne Vilarinho, Viviane Cardoso, Danielle Trindade, Marcos Braga, Luiz Otávio, Edlamar Menezes, Áurea Lúcia Melo e as minhas irmãs e irmãos, pela confiança, amizade, respeito e força que me deram desde o ingresso até o término dessa trajetória, assim como o apoio e palavras de incentivo que foram fundamentais, durante todo o transcorrer do curso.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, a quem devo tudo, a começar pela própria vida e por sua misericórdia e bênçãos sempre presentes;

Ao meu orientador, Prof. Dr. Reinaldo Imbrozio Barbosa, pela paciência, orientações e principalmente pela confiança que a mim foi depositada para realização deste trabalho;

O projeto PPI/INPA PRJ 012/18 (Ecologia e Manejo das Savanas de Roraima) financiou a atividade de campo.

A UFRR e a Embrapa, por permitirem que o estudo fosse desenvolvido nas duas grades de savana de Roraima (Caumé/Monte Cristo (UFRR) e Água Boa (Embrapa)), como parte integrante do Programa de Pesquisa em Biodiversidade (PPBio).

Aos membros da banca examinadora, Dra. Carolina Volkmer de Castilho, a Dra. Lucianne Braga Oliveira Vilarinho e ao Dr. José Beethoven Barbosa, pelas valiosas contribuições.

Aos coordenadores do Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais, Prof. Dr. Marcos José Salgado Vital e Profa. Dra. Gardênia Holanda Cabral.

À ex-secretária do Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais, Lídia de Souza Coelho.

A todos os professores da UFRR que nós ajudaram nesta caminhada de nossa capacitação.

Aos colegas de classe, pelo apoio, palavras de incentivo e pelos momentos alegres e tristes que compartilhamos no transcorrer destes dois anos;

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pelo

apoio na cessão da bolsa de estudo;

A todos que, de forma direta e indireta colaboraram para desenvolvimento desta pesquisa;

Sinceros agradecimentos.

EPÍGRAFE

**Nem tudo que é torto é errado. Veja
as pernas do garrincha e as árvores do
cerrado!**

Nicolas Behr

RESUMO

O estrato arbóreo-arbustivo representa o componente da vegetação em áreas de savana com maior biomassa. Sua distribuição espacial e quantificação são de fundamental importância para quantificar o estoque de carbono presente de áreas abertas na Amazônia. Este trabalho foi realizado com o objetivo de determinar o padrão de distribuição do carbono/biomassa das espécies arbóreo-arbustivas presentes em duas áreas de savana no município de Boa Vista em Roraima, Água Boa (AB) e Monte Cristo (MC), em função dos atributos químicos e físicos do solo. A metodologia consistiu em fazer um levantamento fitossociológico em parcelas permanentes estabelecidas nas duas áreas e, com isso, estimar a biomassa e o estoque de carbono dos indivíduos arbóreo-arbustivos pelo método indireto. Os principais resultados apontam para áreas com baixa riqueza e diversidade de espécies no AB ($S=4$ e $H'=0,27$) e no MC ($S=7$ e $H'=0,74$), mas com similaridade mediana (54,5%). As espécies com maior índice de valor de importância (IVI) foram *Byrsonima crassifolia* (L.) H.B.K. (AB=61,98%) e *Curatella americana* L. (MC=37,63%). O estoque de carbono/biomassa acima do solo deste grupo de plantas foi maior nos ambientes de mosaico (Sg+Sp) do AB (1034,74 kg C/ha) e do MC (1275,16 kg C/ha), seguidas das tipologias “campo sujo” e “campo limpo” das savanas gramíneo-lenhosas (Sg) das duas grades. A ordenação dos estoques de carbono/biomassa pelas diferentes parcelas formou agrupamentos típicos das diferentes tipologias de savanas. Os efeitos das variáveis edáficas sobre o estoque de carbono foram registrados por ordenação, indicando padrões de distribuição espacial específicos para diferentes grupos de espécies de cada grade. Contudo, algumas espécies não apresentaram o mesmo padrão de distribuição em ambas às grades, sugerindo que tipos de solo diferentes que apresentem a mesma fitofisionomia, necessariamente não concentram o mesmo estoque de carbono derivado das mesmas espécies.

Palavras chaves: Roraima, savana, carbono, biomassa, arbóreo, arbustivo.

ABSTRACT

Tree and shrubs represent the vegetation in savanna areas with higher biomass. Spatial distribution and quantification are fundamental to quantify carbon stock in open areas in Amazonia. The objective of this study was to determine the distribution pattern of carbon/biomass of species of trees and shrubs in two savanna areas in the municipality Boa Vista (Roraima), Água Boa (AB) and Monte Cristo (MC), according to the soil's chemical and physical characteristics. Methodology consisted in a phytosociological survey in permanent plots established in the two areas, thus estimating the biomass and carbon stock of the tree and shrub specimens by indirect method. The main results suggest low richness and diversity of species to AB (S=4; H'=0.27) and MC (S=7; H'=0.74), but with medium similarity (54.5%). *Byrsonima crassifolia* (L.) H.B.K. (AB=61.98%) and *Curatella americana* L. (MC=37.63%) were the species with high importance value index (IVI). The aboveground carbon/biomass stock for this group of plants was higher on the mosaic environments (Sg+Sp) for AB (1034.74 kg C/ha) and MC (1275.16 kg C/ha), followed by grassland (Sg) typologies represented for "campo sujo" and "campo limpo" savannas of the two areas. Ordination biomass/carbon stocks according to the different plots formed typical groupings of the different savannas typologies. The effect of edaphic variables on carbon stocks were registered by ordination, suggesting specific patterns of spatial distribution for the different groups of species in each area. However, some species did not register the same pattern of spatial distribution in both grids, thus suggesting that different types of soil which has the same phytophisionomy, not necessarily concentrate the same carbon stock derived of the same species.

Key-words: Roraima, carbon, biomass, savannas, trees, shrubs

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - Localização das áreas de estudo, mapa da América Latina destacando o estado de Roraima e as grades do PPBio nas duas áreas de savana (Monte Cristo e Água Boa).....19
- Figura 2 - Grade de savana do PPBio no Campo Experimental Água Boa (Embrapa-Roraima). Limites da grade em vermelho e parcelas em amarelo.....20
- Figura 3 - Grade de savana do PPBio no *Campus* do Cauamé (UFRR, região do Monte Cristo). Limites da grade em vermelho e parcelas em amarelo.....21
- Figura 4 - Savana gramíneo lenhosa (campo limpo) no campos Água Boa-EMBRAPA.....23
- Figura 5 - Savana campo sujo (Sg-CI) no campo Água Boa - EMBRAPA.....24
- Figura 6 - Mosaicos de savana gramíneo lenhosa com Savana Parque (Sg+Sp), no *campus* Cauamé (Monte Cristo).....24
- Figura 7 - Desenho esquemático da área amostral para indivíduos arbustivos (1m de largura de cada lado) e arbóreo jovens e adulto (10m de largura de cada lado) a partir da linha de caminhamento central.....28
- Figura 8 - Dendrograma (Análise de Conglomerados) de similaridade entre as fitofisionomias estabelecidas para as parcelas amostrais da grade de savana do Campo Experimental Água Boa.....43
- Figura 9 - Gráfico composto (função genérica) indicando a ordenação das parcelas em função dos escores RA obtidos para o estoque de carbono arbóreo-arbustivo de cada uma das espécies na grade AB.....44
- Figura 10 - Ordenamento do estoque de carbono contido nas espécies arbóreo-arbustivas, por parcela, presentes na grade de savana do Campo Experimental Água Boa (Embrapa), em função da (A) soma das bases (mg/kg) e (B) da concentração de zinco (mg/kg).....45
- Figura 11 - Dendrograma (Análise de Conglomerados) de similaridade entre as fitofisionomias estabelecidas para as parcelas amostrais da grade de Savana do *Campus* Cauamé (Monte Cristo).....47

- Figura 12 - Gráfico composto (função genérica) indicando a ordenação das parcelas em função dos escores RA obtidos para o estoque de carbono arbóreo-arbustivo de cada uma das espécies na grade MC.....48
- Figura 13 - Ordenamento do estoque de carbono contido nas espécies arbóreo-arbustivas, por parcela, presentes na grade de Savana do *Campus* Cauamé (Monte Cristo/UFRR), em função da (A) concentração de alumínio tóxico (meq %) e (B) da concentração de argila (%)......49

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 - Definição geral dos extratos verticais do componente arbóreo-arbustivo inventariado nas grades de Savana do PPBio em Roraima.....25
- Tabela 2 - Concentração média de carbono para as principais espécies arbóreo-arbustivas presentes nas Savanas de Roraima.....36
- Tabela 3 – Abundância, densidade, dominância, frequência e IVI das espécies arbóreo- arbustivas da grade de Savana do PPBio no Campo Experimental Água Boa.....38
- Tabela 4 – Abundância, densidade, dominância, frequência e IVI das espécies arbóreo-arbustivas da grade de savana do PPBio no *Campus* Cauamé.....39
- Tabela 5 - Concentração de carbono (%C) e estoque de biomassa/carbono (kg/ha) do componente arbóreo-arbustivo ($D_{30} \geq 2\text{cm}$) determinados por parcela e tipologia na grade de savana do Campo Experimental Água Boa.....41
- Tabela 6 - Concentração de carbono (%C) e estoque de biomassa/carbono (kg/ha) do componente arbóreo-arbustivo ($D_{30} \geq 2\text{cm}$) determinados por parcela e tipologia na grade de savana do *Campus* Cauamé (Monte Cristo).....42
- Tabela 7 - Efeito (positivo, negativo, nulo) das variáveis ambientais nos estoques de carbono das diferentes espécies arbóreo-arbustivas presentes nas parcelas da grade de Savana do Campo Experimental Água Boa (Embrapa)..... 46
- Tabela 8 – Efeito (positivo, negativo, nulo) das variáveis ambientais nos estoques de carbono das diferentes espécies arbóreo-arbustivas presentes nas parcelas das grades de Savana *campus* Cauamé (UFRR).....49

LISTA DE APÊNDICES

- Apêndice 1-Tabela dos componentes químicos em cada parcela na grade do campos Água Boa (EMBRAPA).....64
- Apêndice 2-Tabela dos atributos químicos nas 12 parcelas na grade do PPBio do *campus* cauamé (Monte Cristo).....65
- Apêndice 3- Ordenamento do estoque de carbono contido nas espécies arbóreo-arbustivas, por parcela, presentes na grade de savana do campo experimental água boa (embrapa) em função da (a) areia, (b) concentração de alumínio tóxico (meq %), (c) argila e (d) cálcio (mg/kg).....66
- Apêndice 4 - Ordenamento do estoque de carbono contido nas espécies arbóreo-arbustivas, por parcela, presentes na grade de savana do campo experimental água boa (embrapa) em função do (a) ferro (mg/kg), (b) concentração de potássio (mg/kg), (c) magnésio (mg/kg) e (d) manganês(mg/kg).....67
- Apêndice 5 - ordenamento do estoque de carbono contido nas espécies arbóreo-arbustivas, por parcela, presentes na grade de savana do campo experimental água boa (embrapa) em função da concentração de (a) fósforo, (b), ph em (h₂o), (c) silte e (d) fitofisionomias.....68
- Apêndice 6 - ordenamento do estoque de carbono contido nas espécies arbóreo-arbustivas, por parcela, presentes na grade de savana do *campus* cauamé (monte cristo/ufrr), em função da (a) areia (%), (b) da concentração de cálcio (mg/kg), (c) ferro (mg/kg) e (d) da concentração de potássio(mg/kg).....69
- Apêndice 7 - ordenamento do estoque de carbono contido nas espécies arbóreo-arbustivas, por parcela, presentes na grade de savana do *campus* cauamé (monte cristo/ufrr), em função da (a) concentração de magnésio (mg/kg), (b) da concentração de manganês (mg/kg), (c) fósforo (mg/kg) e (d) da concentração de ph em H₂O.....70
- Apêndice 8 - ordenamento do estoque de carbono contido nas espécies arbóreo-arbustivas, por parcela, presentes na grade de savana do *campus* cauamé (monte cristo/ufrr), em função da (a) soma de bases (mg/kg), (b) da concentração de silte (%), (c) zinco (mg/kg) e (d) fitofisionomias.....71

SUMÁRIO

RESUMO
ABSTRACT
LISTA DE FIGURAS
LISTA DE TABELAS
LISTA DE APÊNDICES

1. INTRODUÇÃO	14
2. OBJETIVOS	18
2.1 Objetivo geral.....	18
2.2 Objetivos específicos.....	18
3. MATERIAIS E MÉTODOS	18
3.1 Localização e caracterização das áreas de estudo.....	18
3.1.1 Campo Experimental Água Boa (Embrapa-Roraima).....	20
3.1.2 <i>Campus</i> do Cauamé (UFRR).....	21
3.2 Caracterização Geral das Áreas.....	22
3.2.1 Clima.....	22
3.2.2 Geológica e geomorfológica.....	22
3.2.3 Caracterização Fitofisionômica.....	23
3.3 Definições dos Componentes Lenhosos.....	25
3.3.1 Arbustivo.....	25
3.3.2 Arbóreo.....	26
3.4 Protocolo de amostragem (componentes lenhosos).....	27
3.4.1 Descrição das parcelas.....	27
3.4.2 Identificação Botânica.....	28
3.5 Coleta e Análise dos solos.....	28
3.5.1 Coleta e preparo das amostras para análises químicas e física do solo.....	29
3.5.2 Secagem, limpeza e destorroamento do solo.....	29
3.5.3 Análise química e física do solo.....	30
3.5.4 Metodologias usadas.....	30

3.6 Métodos para Análise Fitossociológica.....	31
3.6.1 Composição Florística.....	31
3.6.1.1 Estrutura Horizontal.....	31
3.6.1.2 Abundância/Densidade.....	31
3.6.1.3 Dominância.....	32
3.6.1.4 Frequência.....	33
3.6.1.5 Índice de Valor de Importância.....	34
3.6.1.6 Índice de Diversidade.....	34
3.6.1.7 Índice de Similaridade.....	35
3.6.1.8 Cálculos da biomassa e do estoque de carbono.....	35
3.7 Análises dos Dados (Padrão de Distribuição).....	36
4. RESULTADOS E DISCUSSÃOS.....	37
4.1 Composição, Riqueza e Diversidade.....	37
4.1.1 Campo Experimental Água Boa.....	37
4.1.2 <i>Campus</i> do Cauamé (Monte Cristo).....	38
4.2 Similaridade entre as Áreas.....	39
4.3 Estimativas do Estoque de Biomassa e Carbono.....	40
4.3.1 Campo Experimental Água Boa.....	40
4.3.2 <i>Campus</i> do Cauamé (Monte Cristo).....	42
4.4 Distribuição/Ordenamento do Estoque de Carbono.....	43
4.4.1 Campo Experimental Água Boa.....	43
4.4.1.1 Análise de Conglomerados.....	43
4.4.1.2 Ordenação Genérica.....	44
4.4.2 <i>Campus</i> Cauamé (Monte Cristo).....	46
4.4.2.1 Análise de Conglomerados.....	46
4.4.2.2 Ordenação Genérica.....	47
CONCLUSÕES.....	53
REFERÊNCIAS.....	54
APÊNDICES.....	63

1. INTRODUÇÃO

A questão de escala em ecologia é muito importante (LEVIN, 1992). Os padrões de distribuição espacial de uma espécie podem ser estudados em escala macro (biogeográfico), meso (comunidades) ou de micro distribuição dos indivíduos dentro de uma comunidade (aleatória, agrupada ou uniforme) (HAY et al., 2000). Além disto, é necessário distinguir entre a intensidade (variação da densidade de indivíduos) e a escala (diferenças de intensidade) (PIELOU, 1969 *apud* HAY et al., 2000). A identificação de padrões espaciais em uma escala maior é importante, por exemplo, para o planejamento e construção do desenho de áreas de conservação (HUBBELL; FOSTER, 1986). Por outro lado, padrões determinados em uma ou mais escalas podem produzir resultados conjugados que demonstrem a heterogeneidade espacial dos fatores ambientais (GRIEG-SMITH, 1991).

Em termos dos fatores que podem ou não ser determinantes na composição e distribuição das espécies em uma escala reduzida, praticamente nada era conhecido até pouco tempo (LIEBERMAN et al., 1985). No caso da Amazônia, a análise dos padrões de distribuição espacial de comunidades de plantas vem sendo ampliada significativamente nos últimos anos (COSTA, 2006), embora ainda haja uma enorme lacuna no conhecimento florístico (HOPKINS, 2007). De forma geral, os estudos na região refletem quase sempre investigações realizadas em sítios florestais como, por exemplo, Tuomisto et al (1995) e Tuomisto et al. (2002) com Pteridófitas e Melastomataceae, Poulsen (1996) com herbáceas, Zunquim et al. (2009) com pteridófitas, Svenning (2001) com palmeiras, Costa et al. (2005) com pteridófitas e Costa (2006) com ervas. Este fato é natural devido às florestas ocuparem a maior parte de todo o bioma, além de estarem sendo severamente impactados por altas taxas de desmatamento (INPE, 2010). Isto pode provocar efeitos extremamente danosos ao clima global com grandes perdas dos serviços ambientais (MARENGO, 2006).

Por outro lado, as áreas remanescentes de vegetação aberta (savanas e outros sistemas não-florestais) ocupam cerca de 180.000 km² do bioma Amazônia (FUNCATE, 2006). Estes ecossistemas são ainda muito pouco conhecidos do ponto de vista da relação de suas espécies ou comunidades com as diferentes variáveis ambientais como, por exemplo, a disposição latitudinal, o solo e o clima

(SANAIOTTI, 1996). Com o aumento da fiscalização sobre atividades em sistemas florestais por todo o bioma, é de se esperar que os grandes projetos agrosilvipastoris aumentem a pressão sobre estas áreas de savana devido ao menor nível de restrição de uso legal da terra.

Neste contexto, os grandes contínuos de savanas da Amazônia ganham evidência, como o complexo paisagístico Rio Branco-Rupununi que está distribuído entre Brasil, Guiana e Venezuela (McGILL, 1966; EDEN, 1970; BARBOSA et al., 2007). A porção brasileira deste grande complexo compreende cerca de 43.000 Km² do estado de Roraima, sendo o maior contínuo de savanas de todo o bioma (BARBOSA; CAMPOS, 2010).

As Savanas de Roraima

As savanas de Roraima estão localizadas entre o Norte e o Nordeste do estado. De forma geral, elas são caracterizadas por uma vegetação esparsa de indivíduos arbóreo-arbustivos estabelecidos em um tapete herbáceo (TAKEUCHI, 1960; DANTAS; RODRIGUES, 1982; MIRANDA et al., 2002). O estrato arbóreo-arbustivo é aquele que, em geral, vem definindo o sistema paisagístico e, por isso, é de grande importância para a classificação destes ecossistemas não-florestais (IBGE, 1992; RIBEIRO; WALTER, 1998; BARBOSA; MIRANDA, 2005).

Os poucos trabalhos locais que investigaram a distribuição espacial das espécies botânicas nas savanas de Roraima realizaram os estudos com base nas características químicas e físicas do solo. Sanaiotti (1996; 1997) em um levantamento pelos sete grandes blocos de savana da Amazônia indicou que as áreas de Roraima são as mais pobres em termos de riqueza e diversidade de espécies arbóreas. Miranda et al. (2002), derivado de Miranda (1998), abordam a distribuição das espécies de plantas nas savanas de Roraima indicando que possuem como característica a ocorrência de poucas espécies arbóreas concentradas em locais muito específicos. Essas diferenças florísticas e estruturais entre paisagens muito próximas sugerem que a distribuição espacial das espécies nas savanas de Roraima segue um padrão de médios e pequenos mosaicos, com cada parte desse mosaico mostrando uma diferença na composição e/ou na estrutura.

Miranda et al. (2002) ainda explicam que fatores edáficos podem justificar a distribuição que contribui para formação de um mosaico florístico-fisionômico nestes ecossistemas. Teores de Alumínio em campos limpos, Potássio e Fósforo em campo sujo estão associados a espécies mais frequentes nestes ambientes, determinando um padrão para essas fitofisionomias. Barbosa; Fearnside (2005) sugerem que o mosaico fisionômico reflete os diferentes estoques de biomassa e carbono. Entretanto, estes fatores explicam apenas uma porção da variação florística, mas não identificam totalmente os gradientes edáficos responsáveis pelo estoque de carbono acima do solo. Outras variáveis podem estar influenciando a distribuição do estoque de carbono/biomassa nas espécies, como relevo, geologia, lençol freático, carbono no solo e frequência de fogo.

Fatores Ambientais *versus* Biomassa/Carbono

Os resultados apresentados por Castilho (2004) na Reserva Ducke (Manaus/AM), corroboram com as conclusões gerais de Laurance et al. (1999) de que a variação no solo afeta, mesmo que parcialmente, a distribuição espacial das estimativas de biomassa arbórea na Amazônia Central. No estudo de Castilho (2004), a autora detectou que o solo e a topografia explicam 30% da variação espacial da biomassa arbórea, mas 70% da variação não é explicada por estas variáveis em ecossistemas florestais. Contudo, nos trópicos, a variação na fertilidade nos solos e a variação sazonal na disponibilidade de alguns indicadores chave da fertilidade do solo como cátions, fósforo e pH podem explicar a ausência de uma forte relação entre nutrientes e biomassa ou distribuição de espécies (SOLLINS, 1998).

Resultados de investigações realizadas no cerrado do Brasil Central vem demonstrando que, tanto a composição florística quanto a estrutura, são relacionadas aos diferentes níveis de fertilidade do solo (SALIS, 2004). Esta observação também já havia sido realizada no passado por Goodland; Pollard (1973) e Ratter et al. (1977). Neste último caso, os autores também incluíram os fatores antrópicos como decisivos.

Alvim; Araújo (1953) verificaram que a distribuição da vegetação do cerrado na região do Brasil Central está regulada mais pelo solo do que por qualquer outro

fator ecológico. Para o cerrado da região sudeste do Brasil, During et al. (2003) sugerem que as relações de similaridade florística dentro do contexto regional se estabelecem, em primeiro lugar, em função da fertilidade dos solos. A topografia e a geomorfologia são agentes que atuam indiretamente na distribuição dos padrões vegetacionais, cuja ação direta viria das características edáficas locais (COLE, 1986).

Nas áreas de savanas da Amazônia, os estudos de Barbosa (2001) e Barbosa; Fearnside (2005) indicaram que a relação do estoque de biomassa/carbono em áreas de savana do extremo norte amazônico (Roraima) está diretamente relacionada com a fitofisionomia predominante sem, contudo, mencionar sua relação com os fatores ambientais como solo, declividade, fertilidade ou presença de lençol freático. A determinação dos padrões de distribuição de espécies associado a sua biomassa/carbono é uma ferramenta importante de política pública, visto a necessidade do Brasil em realizar o inventário do estoque e da emissão de carbono dos diferentes ecossistemas terrestres brasileiros, como parte de suas obrigações assumidas frente a UNFCCC; sigla em inglês de Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas (ver <http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/77650.html>). Vários estudos na Amazônia suportam valores para sistemas florestais, com quase nenhum se detendo nos sistemas não-florestais (NOGUEIRA et al., 2008).

Desta forma, estudos voltados ao reconhecimento da diversidade vegetal destes ecossistemas de vegetação aberta na Amazônia, que relacionem o seu padrão de distribuição espacial com os correspondentes estoques de biomassa/carbono, são de extrema importância como ferramenta de análise para tomadas de decisão sobre serviços ambientais. A quantificação destes estoques é fundamental ao Brasil como ferramenta dentro das negociações sobre responsabilidades relacionadas às mudanças climáticas globais que serão finalizadas entre 2010-2012 (Brasil, 2004-09 Inventário Nacional; IPCC, 2007). Dentro desse contexto, as questões associadas a este estudo são: Existe um padrão de distribuição espacial do estoque de biomassa/carbono derivado das espécies arbóreo-arbustivas em duas áreas de savanas de Roraima? Em caso positivo, quais são os fatores que determinam este padrão?

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Determinar o padrão de distribuição espacial da biomassa/carbono das espécies arbóreo-arbustivas em duas áreas de savana de Roraima.

2.2 Objetivos específicos

- Identificar a composição, riqueza e diversidade de espécies arbóreo-arbustivas presentes em duas áreas de savana;
- Avaliar a similaridade das espécies arbóreo-arbustiva destas duas áreas;
- Estimar a biomassa e o estoque de carbono arbóreo-arbustivo de diferentes fitofisionomias da savana;
- Relacionar a distribuição da biomassa/carbono das espécies arbóreo-arbustivo com os parâmetros físicos e químicos do solo.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Localização e caracterização das áreas de estudo

Os sítios que serviram de apoio para este estudo foram estabelecidos no município de Boa Vista através do Núcleo Regional de Roraima (NR-RR) do Programa de Pesquisa em Biodiversidade (PPBio) do Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT) (figura 1). Sua base conceitual é a da distribuição de parcelas padronizadas (unidades amostrais) em sítios do tipo PELD (Projetos Ecológicos de Longa Duração). Estas parcelas seguem as curvas de nível do terreno na tentativa de manter os mesmos níveis ambientais ao longo da amostragem dos diferentes organismos biológicos (MAGNUSSON; MARTINS, 2005).

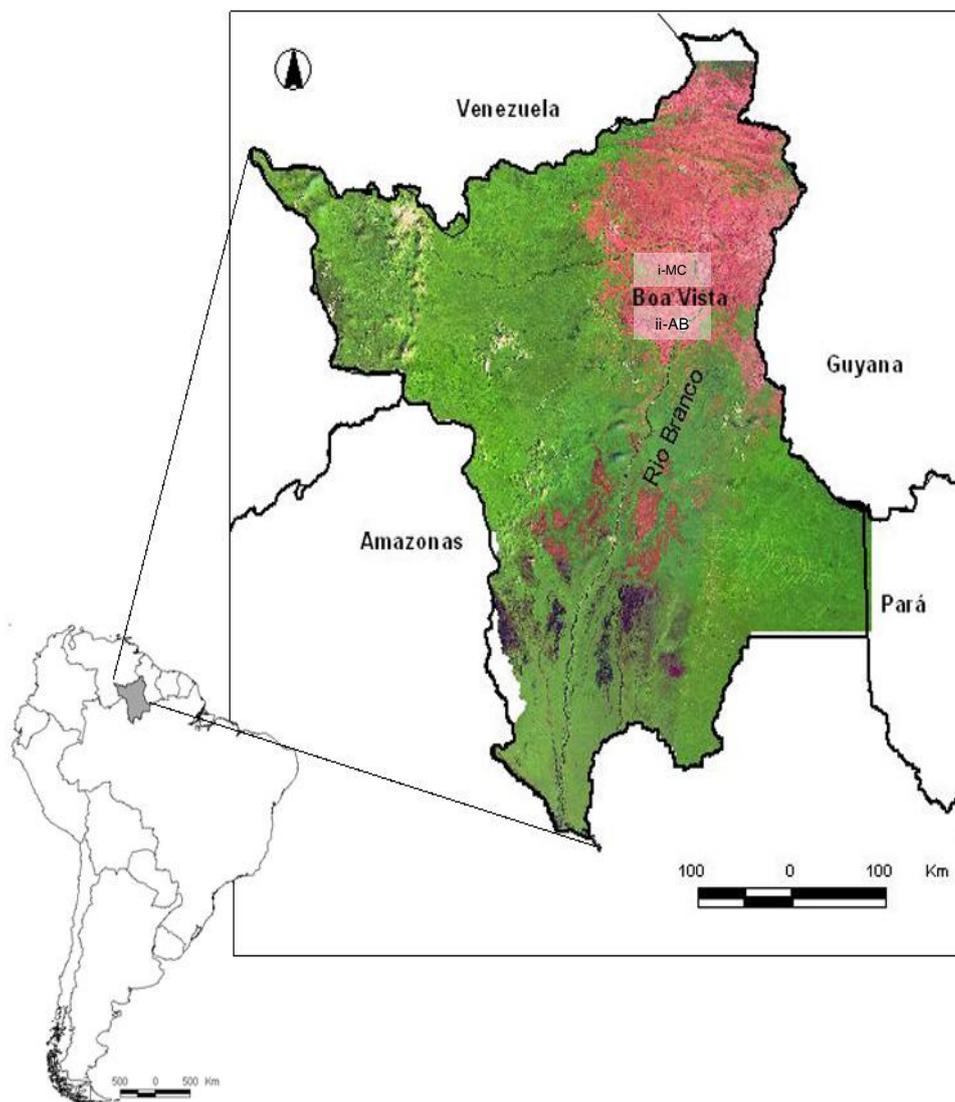


Figura 1- Localização das áreas de estudo, mapa da América Latina destacando o estado de Roraima e as grades do PPBio nas duas áreas de savana(I- Monte Cristo e II-Água Boa).

Diferente dos sítios florestais, onde as grades possuem 25 Km², nas savanas de Roraima a área amostral é representada por módulos (grades de menor tamanho). Isso foi necessário em ambas as áreas por causa da menor área de savana disponível para montagem de grades de tamanho maior. Desta forma, as parcelas nestes módulos são distanciadas a cada 500 m em vez de 1000 m como nas grades florestais. Isto foi realizado para otimizar os espaços disponibilizados nas áreas cedidas para a implantação do PPBio nos dois campos experimentais.

3.1.1 Campo Experimental Água Boa (Embrapa-Roraima)

Este módulo está localizado no campo experimental de propriedade da EMBRAPA-RR situado a 36 km Sul da cidade de Boa Vista, pela BR 174 ($02^{\circ} 51' 49''$ N / $02^{\circ} 53' 06''$ N e $60^{\circ} 44' 14''$ W / $60^{\circ} 42' 27''$ W) (figura 2). A área da grade é de 616 ha e sua vegetação é tipicamente de savana graminosa com alguns mosaicos pobremente adensados com espécies arbóreo-arbustivas. O relevo é totalmente plano, sendo que quase toda a área delimitada pela grade sofre alagamentos anuais no período chuvoso devido à forte elevação do lençol freático, influenciando pequenos lagos e baixadas. Dentro da grade há uma barragem formada por um igarapé de maior porte que abriga um buritizal adensado por outras espécies arbóreas e subarbustivas.

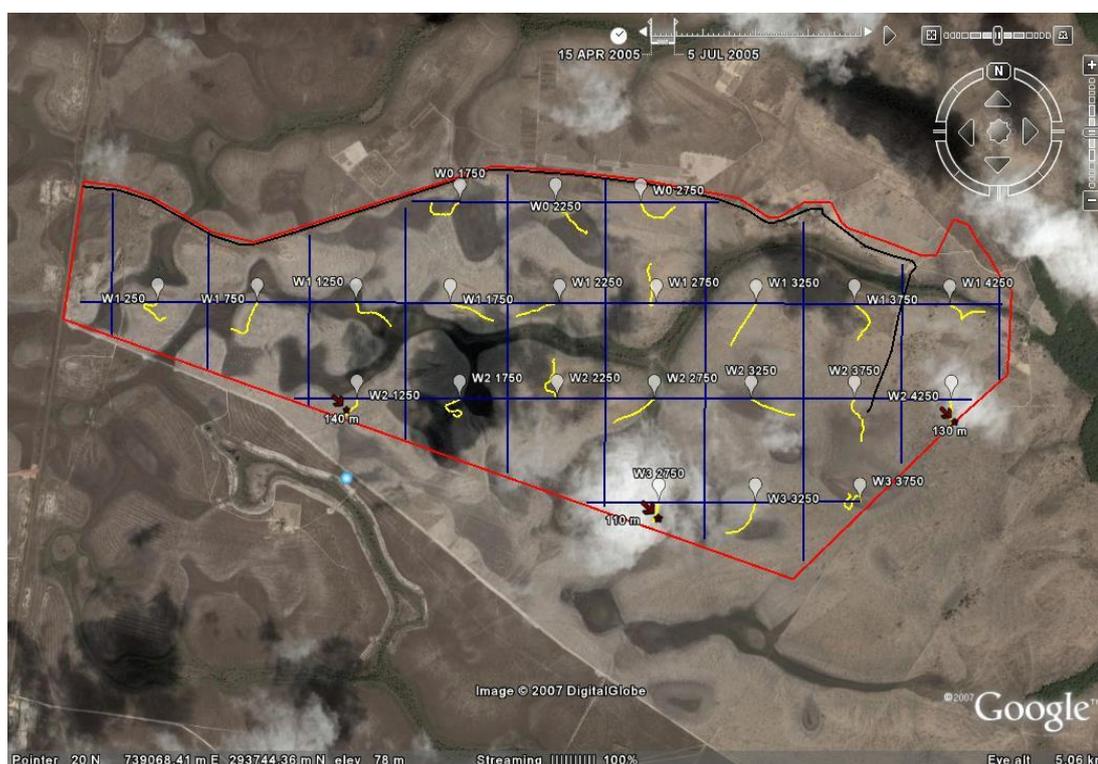


Figura 2 – Grade de savana do PPBio no Campo Experimental Água Boa (Embrapa-Roraima). Limites da grade em vermelho e parcelas permanentes em amarelo.

O desenho experimental da grade Água Boa segue o sistema de trilhas N-S cruzando com outras no sentido L-O, onde estão demarcadas as parcelas amostrais distanciadas 0,5 km entre si, aproveitando uma modificação do desenho

originalmente concebido para sistemas florestais (MAGNUSSON; MARTINS, 2005). Com esta configuração de distanciamento foram estabelecidas 22 parcelas terrestres no Água Boa.

3.1.2 *Campus* do Cauamé (UFRR)

O módulo está situado à margem esquerda do rio Cauamé, 15 km N de Boa Vista, no Centro de Ciências Agrárias (CCA) da UFRR, região do Monte Cristo ($02^{\circ} 38' 07''$ N a $02^{\circ} 40' 11''$ N e $60^{\circ} 49' 25''$ W a $60^{\circ} 52' 28''$ W) (figura 3). A área da grade é de 498 ha, sendo que sua vegetação é calcada em pequenos mosaicos de savana parque (Sp) com savana gramíneo-lenhosa (Sg). O relevo é plano a ondulado, em especial devido à proximidade da Formação Apoteri (Brasil, 1975); uma formação geológica que confere a esta região solos de melhor qualidade química e física, além de poucas áreas sob influência direta da elevação do lençol freático (ARAÚJO; BARBOSA, 2007). Um grande lago e um igarapé de 4ª Ordem, com raros buritis, estão presentes na grade.

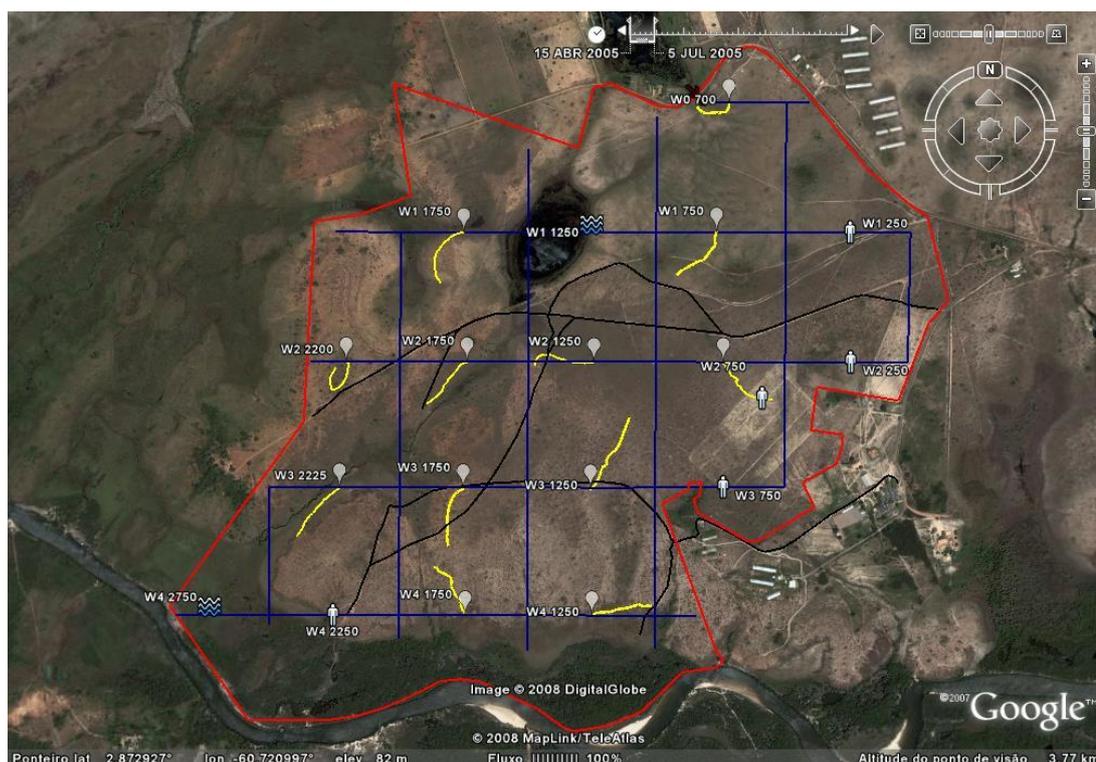


Figura 3 - Grade de savana do PPBio no *Campus* do Cauamé (UFRR, região do Monte Cristo). Limites da grade em vermelho e parcelas permanentes em amarelo.

O desenho experimental da grade Cauamé/Monte Cristo (MC) segue o exato sistema de trilhas e parcelas estabelecido para o Água Boa (AB): trilhas N-S cruzando outras no sentido L-O com parcelas demarcadas em distanciamentos de 0,5 km entre si. Nesta configuração, foram estabelecidas 12 parcelas terrestres neste *campus*.

3.2 Caracterização Geral das Áreas

3.2.1 Clima

O clima da região de savana onde estão estabelecidas as duas áreas é do tipo Aw, segundo a classificação de Köppen (Brasil, 1975). O tipo Aw pertencente ao domínio de clima Tropical Chuvoso, quente e úmido, apresentando nítido período seco. A temperatura média é da ordem de 25°C e a precipitação pluviométrica anual na área do estudo é de pouco mais de 1.600 mm. As chuvas possuem distribuição irregular, podendo ser distintos dois períodos: (i) o chuvoso, entre os meses de abril e setembro, concentrando cerca de 70% da precipitação anual (100 a 130 dias com chuva por ano), e (ii) o seco, entre os meses de dezembro e março. A média anual de umidade relativa gira em torno de 70 a 80% na região compreendida próxima da cidade de Boa Vista (BARBOSA, 1997).

3.2.2 Geologia e geomorfologia

O relevo é tipicamente plano na região do AB, que fica situado muito próximo da paleoplanície de inundação da margem direita do rio Branco. Ao contrário, no MC o relevo permeia feições onduladas a levemente onduladas, principalmente devido à proximidade de afloramentos de resíduos de basalto da Formação Apoteri (RADAMBRASIL, 1975).

3.2.3 Caracterização Fitofisionômica

As duas áreas apresentam fitofisionomia variando de savana gramíneo lenhosa “campo limpo” (Sg-cl) (Figura 4) e “campo-sujo” (Sg-cs) (Figura 5), além de mosaicos de savana gramíneo lenhosa com savana parque (Sg+Sp) (Figura 6). As classificações foram adaptadas do Sistema Brasileiro de Classificação de Vegetação (IBGE, 1992) e do estudo de Barbosa; Miranda (2005). Nas áreas de savana gramíneo-lenhosa “campo limpo” há predominância de indivíduos de pequeno porte caracterizados dentro do estrato herbáceo e subarbustivo. No campo sujo e no mosaico Sg+Sp há um maior adensamento da vegetação com maior abundância de indivíduos de porte arbustivo e arbóreo.



Figura 4- Savana gramíneo lenhosa (campo limpo-cl), Água Boa.



Figura 5- Savana gramíneo lenhosa (campo sujo-cs), Água Boa.



Figura 6 - Mosaicos de savana gramíneo lenhosa com savana parque (Sg+Sp), no *Campus* Cauamé (Monte Cristo).

3.3 Definições dos Componentes Lenhosos

Para a amostragem dos componentes lenhosos amostrados nas duas grades de savana do PPBio em Roraima, foram observadas as definições e as sequências metodológicas (integrais ou modificadas) dos estudos em sistemas florestais de Castilho (2004), Costa et al. (2005), Kinupp; Magnusson (2005) e Barbosa et al. (2010). Assim sendo, foram definidos dois estratos: o arbustivo e o arbóreo.

3.3.1 Arbustivo

Este estrato é definido pelas plantas lenhosas de pequeno porte, geralmente ramificando desde a base, podendo ocorrer isoladamente ou em grupos devido a condições edáficas diferenciadas. Árvores adultas que foram quebradas por vento ou danificadas pelo fogo também são incluídas neste estrato. A decisão sobre o que são arbustos ou arvoretas é geralmente complicada e subjetiva, dependendo do conhecimento prévio das espécies vegetais presentes no ambiente. Neste estudo aproveitamos os resultados dos levantamentos realizados anteriormente na savana de Roraima, em especial os de Sanaïotti (1996), Miranda (1998) e Miranda et al. (2002). Desta forma, definimos os indivíduos deste grupo como plantas com $2 \text{ cm} \leq D_{30} < 5 \text{ cm}$ e altura total, quando adulto, entre 1 e 2 m (tabela 1).

Tabela 1 - Definição geral dos estratos verticais do componente arbóreo-arbustivo inventariado nas grades de savana do PPBio em Roraima.

Estrato	Estágio de Vida	Altura	D_{30}
Arbustivo	Adulto I	1-2 m	$\geq 2 \text{ cm}$ e $< 5 \text{ cm}$
Arbóreo	Adulto II	$\geq 2 \text{ m}$	$\geq 5 \text{ cm}$

A área amostral para os arbustos foi de 1 m de cada lado estabelecida ao longo da linha de caminhamento, o que também resultou em uma área amostral de 500 m^2 por parcela. As medidas biométricas de cada indivíduo amostrado foram (i) a

altura total (m) da planta, tomada rente ao solo até o ápice da copa ou da ramagem principal de cada indivíduo, (ii) o diâmetro da copa (m), que é uma média entre o maior e o menor diâmetro da projeção da copa (ou da ramagem da planta) no solo, e (iii) o diâmetro de base (cm), que é o diâmetro do caule medido à 2 cm de distância da superfície do solo. Indivíduos com altura suficiente (por exemplo, 1 m) para serem tomadas medidas a 30 cm do solo foram obrigatoriamente medidos dentro desta configuração até o máximo de 5 cm de diâmetro (D_{30}).

3.3.2 Arbóreo

Este estrato foi definido por espécies de árvores que, quando adultas, alcançam altura superior a 2 m e $D_{30} \geq 5$ cm. Neste caso, todos os indivíduos foram medidos dentro da parcela integral (10 m x 250 m). Todas as medidas individuais foram realizadas utilizando-se trena para as medidas de diâmetro de copa e uma vara graduada de 2 m para a medida da altura. Para indivíduos que ultrapassaram este patamar, a altura foi tomada a partir de um referencial de erguimento da vara ou estimada visualmente em suplementação à vara através de um observador-acompanhante. O Dab também foi tomado neste caso como complementação à informação matemática relacionada ao D_{30} .

Para árvores com bifurcação abaixo de 30 cm de altura, o caule mais desenvolvido foi escolhido para as medidas regulares. Neste caso, a medida do diâmetro foi sempre 30 cm acima da bifurcação. Em indivíduos multicaulinares apenas o mais desenvolvido foi escolhido para as medidas, e os demais foram contados e anotados.

Todos os indivíduos com diâmetro dentro dos limites anteriormente delimitados foram mapeados (coordenadas x e y) dentro da parcela e marcados com plaquetas numeradas. No mapeamento, a coordenada **x** se referia à distância ao longo do maior eixo da parcela, enquanto a coordenada **y** se referiu à distância do indivíduo perpendicularmente à linha central. À distância **x** foi medida até o centro geométrico da árvore.

As plaquetas numeradas foram amarradas com um fio de metal no galho mais significativo do indivíduo na tentativa de evitar danos às plantas. Para evitar que os fios interferissem no crescimento diamétrico do caule, usou-se fios extensos com

bastante sobra. As árvores foram medidas e marcadas em sequência na parcela para facilitar o reencontro nos censos seguintes.

3.4 Protocolo de amostragem (componentes lenhosos)

3.4.1 Descrição das parcelas

As parcelas para amostragem de vegetação arbóreo-arbustivo nas grades de savanas em Roraima para este estudo foram estabelecidas em 10 m de largura por 250 m de comprimento. O comprimento foi aproveitado do desenho adotado em outras grades já instaladas, sendo que a largura foi uma modificação da metodologia utilizada por Mokross (2004) nas savanas de Alter do Chão (Santarém, Pará). Todas as parcelas foram instaladas seguindo-se curvas de nível a partir do ponto inicial de cada uma delas, por considerar o relevo como um importante fator determinante na composição e estrutura da vegetação. As parcelas são longas (250 m) e estreitas, de modo que a variação interna de altitude é minimizada. Como o solo, o nível de inundação e outras variáveis importantes para as plantas covariam com a altitude, sendo que a variação nestes fatores é minimizada com este desenho experimental (COSTA et al., 2005).

A marcação inicial da parcela foi feita somente com uma linha central, esticada para unir piquetes fixos no solo a cada 10m (chamadas aqui de sub-parcelas). Depois, as linhas paralelas foram marcadas de acordo com a largura necessária para amostragem de cada grupo, isto é, para indivíduos arbustivos foi de 2m, um de cada lado da linha central e para os indivíduos arbóreos foi de 5m de cada lado (figura 7).

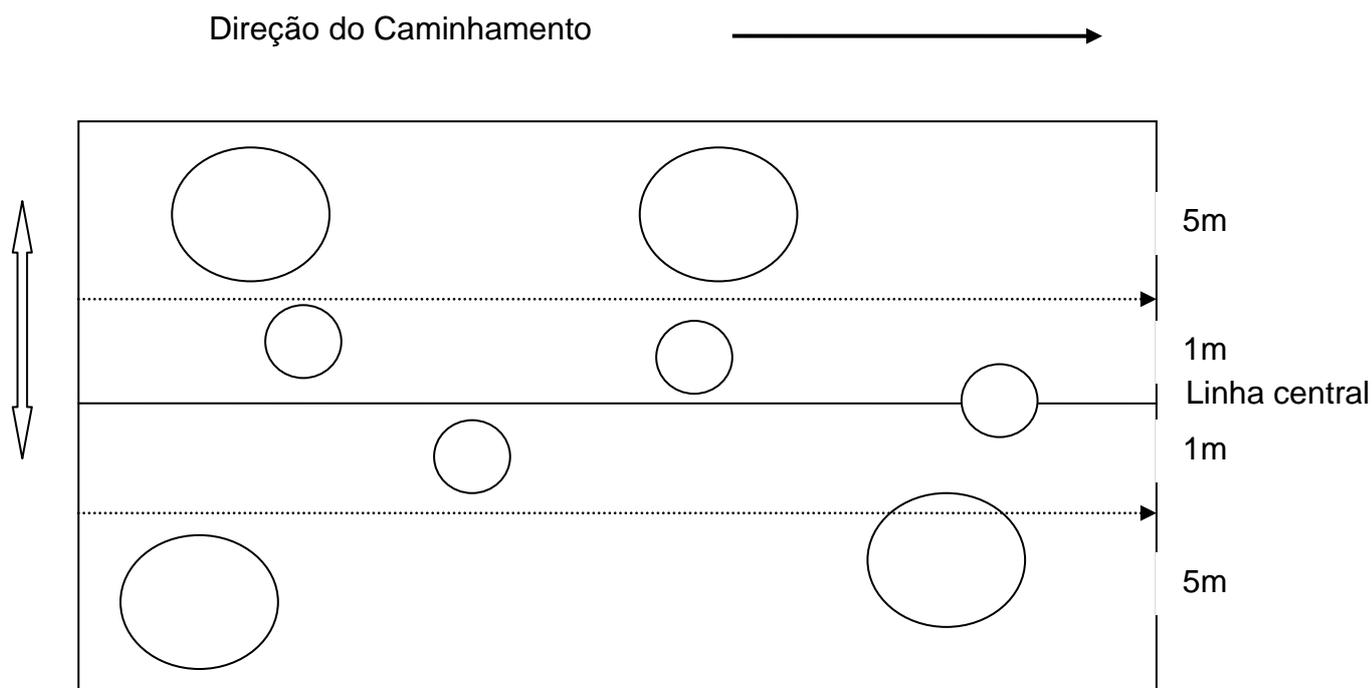


Figura 7- Desenho esquemático da área amostral para indivíduos arbustivos (1m de largura de cada lado) e arbóreos (5 m de largura de cada lado) a partir da linha de caminhamento central.

3.4.2 Identificação Botânica

A identificação das plantas foi realizada com base na experiência da autora em identificar plantas arbóreo-arbustivas em áreas de savana de Roraima, calcando-se também em literatura publicada anteriormente, e relacionada aos dois campos experimentais (MELO; BARBOSA, 2005). Plantas que por ventura fossem desconhecidas no inventário ou da literatura especializada deveriam seguir para o Herbário INPA para posterior identificação. Entretanto, todas as espécies foram comuns e este artifício não foi necessário. A padronização dos nomes científicos foi realizada através do sitio do Missouri Botanical Garden (www.mobot.org).

3.5 Coleta e Análise dos solos

A coleta de solo foi realizada por Fabrício Baccaro (INPA/PPBio – Manaus) e os procedimentos laboratoriais de análises químicas e físicas dos solos foi realizada por Tânia Pimentel, José Edvaldo Chaves, Raimundo Nonato Aquino e Orlando da

Cruz Junior, conforme descrito abaixo (Água Boa - <http://ppbio.inpa.gov.br/Port/inventarios/nrrr/aguaboa/solos> e Cauamé/Monte Cristo - <http://ppbio.inpa.gov.br/Port/inventarios/nrrr/cauame/solos>). A base bibliográfica para cumprir todas as etapas de coleta e análises do solo foi baseada em Kiehl (1979), Anderson; Ingram (1993), Embrapa (1997; 1999), Van Raij et al. (2001) e Zimmermann et al. (2007).

3.5.1 Coleta e Preparo das Amostras Para Análises Químicas e Física do Solo

Coleta do Solo

As amostras de solo foram coletadas em 6 pontos por parcela distantes 50m entre si (0, 50, 100, 150, 200 e 250 m) em todas as parcelas permanentes de distribuição uniforme instaladas nas grades de savana do PPBio em Roraima. Nas parcelas WE00-0700 (Cauamé/Monte Cristo) e WE02-1250, WE02-4250 e WE03-2750 (Água Boa), somente 3 amostras foram coletadas devido ao tamanho reduzido das mesmas. Em cada ponto de amostragem, foram coletadas 3 amostras de solo em diferentes profundidades (0-5, 5-10 e 10-20 cm) após a remoção da camada de liteira (folhiço), evitando retirar camadas de solo logo abaixo deste material. As amostras foram coletadas com auxílio de um trado manual de 5,5 cm de diâmetro. Após a coleta, folhiço, raízes e pedaços de carvão grandes foram retirados. Todas as amostras (aproximadamente 250 g de solo) foram devidamente etiquetadas e armazenadas em sacos plásticos para análises posteriores.

3.5.2 Secagem, Limpeza e Destorroamento do Solo

As amostras de solo foram secas à temperatura ambiente na casa de secagem. Antes de iniciar o processo de destorroamento (desfazer os torrões de solo) foi feita uma breve limpeza no solo retirando todos os pedaços de folhas, raízes e carvão com auxílio de uma pinça. O solo foi destorroado com o auxílio de uma garrafa de vidro e uma bandeja de plástico, previamente limpos. O material processado foi passado por uma peneira de 2 mm de diâmetro. Dessa forma, foram tamisados os agregados com diâmetro menor que 2 mm, separando de outras

impurezas que se encontravam no solo, obtendo-se a Terra Fina Seca ao Ar – TFSA.

3.5.3 Análise Química e Física do Solo

Foram feitas amostras compostas (juntando as sub-amostras das parcelas: 0, 50, 100, 150, 200 e 250 m) para cada profundidade (0-5, 5-10 e 10-20 cm) para a realização das análises físico-químicas do solo (pH em água, macro e micro nutrientes, e granulometria). As análises foram realizadas no Laboratório Temático de Solos e Plantas – LTSP / INPA, em Manaus.

3.5.4 Metodologias Usadas

pH: A concentração efetiva de íons H^+ foi determinada por meio de eletrodo combinado, diretamente imerso na solução de solo diluído em água na proporção de 1: 2,5 ml.

Cálcio, Magnésio e Alumínio trocável: foram extraídos por KCl 1N. O Al^{3+} trocável, foi titulado numa fração do extrato com NaOH 0,025 N, na presença de azul de bromotimol como indicador. Em outra fração do extrato o Ca^{+2} e Mg^{+2} foram determinados por Espectrofotometria de Absorção Atômica – EAA.

Fósforo, Potássio e micronutrientes do solo (Ferro, Zinco, Manganês e Cobre): foram extraídos com solução extratora de Mehlich I, também chamada de solução de duplo-ácido, constituída por uma mistura de HCl 0,05 M + H_2SO_4 0,0125 M. A relação solo: extrato sugerido foi de 1:10 mL. O K, Fe, Zn e Mn foram determinados por Espectrofotometria de Absorção Atômica – EAA. O fósforo disponível foi determinado por calorimetria no Espectrofotômetro usando molibdato de amônio e ácido ascórbico a 3%.

Granulometria (dispersão total): em uma alíquota de 10 gramas de solo foi adicionado um dispersante químico (Pirofosfato de sódio) para separar as partículas que compõem o solo. A matéria orgânica foi oxidada por aquecimento com peróxido de hidrogênio. A quantidade de argila foi determinada através do peso seco de 20 ml da suspensão de solo. As frações grosseiras (areia fina e grossa) foram separadas

por tamisação (peneiras), secas em estufa (105°C por 24 horas) e pesadas para obtenção dos respectivos percentuais. O silte corresponde ao complemento dos percentuais para 100%, sendo este obtido por diferença das outras frações em relação à amostra original.

3.6 Métodos para Análise Fitossociológica

3.6.1 Composição Florística

A composição florística foi avaliada a partir da montagem do banco de dados contendo informações das identificações taxonômicas dos indivíduos inventariados em cada área de savana, associadas às suas respectivas parcelas amostrais. Cada grade analisada resultou em uma lista geral de famílias, gêneros e espécies dentro de seu estrato vertical, com seus respectivos valores de diâmetro (D_{30} e Db), altura, diâmetro de copa, biomassa e carbono acima do solo. Este método foi o mesmo anteriormente adotado por Barbosa et al. (2010) dentro do primeiro censo fitossociológico das duas grades de savana do PPBio em Roraima.

3.6.1.1 Estrutura Horizontal

Os critérios de análise da estrutura horizontal foram definidos como aqueles que indicaram a ocupação (absoluta e relativa) de cada espécie identificada nas grades no sentido horizontal em relação ao solo. Os valores tradicionalmente utilizados foram abundância (densidade), dominância e frequência, todos obtidos dos estratos em conjunto, conforme sugerido por Felfili; Rezende (2003).

3.6.1.2 Abundância/Densidade

A abundância é definida como o número total de indivíduos de uma mesma espécie contabilizado dentro da unidade amostral. A densidade absoluta é a abundância absoluta por uma unidade de área estabelecida como padrão (hectare,

m², etc). A densidade relativa é a relativização da densidade absoluta da espécie pela densidade absoluta total do povoamento (SOUZA, 1973; VEIGA, 1977).

$$\text{Den Abs} = \frac{n}{\text{Área}}$$

$$\text{Den Rel} = \frac{n/(\text{Área})}{\sum N} \times 100$$

onde:

DenAbs = abundância absoluta.

n = número de indivíduos inventariados de uma mesma espécie.

Área = hectare

DenRel= abundância relativa (%).

N= soma do total de indivíduos inventariados

3.6.1.3 Dominância

A dominância absoluta de uma espécie é definida como a ocupação de seus indivíduos no ambiente estudado. Em geral, esta ocupação é representada pela área basal de cada espécie na área estudada. A dominância relativa é a porcentagem da dominância absoluta de cada espécie em relação à somatória da abundância absoluta da área estudada. Isto representa a participação percentual de cada espécie na expansão horizontal total.

$$\text{Área basal} = \frac{\pi \times D^2}{4}$$

$$\text{DomAbs} = \frac{g_i}{\text{área}}$$

$$\text{DomRel} = \frac{g_i}{G} \times 100$$

onde:

D = diâmetro dos indivíduos inventariados (para efeito de cálculo, este estudo usou o Db – diâmetro à altura da base, visto que é uma medida extraída de todos os indivíduos).

DomAbs = dominância absoluta.

DomRel = dominância relativa.

gi = área basal de cada espécie.

G = somatória da área basal do ha.

Área = hectare

3.6.1.4 Frequência

Frequência absoluta expressa o número de vezes em que determinada espécie ocorre dentro de um número estipulado de parcelas. A frequência relativa é a relação entre a frequência absoluta de uma dada espécie e a soma das frequências absolutas de todas as espécies, multiplicada por 100. A frequência fornece informação sobre a dispersão da espécie.

$$\text{FreAbs} = \frac{P_i}{P} \times 100$$

$$\text{FreRel} = \frac{FA_i}{FA} \times 100$$

onde:

FreAbs = frequência absoluta da espécie.

FreRel = frequência relativa da espécie

Pi = número onde ocorre a espécie i

P = número total de parcelas

FAi = frequência absoluta da espécie i

FA = somatório das frequências absolutas de todas as espécies consideradas.

3.6.1.5 Índice de Valor de Importância

O Índice de Valor de Importância Específica indica a posição sociológica de uma dada espécie dentro de uma comunidade de plantas, podendo indicar seu sucesso em explorar os recursos de seu habitat (FELFILI; REZENDE, 2003). Segundo Cain et al. (1956; 1959), o IVI representa o somatório dos valores relativos de abundância, dominância e frequência de cada espécie.

$$IVI = \text{DomRel\%} + \text{DenRel\%} + \text{FreRel\%}$$

3.6.1.6 Índice de Diversidade

Foi utilizado o índice de Shannon (H') para determinação da diversidade em cada uma das grades amostradas.

$$H' = (-\sum p_i \cdot \log p_i)$$

onde:

p_i é a estimativa da proporção de indivíduos (i) encontrados em cada espécie, sendo calculada como

$$p_i = \frac{n_i}{N}$$

n_i = número de indivíduos da espécie i

N = número total de indivíduos da amostra

\log = logarítmo na base 10, seguindo a fórmula original de Shannon (1948).

3.6.1.7 Índice de Similaridade

A similaridade infere comparações entre as duas áreas estudadas, no sentido de entender padrões de distribuição espacial das espécies associados a estes dois ambientes. O índice de similaridade observa o número de espécies e/ou famílias que possuem maior congruência entre diferentes ambientes, isto é, presença ou ausência de espécies entre as duas áreas. Para este estudo foi utilizado o Índice de Sørensen (quantitativa) da mesma forma como especificado em Kent; Coker (1994):

$$S_{ij} = \frac{2c}{(a + b)} \times 100$$

Onde:

a = número de espécies restritas a área 1.

b = número de espécies restritas a área 2.

c = número de espécies comuns às áreas 1 e 2.

3.6.1.8 Cálculos da biomassa e do estoque de carbono

O cálculo da biomassa arbóreo-arbustivo foi realizado apenas para os indivíduos com circunferência de base acima de 2 cm (independente do estrato vertical), utilizando a regressão múltipla desenvolvida por Barbosa; Fearnside (2005) para as savanas de Roraima, conforme descrito abaixo:

$$\ln(Bs) = a + b.\ln(Ht) + c.\ln(Db) + d.\ln(Dc)$$

Onde:

(1) a = 4,501; b = 0,459; c = 1,589; d = 1,025

(2) Bs: biomassa seca (kg); Db: diâmetro de base medido a 2 cm acima do solo (m); Ht: altura total (m); Dc: diâmetro de copa (m).

(3) R² = 0,984 e Erro Padrão da Estimativa = 27,7%

A concentração de carbono (%C) nos diferentes compartimentos (folhas, troncos, galhos e gravetos) das espécies inventariadas nas duas grades foi estimada a partir dos dados apresentados por Barbosa (2001) para as espécies de savana de Roraima, conforme (tabela 2).

Tabela 2 - Concentração média de carbono para as principais espécies arbóreo-arbustivas presentes nas savanas de Roraima. Dados extraídos de Barbosa(2001).

Espécie	Compartimento	Fração Correspondente	%C	%C (Ponderado)
<i>Bowdichia virgilioides</i>	Folha	0.1458	50.98	47.93
	Galho	0.5826	47.62	
	Graveto	0.1309	46.53	
	Tronco	0.1406	47.33	
<i>B. crassifolia</i> e <i>B. coccolobifolia</i>	Folha	0.1998	51.66	47.86
	Galho	0.5845	47.18	
	Graveto	0.1560	46.15	
	Tronco	0.0597	46.29	
<i>Byrsonima verbascifolia</i>	Folha	0.3723	50.01	48.52
	Galho	0.6058	47.72	
	Graveto	0.0218	45.53	
	Tronco	-	-	
<i>Curatella americana</i>	Folha	0.1760	44.14	44.85
	Galho	0.4718	45.24	
	Graveto	0.2287	44.52	
	Tronco	0.1235	44.99	
<i>Hymatanthus articulatus</i>	Folha	0.2663	51.34	47.62
	Galho	0.3883	47.01	
	Graveto	0.1264	45.67	
	Tronco	0.2191	45.33	
Outras (16 espécies)	Folha	0.1549	50.18	46.28
	Galho	0.5753	45.63	
	Graveto	0.1343	45.07	
	Tronco	0.1355	45.81	

3.7 Análises dos Dados (Padrão de Distribuição)

O padrão de distribuição espacial das espécies foi baseado em análises multivariadas com base no total de estoque de carbono contido em cada uma das parcelas amostrais. Inicialmente foi realizada uma Análise de Conglomerados (Cluster Analysis) para entender se o estoque de carbono contido em cada uma das parcelas define grupos fitofisionômicos. Esta foi uma análise exploratória com o objetivo de classificar as parcelas por similaridade de estoque de carbono contido

nas espécies arbóreo-arbustivas. Para tanto, foi utilizado o Método de Agregação de Ward (variância mínima) com a medida de Distância Euclidiana, utilizando o pacote estatístico BioEstat versão 5.0 (AYRES et al., 2007).

Em seguida as parcelas foram ordenadas pelos escores do eixo formado pela análise RA (Reciprocal Averaging – média recíproca) a partir do estoque de carbono contido nas espécies presentes nas respectivas parcelas. Esta análise gerou um gráfico composto (função genérica) construído dentro do pacote estatístico R (CRAWLEY, 2007), conforme “script” elaborado por Costa et al. (2008). Por ser uma análise exploratória, serviu para entender se haviam parcelas que determinavam grupos de espécies e seus respectivos estoques de carbono. Por fim, foi realizada outra ordenação para a construção de gráficos compostos para entender quais condicionantes ambientais edáficas (química e física do solo) poderiam estar definindo maior ou menor estoque de carbono das espécies. O objetivo foi o de avaliar a contribuição relativa de cada variável ambiental na presença/ausência de espécies e seus respectivos estoques de carbono. Os efeitos positivos (+), negativos (-) ou nulos (0) são inferidos a partir dos terços superiores, inferiores e medianos de todos os valores de cada uma das variáveis ambientais.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Composição, Riqueza e Diversidade

4.1.1 Campo Experimental Água Boa

Foram observadas quatro espécies do estrato arbóreo-arbustivo pertencentes a 3 famílias botânicas, perfazendo uma densidade absoluta (árvores + arbustos) de 24,7 ind.ha⁻¹ (tabela 3). A espécie de maior densidade, dominância e frequência individual foi *Byrsonima crassifolia* (L.) H.B.K., resultando no maior índice de valor de importância (IVI) das espécies amostradas nesta grade (61,98%), seguida de *Curatella americana* L. (24,03%), *Byrsonima coccolobifolia* Kunth (10,82%) e *Xylopia aromatica* (Lam.) Mart. (3,16%). A diversidade determinada pelo Índice de Shannon (H') foi de 0,27 para esta área, indicando que a baixa riqueza deste estrato nesta

grade esta estabelecida devido a uma alta concentração de indivíduos em uma única espécie (*B. crassifolia*).

Tabela 3 – Abundância, densidade, dominância, frequência e índice de valor de importância (IVI) das espécies arbóreo-arbustivas presentes nas parcelas permanentes na grade de savana do PPBio no Campo Experimental Água Boa (Boa Vista, Roraima).

Família	Espécie	Abundância (n/5,13 ha) D ₃₀ ≥ 5cm	Abundância (n/1,03 ha) 2cm ≤ D ₃₀ < 5cm	DenAbs (n/ha)	DenRel (%)	DomAbs (cm ² /ha)	DomRel (%)	FreqAbs (n)	FreqRel (%)	IVI
Annonaceae	<i>Xylopia aromatica</i> (Lam.) Mart.	1	0	0,2	0,79	0,002	1,01	1	7,7	3,16
Dilleniaceae	<i>Curatella americana</i> L.	13	1	3,5	14,18	0,045	27,14	4	30,8	24,03
Malpighiaceae	<i>Byrsonima coccolobifolia</i> Kunth.	5	0	1,0	3,94	0,009	5,45	3	23,1	10,82
	<i>Byrsonima crassifolia</i> (L.) H.B.K.	53	10	20,0	81,09	0,111	66,40	5	38,5	61,98
Total		72	11	24,7	100	0,167	100	13	100	100
Riqueza (S)	4									
Shannon (H')	0,27									

4.1.2 *Campus* do Cauamé (Monte Cristo)

Nesta área de savana foram registradas 7 espécies arbóreo-arbustivas pertencentes a 6 famílias botânicas. A densidade absoluta (árvores + arbustos) foi de 118,4 ind.ha⁻¹ (tabela 4). A espécie de maior densidade foi *B. crassifolia*. No entanto, a espécie de maior dominância e frequência individual foi *C. americana*, com o maior IVI (37,63%) das espécies amostradas, seguida de *B. crassifolia* (21,40%), *B. coccolobifolia* (19,25%), *Roupala montana* (8,94%), *Himatanthus articulatus* (7,05%), *Bowdichia virgilioides* (3,69%) e *Antonia ovata* (2,03%). A diversidade determinada pelo índice de Shannon (H') foi de 0,74 indicando que esta área, possui uma distribuição mais equilibrada de indivíduos entre as espécies observadas em relação a outra área amostrada (AB).

Tabela 4 – Abundância, densidade, dominância, frequência e IVI das espécies arbóreo-arbustivas presentes nas parcelas permanentes da grade de savana do PPBio no *Campus* do Cauamé (Boa Vista, Roraima).

Família	Espécie	Abundância (n/2,83 ha) D ₃₀ ≥ 5cm	Abundância (n/0,566 ha) 2cm ≤ D ₃₀ < 5cm	DenAbs (n/ha)	DenRel (%)	DomAbs (cm ² /ha)	DomRel (%)	FreqAbs (n)	FreqRel (%)	IVI
Apocynaceae	<i>Himatanthus articulatus</i> (Vahl) Wood	5	5	10,6	8,96	0,0463	4,51	3	7,7	7,05
Dilleniaceae	<i>Curatella americana</i> L.	51	8	32,2	27,16	0,5636	54,97	12	30,8	37,63
Fabaceae	<i>Bowdichia virgilioides</i> H.B.K.	5	2	5,3	4,48	0,0150	1,47	2	5,1	3,69
Loganiaceae	<i>Antonia ovata</i> Pohl.	0	2	3,5	2,99	0,0055	0,54	1	2,6	2,03
Malpighiaceae	<i>Byrsonima coccolobifolia</i> Kunth.	37	5	21,9	18,51	0,1132	11,04	11	28,2	19,25
	<i>Byrsonima crassifolia</i> (L.) H.B.K.	49	10	35,0	29,55	0,1712	16,70	7	17,9	21,40
Proteaceae	<i>Roupala montana</i> Aubl.	23	1	9,9	8,36	0,1105	10,78	3	7,7	8,94
Total		170	33	118,4	100	1,025	100	39	100	100
Riqueza (S)	7									
Shannon (H')	0,74									

4.2 Similaridade entre as Áreas

A similaridade entre as áreas calculada pelo índice de Sørensen foi de 54,5%. Das 8 espécies arbóreo-arbustivas encontradas em todo o levantamento, apenas 3 foram comuns às duas áreas (*C. americana*, *B. coccolobifolia* e *B. crassifolia*). As espécies exclusivas da grade do Monte Cristo foram *H. articulatus*, *B. virgilioides* e *R. montana*, enquanto no Água Boa apenas *X. aromatica* foi exclusiva.

Os resultados fitossociológicos apresentados indicam que a grade do MC é mais rica e diversa com maior densidade de indivíduos do que AB. Entretanto, de forma geral as duas áreas indicam baixa riqueza e diversidade arbóreo-arbustiva, com um número pouco expressivo de indivíduos, em especial os arbustivos. A riqueza de espécies registrada neste estudo foi menor do que aos encontrados por Barbosa et al. (2005), estudando três áreas de savana de Roraima influenciadas por cupinzeiros de *Cornitermes ovatus*, quando foram determinadas 29 espécies arbóreo-arbustivas. Da mesma forma, Miranda; Absy (1997; 2000) e Miranda et al. (2002) também encontraram número bem superior de espécies e uma diversidade mais elevada. No caso destes estudos, as investigações foram realizadas em um número de ambientes muito mais diversificados. As áreas de savana do PPBio em Roraima são tipicamente de vegetação aberta, resguardando ambientes gramíneos

(campo limpo e campo sujo) ou pouco densos como no caso dos mosaicos gramíneos com parqueados. Em comum, todos os trabalhos relatados para as savanas de Roraima apontam baixa diversidade de espécies arbóreo-arbustivas quando comparada a outras áreas de cerrado (savana) do Brasil Central.

A baixa diversidade e riqueza das savanas de Roraima são características intrínsecas desta região e condizem com as indicações de Ratter et al. (1997) e com os estudos de Sanaiotti (1996, 1997). Estas investigações apontam as savanas de Roraima como as mais distantes floristicamente daquelas delimitadas pelo bioma Cerrado (Brasil Central), que possuem, em geral, diversidade (Shannon) superior a 3 (ANDRADE et al., 2002). Estas diferenças estão relacionadas a diferentes fatores ambientais, em geral tipo e formação do solo, da mesma forma como sugerido por Araújo; Barbosa (2007) em uma investigação fitossociológica preliminar realizada nas duas áreas (MC e AB). Neste estudo os autores apresentam conclusões de que tanto no AB quanto no MC, a riqueza e a diversidade das espécies arbóreo-arbustivas seriam fortemente relacionadas ao tipo e formação pedológica, além da variação na profundidade do lençol freático.

As duas áreas estudadas apresentam similaridade mediana, considerando-se os valores obtidos pelo índice de Sørensen (54,5%). Este resultado sugere que, mesmo com possíveis diferenças ambientais, os componentes arbóreo-arbustivos possuem alguma congruência entre as áreas. Esta congruência pode estar associada a pequenos mosaicos de vegetação influenciados, principalmente, por fatores relacionados à presença de fogo, tipo de solo e estratégias reprodutivas (SANAIOTTI, 1996; SAN JOSÉ; FARINAS, 1991). Isto pode ser constatado pelas três principais espécies dos lavrados de Roraima (*C. americana*, *B. coccolobifolia* e *B. crassifolia*), que dominam todos os sistemas de savana regionais quase sempre com mais de 70% dos indivíduos arbóreo-arbustivos (BARBOSA; FEARNSIDE, 2005).

4.3 Estimativas do Estoque de Biomassa e Carbono

4.3.1 Campo Experimental Água Boa

Dentre as 22 parcelas amostradas, a fitofisionomia Sg-cl (campo limpo) foi a mais frequente (19). O estoque médio de biomassa/carbono para a Sg-cl foi de

9,48±32,60 (DP) kg/ha (4,51±15,47 kg C/ha), caracterizando a baixa concentração do componente arbóreo-arbustivo neste tipo de paisagem (tabela 5). A fitofisionomia Sg-cs (campo sujo) desta grade possui um maior estoque de carbono em função da maior quantidade de espécies e indivíduos (359,69 kg C/ha), seguido do mosaico Sg+Sp (graminoso + parqueado), com estoque médio de 1034,74 kg C/ha devido à maior abundância de indivíduos de maior porte neste tipo de paisagem.

Tabela 5 - Concentração de carbono (%C) e estoque de biomassa/carbono (kg/ha) do componente arbóreo-arbustivo ($D_{30} \geq 2\text{cm}$) determinados por parcela e tipologia na grade de savana do Campo Experimental Água Boa.

Código das parcelas	Fitofisionomia	Grupo Arbóreo ($D_{30} \geq 5\text{ cm}$)			Grupo Arbustivo ($D_{30} 2-5\text{ cm}$)			Estoque (kg/ha)	
		Área Amostral (m ²)	Biomassa (kg/parcela)	Carbono (kg/parcela)	Área Amostral (m ²)	Biomassa (kg/parcela)	Carbono (kg/parcela)	Biomassa	Carbono
we00-1750	Sg(cl)	2500	0,000	0,000	500	0,000	0,000	0,00	0,00
we00-2250	Sg(cl)	2500	0,000	0,000	500	0,000	0,000	0,00	0,00
we00-2750	Sg(cl)	2500	0,000	0,000	500	0,000	0,000	0,00	0,00
we01-0250	Sg(cl)	2500	0,000	0,000	500	0,000	0,000	0,00	0,00
we01-0750	Sg(cl)	2500	0,000	0,000	500	0,000	0,000	0,00	0,00
we01-1250	Sg(cl)	2500	0,000	0,000	500	0,000	0,000	0,00	0,00
we01-1750	Sg(cl)	2500	0,000	0,000	500	0,000	0,000	0,00	0,00
we01-2250	Sg(cl)	2500	0,000	0,000	500	0,000	0,000	0,00	0,00
we01-2750	Sg(cl)	2500	0,000	0,000	500	0,000	0,000	0,00	0,00
we01-3750	Sg(cl)	2500	30,683	14,685	500	1,029	0,462	143,32	67,97
we02-1250	Sg(cl)	1400	0,000	0,000	280	0,000	0,000	0,00	0,00
we02-1750	Sg(cl)	2500	0,000	0,000	500	0,000	0,000	0,00	0,00
we02-2250	Sg(cl)	2500	0,000	0,000	500	0,000	0,000	0,00	0,00
we02-2750	Sg(cl)	2500	0,000	0,000	500	0,000	0,000	0,00	0,00
we02-3250	Sg(cl)	2500	0,000	0,000	500	0,000	0,000	0,00	0,00
we02-3750	Sg(cl)	2500	0,000	0,000	500	0,000	0,000	0,00	0,00
we02-4250	Sg(cl)	1300	0,000	0,000	260	0,958	0,459	36,86	17,64
we03-2750	Sg(cl)	1100	0,000	0,000	220	0,000	0,000	0,00	0,00
we03-3250	Sg(cl)	2500	0,000	0,000	500	0,000	0,000	0,00	0,00
média Sg(cl)								9,48	4,51
Desvio Padrão								32,60	15,47
we01-3250	Sg(cs)	2500	166,487	79,586	500	0,912	0,437	684,19	327,07
we03-3750	Sg(cs)	2500	170,169	81,345	500	6,992	3,346	820,52	392,31
média Sg(cs)								752,36	359,69
we01-4250	Sg+Sp	2500	559,608	256,167	500	1,052	0,503	2259,47	1034,74

4.3.2 *Campus* do Cauamé (Monte Cristo)

A fitofisionomia com maior número de parcelas amostradas nesta grade foi Sg-cs (8). No entanto, o estoque médio de biomassa/carbono foi maior no mosaico Sg+Sp com $2794,74 \pm 1457,00$ kg/ha ($1275,16 \pm 638,59$ kg C/ha). Na tipologia Sg-cs o estoque médio de carbono foi de $678,82 \pm 555,98$ kg C/ha, enquanto no campo limpo o estoque foi $34,87$ kg C/ha (tabela 6). Este padrão de distribuição biomassa/carbono por fitofisionomias é o mesmo identificado no Água Boa.

Tabela 6 - Concentração de carbono (%C) e estoque de biomassa/carbono (kg/ha) do componente arbóreo-arbustivo ($D_{30} \geq 2$ cm) determinados por parcela e tipologia na grade de savana do *Campus* Cauamé (Monte Cristo).

Código das Parcelas	Fitofisionomia	Grupo Arbóreo ($D_{30} \geq 5$ cm)			Grupo Arbustivo ($D_{30} 2-5$ cm)			Estoque (kg/ha)	
		Área Amostral (m ²)	Biomassa (kg/parcela)	Carbono (kg/parcela)	Área Amostral (m ²)	Biomassa (kg/parcela)	Carbono (kg/parcela)	Biomassa	Carbono
we01-0750	Sg(cl)	2400	13,900	6,395	480	0,874	0,395	76,12	34,87
Média								76,12	34,87
we00-0700	Sg(cs)	1400	79,184	37,342	280	0,190	0,091	572,40	269,96
we01-1750	Sg(cs)	2500	800,312	358,948	500	0,000	0,000	3201,25	1435,79
we02-0750	Sg(cs)	2100	87,737	41,857	420	0,236	0,113	423,42	202,01
we02-1250	Sg(cs)	2500	276,623	124,604	500	0,499	0,224	1116,46	502,89
we02-1750	Sg(cs)	2500	962,273	432,011	500	2,174	0,975	3892,57	1747,54
we03-1250	Sg(cs)	2500	380,511	176,182	500	0,000	0,000	1522,04	704,73
we03-2225	Sg(cs)	2500	212,336	95,674	500	0,000	0,000	849,35	382,70
we04-1250	Sg(cs)	2500	85,406	40,462	500	2,410	1,154	389,83	184,92
Média								1495,91	678,82
DP (Desvio Padrão)								1247,07	555,98
we02-2200	Sp+Sg	2500	1200,840	538,663	500	1,657	0,743	4836,49	2169,51
we03-1750	Sp+Sg	2400	290,188	135,706	480	15,576	7,389	1533,61	719,38
we04-1750	Sp+Sg	2500	474,688	220,647	500	5,769	2,700	2014,12	936,60
Média								2794,74	1275,16
DP (Desvio Padrão)								1457,00	638,59

4.4 Distribuição/Ordenamento do Estoque de Carbono

4.4.1 Campo Experimental Água Boa

4.4.1.1 Análise de Conglomerados

A análise de conglomerados para o AB isolou totalmente as poucas parcelas com baixo (ou nenhum) estoque de carbono arbóreo-arbustivo, separando-as efetivamente do subgrupo das parcelas Sg-cs e Sg+Sp (figura 8). O subgrupamento campo sujo foi compacto e relacionado ao grupamento Sg+Sp (monoespecífico) devido ao maior relacionamento dos estoques de carbono entre as duas fitofisionimias. Estes dois grupos são distantes similarmente em relação às fisionomias Sg-cl. Estas últimas (isentas do componente arbóreo-arbustivo) estão sob Gleissolos e são totalmente influenciadas pela flutuação do lençol freático no período chuvoso regional (maio-agosto).



Figura 8 - Dendrograma (Análise de Conglomerados) de similaridade entre as fitofisionomias estabelecidas para as parcelas amostrais da grade de savana do Campo Experimental Água Boa.

4.4.1.2 Ordenação Genérica

a) Reciprocal Averaging (RA)

A análise exploratória para o AB, baseada no gráfico genérico gerado a partir dos scores RA (parcelas x espécies) representou a formação de dois grupos de espécies: G1 (delimitado pelo gênero *Byrsonima*) e G2 (*C. americana* e *X. aromatica*) (figura 9). Este resultado é um indicativo de que variáveis ambientais determinam a ausência/presença destas espécies nas parcelas avaliadas.

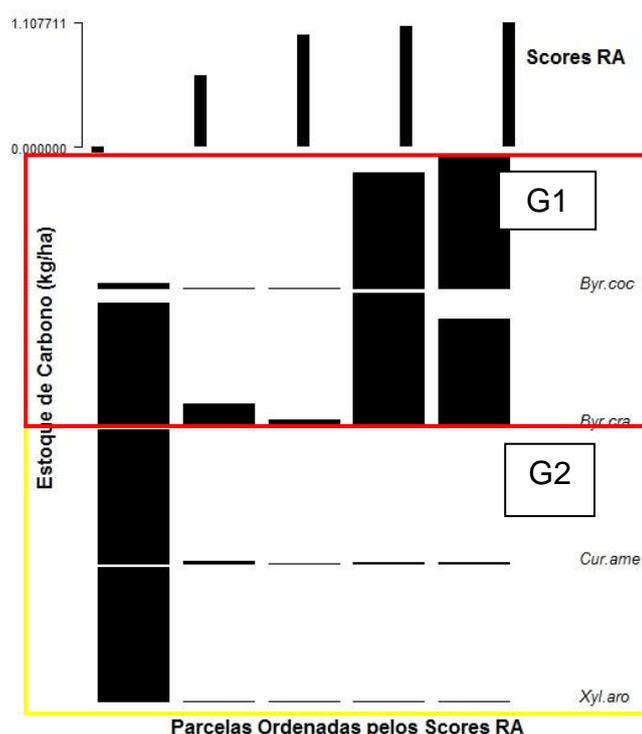


Figura 9 – Gráfico composto (função genérica) indicando a ordenação das parcelas em função dos escores RA obtidos para o estoque de carbono arbóreo-arbustivo de cada uma das espécies na grade AB (Xyl.aro=*X. aromatica*, Cur.ame=*C. americana*, Byr.cra=*B. crassifolia*, Byr.coc=*B. coccolobifolia*). As parcelas isentas de espécies arbóreo-arbustivas foram extraídas da análise porque o ordenamento multivariado do RA não admite que sejam incluídas linhas matriciais com somatório igual a zero.

b) Carbono x Fatores Edáficos (química e física do solo)

O estoque de carbono das quatro espécies observadas nesta área apresenta um padrão relacionado aos fatores edáficos, como por exemplo, a soma das bases (SB) e a concentração de Zinco (figura 10). As duas espécies de *Byrsonima* ocorreram preferencialmente em ambientes mais férteis, embora elas também possuam estoques em parcelas com nível de fertilidade mais baixo, indicando que ambas possuem amplo espectro de distribuição para demais análises de fertilidade e granulometria (ver Apêndice 3-8)

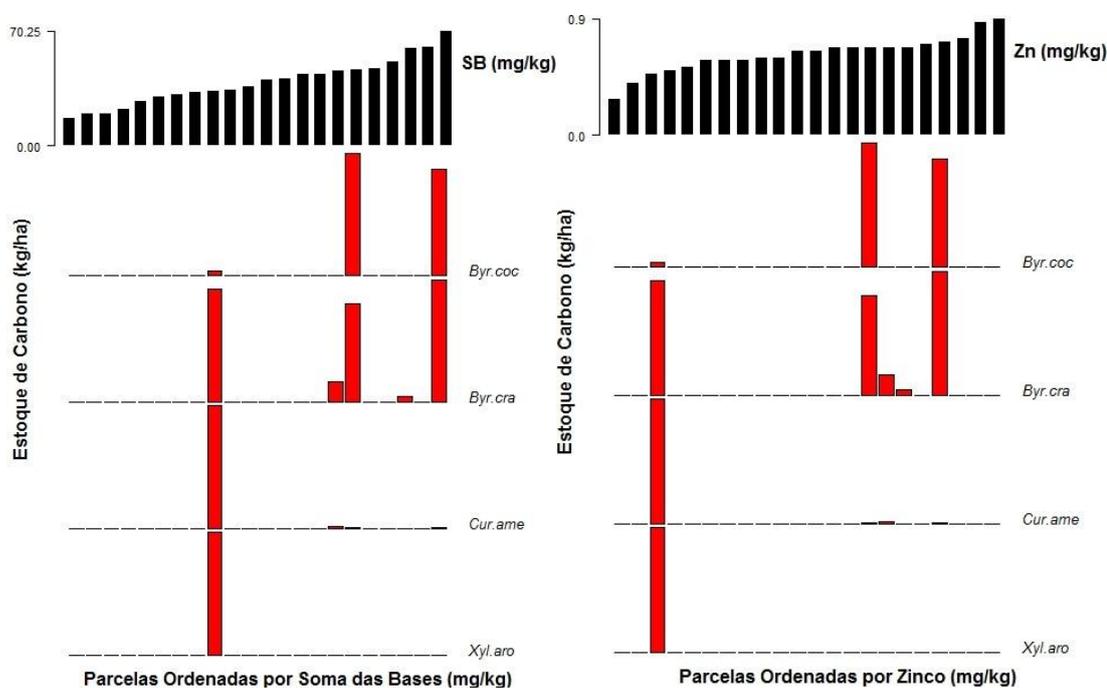


Figura 10- Ordenamento do estoque de carbono contido nas espécies arbóreo-arbustivas, por parcela, presentes na grade de savana do Campo Experimental Água Boa (Embrapa), em função da (A) soma das bases (mg/kg) e (B) da concentração de zinco (mg/kg).

Os estoques de carbono relacionados às espécies *X. aromatica* e *C. americana* estão presentes em ambientes (parcelas) com menor exigência nutricional, visto possuírem um efeito positivo, por exemplo, com baixo teor de

fósforo e presença de maior acidez (pH) no solo, em relação às duas *Byrsonima* (tabela 7).

Tabela 7 – Efeito (positivo, negativo, nulo) da textura e fertilidade do solo nos estoques de carbono das diferentes espécies arbóreo-arbustivas presentes nas parcelas da grade de savana do Campo Experimental Água Boa (Embrapa).

	<i>X. aro</i>	<i>C. ame</i>	<i>B. cra</i>	<i>B. coc</i>
Argila	0	+	+	+
Silte	0	+	0	0
Areia	-	-	0	+
pH	-	-	0	+
Ca	0	-	+	+
Mg	0	-	0	+
K	0	0	0	+
Sb	-	0	+	+
Al	0	+	0	0
P	-	-	+	+
Fe	+	+	0	+
Zn	-	-	+	+
Mn	0	0	+	+

4.4.2 *Campus* do Cauamé (Monte Cristo)

4.4.2.1 Análise de Conglomerados

Duas das parcelas definidas como mosaico Sg+Sp na grade MC formam um sub-grupo distante dos demais, embora uma das parcelas desta fitofisionomia esteja mais próxima de duas parcelas de tipologia Sg-Cs, formando um sub-grupamento à parte e distinto pelas espécies presentes nestas três unidades amostrais (figura 11). As demais parcelas formam sub-grupos em função de diferenças ou igualdades de espécies e estoque de carbono, incluindo o ambiente de menor estoque de carbono (“campo limpo”). Embora os ambientes possuam estoque de carbono similar, as espécies componentes da paisagem são diferenciadas, indicando diferentes pedofitounidades (BARBOSA et al., 2010).

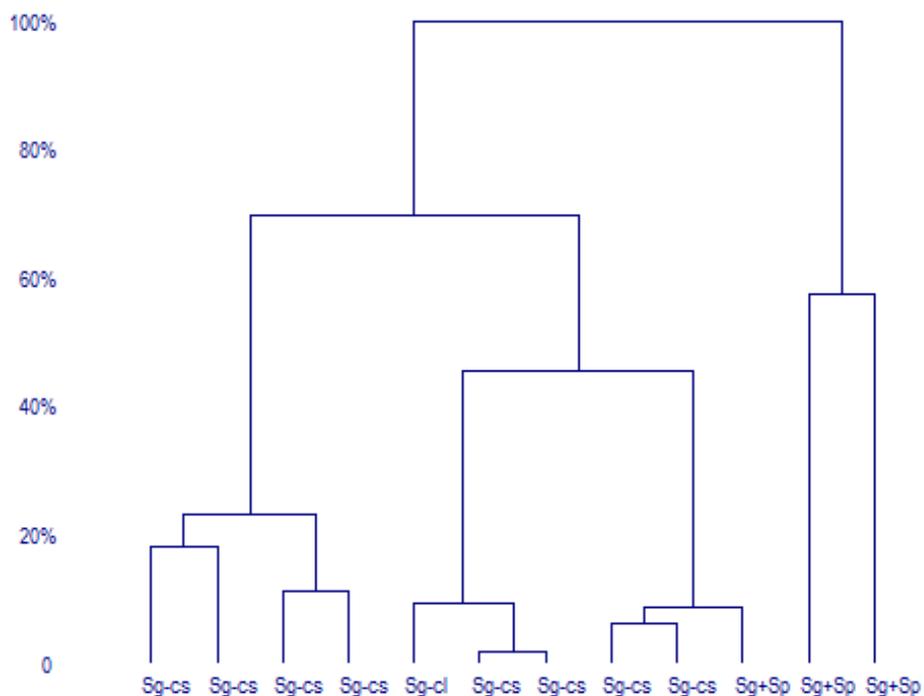


Figura 11 - Dendrograma (Análise de Conglomerados) de similaridade entre as fitofisionomias estabelecidas para as parcelas amostrais da grade de savana do *Campus* do Cauamé (Monte Cristo).

4.4.2.2 Ordenação Genérica

a) Reciprocal Averaging (RA)

A análise exploratória para o MC, baseada no gráfico genérico gerado a partir dos scores RA (parcelas x espécies) indicou um padrão de divisão de três grupamentos de espécies: G1 (*A. ovata*, *R. montana*, *B. virgilioides* e *H. articulatus*), G2 (*B. crassifolia* e *B. coccolobifolia*) e G3 (*C. americana*) (figura 12). Da mesma forma que no AB, este resultado também é um indicativo de que variáveis ambientais condicionam esta distribuição e seus respectivos estoques de carbono.

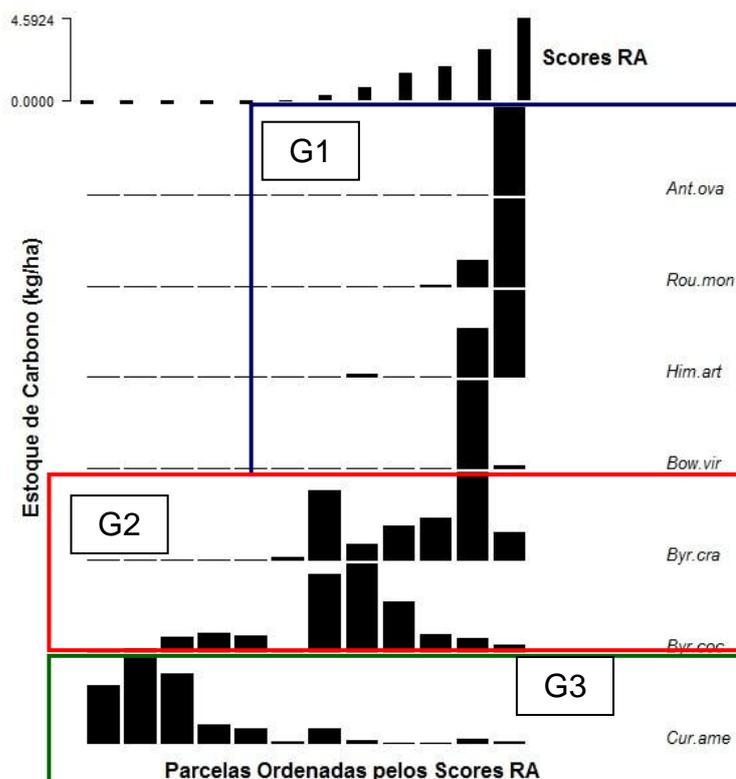


Figura 12 – Gráfico composto (função genérica) indicando a ordenação das parcelas em função dos escores RA obtidos para o estoque de carbono arbóreo-arbustivo de cada uma das espécies na grade MC (Ant.ova= *A. ovata*, Rou.mon= *R. montana*, Him.art= *H. articulatus*, Bow.vir= *B. virgilioides*, Cur.ame=*C. americana*, Byr.cra=*B. crassifolia*, Byr.coc=*B. coccolobifolia*).

b) Carbono versus Fatores Edáficos (química e física do solo)

O estoque de carbono das sete espécies inventariadas nesta grade segue, em geral, um padrão de ocorrência relacionado aos fatores edáficos, como por exemplo, o alumínio tóxico (Al^{+3}) e a concentração de Argila (%) (figura 13). Tomando estes dois fatores edáficos, é possível verificar que as espécies *B. crassifolia*, *B. coccolobifolia* e *C. americana* possuem ampla distribuição por quase todas as parcelas desta grade, enquanto as demais (*A. ovata*, *B. virgilioides*, *R. montana* e *H. articulatus*) estão presentes apenas em ambientes com baixa toxidez de alumínio e alta concentração de argila. Solos com alto teor de argila estão relacionados com a fixação de fósforo, que é um elemento de alta mobilidade no solo (MOREIRA, 1996).

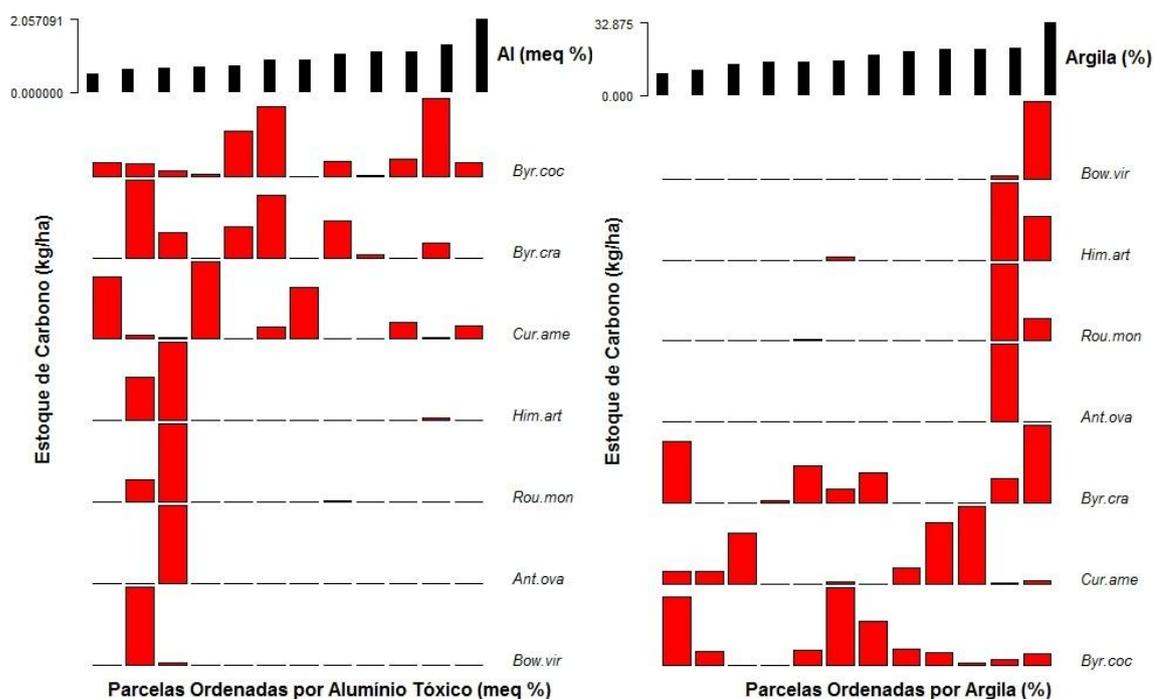


Figura 13- Ordenamento do estoque de carbono contido nas espécies arbóreo-arbustivas, por parcela, presentes na grade de savana do *Campus* do Cauamé (Monte Cristo/UFRR), em função da (A) concentração de alumínio tóxico (meq %) e (B) da concentração de argila (%).

O efeito das diferentes variáveis edáficas na presença/ausência das espécies analisadas na grade MC estão destacados tanto na Tabela 8 quanto graficamente no Apêndice 9-14.

Tabela 8 – Efeito (positivo, negativo, nulo) das variáveis ambientais nos estoques de carbono das diferentes espécies arbóreo-arbustivas presentes nas parcelas das grades de savana do PPBio em Roraima (MC = Cauamé/Monte Cristo).

	<i>B.cra</i>	<i>B.coc</i>	<i>C. ame</i>	<i>H.art</i>	<i>R.mon</i>	<i>A.ova</i>	<i>B.vir</i>
Argila	0	0	0	+	+	+	+
Silte	0	0	0	+	+	+	0
Areia	0	0	0	-	-	-	-
pH	0	0	0	0	0	0	0
Ca	0	0	0	0	-	-	0
Mg	0	0	0	-	-	-	-
K	0	0	0	-	-	-	-
Sb	0	0	0	-	-	-	0
Al	0	0	0	-	-	-	-
P	0	0	0	-	-	-	-
Fe	0	0	0	+	+	+	-
Zn	0	0	0	-	-	-	0
Mn	0	0	0	-	-	-	0

O maior estoque de carbono/biomassa está concentrado nas três espécies mais abundantes nas savanas de Roraima (*B. crassifolia*, *B. coccolobifolia* e *C. americana*). Este resultado foi similar ao encontrado por Barbosa; Fearnside (2005) para as savanas de Roraima. Sarmiento; Vera (1979) também indicaram que *B. crassifolia* e *C. americana* possuem grande participação na biomassa hipógea dos Llanos venezuelanos. Estes últimos atribuem às variáveis ambientais a dominância destas espécies. O lençol freático parece ser um condicionante importante para presença e distribuição das espécies em áreas do cerrado brasileiro.

San José et. al (1997) indicaram que as espécies *C. americana*, *B. crassifolia* e *B. virgilioides* são muito resistentes ao fogo e que, em uma área de savana na Venezuela, chegaram a acumular 98% do estoque de carbono acima do solo na vegetação e que, mesmo após 25 anos elas continuavam armazenando 50% do estoque de carbono. Budowski (1956) *apud* Cardoso et al. (2000) relatam que as espécies resistentes ao fogo podem ser favorecidas nas primeiras queimas. No entanto, após repetidas queimadas podem ser prejudicadas em função da proteção do caule ter sido destruído anteriormente.

Castro; Kauffman (1997) calcularam que o fogo consumiu 84-92% do total de biomassa acima do solo para campo limpo e campo sujo, respectivamente, em uma área de cerrado do Brasil Central. Segundo os autores, no cerrado aberto e cerrado denso (mais arborizados), árvores e arbustos são pouco afetados pelo fogo, embora contenham o maior estoque de biomassa/carbono dos sistemas mais arborizados. No entanto, pouco se conhece sobre a influência do fogo na liberação do carbono para estas fitofisionomias, pois quando se trata de biomassa aérea, na maioria das vezes se remete aos componentes herbáceos (MIRANDA et al., 1996). Apenas Barbosa; Fearnside (2005) possuem estimativas para eliminação do componente arbóreo-arbustivo por fogo nas savanas de Roraima. A quantificação do estoque de carbono nas espécies arbóreo-arbustivas é base para a quantificação de liberação de carbono.

Neste estudo a fitofisionomia que apresentou maior estoque de carbono/biomassa foi o mosaico Sg+Sp (savana graminosa com parquedá) devido à presença de um maior adensamento de indivíduos arbóreo-arbustivos neste tipo de paisagem, condicionado pelas características físicas e químicas dos solos nas áreas estudadas. As parcelas que apresentaram maior predominância das espécies estavam localizadas sobre Latossolos e Argissolos (principalmente Monte Cristo) e,

as parcelas que estavam sobre solos hidromórficos (Gleissolos em associação com Neossolos Quartzarênicos, em especial no Água Boa) apresentaram pouco ou nenhum indivíduo arbóreo-arbustivo. A conjugação de diferentes tipos de solos e fitofisionomias geram fitopedonidades. Ou seja, unidades fitopedológicas que podem ter mesma fitofisionomia sob classes de solos diversificadas, induzindo a estoque de biomassa/carbono diferentes. Este foi o caso da grade do Monte Cristo, onde diferentes sub-grupamentos de Sg-cs foram formados, pois continham mesma fitofisionomia sob classes de solo diferentes, induzindo a diferentes composições de espécies que condicionavam diferentes estoques de carbono.

Em geral os resultados deste estudo evidenciaram uma correlação entre aumento de elementos lenhosos e o conseqüentemente aumento do estoque de carbono/biomassa com a característica química e física do solo. Este resultado é similar ao determinado por Ribeiro et al. (1982), que reportaram a presença de um cerrado denso em solo de fertilidade similar ao de áreas de cerrado aberto.

Castro; Kauffman (1997) observaram em seus resultados que o total de biomassa acima do solo foi significativamente diferente entre as fisionomias, campo limpo, campo sujo e cerrado denso. A média da área basal e altura no estudo destes autores foram importantes na quantificação da biomassa para arbustos no cerrado aberto, da mesma forma como para o AB e MC, onde foi utilizado um método indireto de quantificação de biomassa/carbono.

Foi possível verificar que os fatores edáficos influenciam na distribuição das espécies e de seus respectivos estoques de carbono/biomassa nas duas áreas estudadas em Roraima. As espécies do gênero *Byrsonima* e *C. americana* apresentaram comportamento parecido; ou seja, muito próximas de generalistas, isto é, ocorrem na maioria dos ambientes analisados onde não haja a influência direta do lençol freático, embora ocorram preferencialmente em áreas com nível de fertilidade maior associado à baixa toxidez de alumínio.

Espécies como *R. montana*, *H. articulatus*, *A. ovata* e *B. virgilioides*, em especial na grade do MC, possuem distribuição mais restrita, sendo influenciadas principalmente pela % de argila. De forma similar ao binômio *Byrsonima* das savanas de Roraima, Ratter et al. (1973) consideraram *Qualea grandiflora* como uma espécie indiferente às condições edáficas em uma área de cerrado do Brasil Central. Esta espécie ocorreria tanto em solos eutróficos quanto distróficos, independente dos teores de Ca e Mg do solo. Entretanto, para Felipe (1990), a

espécie poderia ser indiferente aos teores de Ca e Mg do solo, mas provavelmente não o seria em relação ao maior teor de P, um macronutriente que a planta acumula em suas sementes.

Ramirez et al. (2007) sugerem que todas as savanas estudadas em regiões de altitude na Venezuela são extremamente pobres em nutrientes e fortemente acidificados. Este achado concorda com o que foi presumido por Sarmiento et al. (1990), indicando que esta condição edáfica (acidez e baixa fertilidade) é um dos mais importantes fatores responsáveis pela presença de savanas nos trópicos.

5. CONCLUSÕES

- As duas áreas amostradas apresentam baixa riqueza, baixa diversidade e similaridade mediana para o componente arbóreo-arbustivo;
- As espécies comuns às duas grades amostrais foram *B. crassifolia*, *B. coccolobifolia* e *C. americana*;
- O estoque de biomassa/carbono possui padrão de distribuição espacial associado às variáveis edáficas que, por sua vez, estão diretamente relacionadas às fitopedounidades;
- As fitofisionomias mais comuns nas duas áreas foram as de baixa densidade arbóreo-arbustiva (campo limpo, campo sujo e mosaico graminoso com parqueado);
- Existe um padrão de distribuição das espécies relacionado às fitofisionomias e as classes de solo predominantes, formando fitopedounidades;

REFERÊNCIAS

ALVIN, P. de T.; ARAÚJO, W. A. O solo como fator ecológico no desenvolvimento da vegetação no centro-oeste do Brasil. **Bol. Geogr.**, Rio de Janeiro, v. 11, p. 569 – 578. 1953.

ANDERSON, J. M.; INGRAM, J. S. I. Tropical Soil Biology and Fertility: A Handbook of Methods. **CAB International, Wallingford**, p. 221, 1993.

ANDRADE, L. A. Z.; FELFILI, J. M.; VIOLATTI, L. Fitossociologia de uma Área de Cerrado Denso. **Acta Botanica Brasílica**, Brasília-DF., v. 18, n. 2, p. 225-240, 2002.

ARAÚJO, A. C. O.; BARBOSA, R. I. Riqueza e diversidade do estrato arbóreo-arbustivo de duas áreas de savanas em Roraima, Amazônia brasileira. **Mens Agitat**, Boa Vista, v. 2, n. 1, p. 11-18, 2007.

AYRES, M.; AYRES, M. Jr.; AYRES, D.L.; SANTOS, A. A. S. BioEstat 5.0 - Aplicações Estatísticas nas Áreas das Ciências Bio-Médicas. Software livre Disponível em: <http://www.mamiraua.org.br/download/index.php?dirpath=./BioEstat%205%20Portugues>. Acesso em: 2007.

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. v. 1, p. 325-335.

BARBOSA, R. I. **Savanas da Amazônia: emissão de gases do efeito estufa e material particulado pela queima e decomposição da biomassa acima do solo, sem a troca do uso da terra em Roraima, Brasil**. Manaus, 2001. 212f. Tese (Doutorado em ecologia) - INPA/FUA.

BARBOSA, R. I.; FEARNSIDE, P. M. Above-ground biomass and the fate of carbon after burning in the savannas of Roraima, Brazilian Amazonia. **Forest Ecology and Management**, v. 216, p. 295–316, 2005.

BARBOSA, R.I.; MIRANDA, I S. Fitofisionomia e Diversidade Vegetal das Savanas de Roraima. In: BARBOSA, R. I.; XAUD, H. A.; COSTA e SOUZA, J. M. **Savanas de Roraima: etnoecologia, biodiversidade e potencialidades agrossilvipastoris**. Boa vista: FEMACT, 2005. p. 61-78.

BARBOSA, R. I.; MELO, M. C.; ARAÚJO, A. C. O. Riqueza e diversidade da comunidade arbóreo-arbustiva nas parcelas permanentes de savanas em Roraima . In: **I Seminário Científico do PPBio "Estratégias Científica do Programa" (Protocolo 15 – Árvores, Palmeiras e Arbustos)**. Belém, Museu Paraense Emílio Goeldi, 2007. p. 105-109.

BARBOSA, R. I.; ARAÚJO, A. C. O.; MELO, M. C. Fitossociologia das espécies arbóreo-arbustivas nas parcelas permanentes das grades de savana do PPBio em roraima (1º censo). Boa Vista: 2ª Versão Revisada. 2010.

BARBOSA, R. I.; CAMPOS, C. Uso do aplicativo *Google Earth* para detecção de áreas alteradas na savana de Roraima. **IX Seminário de Atualização em Sensoriamento Remoto e Sistemas de Informações Geográficas Aplicados à Engenharia Florestal**. 2010.

BUDOWSKI, G. **Tropical savannas: a sequence of Forest felling and repeated burnings**. Turrialba, San José, v.6, p.23-33, 1956.

CAIN, S. A.; CASTRO, G. M.; PIRES, J. M.; SILVA, N. T. Application of some phytosociological techniques to Brazilian rain forest. **American Journal of Botany**, N. York, 43, n. 10, p. 911-941, dez. 1956.

CAIN, S. A.; CASTRO, G. M. **Manual of vegetation analysis**. N. York: Hafner Publishing Company, 1959. 325 p.

CARDOSO, L. E.; CRISPIM, S. M. A.; RODRIGUES, C. A. G.; BARIONI, W. J. Composição de Dinâmica aérea após queima em savana gramíneo-lenhosa no Pantanal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v. 35, n.11, p. 2309-2316, Nov. 2000.

CASTRO, A. E; KAUFFMAN, J. B. Ecosystem Structure in the Brazilian Cerrado: Vegetation gradient of aboveground biomass, root mass and consumption by fire. **Journal of Tropical Ecology**, v. 14, p. 263-283, 1998.

CASTILHO, C. V. **Variação espacial e temporal da biomassa arbórea viva em 64 km² de floresta de terra-firme na Amazônia Central**. Manaus, 2004. 85f. Tese (Doutorado em Ecologia) - INPA/FUA.

COLE, M. M. **The savannas. Biogeography and geobotany.** London: Academic Press, 1986.

COSTA, F. R. C.; MAGNUSSON, W. E.; LUIZÃO, R. C. Mesoscale distribution patterns of Amazonian Understory Herbs in Relation to Topography, Soil and Watersheds. **Journal of Ecology**, v. 93, p. 863-878, 2005b.

COSTA, F. R. C. Mesoscale gradients of herb richness and abundance in Central Amazonia. **Biotropica**, v. 38, n. 6, p. 711–717, 2006.

COSTA, F. R. C.; GUILLAUMET, J. L.; LIMA, A. P.; PEREIRA, O.S. Gradients within gradients: The mesoscale distribution patterns of palms in a central Amazonian Forest. **Journal of Vegetation Science**, v. 20, p. 69-78, 2008.

CRAWLEY, M. J. Programa R: Disponível em <http://www.r-project.org/>. Acesso em: 2007.

DANTAS, M.; RODRIGUES, I. A. Estudos fitoecológicos do Trópico Úmido Brasileiro: IV - Levantamentos botânicos em Campos do Rio Branco. **Boletim de Pesquisa (EMBRAPA/CPATU)**, p. 40, 1982.

DURIGAN, G.; RATTER, J. A.; BRIDGEWATER, S.; SIQUEIRA, M. F.; FRANCO, G. A. D. C. Padrões Fitogeográficos do cerrado paulista sob uma perspectiva regional. **Hoehnea**, v. 30, n.1, Abril, 2003.

EDEN, M. Savanna vegetation on the northern Rupununi Guyana. **The Journal of Tropical Geography**, v. 30, p. 17-20, 1970.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de Análise de solo.** 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1997. 212p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes.** EMBRAPA, Brasília, 1999. 370p.

FELFILI, J. M.; REZENDE, R. P. **Conceitos e métodos em fitossociologia florestais**, Brasília: Departamento de engenharia florestal da Universidade de Brasília, 2003. 64p.

FELIPPE, G. M. *Qualea grandiflora*: the seed and its germination. **Revista Brasileira de Botânica**, v.13, p. 33-37, 1990.

FUNCATE, Uso e Cobertura da Terra na Floresta Amazônica. Subprojeto 106/2004 do PROBIO (Projeto de Conservação e Utilização Sustentável da Diversidade Biológica Brasileira - Secretaria de Biodiversidade e Florestas do Ministério de Meio Ambiente, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, Fundo para o Meio Ambiente Global (GEF) e Banco Mundial). 93p (Disponível em <http://mapas.mma.gov.br/mapas/aplic/probio/datadownload.htm?/>) 2006.

FURLEY, P. A.; RATTER, J. A. Soil resources and communities of the Central Brazilian cerrado and their development. **Journal of Biogeography**, n. 15, p. 97-108, 1988.

GOODLAND, R.; POLLARD, R. The Brazilian cerrado vegetation: A fertility gradient. **Journal of Ecology**, v. 61, p. 219-224, 1973.

GRIEG-SMITH, P. Pattern in a derived savanna in Nigeria. **Journal of Tropical Ecology**, v. 7, p. 491-502, 1991.

HAY, J. D.; BIZERRIL, M. X.; CALOURO, A. M.; COSTA, E. M. N.; FERREIRA, A. A.; GASTAL, M. L. A.; GOES JUNIOR, C. D.; MANZAN, D. J.; MARTINS, C. R.; MONTEIRO, J. M. G.; OLIVEIRA, S. A.; RODRIGUES, M. C. M.; SEYFFARTH, J. A. S.; WALTER, B. M. T. Comparação do padrão da distribuição espacial em escalas diferentes de espécies nativas do cerrado, em Brasília, DF. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 23, n. 3, p. 341-347, set. 2000.

HOPKINS, M. J. G. Modelling the known and unknown plant biodiversity of the Amazon Basin. **Journal of Biogeography**, Belém-PA, 2007, n.34, p.1400–1411.

HUBBELL, S. P.; FOSTER, R. B. Commonness and rarity in a neotropical forest: implications for tropical tree conservation. In: **Conservation biology: science of scarcity and diversity**, 1986. p. 205-231.

IBGE, Manual Técnico da Vegetação Brasileira. Manuais Técnicos em Geociências. Rio de Janeiro, 1992, n.1. Intergovernmental Painel on Climate Change – IPCC. Climate Change 2007: Synthesis Report. 2007. Cambridge, Reino Unido: Cambridge University. Disponível em: http://www.ipcc.ch/ Docs/ipcc_2007.pdf.

INPE, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. <http://www.obt.inpe.br>>. Acesso em julho de 2010.

KENT, M.; COKER, P. **Vegetation description and analysis: a practical approach**; Chichester, UK: John Willey, 1994

KIEHL, E. J. **Manual de Edafologia – Relações Solo-Planta**. Editora Agronômica Ceres: São Paulo, 1979, p. 262.

KINUPP, V. F.; MAGNUSSON, W. E. Spatial patterns in the understory shrub genus *Psychotria* in central Amazonia: effects of distance and topography. **Journal of Tropical Ecology**, v. 21, p. 363-374, 2005.

LAURANCE, W. F.; FEARNESIDE, P. M.; LAURANCE, S. G.; DELAMONICA, P.; LOVEJOY, T. E.; RANKIN, J. M.; CHAMBERS, J.; GASCON, C. Relationship between soils and Amazon forest biomass: a landscape-scale study. **Forest Ecology and Management**, v.118, p. 127-138, 1999.

LEVIN, S. A. The problem of pattern and scale in ecology. **Ecology**, v. 73, p. 1943-1967, 1992.

LIEBERMAN, M.; LIEBERMAN, D.; HARTSHORN, G. S.; PERALTA, R. Small-Scale Altitudinal Variation in Lowland Wet Tropical Forest Vegetation. **Journal of Ecology**, v.73, n.2, p.505-516, Jul. 1985.

MAGNUSSON, W. E.; MARTINS, M. B. Delineamento especial e protocolos de coleta-PPBio Amazônia. **Ministério da Ciência e Tecnologia/Programa de Biodiversidade**, Manaus: INPA/MPEG, p. 66. 2005.

MARENGO, J. A. Mudanças Climáticas Globais e seus Efeitos sobre a Biodiversidade: Caracterização do Clima Atual e Definição das Alterações Climáticas para o Território Brasileiro ao Longo do Século XXI. **Ministério do Meio Ambiente, Brasília**, p. 212. 2006.

MCGILL, **Savanna Research Project**. McGill University, Technical Report, v. 5, 1966.

MIRANDA, H. S.; SILVA ROCHA, E. P.; MIRANDA, A. C. Comportamento do fogo em queimadas de campo sujo. Departamento de ecologia, Universidade Federal de Brasília.

MIRANDA, I. S. **Flora, fisionomia e estrutura da Savana de Roraima, Brasil**. Manaus, 1998. 186 f. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) - Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Fundação Universidade do Amazonas.

MIRANDA, I. S.; ABSY, M. L. Fisionomia das Savanas de Roraima, Brasil. **Acta Amazonica**, Pará, v.3, n.31, p. 423-441, jun. 2000.

MIRANDA, I. S.; ABSY, M. L.; REBÊLO, G. H. Community Structure of Woody Plants of Roraima Savannahs, Brazil. **Plant Ecology**, Netherlands, v. 164, p.109-123, jan. 2002.

MELO, M. C.; BARBOSA, R. I. **Árvores e arbustos das savanas de Roraima: Guia de Campo Ilustrado**. Boa Vista: PMBV/CONSEMMA, 2007. 36p.

MOKROSS, K. S. **Avaliação de fatores atuando sobre a densidade e composição de espécies arbóreas de uma savana amazônica**. Manaus, 2004.57f. Dissertação (Mestrado em Ecologia) INPA/FUA.

MOREIRA, A. G. Proteção contra o fogo e seu efeito na distribuição e composição de espécies de cinco fisionomias de cerrado. In: 3º Congresso de Ecologia do Brasil, 1996, Brasília. **Anais do simpósio Impactos das queimadas sobre os Ecossistemas e Mudanças Globais**. Brasília: 1996.

NOGUEIRA, E. M.; FEARNside, P. M.; NELSON, B. W.; BARBOSA, R. I.; KEISER, E. W. H. Estimates of forest biomass in the Brazilian Amazon: New allometric equations and adjustments to biomass from wood-volume inventories. **Forest Ecology and Management**, n. 256, p. 1853-1867. 2008.

OLIVEIRA, A. T.; MARTINS, F. R. Distribuição, caracterização e composição florística das formações vegetais da região de Salgadeira, na Chapada dos Guimarães (MT). **Revista Brasileira de Botânica**, n. 9, p. 207-223. 1986.

PIELOU, E. C. **An introduction to mathematical ecology Wiley-Interscience**. New York, 1969.

POULSEN, A. D. Species richness and diversity of ground herbs within a plot of lowland rainforest in northwest Borneo. **Journal of Tropical Ecology**, v. 12, p. 177-190, 1996.

RAMIREZ, N.; DEZZEO, N.; CHACÓN, N. Floristic composition, plant species abundance, and soil properties of montane savannas in the Gran Sabana, Venezuela. **Flora**, 202, p. 316-327, 2007.

PROJETO RADAMBRASIL. **Levantamento de Recursos Naturais**, Rio de Janeiro, MME, 1975. v.8. 428p.

RATTER, J. A.; ASKEW, G. P.; MONTGOMERY, R. F.; GIFFORD, D. R., OBSERVAÇÕES ADICIONAIS SOBRE CERRADÃO DE SOLOS MESOTRÓFICOS NO BRASIL CENTRAL. In: **IV Simpósio sobre Cerrado**, 1977, p. 303-316.

RATTER, J. A., RIBEIRO, J. F.; BRIDGEWATER, S. The Brazilian cerrado vegetation and threats to its biodiversity. **Annals of Botany**, v. 80, p. 223-230, 1997.

RIBEIRO, J. F.; SILVA, J. C. S.; AZEVEDO, L. G.; Estrutura e Composição Florística em tipos fisionômicos dos cerrados e sua relação com alguns parâmetros do solo, Teresina. In: **Anais do XXXII Congresso Nacional de Botânica**, 1982, p.141-156.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. Fitofisionomia do Bioma Cerrado. In: Sano, S. M.; Almeida, S. P. **Cerrado-ambiente e flora**. Planaltina, 1998. p. 89-166.

SALIS, S. M. **Distribuição das Espécies Arbóreas e Estimativa da Biomassa Aérea em Savanas Florestadas, Pantanal da Nhecolândia, Estado do Mato Grosso do Sul**. São Paulo, 2004, 73f. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Campus de Rio Claro.

SANAIOTTI, T. M. **The woody flora and soils of seven brazilian dry savanna areas**, 1996, 145f. PhD Thesis. Scotland, University of Stirling.

SANAIOTTI, T. M. Comparação fitossociológica de quatro savanas de Roraima. In: BARBOSA, R. I. ; FERREIRA, E. ; CASTELLÓN, E. **Homem, Ambiente e Ecologia no Estado de Roraima**. INPA/Manaus. 1997, p. 481-488.

SAN JOSÉ, J. J.; MONTES; FARIÑAS, M.R. Carbon stock and fluxes in a temporal scaling from a savanna to a semi-deciduous forest. **Forest Ecology and Management**, n. 105, p. 251-262, 1997.

SARMIENTO, G.; VERA, M.; Composicion, estructura, biomassa y produccion primaria de diferentes sabanas em los llanos occidentales de Venezuela. Separata Del **Boletín de Sociedad Venezolana de Ciencias Naturales**, Caracas-venezuela,n 136-Tomo XXXIV-Marzo 1979.

SARMIENTO, G. Ecología comparada de ecosistemas de sabanas en América del Sur. En: Sarmiento, G. (Ed). Las Sabanas Americanas, Aspectos de su Biogeografía, Ecología y Manejo. Fondo Editorial **Acta Científica Venezolana**, Caracas, pp.15-56, 1990

SHANNON, C. E. A Mathematical Theory of Communication. The Bell System **Technical Journal**, n. 27, p. 379–423.

SOLLINS, P. Factors influencing species composition in tropical lowland rain forest: does soil matter? **Ecology**, v.79, n. 1, p. 23-30, 1998.

SOUZA, P. E. Terminologia florestal glossário de termos e expressões florestais. **Fundação IBGE**, Rio de Janeiro, 304 p. 1973.

SVENNING, J. C. On the role of microenvironmental heterogeneity in the ecology and diversification of neotropical rain-forest palms (Arecaceae). **Botanical Review**. n. 67, p. 1-53, 2001.

TAKEUCHI, M. A estrutura da vegetação na Amazônia II. As savanas do norte da Amazônia. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi**, v. 7, p. 1-14, 1960.

TUOMISTO, H. RUOKOLAINEN, K.; KALLIOLA, R.; LINNA, H.; DANJOY, W.; RODRIGUEZ, T. Dissecting Amazonian biodiversity. **Science**, v. 269, p. 63–66, 1995.

TUOMISTO, H.; RUOKOLAINEN, K.; POULSEN, A. D.; MORAN, R. C.; QUINTANA, C.; CANAS G.; CELI, J. Distribution and diversity of Pteridophytes and Melastomataceae along edaphic gradients in Yasuní National Park, Ecuadorian Amazonia. **Biotropica**, n. 34, p. 516–533, 2002.

Van RAIJ, B.; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais. Campinas, Instituto Agrônomo, p. 285, 2001.

VEIGA, A. A. **Glossário** em Dasonomia. São Paulo: Instituto Florestal, 1997. 97 p.

ZIMMERMANN, M.; LEIFELD, J.; SCHMIDT, M. W. I.; SMITH, P.; FUHRER, J. Measured soil organic matter fractions can be related to pools in the Roth C model. **European Journal of Soil Science**, n. 58, 2007.

ZUQUIM, G.; COSTA, F.R.C.; PRADO, J.; BRAGA-NETO, R. Distribution of pteridophyte communities along environmental gradients in Central Amazonia, Brazil. **Biodiversity Conservation**, n.18, p. 151-166, 2009.

APÊNDICES

APÊNDICE 1 - TABELA DOS COMPONENTES QUÍMICOS EM CADA PARCELA NA GRADE DO CAMPOS ÁGUA BOA (EMBRAPA).

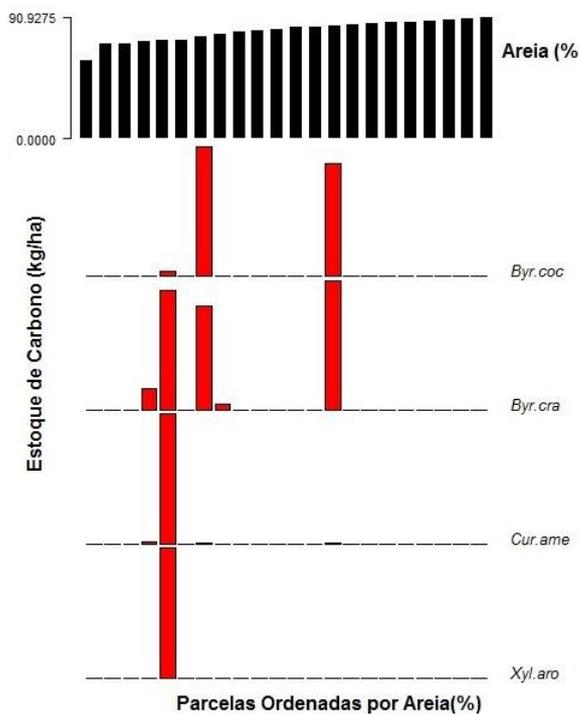
	Argila%	Silte%	Areia%	pH (H ₂ O)	Ca (mg/Kg)	Mg(mg/Kg)	K(mg/Kg)	SB (mg/Kg)	Al(meq%)	P(mg/Kg)	Fe (mg/Kg)	Zn (mg/Kg)	Mn (mg/Kg)
W00-1750	23,5	5,1375	71,3625	4,4325	9,375	6,5	13,875	29,75	0,996	3,315458	9,75	0,575	0,85
W00-2250	9,75	6,285	83,965	4,6675	6,875	5	7,5	19,375	0,492	1,024778	21,75	0,675	0,425
W00-2750	15,125	3,6475	81,2275	5,1875	16,125	11	13,5	40,625	0,408	1,582378	44	0,6	0,875
W01-0250	7,5	3,9475	88,5525	5,565	5,625	5,25	8,75	19,625	0,24	1,167945	7,625	0,4	0,425
W01-0750	5,375	3,6975	90,9275	5,02	2,625	4,5	9,5	16,625	0,348	0,919286	8,5	0,525	0,375
W01-1250	11	9,225	79,775	5,64	5,125	4,25	13,125	22,5	0,528	1,122735	25,125	0,65	0,65
W01-1750	9,625	3,0425	87,3325	5,78	9,75	8	14,875	32,625	0,276	0,88161	7,375	0,575	0,5
W01-2250	14,625	3,4975	81,8775	5,565	16,75	15	15,25	47	0,336	1,032313	60,625	0,675	0,75
W01-2750	21,5	4,8375	73,6625	5,13	15	7	18,75	40,75	0,696	2,456453	13,25	0,75	0,625
W01-3250	20,25	3,065	76,685	5,4175	17,125	11,5	17,625	46,25	0,456	1,069989	52,25	0,675	0,8
W01-3750	22,125	5,095	72,78	4,9925	16	10,5	19,125	45,625	0,468	1,062454	59,75	0,675	1,25
W01-4250	19,5	6,955	73,545	4,8475	10	6,25	17,375	33,625	0,468	0,783654	42,875	0,475	0,675
W02-1250	6,625	3,4625	89,9125	4,8825	8,75	5,75	12,875	27,375	0,3	0,640486	6,875	0,275	0,4
W02-1750	10,375	18,505	71,12	5,025	9,625	5	16,375	31	0,384	1,642659	11,75	0,6	0,6
W02-2250	9,375	5,5	85,125	5,1325	11,125	9,5	23,375	44	0,324	1,039848	22,125	0,9	0,725
W02-2750	12,5	3,555	83,945	5,085	18,375	16,25	25,625	60,25	0,336	0,956962	39,5	0,65	1,05
W02-3250	8,25	5,795	85,955	4,985	8,5	6,25	21,75	36,5	0,288	0,956962	37,375	0,5	0,425
W02-3750	8,875	4,1575	86,9675	5,15	14,125	14	23,5	51,625	0,276	0,956962	28,875	0,575	0,525
W02-4250	16,375	5,8125	77,8125	4,9975	16,375	16	27,5	59,875	0,408	0,949427	54,25	0,675	1,15
W03-2750	8,125	3,6275	88,2475	5,1475	10,375	8,75	24,625	43,75	0,288	1,054918	7,625	0,7	0,575
W03-3250	30	11,4175	58,5825	4,7	9,75	5,75	18,75	34,25	0,924	1,514561	8,875	0,875	0,425
W03-3750	10,625	5,1325	84,2425	5,265	24,25	21,5	24,5	70,25	0,336	1,333718	36,5	0,725	1,4

APÊNDICE 2 - TABELA DOS ATRIBUTOS QUÍMICOS NAS 12 PARCELAS NA GRADE DO PPBIO DO CAMPUS CAUAMÉ (MONTE CRISTO).

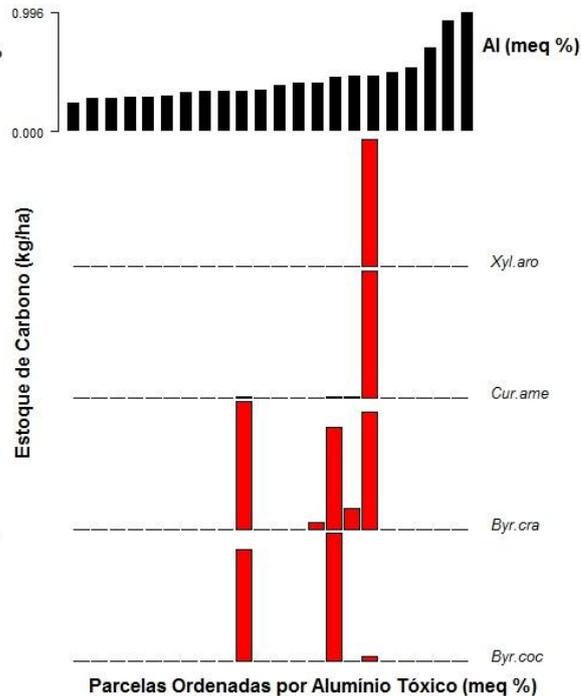
	Argila%	Silte%	Areia%	pH (H ₂ O)	Ca(mg/Kg)	Mg(mg/Kg)	K(mg/Kg)	SB(mg/Kg)	Al (meq%)	P(mg/Kg)	Fe (mg/Kg)	Zn (mg/Kg)	Mn (mg/Kg)
W00-0700	15,875	9,115	75,01	5,665	60,125	29,5	25,875	115,5	1,326183	21,5	0,8	83,65	115,5
W01-0750	15,25	8,17	76,58	5,5625	48,625	26,25	22,75	97,625	1,16041	23	0,675	34,575	97,625
W01-1750	14,125	5,4025	80,4725	5,3475	22,125	28,25	21	71,375	0,926821	49,25	0,625	13,575	71,375
W02-0750	18,25	4,905	76,845	5,4275	21	13	23,75	57,75	0,753513	25,25	0,475	1,65	57,75
W02-1250	19,625	5,9025	74,4725	5,605	41,25	28,5	20,125	89,875	1,16041	17,5	0,4	46,625	89,875
W02-1750	20,75	10,6375	68,6125	5,7775	94,875	132,75	30,625	258,25	0,519924	30,875	1,05	27,6	258,25
W02-2200	21	7,5925	71,4075	5,8725	27,125	25	27	79,125	0,715837	15,875	0,925	55,825	79,125
W03-1250	9,75	2,575	87,675	5,4325	10,875	11,75	22,625	45,25	0,919286	26,125	0,625	2,275	45,25
W03-1750	32,875	6,945	60,18	5,5125	46,5	19	28,5	94	0,663092	12,25	0,55	13,9	94
W03-2250	11,375	7,71	80,915	5,76	68,375	30,75	31,875	131	2,057091	176	0,95	20,475	131
W04-1250	15,25	7,57	77,18	5,645	15,125	10,5	27,875	53,5	1,077524	74,125	0,775	1,775	53,5
W04-1750	21,25	11,4975	67,2525	5,55	16,625	8,5	18,75	43,875	0,678162	15,875	0,825	3,8	43,875

APÊNDICE 3 - ORDENAMENTO DO ESTOQUE DE CARBONO CONTIDO NAS ESPÉCIES ARBÓREO-ARBUSTIVAS, POR PARCELA, PRESENTES NA GRADE DE SAVANA DO CAMPO EXPERIMENTAL ÁGUA BOA (EMBRAPA) EM FUNÇÃO DA (A) AREIA, (B) CONCENTRAÇÃO DE ALUMÍNIO TÓXICO (meq %), (C) ARGILA E (D) CÁLCIO (mg/Kg).

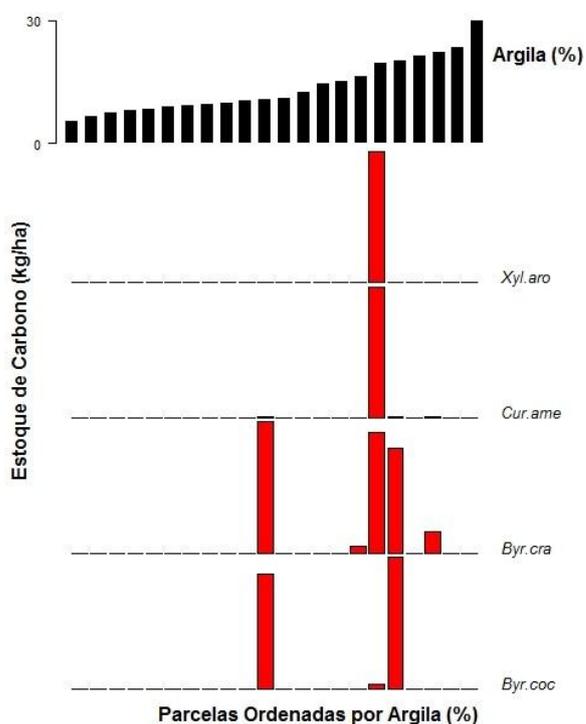
(A)



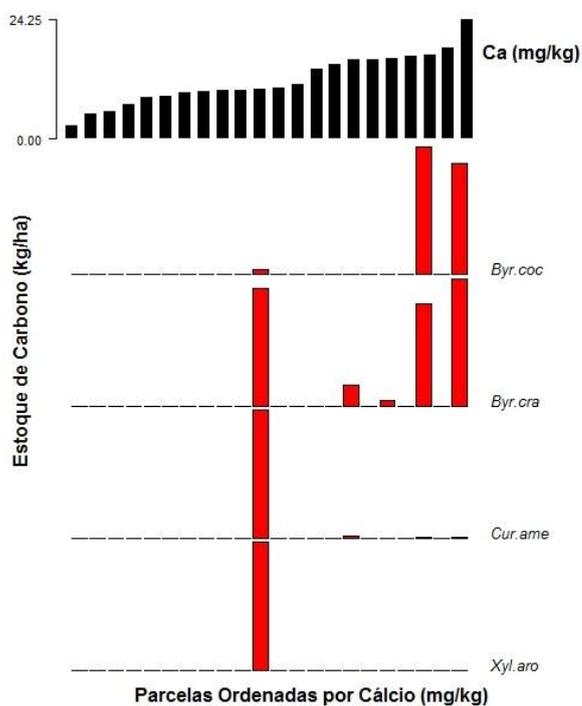
(B)



(C)

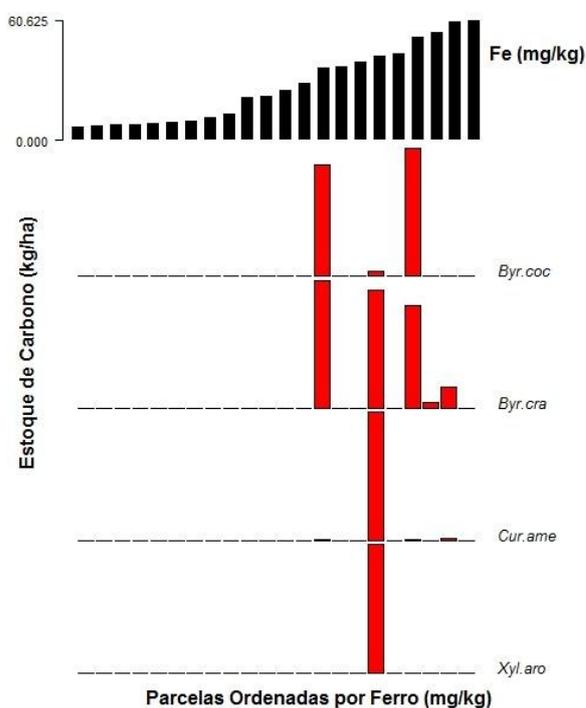


(D)

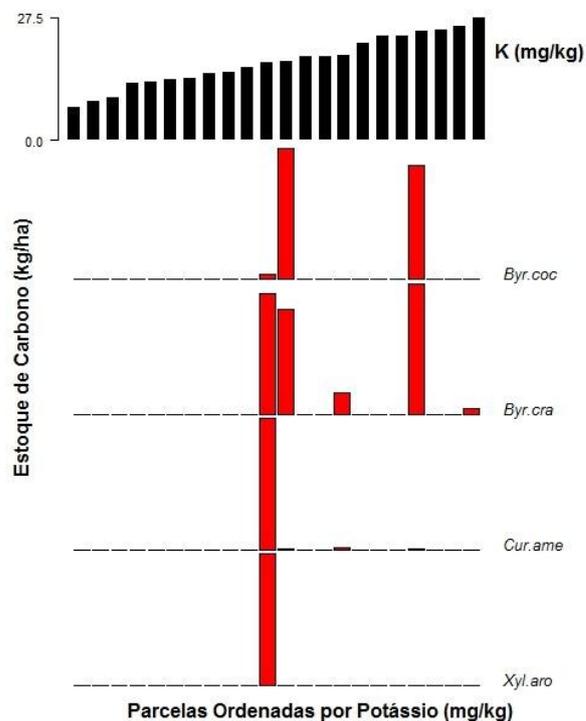


APÊNDICE 4 - ORDENAMENTO DO ESTOQUE DE CARBONO CONTIDO NAS ESPÉCIES ARBÓREO-ARBUSTIVAS, POR PARCELA, PRESENTES NA GRADE DE SAVANA DO CAMPO EXPERIMENTAL ÁGUA BOA (EMBRAPA) EM FUNÇÃO DO (A) FERRO (mg/Kg), (B) CONCENTRAÇÃO DE POTÁSSIO (mg/Kg), (C) MAGNÉSIO (mg/Kg) E (D) MANGANÊS(mg/Kg).

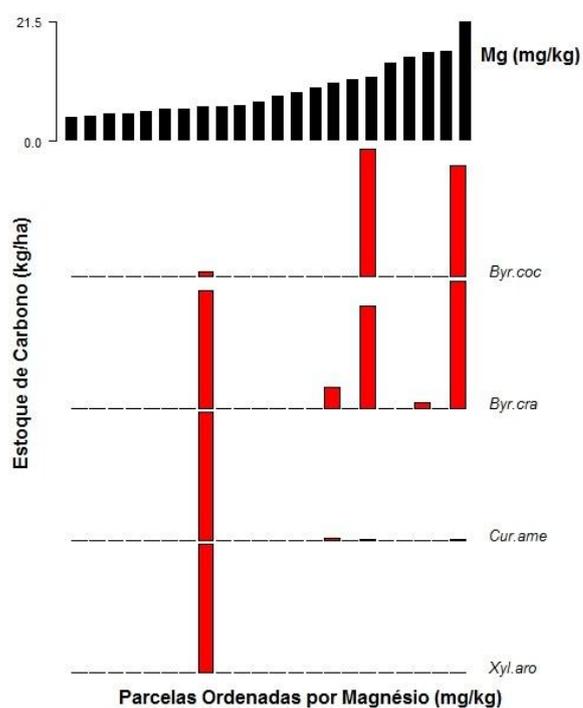
(A)



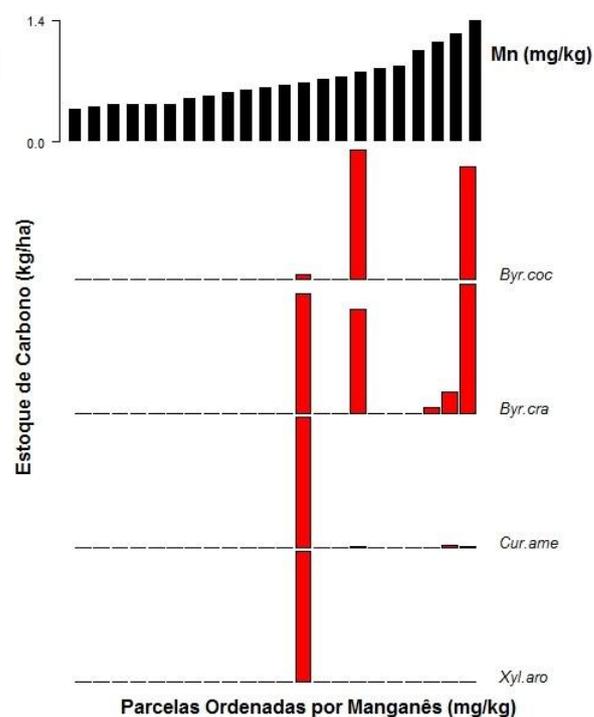
(B)



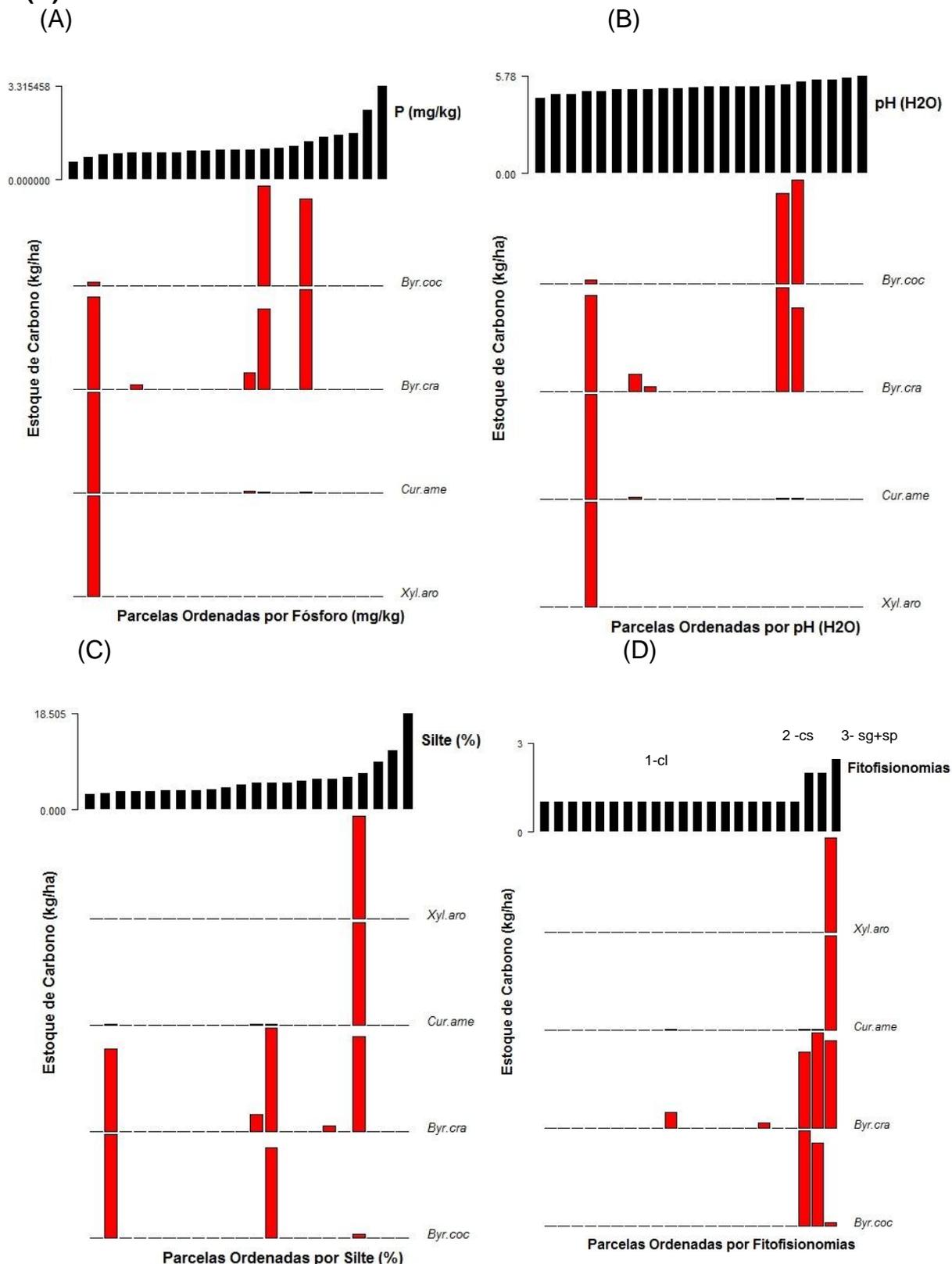
(C)



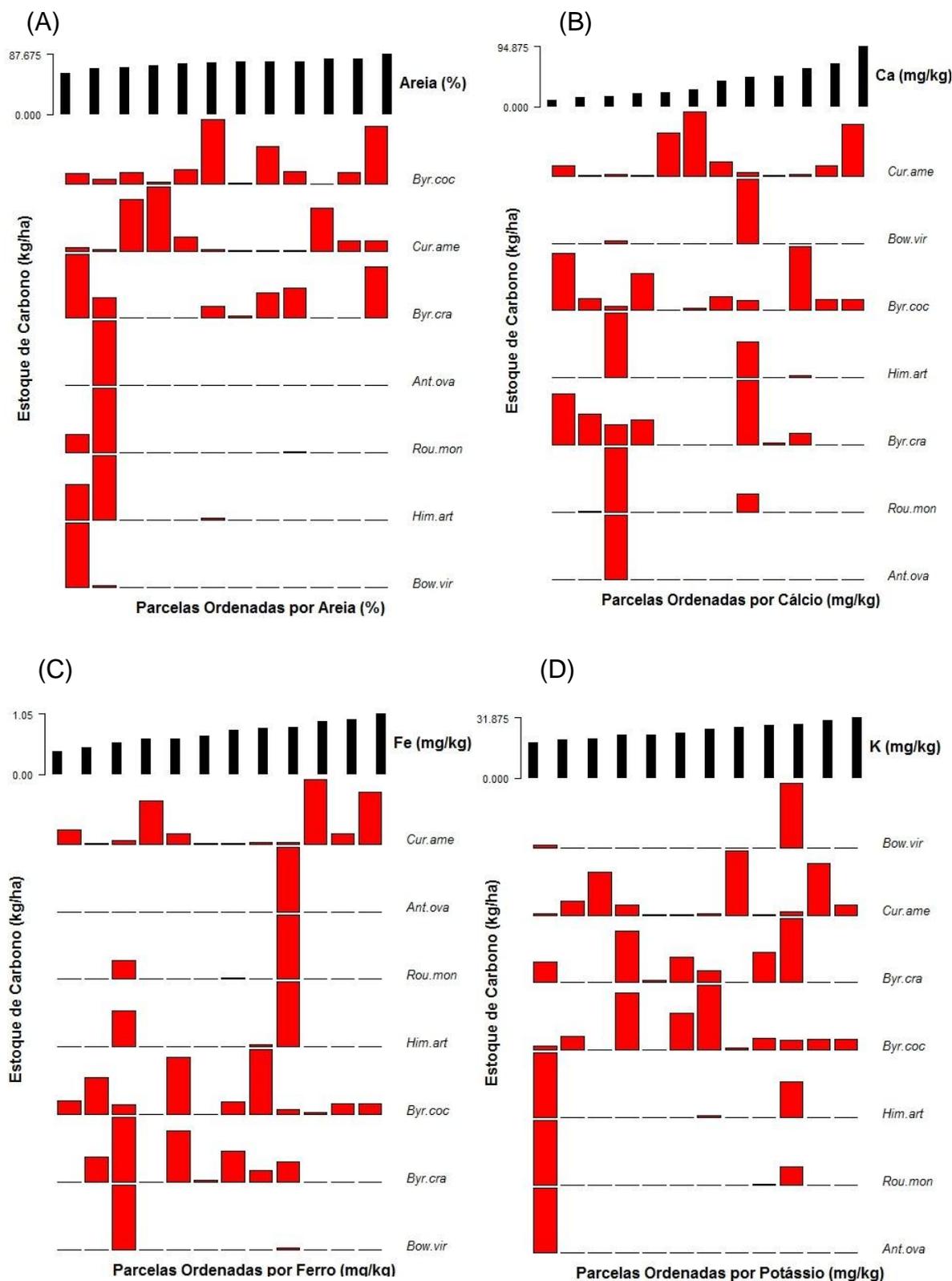
(D)



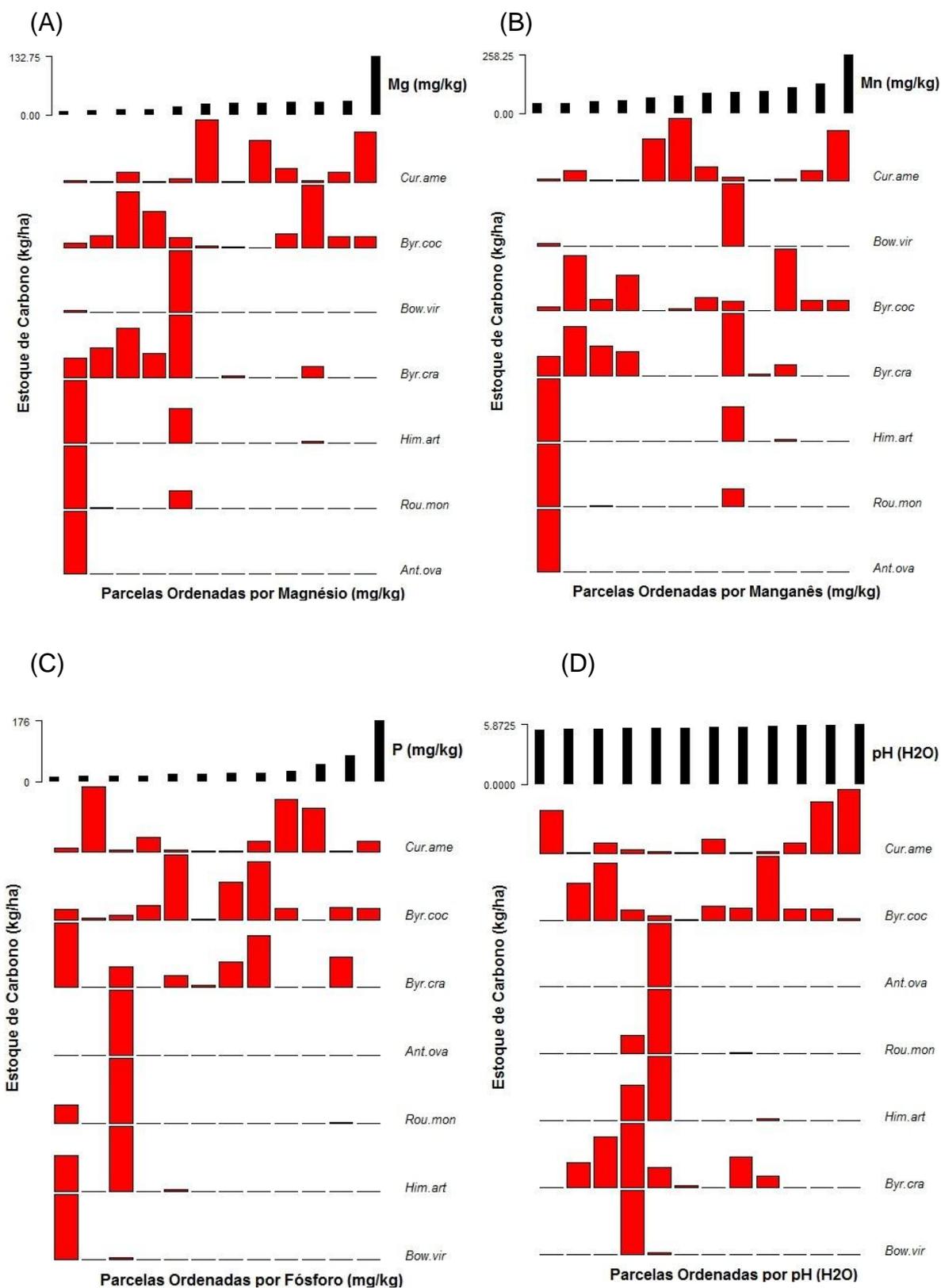
APÊNDICE 5 - ORDENAMENTO DO ESTOQUE DE CARBONO CONTIDO NAS ESPÉCIES ARBÓREO-ARBUSTIVAS, POR PARCELA, PRESENTES NA GRADE DE SAVANA DO CAMPO EXPERIMENTAL ÁGUA BOA (EMBRAPA) EM FUNÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE (A) FÓSFORO, (B), PH EM (H₂O), (C) SILTE E (D) FITOFISIONOMIAS.



APÊNDICE 6 - ORDENAMENTO DO ESTOQUE DE CARBONO CONTIDO NAS ESPÉCIES ARBÓREO-ARBUSTIVAS, POR PARCELA, PRESENTES NA GRADE DE SAVANA DO CAMPUS CAUAMÉ (MONTE CRISTO/UFRR), EM FUNÇÃO DA (A) AREIA (%), (B) DA CONCENTRAÇÃO DE CÁLCIO (mg/Kg), (C) FERRO (mg/Kg) E (D) DA CONCENTRAÇÃO DE POTÁSSIO(mg/Kg).

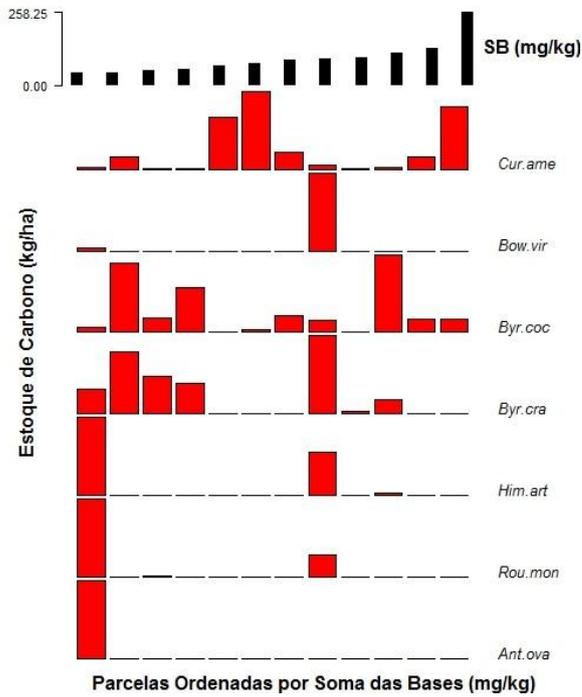


APÊNDICE 7 - ORDENAMENTO DO ESTOQUE DE CARBONO CONTIDO NAS ESPÉCIES ARBÓREO-ARBUSTIVAS, POR PARCELA, PRESENTES NA GRADE DE SAVANA DO CAMPUS CAUAMÉ (MONTE CRISTO/UFRR), EM FUNÇÃO DA (A) CONCENTRAÇÃO DE MAGNÉSIO (mg/Kg), (B) DA CONCENTRAÇÃO DE MANGANÊS (mg/Kg), (C) FÓSFORO (mg/Kg) E (D) DA CONCENTRAÇÃO DE PH EM H₂O.

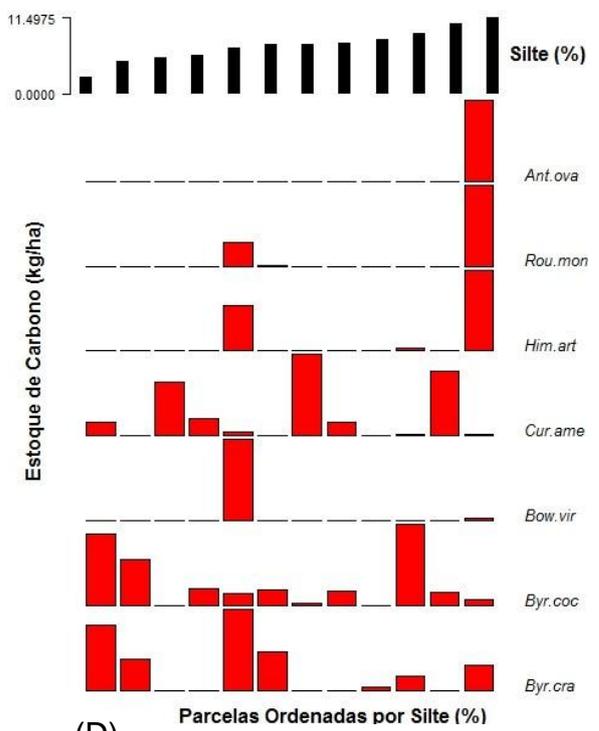


APÊNDICE 8 - ORDENAMENTO DO ESTOQUE DE CARBONO CONTIDO NAS ESPÉCIES ARBÓREO-ARBUSTIVAS, POR PARCELA, PRESENTES NA GRADE DE SAVANA DO CAMPUS CAUAMÉ (MONTE CRISTO/UFRR), EM FUNÇÃO DA (A) SOMA DE BASES (mg/Kg), (B) DA CONCENTRAÇÃO DE SILTE (%), (C) ZINCO (mg/Kg) E (D) FITOFISIONOMIAS.

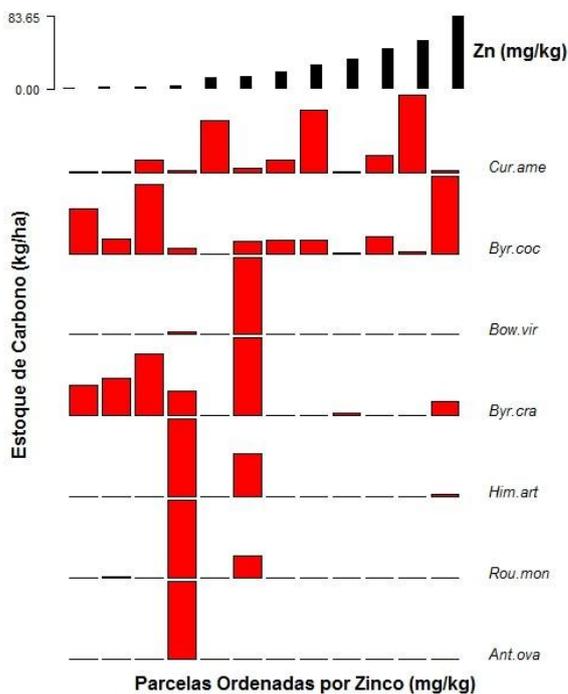
(A)



(B)



(C)



(D)

