



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
FACULDADE DE ENGENHARIA FLORESTAL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS E
AMBIENTAIS**

LILA MABEL GAMARRA RUIZ DÍAZ

Magister Scientiae

**COMPOSIÇÃO FLORÍSTICA, RELAÇÃO VEGETAÇÃO-SOLO E CARBONO EM
FORMAÇÕES FLORESTAIS NATURAIS DO PARAGUAI**

**CUIABÁ, MT
2020**

LILA MABEL GAMARRA RUIZ DÍAZ

COMPOSIÇÃO FLORÍSTICA, RELAÇÃO VEGETAÇÃO-SOLO E CARBONO EM
FORMAÇÕES FLORESTAIS NATURAIS DO PARAGUAI

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Mato Grosso, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais e Ambientais da Faculdade de Engenharia Florestal, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

Orientador: Samuel de Pádua Chaves e Carvalho

Coorientadora: Silvia da Luz Lima Mota

CUIABÁ, MT
2020

Dados Internacionais de Catalogação na Fonte.

G186c Gamarra Ruiz Díaz, Lila Mabel.

Composição florística, relação vegetação-solo e carbono em formações florestais naturais do Paraguai / Lila Mabel Gamarra Ruiz Díaz. -- 2020

84 f. : il. color. ; 30 cm.

Orientador: Samuel de Pádua Chaves e Carvalho.

Co-orientador: Silvia da Luz Lima Mota.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Mato Grosso, Faculdade de Engenharia Florestal, Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais e Ambientais, Cuiabá, 2020.

Inclui bibliografia.

1. Floresta subtropical. 2. Parâmetros fitossociológicos. 3. Análise de Correlação Canônica. 4. Análise de Redundância

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

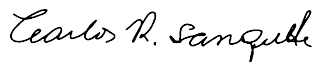
Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte.

LILA MABEL GAMARRA RUIZ DÍAZ

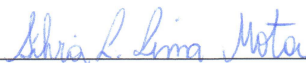
COMPOSIÇÃO FLORÍSTICA, RELAÇÃO VEGETAÇÃO-SOLO E CARBONO EM
FORMAÇÕES FLORESTAIS NATURAIS DO PARAGUAI

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Mato Grosso, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais e Ambientais da Faculdade de Engenharia Florestal, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

Aprovada em 05 de fevereiro de 2020



Prof. Dr. Carlos Roberto Sanquetta



Prof.^a Dr.^a Silvia da Luz Lima Mota
(Coorientadora)



Prof. Dr. Samuel de Pádua Chaves e Carvalho
(Orientador)

À minha amada mãe Gladys, mulher virtuosa,
meu exemplo de vida.

DEDICO.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Samuel de Pádua Chaves e Carvalho, por seu apoio e orientação, principalmente pelas críticas construtivas durante todo o mestrado.

À Prof^a. Dr^a. Silvia da Luz Lima Mota, sempre gentil e atenciosa. Sou grata por seus conselhos, ensinamento e paciência como coorientadora.

Ao Prof. Dr. Carlos Roberto Sanquetta, pelas correções e sugestões, muito oportunas, que enriqueceram a versão final deste trabalho.

Aos Profs. do Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais e Ambientais: Ronaldo Drescher, Bárbara Corradi, Maria Corette, Rômulo Mora, Aylson Costa, pelo acolhimento na UFMT, pelas conversas dentro e fora das salas de aula e por estarem sempre dispostos a ajudar.

À Prof^a. Dr^a. Édila de Souza, pela infinita disponibilidade e valiosos ensinamentos durante todo o mestrado e especialmente no último ano com as análises estatísticas.

À Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias (UNA/FCA) do Paraguai, meu lugar de trabalho, pela concessão da licença de estudos durante este tempo.

Ao Instituto Forestal Nacional (INFONA) do Paraguai pela concessão dos dados e por estarem sempre à disposição para esclarecer qualquer dúvida durante o desenvolvimento desta pesquisa.

À Lucas Henderson e Fabyana Souza, pela linda amizade gerada neste tempo, pelos muitos momentos compartilhados, por ter me ensinado o “português das ruas”, por serem meus ombros nos momentos difíceis e por ter me sinalado o caminho de Deus novamente. Eternamente grata a vocês!

À Larissa Mustasso, Maristela Volpato, João Sardo, Camila Amorim e todos os estudantes de iniciação científica do Laboratório de Manejo Florestal, por fazerem que o mestrado seja mais leve, pelas risadas e palavras de alento, e porque estiveram dispostos a escutar e ajudar sempre.

À Hermelinda Villalba e Nilda González, pela amizade incondicional e suporte emocional, por fazerem que cada abraço falado no telefone tinha-se sentido tão real. Vocês fizeram que hoje esteja aqui, finalizando esta etapa.

Aos Profs. da Carreira de Engenharia Florestal (UNA/FCA) Lidia Pérez de Molas, Laura Quevedo, Armando Barúa, Óscar Vera, Enrique Benítez e Lourdes González, por me

incentivar nesta caminhada, por serem excelentes colegas na profissão e pelo carinho de sempre.

À Rocío Aquino, Sara Velázquez, Luis Alonso, Javier González, Daniel Caballero Celia Ortega, Miguel Arévalos e Romina Rotela, pela amizade, por cada mensagem de carinho, pelo apoio constante e desinteressado.

Aos Profs. Stella Amarilla, Janet Villalba, Patricia Elías, Elizabeth Monges, Delia Ramírez e Max Pastén, por cada palavra de alento e por seus ensinamentos, por terem contribuído comigo na minha formação, principalmente na hora de esclarecer dúvidas respeito às pesquisas.

Aos meus pais Gladys e Ramón, meus irmãos Griselda e Carlos, que desde sempre acreditaram nos meus sonhos, por serem meus ombros ante as tribulações, me apoiaram e não me deixaram desistir nunca. Graças a vocês estou aqui.

Aos meus primos Cynthia e Gustavo, por terem me recebido tão gentilmente as inúmeras vezes que precisei viajar, por ser “a metade de caminho” de muitos encontros com família e amigos, que contribuíram bastante para continuar firme e forte neste propósito.

À toda minha família (Gamarra, Ruiz Díaz) e à família González, por todas as mostras de carinho que foram muito valiosas durante esta etapa.

À Alberto González, meu futuro esposo, por ser meu principal apoio afetivo neste tempo e inclusive antes de começar este desafio, por ter as palavras justas em cada momento que precisei escuta-las, pela paciência e pelas inumeráveis mostras de amor a pesar da distância. Deus fez com que nossos caminhos se encontrassem no tempo dele e por isso e mais, agradeço infinitamente.

À Lais e Léo, sempre gentis, que por meio de Ana María, me receberam e acolheram em Cuiabá. Receber esse suporte foi muito valioso para mim.

À Deus, por todas as oportunidades que me brindou até agora, por colocar pessoas maravilhosas na minha vida, por ter me apresentado ao G.O.U. e por ter me dado força e vontade necessária para concluir esta etapa.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES), à qual agradeço pela concessão da bolsa de estudos.

“What we are doing to the forest of the world is but a mirror reflection of what we are doing to ourselves and to one another”.

(Mahatma Gandhi)

RESUMO

RUIZ DÍAZ, Lila Mabel Gamarra. M. Sc. Universidade Federal de Mato Grosso, fevereiro de 2020. **Composição florística, relação vegetação-solo e carbono em formações florestais naturais do Paraguai.** Orientador: Samuel de Pádua Cháves e Carvalho. Coorientador: Silvia da Luz Lima Mota.

O objetivo geral do presente estudo foi caracterizar as diferentes formações florestais presentes no Paraguai, quanto a sua estrutura e composição florística, determinar possíveis relações com variáveis edáficas e estimar o estoque de carbono por ha. Foram selecionadas de maneira aleatória 100 unidades amostrais (UA) de 60 m x 60 m, distribuídas em cinco estratos arbóreos (20 UA para cada estrato: Floresta Seca do Chaco, Floresta Sub-úmida inundável do Rio Paraguai, Floresta de Palmeiras, Floresta Sub-úmida do Cerrado e Floresta Úmida da Região Oriental), localizadas em todo o Paraguai. Tem-se registros dos diâmetros a 1,30 m de altura ($d_{1,30}$) de todos os indivíduos arbustivo-arbóreos vivos com $d_{1,30} \geq 5$ cm. A composição florística foi analisada quanto ao número de espécies, gêneros e famílias botânicas registradas em cada estrato, onde, a semelhança florística foi determinada por meio do índice de similaridade de Jaccard, a riqueza por meio do estimador Jackknife I e diversidade das espécies através de perfis de Diversidade a partir da série exponencial de Rényi. A caracterização da estrutura horizontal de cada estrato foi feita a partir dos parâmetros fitossociológicos e foi utilizada a análise de espécies indicadoras combinando dados de abundância e presença nos estratos. A construção das matrizes de vegetação e variáveis edáficas foi feita mediante uma análise preliminar, onde as que não apresentaram influência foram retiradas. A correlação entre os dados de vegetação e variáveis edáficas foi realizada por meio da Análise de Correlação Canônica, para determinar se as variáveis do solo influenciam na presença das espécies e pela Análise de Redundância Canônica para avaliar se quais as variáveis do solo apresentaram maior influência sobre os indivíduos. Para os cálculos de biomassa foram utilizadas equações alométricas específicas para quatro estratos e de carbono foi utilizado o fator médio padrão do IPCC sugerido para florestas subtropicais. Nos diferentes estratos amostrados foi verificado uma dissimilaridade florística total, devido principalmente às grandes distâncias que existem entre os estratos. As famílias mais representativas (riqueza) foram Fabaceae, Myrtaceae, Rutaceae, Bignoniaceae e Euphorbiaceae. Foi verificado que as diferentes variáveis do solo influenciam na presença e no comportamento das espécies amostradas e destaca-se a forte correlação entre material orgânico e carbono orgânico, além de silte e argila. A Floresta Úmida da Região Oriental apresentou maiores valores de carbono aéreo, por conta de características próprias deste tipo de formação florestal relacionadas a sua estrutura, composição, fertilidade de solo, disponibilidade de água, entre outros, destacando-se espécies como *Handroanthus* sp., *Caesalpinia paraguariensis*, *Schinopsis lorentzii* e *Jacaratia spinosa* nos diferentes estratos amostrados.

Palavras-chave: Floresta subtropical. Parâmetros fitossociológicos. Análise de Correlação Canônica. Análise de Redundância Canônica. Equações alométricas.

ABSTRACT

RUIZ DÍAZ, Lila Mabel Gamarra. M. Sc. Universidade Federal de Mato Grosso, February, 2020. **Floristic composition, vegetation-soil and carbon ratio in natural forest formations in Paraguay.** Advisor: Samuel de Pádua Cháves e Carvalho. Co-advisor: Silvia da Luz Lima Mota.

The general objective of the present study was to characterize the different forest formations present in Paraguay, in terms of their structure and floristic composition, to determine possible relations with edaphic variables and to estimate the carbon stock per ha. They were selected at random 100 sample units (AU) of 60 m x 60 m, distributed in five tree layers (20 AU for each layer: Dry Chaco Forest, Forest Sub-wet Flooded Paraguay River, Palm trees Forest, Sub-wetlands of the Cerrado and Moist Forest of the Eastern Region), located throughout Paraguay. It has records of diameters of 1.30 m high ($d_{1.30}$) of all the bush-tree- $d_{1.30}$ living individuals ≥ 5 cm. The floristic composition was analyzed for the number of species, genera and botanical families registered in each stratum, where, the floristic similarity was determined using the Jaccard similarity index, the richness using the Jackknife I estimator and species diversity through Diversity profiles from Rényi's exponential series. phytosociological The characterization of the horizontal structure of each stratum was made from the phytosociological parameters and the analysis of indicator species was used combining data of abundance and presence in the strata. The construction of the vegetation matrices and edaphic variables was carried out by means of a preliminary analysis, in which those that had no influence were removed. The correlation between vegetation data and edaphic variables was performed using the Canonical Correlation Analysis, to determine whether soil variables influence the presence of species and by Canonical Redundancy Analysis to assess whether which soil variables had the greatest influence on individuals. For the biomass calculations, specific allometric equations for four strata were used and for carbon the IPCC standard mean factor suggested for subtropical forests was used. In the different strata sampled there was a total floristic dissimilarity, mainly due to the great distances that exist between the strata. The most representative families (wealth) were Fabaceae, Myrtaceae, Rutaceae, Bignoniaceae and Euphorbiaceae. It was found that the different soil variables influence the presence and behavior of the sampled species and the strong correlation between organic material and organic carbon, in addition to silt and clay, stands out. The Moist Forest of the Eastern Region showed higher values of aerial carbon, due to the characteristics of this type of forest formation related to its structure, composition, soil fertility, water availability, among others, especially species such as *Handroanthus* sp., *Caesalpinia paraguariensis*, *Schinopsis lorentzii* and *Jacaratia spinosa* in the different strata sampled.

Keywords: Subtropical forest. Phytosociological parameters. Canonical Correlation Analysis. Canonical Redundancy Analysis. Allometric equations

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL	1
Revisão Bibliográfica	2
Referências	6
2. CAPÍTULO I: FITOSSOCIOLOGIA, RIQUEZA E DIVERSIDADE DE ESPÉCIES EM FORMAÇÕES FLORESTAIS NATURAIS DO PARAGUAI	8
Introdução.....	8
Materiais e Métodos	8
Resultados e Discussões.....	12
Conclusões	24
Referências	25
3. CAPÍTULO II: ANÁLISE DA RELAÇÃO ENTRE A VEGETAÇÃO LENHOSA E VARIÁVEIS EDÁFICAS EM FORMAÇÕES FLORESTAIS NATURAIS DO PARAGUAI	32
Introdução.....	32
Materiais e Métodos	33
Resultados e Discussões.....	37
Conclusões	46
Referências	49
4. CAPÍTULO III. BIOMASSA E CARBONO AÉREO EM FORMAÇÕES FLORESTAIS NATURAIS DO PARAGUAI	55
Introdução.....	55
Materiais e Métodos	56
Resultados e Discussões.....	60
Conclusões	64
Referências	65

1. INTRODUÇÃO GERAL

O Paraguai possui diversas formações florestais que ocupam 16.939.648,57 ha, correspondente a 41,65% do território nacional (MINISTERIO DEL AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE – MADES, 2018), as quais, além de apresentar diferentes condições edafoclimáticas, concentram uma alta diversidade de espécies arbóreas associadas a diversos tipos de interações entre os organismos que as compõem, e ao mesmo tempo constitui uma limitação pelo fato de que no país existem duas regiões bem diferenciadas, especialmente por questões ambientais, que fazem com que essa diversidade seja ainda mais notória na hora de quantificá-las.

As florestas e as árvores fornecem benefícios importantes para as pessoas e o planeta, fortalecendo meios de subsistência, fornece ar e água limpos, conserva a biodiversidade (abrigam mais de três quartos da biodiversidade mundial terrestre) e responde às mudanças climáticas. Representam uma fonte de alimentos, medicinas e combustível para mais de mil milhões de pessoas e fornecem numerosos produtos e serviços que contribuem para o desenvolvimento econômico (ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA ALIMENTAÇÃO E AGRICULTURA – FAO, 2018).

A expansão da fronteira agropecuária tem ameaçado grande parte desses benefícios especialmente na região Ocidental, pois a grande pressão pelos recursos florestais que era exercida na região Oriental foi trasladada lá, em virtude da promulgação da Lei 2.524/04, que “proíbe as atividades de transformação e conversão de áreas com cobertura florestas”, assim florestas contínuas foram fragmentadas, comprometendo seriamente a conservação da biodiversidade e ameaçando os serviços ecossistêmicos prestados pelas florestas.

Atualmente grandes esforços são feitos pelas organizações e pela sociedade em geral, demonstrando preocupação e tentando compensar, em parte, os danos causados por décadas sobre os recursos florestais, fato que leva à comunidade científica buscar uma solução melhor estruturada para a utilização desses recursos de maneira mais equilibrada e sustentável para conduzir e manejar as florestas. Segundo Chami (2008), antes de fazer uma intervenção nas florestas é necessário estudar e compreender a complexidade do ecossistema, de modo a usufruir seu potencial produtivo de forma equilibrada e sem risco de intervenções negativas na comunidade vegetal e animal.

Independientemente do objetivo, inventários florestais em florestas nativas constituem numa atividade muito importante em vários aspectos relativos aos recursos naturais

(SANQUETTA et al., 2014). O inventário florestal contínuo possibilita a quantificação das mudanças na arquitetura, estrutura e composição florística além de fornecer dados básicos para monitorar o desenvolvimento de florestas remanescentes por meio de parcelas permanentes (SOUZA e SOARES, 2013). A amostragem de vegetação é ferramenta que pode ser utilizada em vários tipos de estudo, como os de composição florística, fitogeografia, dinâmica e modelagem do crescimento. No entanto, procedimentos distintos são necessários para entender, de forma eficiente, os diferentes objetivos do estudo (FELFILI et al., 2011).

Os tipos de levantamentos principais são os florísticos e os ecológicos ou fitossociológicos, que servem para verificar a quantidade de espécies presentes e avaliar a dinâmica ou estrutura das comunidades (KERSTEN e GALVÃO, 2011), que por sua vez têm como principal agente a heterogeneidade ambiental, e a resposta das espécies a esses fatores faz com que cada local tenha algumas características comuns entre os demais locais (RODRIGUEZ et al., 2007).

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. INVENTÁRIO FLORESTAL NACIONAL DO PARAGUAI

O Paraguai é um dos países beneficiários do programa das Nações Unidas para a redução de emissões de gases de efeito estufa (GEE), por desmatamento e degradação das florestas (ONU REDD) e uma das atividades contempladas nesse programa é o projeto do Inventário Florestal Nacional (IFN), que através do inventário florestal, principal ferramenta utilizada para obter estimativas qualitativas e quantitativas dos recursos florestais, permitirão tomar decisões para o manejo sustentável dos mesmos. Foi criado o Programa Nacional Conjunto (PNC), liderado entre várias instituições: Ministério do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (MADES), Instituto Florestal Nacional (INFONA) e a Federação para Autodeterminação dos Povos Indígenas (FAPI), com apoio das agências do Sistema das Nações Unidas FAO, PNUD e PNUMA (ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA-FAO, 2015; PÉREZ, 2016).

O IFN contempla a geração de informações com múltiplas finalidades, como estabelecer um processo de manejo integrado e sustentável dos recursos florestais, incluindo dados de estrutura e composição florística das florestas, avaliação da fauna, estudo de produtos madeireiros e não madeireiros, estado legal das terras, práticas de silvicultura, função dos

bosques, estimativas de biomassa, relação dos bosques com os habitantes locais, entre outros. (FAO, 2015).

É baseado em um projeto de inventário nacional, através de um sistema sistemático de amostragem, sobrepondo uma grade de referência de amostragem de 1 x 1 km nos estratos florestais preliminares do Paraguai. A unidade de amostragem constitui um conglomerado de três parcelas para os estratos de estrutura florestal contínua e uma parcela (do mesmo tamanho das parcelas do conglomerado) para os estratos florestais de estrutura descontínua ou distribuídos em fragmentos remanescentes (FAO, 2015).

2.2. DESCRIÇÃO DOS ESTRATOS LENHOSOS

As diferentes tipologias florestais foram descritas segundo a classificação da FAO (2015), especificamente para o Inventário Florestal Nacional, onde, determinaram esses estratos tendo em conta as diferentes condições edafoclimáticas presentes em todo o Paraguai.

2.2.1. Floresta Seca do Chaco (BSCH)

Também chamada “Chaco seco” (SPICHIGER et al., 1991; SPICHIGER et al., 2005; NAVARRO et al., 2011) e “Unidade xerofítica” do Chaco boreal (MERELES, 2005) inclui as florestas abertas do Chaco Central até a fronteira da Bolívia. A composição florística inclui *Ceiba insignis*, *Schinopsis quebracho-colorado*, *Aspidosperma quebracho-blanco*, *Prosopis alba*, *Prosopis nigra*, *Ruprechtia triflora*, *Quiabentia pjlantzii*, *Ziziphus mistol* e *Ximenia americana*, entre outros. As comunidades naturais são constituídas pela floresta semidecídua, a paleo-costa com savanas arborizadas de espertilho e as fechadas. Os solos são predominantemente derivados de sedimentos eólicos (FAO, 2015; PEREZ, 2016) (Figura 01).

2.2.2. Floresta Sub-úmida Inundável do Rio Paraguai (BSHIRP)

Spichiger et al. (1991), Spichiger et al. (2005) e Navarro et al. (2011) descrevem este tipo de formações como “Chaco úmido”, para Mereles (2005) corresponde à “Unidade mesoxerofítica” do Chaco boreal. Segundo FAO (2015) e Perez (2016) inclui florestas em ilhotas, florestas associadas com palmeiras de toda a planície do rio Paraguai, a composição florística inclui *Peltophorum dubium*, *Tabebuia* sp., *Holocalyx balansae*, *Ficus* sp., *Nectandra*

sp., *Ocotea* sp., *Sapium hematospermum*, *Pithecellobium scalare*, *Gleditzia amorphoides*, *Erithrina crista-galli*, *Salix humboldtiana*, *Diplokeleba floribunda*, *Schinopsis balansae*, *Handroanthus heptaphyllus*, *Syagrus romanzoffiana*, *Copernicia alba* e *Enterolobium contortisiliquum*, entre outros. As comunidades naturais são constituídas por matas de galeria, savanas de palmeiras, florestas semi-decíduas médias e baixas. Os solos são predominantemente derivados de sedimentos aluviais e sedimentos marinhos, geralmente inundados ou mal drenados ou imperfeitamente drenados (Figura 01).

2.2.3. Floresta de Palmeiras (BP)

Segundo Spichiger et al. (1991), este tipo de formação florestal corresponde à “Savana palmar do Chaco úmido”, para Mereles (2005) se encontra dentro da “Unidade xerofítica” do Chaco boreal, e conforme Navarro et al. (2011) forma parte da formação “Chaco úmido”. Inclui florestas dominadas por palmeiras distribuídas ao longo da planície de inundação da bacia do rio Paraguai, com diferentes densidades e grau de perturbação. A espécie dominante é *Copernicia alba* (FAO, 2015; PEREZ, 2016) (Figura 01).

2.2.4. Floresta Sub-úmida do Cerrado (BSHC)

Para Spichiger et al. (2005), corresponde a um mosaico de Floresta-Cerrado das áreas de Canendiyu, Concepción e Amambay. Segundo a FAO (2015) e Pérez (2016), compreende as florestas nativas do cerrado de Concepción, cuja estrutura possui 2 estratos verticais e uma vegetação rasteira com predomínio de gramíneas, a composição florística inclui *Amburana cearensis*, *Peltophorum dubium*, *Anadenanthera colubrina*, *Enterolobium contortisiliquum*, *Schinopsis balansae*, *Prosopis kuntzei*, *Calycophyllum multiflorum*, *Phyllostylon rhamnoides*, *Astronium urundeuva*, *Anadenanthera peregrina*, *Guibourtia rhodotiana*, *Butia yatay*, *Axonopus affinis*, *Psidium arasa*, *Andropogon lateralis* e *Elyonorus latiflorus*, entre outros. As comunidades naturais são constituídas por florestas em galeria, cavernas, florestas semi-decíduas e baixas, savanas arborizadas e falésias. Os solos são predominantemente derivados de granito e calcário (Figura 01).

2.2.5. Floresta Úmida da Região Oriental (BHRO)

Inclui as florestas altas para a Região Oriental do Paraguai classificadas como floresta subtropical (Hueck, 1978), húmida/temperada/quente por Holdridge (1969) e Floresta de Alto Paraná pela classificação de Tortorelli (1966) e Floresta do Paraná segundo Spichiger et al. (2005), onde a mata atlântica possui sua distribuição natural, com alturas que podem chegar 30 - 40 metros e cuja estrutura tem três estratos verticais e um estrato arbustivo-herbáceo, considerado o mais diversos do país. A composição florística encontra-se dominado por *Cedrella* spp., *Tabebuia* spp., *Apuleia leiocarpa*, *Balfourodendron riedelianum*, *Myrocarpus frondosus*, *Peltophorum dubium*, *Pterogine nitens*, *Nectandra* spp., *Ocotea* spp., *Patagonula americana*, *Enterolobium contortisiliquum*, *Albizia hassleri*, *Cabralea* sp., *Aspidosperma polyneuron* entre outros, e a madeira tem um grande número de espécies de videiras, epífitas, fetos e palmas (*Syagrus romanzofianum* e *Euterpe edulis*). As comunidades naturais são formadas por turfeiras, matas ciliares, florestas de “Kuri'y”, florestas semi-decíduas altas e médias, bambuzal, cerrado, cavernas, afloramentos rochosos e falésias. Os solos são bem drenados e predominantemente derivados de basalto e arenitos (FAO, 2015; PEREZ, 2016) (Figura 01).

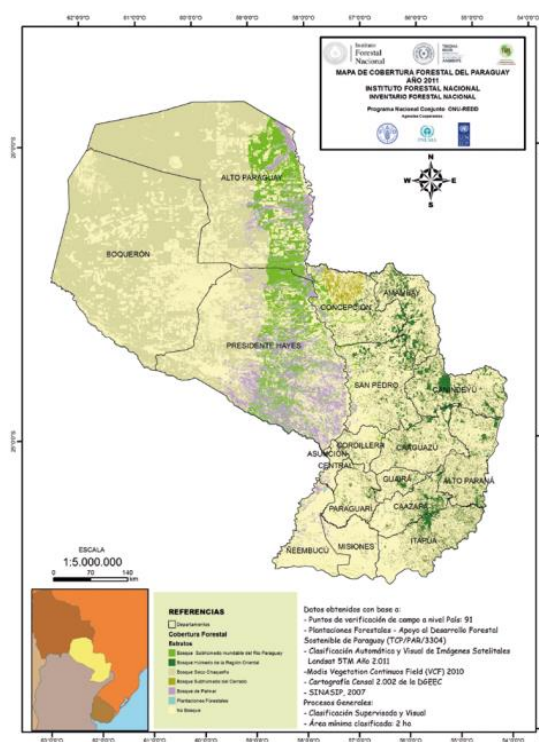


Figura 01. Mapa de estratos ou tipos de florestas do Paraguai

Fonte: FAO (2015).

REFERÊNCIAS

CHAMI, L.B. Vegetação e mecanismos de regeneração natural em diferentes ambientes da floresta ombrófila mista na Flona de São Francisco de Paula, RS. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós Graduação em Engenharia Florestal, RS, 125 f., 2012.

FELFILI, J.M.; CARVALHO, F.A.; LIBANO, A.M.; VENTUROLI, F.; PEREIRA, A.S.; MACHADO, E.L.M. Análise multivariada: Princípios e métodos em estudos de vegetação. In: FELFILI, J.M.; EISENLOHR, P.V.; MELO, M.M.R.F.; ANDRADE, L.A.; NETO, J.A.A. Fitossociologia no Brasil: Métodos e estudos de casos. Universidade Federal de Viçosa, v. 1, p. 122-155, 2011.

KERSTEN, R.A.; GALVÃO, F. Suficiência amostral em Inventários Florísticos e Fitossociológicos. In: FELFILI, J.M.; EISENLOHR, P.V.; MELO, M.M.R.F.; ANDRADE, L.A.; NETO, J.A.A. Fitossociologia no Brasil: Métodos e estudos de casos. Universidade Federal de Viçosa, v. 1, p. 156-173, 2011.

MERELES, M.F. Una aproximación al conocimiento de las formaciones vegetales del Chaco Boreal, Paraguay. Rojasiara, v. 6, n. 2, p. 5-48, 2005.

MINISTERIO DEL AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE (MADES). Informe de evaluación de exactitud temática del mapa de cobertura forestal y cambio de uso de la tierra, Periodo 2016-2017. 18 p., 2018.

NAVARRO, G.; MOLINA, J.A.; VEGA, S. Soil factors determining the change in forests between dry and wet Chacos. Flora, v. 206, p. 136-143, 2011.

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA (FAO). Manual de Campo: Procedimientos para la planificación, medición y registro de información del Inventario Forestal Nacional del Paraguay “Medir para decidir”. Programa Nacional Conjunto ONU-REDD. Asunción, Paraguay, 184 p., 2015.

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA (FAO). El estado de los bosques del mundo: Las vías forestales hacia el desarrollo sostenible. Roma. Licencia: CC BY-NC-SA 3.0 IGO, 132 p., 2018.

PÉREZ, L.F. Manual de familias y géneros de árboles del Paraguay. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). San Lorenzo, Paraguay, 216 p., 2016.

RODRIGUES, L.A.; CARVALHO, D.A.; OLIVEIRA-FILHO, A.T.; CURI, N. Efeitos de solos e topografia sobre a distribuição de espécies arbóreas em um fragmento de floresta estacional semidecidual, em Luminárias, MG. Revista Árvore, v. 31, n. 1, p. 25-35, 2007.

SANQUETTA, C.R.; CORTE, A.P.D.; RODRIGUES, A.L.; WATZLAWICK, L.F. Inventários florestais: Planejamento e Execução. Curitiba, Multi-Graphic, 3 ed., 406 p., 2014.

SOUZA, L.A.; SOARES, C.P.B. Florestas nativas: estrutura, dinâmica e manejo. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 322 p., 2013.

SPICHIGER, R.; CALENGE, C.; BISE, B. Discriminant analysis of the spatial distribution of plant species occurrences: II. Distribution of major tree communities in Paraguay. Candollea, v. 60, n. 2, p. 577-593, 2005.

SPICHIGER, R.; RAMELLA, L.; PALESE, L.; MERELLES, F. Proposición de leyenda para la cartografía de las formaciones vegetales del Chaco Paraguayo. Contribución al estudio de la flora y de la vegetación del Chaco. III. Candollea, v. 46, p. 541-564, 1991.

CAPÍTULO I: FITOSSOCIOLOGIA, RIQUEZA E DIVERSIDADE DE ESPÉCIES EM FORMAÇÕES FLORESTAIS NATURAIS DO PARAGUAI

1. Introdução

Grandes extensões florestais vêm se constituindo de mosaicos diferenciados, sendo a vegetação nativa relegada à condição de ilhas de diferentes tamanhos e formas (PAULA e RODRIGUES, 2002). A fragmentação florestal tem impactos tanto nas comunidades arbóreas quanto na enorme diversidade e riqueza de espécies, as quais estão associadas a complexas interações entre organismos que são de vital importância na estruturação do ecossistema, para assim, assegurar a continuidade de evolução das espécies.

Segundo Kageyama e Gandara (2000), os remanescentes florestais cumprem um papel muito importante como corredores biológicos, que visa facilitar o fluxo de indivíduos e genes entre populações e subpopulações, aumentando a probabilidade de sua sobrevivência em longo prazo e assegurando a manutenção de processos ecológicos e evolutivos em larga escala (AYRES et al., 2005).

Mediante estudos florísticos e estruturais desses fragmentos, baseados em levantamentos de parcelas permanentes, que fornecem informações muito valiosas dos recursos florestais, pois permitem fazer deduções sobre a origem, características ecológicas, dinamismo e tendências do futuro desenvolvimento da floresta, visando harmonizar objetivos econômicos, ecológicos, sociais e políticos para o desenvolvimento sustentável (HOSOKAWA et al., 1998; FREITAS e MAGALHÃES, 2012; CHAVES et al., 2013).

Em vista disso, os objetivos deste trabalho foram caracterizar a composição florística e descrever a estrutura horizontal, visando avaliar a riqueza e diversidade das espécies em todos os estratos arbóreos do Paraguai.

2. Material e Métodos

2.1 Localização e caracterização das áreas de estudo

O estudo foi realizado a partir dos dados obtidos no Inventário Florestal Nacional do Paraguai no ano de 2015, das Regiões Ocidental e Oriental, que foram divididas em cinco estratos florestais, podendo ser visualizado na Figura 02, sendo estes: Floresta Seca do Chaco-

BSCH (21°34'26,96"S 60°50'45,97"W), Floresta Sub-úmida Inundável do Rio Paraguai-BSHIRP (22°40'55,73"S 58°16'46,46"W), Floresta de Palmeiras-BP (22°55'0,87"S 58°6'25,58"W), Floresta Sub-úmida do Cerrado-BSHC (22°26'13,96"S 57°20'2,90"W) e Floresta Úmida da Região Oriental-BHRO (25°3'3,21"S 55° 39'43,55"W).

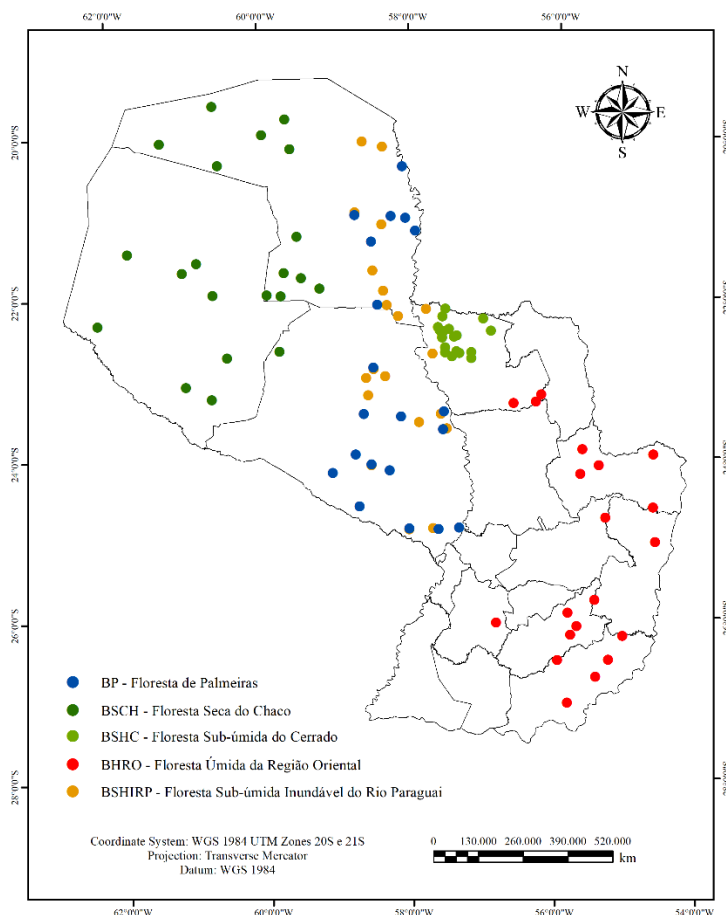


Figura 02. Mapa das unidades amostrais (UA) instaladas em cada estrato florestal

Fonte: Eng.Ftal. Lucas Henderson, UFMT (2020).

A Floresta Seca do Chaco é caracterizada por árvores de pequeno porte, caducifólias de madeira dura, folhas pequenas e/ou coriáceas (xeroformas com caules adaptados para reservar água: cactos e tunas), arbustos espinhosos (abundantes cactáceas e bromeliáceas), assim como já foi descrito por diferentes autores (SPICHIGER et al., 1991; PRADO e GIBBS, 1993; MERELES, 2005; SPICHIGER et al., 2005; NAVARRO et al., 2011; PÉREZ, 2016). De acordo com a classificação de Köppen, o clima da maior parte da região é semiárido/estepe/quente, pertencente à variedade específica “BSh” e à outra pequena porção pertence à variedade “Aw”, tropical/savana. Possui uma precipitação total média anual de 700 mm e uma temperatura média anual de 20,5 °C (PASTÉN et al., 2011).

A Floresta Sub-úmida Inundável do Rio Paraguai é caracterizada por ser dominada por poucas espécies no dossel superior, possui um sub-bosque denso e esparsos com a presença de bromeliáceas e outras espécies palustres, ou seja, tolera o alagamento dos solos por determinado período de tempo (SPICHIGER et al., 1991; MERELES, 2005; SPICHIGER et al., 2005; NAVARRO et al., 2011; PÉREZ, 2016). Segundo Pastén et al. (2011), tendo em conta a classificação de Köppen, o clima da metade da região é tropical/savana, pertencente à variedade específica “Aw”, e à outra metade pertence à variedade “Cfa”, temperado/sem estação seca/verão quente. Possui uma precipitação total média anual de 1200 mm e uma temperatura média anual de 19 °C.

A Floresta de Palmeiras caracteriza-se pela presença de *Copernicia alba* em toda a sua extensão, que está associada a plantas herbáceas e lenhosas, preferencialmente em locais baixos, inundados e, por vezes, salinos (SPICHIGER et al., 1991; MERELES, 2005; PÉREZ, 2016). De acordo com a classificação de Köppen, o clima da metade da região é tropical/savana, pertencente à variedade específica “Aw”, e a outra metade pertence à variedade “Cfa”, temperado/sem estação seca/verão quente. Possui uma precipitação total média anual de 1250 mm e uma temperatura média anual de 20 °C (PASTÉN et al., 2011).

A Floresta Sub-úmida do Cerrado é caracterizado por árvores de pequeno porte, de galhos tortuosos e cascas duras e grossas, arbustos espaçadas e gramíneas, que, para Spichiger et al. (2005) corresponde a uma área de ecótono entre os cerrados do sul do Brasil e as florestas do Paraná. Segundo Pastén et al. (2011), tendo em conta a classificação de Köppen, o clima da região é temperado/sem estação seca/verão quente, pertencente à variedade específica “Cfa”. Possui uma precipitação total média anual de 1500 mm e uma temperatura média anual de 21 °C.

A Floresta Úmida da Região Oriental é caracterizada por árvores de grande porte, as florestas altas constituem as formações típicas desta região, no entanto as florestas baixas são formações ecoclinais, em faixas transicionais entre florestas altas e savanas, matas ciliares que penetram em áreas de savanas e ilhas de florestas rodeadas por vegetação herbácea (SPICHIGER et al., 1992; SPICHIGER et al., 2005). De acordo com a classificação de Köppen, encontra-se completamente dentro do clima temperado/sem estação seca/verão quente, pertencente à variedade específica “Cfa”. Possui uma precipitação total média anual de 1750 mm e uma temperatura média anual de 17 °C (PASTÉN et al., 2011).

2.2 Amostragem da vegetação lenhosa por estrato

O banco de dados utilizado compõe-se de informações quantitativas de 100 unidades amostrais (UA) de 60 m x 60 m, distribuídas nos cinco estratos arbóreos (20 UA para cada estrato), localizadas em todo o Paraguai, que foram selecionadas de maneira aleatória, totalizando 36 ha amostrados.

Tem-se registros dos diâmetros a 1,30 m de altura ($d_{1,30}$) de todos os indivíduos arbustivo-arbóreos vivos com $d_{1,30} \geq 5$ cm. Todos os indivíduos foram coletados e posteriormente identificados com base em literatura, especialistas e no Herbário da Faculdade de Ciências Químicas, Departamento de Botânica da Universidade Nacional de Assunção. A confirmação e atualização dos nomes científicos e das famílias foram feitas com base no site do *Missouri Botanical Garden* (TROPICOS, 2019).

2.3 Análise dos dados

Para a análise da composição florística foi realizado uma listagem com as espécies, gêneros e famílias botânicas registradas nos cinco estratos. A semelhança florística entre os estratos foi determinada por meio do índice de similaridade de Jaccard (Sj) (BROWER et al., 1998).

Foi comparada a riqueza observada e a estimada pelo estimador Jackknife de primeira ordem, por meio de curvas de rarefação com 1.000 e 5.000 permutações, baseado no número de indivíduos (GOTELLI e COLWELL, 2001), e diversidade das espécies através de Perfis de Diversidade a partir da série exponencial de Rényi com intervalo de confiança de 95% (TÓTHMÉRÉSZ, 1995; MELO, 2008).

Para a análise fitossociológica foram utilizados parâmetros de abundância, dominância, frequência e índice de valor de importância (MUELLER-DOMBOIS e ELLENBERG, 1974). Devido ao tamanho das amostras, em cada estrato florestal foi considerado valores dos grupos de espécies que somados apresentam mais do 50% do Valor de Importância (VI) total.

Foi utilizada a análise de espécies indicadoras (DUFRÊNE e LEGENDRE, 1997) para determinar se as espécies tem especificidade a um tipo de estrato, combinando dados de abundância e presença nos estratos. Por conta do tamanho das amostras, foram selecionadas aquelas espécies que apresentaram acima de 70% de preferência em cada um dos estratos e valor de significância $< 0,05$ do teste de Monte Carlo.

Foram utilizados os softwares EstimateS 9.1 e R, pacotes vegan, dplyr e indicpecies.

3. Resultados e Discussões

3.1 Características da vegetação

A riqueza florística das espécies arbóreas para os estratos BSCH, BHRO e BSHC foi representativa, pois, apresentaram valores de 89,38%, 81,16% e 78,47%, respectivamente, do número potencial de espécies estimado pelo índice Jackknife de primeira ordem. A riqueza observada é similar com a esperada para estes três estratos, pois, a variância entre as parcelas é mínima e o ambiente tende a ser homogêneo. No BSCH foi amostrado 40 espécies das 45 que foram estimadas, no BHRO 131 espécies das 161 estimadas e no BSHC 97 espécies das 124 que foram estimadas. Nos estratos BP e BSHIRP, os valores estimados para a riqueza foram de 70,31% e 64,08%, respectivamente, com 9 e 100 espécies amostradas.

Navarro et al. (2011) afirmam que a riqueza de espécies diminui claramente em alguns tipos de florestas higrófitas, adaptadas às inundações sazonais (águas estagnadas), como é o caso do estrato BP. Para o BSHIRP, que se diferencia do estrato anterior pelo tipo de inundação (águas correntes), esse resultado reflete a heterogeneidade desse ambiente, pois, as matas ripárias apresentam, em geral, riqueza de espécies elevada em relação às florestas vizinhas não associadas a cursos d'água, podendo ser, um fator determinante na ocorrência de espécies endêmicas (OLIVEIRA-FILHO et al., 1990; DURIGAN et al., 2000; BAO et al., 2018). Este evento, por consequência, faz com que este tipo de formação florestal possa captar mais espécies (MARTINS, 2012).

As curvas de rarefação apresentam potencial de crescimento, especialmente para estes dois últimos estratos, no entanto, para o BP, considerando os intervalos de confiança, a riqueza de espécies foi atingida na amostragem (Figura 03).

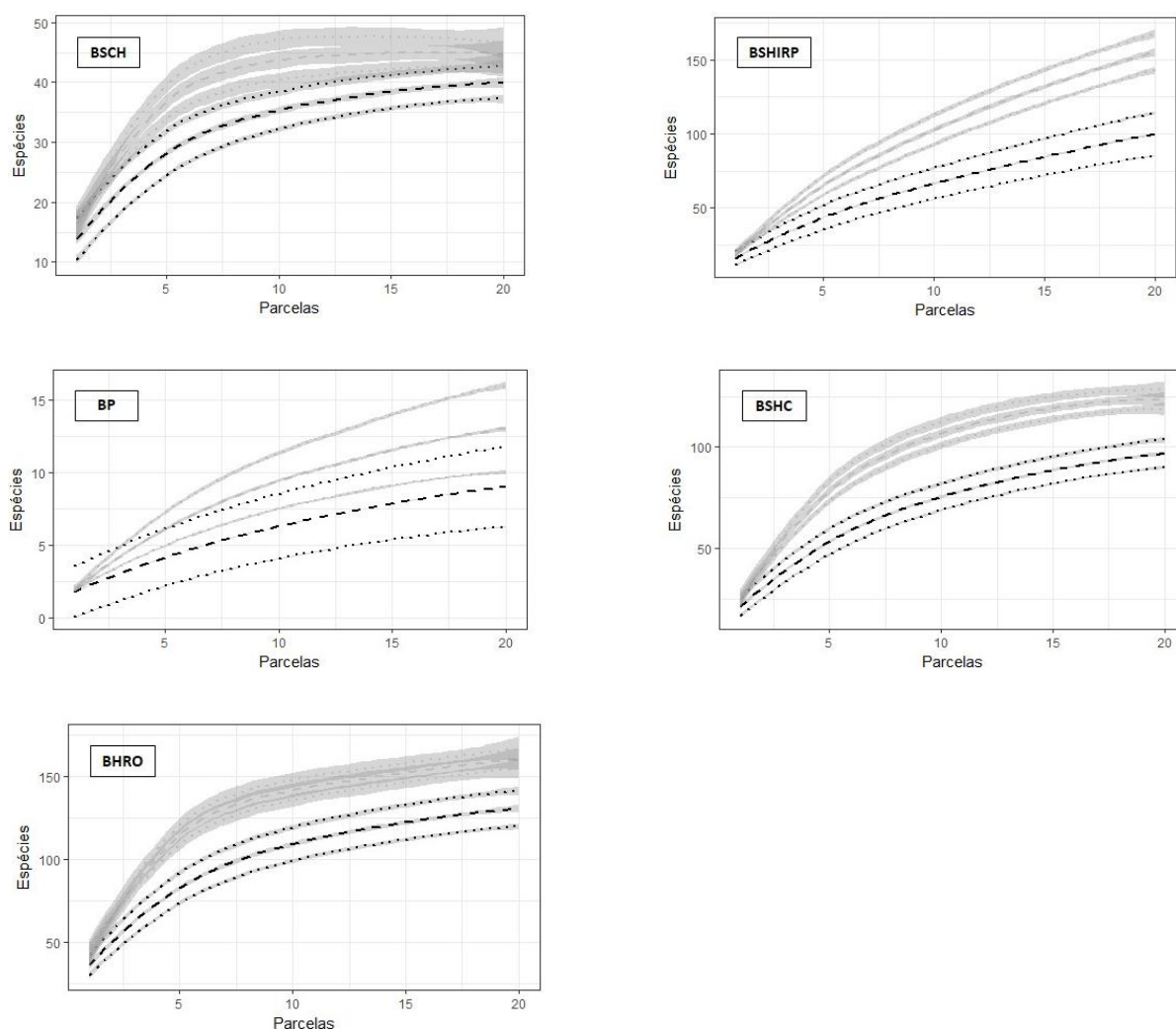


Figura 03. Curvas de rarefação de espécies (linha preta) e do estimador Jackknife 1 (linha cinza) com seus intervalos de confiança (linhas pontilhadas), para as 100 parcelas nos cinco estratos florestais do Paraguai (BSCH, Floresta Seca do Chaco; BSHIRP, Floresta Sub-úmida Inundável do Rio Paraguai; BP, Floresta de Palmeiras; BSHC, Floresta Sub-úmida do Cerrado; BHRO, Floresta Úmida da Região Oriental).

Foram registrados 10.216 indivíduos nos cinco estratos arbóreos estudados. Destes, 25,33% correspondem da Floresta Úmida da Região Oriental (BHRO), 24,81% da Floresta Sub-úmida Inundável do Rio Paraguai (BSHIRP), 18,25% da Floresta Seca do Chaco (BSCH), 17,50% da Floresta Sub-úmida do Cerrado (BSHC) e 14,10% da Floresta de Palmeiras (BP). No total foi identificado 255 espécies e morfoespécies, distribuídas em 158 gêneros, pertencentes a 64 famílias botânicas. Dessas espécies, 20 morfoespécies foram identificadas em nível de gênero e seis morfoespécies em nível de família.

As maiores riquezas foram encontradas nas famílias Fabaceae, com 61 espécies; Myrtaceae com 17; Rutaceae com 14; Bignoniaceae com 10 e Euphorbiaceae com 9. Juntas estas famílias representam 43,53 % do total de espécies registradas nos cinco estratos amostrados.

A importância da família Fabaceae foi descrita por Bernardi (1984), em relação a sua grande representatividade no país, pois está presente em quase todos os estratos e tem muitos usos, mostrando a grande adaptabilidade das espécies às diferentes condições do solo e do clima e a flexibilidade de seu uso. São pioneiras em sua grande maioria e parecem estar correlacionadas com processos de secundarização das florestas (SPICHIGER et al., 1992; LORENZI, 2013; LORENZI, 2016b). Algumas possuem nódulos radiculares contendo bactérias fixadoras de nitrogênio (PÉREZ, 2016), podem ser melíferas (PEÑA-CHOCARRO et al., 2006) e utilizadas para construção civil e reflorestamentos energéticos, tem usos ecológicos, ornamental e cumprem uma função importante na recuperação de solos degradados (BERNARDI, 1984; LÓPEZ et al., 2002; MARCHIORI, 2007). Alguns frutos servem para alimentação humana, do gado e fauna silvestre, outros tem uso cultural e como medicina natural (FRIESEN, 2004; FRIESEN, 2017).

Os resultados desta pesquisa corroboram àqueles descritos por Bernardi (1985) em que a família Myrtaceae foram consideradas a segunda família mais abundante em relação ao número de espécies no Paraguai e que, segundo Spichiger et al. (1992) e Spichiger et al. (2005) compõem, junto com outras famílias, a maior parte da floresta paranaense. São secundárias em sua grande maioria, formam parte do estrato médio, embaixo das copas de outras espécies de tamanho maior (LÓPEZ et al., 2002; LORENZI, 2016b). Algumas espécies possuem madeira dura e resistente e por isso podem ser usadas para trabalhos de torneria, lenha e carvão (BERNARDI, 1985). Têm usos ecológicos e paisagísticos (CARVALHO, 2006) e são indicadas para arborização urbana e reflorestamentos mistos (LORENZI, 2016b). Alguns frutos são comestíveis para humanos e fauna silvestre e outros tem uso cultural e como medicina natural (PEÑA-CHOCARRO et al., 2006).

Conforme Spichiger et al. (1992), López et al. (2002) e Spichiger et al. (2005), a família Rutaceae é representativa de formações florestais úmidas, especificamente da floresta paranaense, algumas podem encontrar-se no estrato superior e outras no estrato médio. Uma característica importante é que apresenta vasos secretores esquizoligênicos em diferentes partes da planta que dão origem à expiração de um cheiro forte geralmente agradável (PÉREZ, 2016). Possui espécies com grande importância econômica no país, na indústria de essências

principalmente (“*petit-grain*”), podem ser utilizadas para construção de móveis, cabos de ferramentas, lenha e carvão (LÓPEZ et al., 2002; PEÑA-CHOCARRO et al., 2006). Algumas tem usos paisagísticos e são indicadas para reflorestamentos destinados à preservação, outras são utilizadas na medicina popular e os frutos como alimento humano e da fauna silvestre (LORENZI, 2013; LORENZI, 2016b).

A família Bignoniaceae possuem espécies adaptadas a diferentes condições de solo e clima, porém, está presente em quase todos os estratos e apresenta um amplo uso das mesmas. Podem ser pioneiras ou secundárias (LORENZI, 2016a). Algumas delas possuem madeira muito resistentes (devido ao alto teor de “lapachol”) e são utilizadas na construção civil, principalmente para obras externas (LÓPEZ et al., 2002; PÉREZ, 2016), outras podem ter uso como lenha e carvão, na medicina popular, apícola, alimentação animal, ornamental, paisagístico, para arborização urbana, reflorestamento de áreas de preservação permanente e áreas degradadas e para manter polinizadores e pássaros (CARVALHO, 2003; PEÑA-CHOCARRO et al., 2006; LORENZI, 2013; LORENZI, 2016a; LORENZI, 2016b).

Segundo Bernardi (1984), a família Euphorbiaceae é denominada cosmopolita, cujas espécies podem estar presentes em todos os tipos de formação vegetal e nas condições ecológicas mais difíceis. Geralmente são de menor importância na composição das florestas (SPICHIGER et al., 1992). A sua importância econômica é agrícola e industrial principalmente, algumas espécies são utilizadas na produção de borracha, óleo, pasta de celulose, confecção de embalagens e brinquedos, cabos de ferramentas, para lenha e carvão, podem ser cultivadas no paisagismo e em reflorestamentos mistos destinados à preservação, na medicina popular, como alimento humano e animal (LÓPEZ et al., 2002; PEÑA-CHOCARRO et al., 2006; LORENZI, 2013; LORENZI, 2016b).

3.2 Perfis de diversidade

A partir da análise dos perfis (Figura 04) e conforme os estudos realizados por Spichiger et al. (1992), Prado e Gibbs (1993), Spichiger et al. (2005) e Vera Monge (2009), resultados semelhantes foram obtidos quanto ao estrato BHRO, onde o mesmo foi caracterizado como a área mais diversa, seguida por BSHIRP e BSHC, enquanto BSCH e BP apresentaram os valores de diversidade mais baixos.

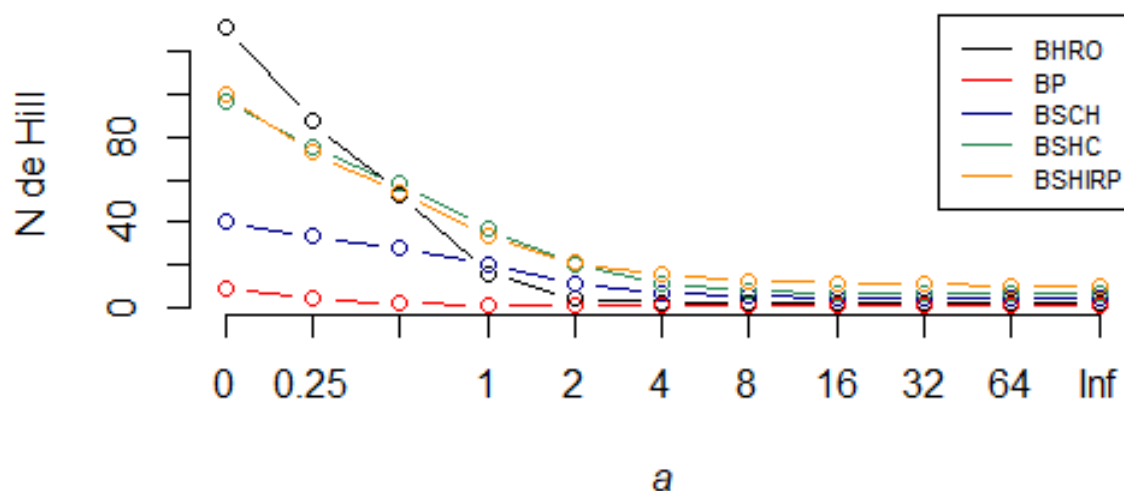


Figura 04. Perfil de diversidade de espécies para cinco estratos florestais do Paraguai (BSCH, Floresta Seca do Chaco; BSHIRP, Floresta Sub-úmida Inundável do Rio Paraguai; BP, Floresta de Palmeiras; BSHC, Floresta Sub-úmida do Cerrado; BHRO, Floresta Úmida da Região Oriental).

Para o Índice de Shannon ($a = 1$), o estrato BSHC foi o mais diversos comparando com todos os estratos, e, para o Índice de Simpson ($a = 2$), o estrato BSHIRP obteve um resultado quase similar que o BSHC. Isto poderia ser explicado porque o primeiro índice dá maior peso a riqueza de espécies do que o segundo índice. O estrato BSHIRP apresentou maior equabilidade, ou seja, as espécies tem a mesma representatividade nas parcelas amostradas, embora, o estrato BP obteve menor equabilidade (Figura 04).

3.3 Similaridade florística

Para Fonseca e Silva Junior (2004), índices de similaridade maiores do que 0,5 são considerados altos, o que não foi obtido em nenhum dos estratos. O BSHC apresentou valores de similaridade médios ao mencionado por esses autores, $S_j = 0,23$ e 37 espécies em comum com o BSHIRP e $S_j = 0,21$ e 40 espécies em comum com o BHRO, por serem áreas próximas, assim como o BSCH que apresentou valores de similaridade $S_j = 0,21$ e 25 espécies em comum com o BSHIRP (Tabela 01).

Vários autores afirmam que, para cada tipo florestal, a diversidade é geralmente mais alta e a composição de espécies pode variar em distâncias curtas (SCHEINER e REY-

BENAYAS, 1994; RODRIGUES-ITURBE et al., 2009), então, grandes distâncias podem diminuir a similaridade por várias razões, entre elas: variações no gradiente, diferenças na ocupação do nicho e limitações nos mecanismos de dispersão de sementes (NEKOLA e WHITE, 1999; BOEDELTE et al., 2003; FERREIRA et al., 2011; MATOS et al., 2013).

Tabela 01. Índices de similaridade para os cinco estratos florestais do Paraguai (BSCH, Floresta Seca do Chaco; BSHIRP, Floresta Sub-úmida Inundável do Rio Paraguai; BP, Floresta de Palmeiras; BSHC, Floresta Sub-úmida do Cerrado; BHRO, Floresta Úmida da Região Oriental).

Estratos	BHRO	BP	BSHIRP	BSHC
BP	0			
BSHIRP	0,166	0,058		
BSHC	0,212	0,009	0,231	
BSCH	0,005	0,113	0,217	0,045

A similaridade entre as florestas dos estratos BSCH e BHRO (Tabela 01) é quase inexistente, pois, conforme Spichiger et al. (2005), estão claramente separadas com base em sua composição floral. A maioria das espécies de árvores estudadas é exclusivamente do Chaco (BSCH) ou exclusivamente do Paraná (BHRO), mas algumas, como *Astronium urundeuva* ou *Calycophyllum multiflorum* são encontradas em ambas regiões.

Por outro lado, ao comparar o BHRO com o BP, verifica-se uma dissimilaridade florística total entre elas, pois não apresentam espécies em comum, ou seja, os padrões de composição florística parecem refletir suas grandes variações ambientais além da distância entre elas, onde o BHRO tem um número de parcelas com espécies bastante heterogêneas, com relevo acidentado e com solos bem drenados (SPICHIGER et al., 1992; SPICHIGER et al., 2005), já o BP apresenta um número de parcelas com espécies quase totalmente homogêneas, com relevo plano e com solos que apresentam problemas de drenagem (SPICHIGER et al., 1991; MERELES, 2005; NAVARRO et al., 2011; FAO, 2015; PEREZ, 2016).

Para cada estrato arbóreo, foi considerado valores dos grupos de espécies que somados apresentam mais do 50% do VI total (Tabela 02). Estas espécies representam 17,50% do total de espécies no estrato BSCH, 11,11% no estrato BP, 10% no estrato BSHIRP, 12,37% no estrato BSHC e 14,50% no estrato BHRO, o que demonstra que estes reduzidos grupos de espécies são as mais adaptadas às características de cada ambiente.

Tabela 02. Número de indivíduos (NI) e valor de importância (VI) das espécies registradas nos cinco estratos florestais do Paraguai (BSCH, Floresta Seca do Chaco; BSHIRP, Floresta Sub-

úmida Inundável do Rio Paraguai; BP, Floresta de Palmeiras; BSHC, Floresta Sub-úmida do Cerrado; BHRO, Floresta Úmida da Região Oriental).

Família/Espécie	BSCH		BP		BSHIRP		BSHC		BHRO	
	Ni	VI	Ni	VI	Ni	VI	Ni	VI	Ni	VI
ANACARDIACEAE										
<i>Astronium</i> Jacq. sp.							73	2,81		
<i>Astronium urundeuva</i> (Allemão) Engl. var. <i>urundeuva</i>							110	6,07		
<i>Schinopsis balansae</i> Engl.					198	6,77				
<i>Schinopsis lorentzii</i> (Griseb.) Engl.	41	4,49								
APOCYNACEAE										
<i>Macaglia australis</i> (Müll. Arg.) Kuntze							50	3,28		
<i>Macaglia pyrifolia</i> (Mart. & Zucc.) Kuntze							47	3,23		
<i>Macaglia quebracho-blanco</i> (Schltdl.) A. Lyons	96	7,77								
ARECACEAE										
<i>Copernicia australis</i> var. <i>alba</i> (Morong) Bertoni			1400	83,31						
BIGNONIACEAE										
<i>Tabebuia nodosa</i> (Griseb.) Griseb.	102	5,91			257	8,49				
BORAGINACEAE										
<i>Cordia americana</i> (L.) Gottschling & J.S. Mill.							50	3,62	64	3,27
CAPPARACEAE										
<i>Cynophalla retusa</i> (Griseb.) Cornejo & Iltis					209	5,20				
CARICACEAE										
<i>Jacaratia spinosa</i> (Aubl.) A. DC.									49	2,37
COMBRETACEAE										
<i>Terminalia triflora</i> (Griseb.) Lillo							53	3,71		
EUPHORBIACEAE										
<i>Sebastiania nervosa</i> (Müll. Arg.) Müll. Arg.							298	7,32		
FABACEAE										
<i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.) Brenan							66	4,00		
<i>Caesalpinia paraguariensis</i> (D. Parodi) Burkart					97	4,69				
<i>Guibourtia hymenaeifolia</i> (Moric.) J. Léonard									25	1,72
<i>Holocalyx balansae</i> Micheli									37	2,43
<i>Lonchocarpus leucanthus</i> Burkart					136	5,05				
<i>Machaerium paraguariense</i> Hassl.									48	2,12
<i>Muelleria campestris</i> (Mart. ex Benth.) M.J. Silva & A.M.G. Azevedo									32	1,84
<i>Myroxylon peruiferum</i> L. f.							25	2,71		
<i>Parapiptadenia rigida</i> (Benth.) Brenan					117	3,75				
<i>Peltophorum dubium</i> (Spreng.) Taub.							58	4,17	95	3,26
<i>Prosopis ruscifolia</i> Griseb.					153	5,25				
<i>Senegalia praecox</i> (Griseb.) Seigler & Ebinger	107	5,01								

Tabela 02. Número de indivíduos (NI) e valor de importância (VI) das espécies registradas nos cinco estratos florestais do Paraguai (BSCH, Floresta Seca do Chaco; BSHIRP, Floresta Sub-

úmida Inundável do Rio Paraguai; BP, Floresta de Palmeiras; BSHC, Floresta Sub-úmida do Cerrado; BHRO, Floresta Úmida da Região Oriental) (Cont.).

Família/Espécie	BSCH		BP		BSHIRP		BSHC		BHRO	
	Ni	VI	Ni	VI	Ni	VI	Ni	VI	Ni	VI
LAURACEAE										
<i>Nectandra megapotamica</i> (Spreng.) Mez									132	5,32
<i>Ocotea diospyrifolia</i> (Meisn.) Mez									77	3,20
MALVACEAE										
<i>Ceiba chodatii</i> (Hassl.) Ravenna	52	10,27								
MELIACEAE										
<i>Cabralea canjerana</i> (Vell.) Mart.									65	2,38
<i>Surenus fissilis</i> (Vell.) Kuntze									81	3,23
MORACEAE										
<i>Maclura tinctoria</i> (L.) D. Don ex Steud.							78	3,49		
MYRTACEAE										
<i>Campomanesia xanthocarpa</i> Mart. ex O. Berg									56	1,64
<i>Plinia rivularis</i> (Cambess.) Rotman									145	3,74
<i>Stenocalyx involucratus</i> (DC.) Kausel									91	1,72
POLYGONACEAE										
<i>Salta triflora</i> (Griseb.) Adr. Sanchez	448	12,55			231	6,02				
RHAMNACEAE										
<i>Sarcomphalus mistol</i> (Griseb.) Hauenschild	141	6,22			83	3,06				
RUBIACEAE										
<i>Calycophyllum spruceanum</i> var. <i>multiflorum</i> (Griseb.) Chodat & Hassl.					93	3,4	88	6,63		
RUTACEAE										
<i>Balfourodendron riedelianum</i> (Engl.) Engl.									97	3,19
<i>Helietta apiculata</i> Benth.									39	1,55
SALICACEAE										
<i>Banara arguta</i> Briq.									63	1,65
SAPINDACEAE										
<i>Diatenopteryx sorbifolia</i> Radlk.									40	1,55
SAPOTACEAE										
<i>Chrysophyllum gonocarpum</i> (Mart. & Eichler ex Miq.) Engl.									163	4,95
N de espécies com maior VI	7		1		10		12		19	
NI com maior VI	987		1400		1574		996		1399	
Somatório dos VI		52,22		83,31		51,72		51,07		51,14

Para o estrato BSCH, as espécies *Salta triflora* e *Ceiba chodatii* obtiveram os maiores valores de VI (Tabela 02). Estas espécies são predominantes neste tipo de formação florestal, além de *Macaglia quebracho-blanco*, *Senegalia praecox* e *Sarcomphalus mistol* (SPICHIGER et al., 1991; SPICHIGER et al., 2004; MERELES, 2005; SPICHIGER et al., 2005; NAVARRO et al., 2010).

No estrato BSHIRP, *Tabebuia nodosa* e *Schinopsis balansae* obtiveram os maiores valores de VI (Tabela 02). Spichiger et al. (1991), Spichiger et al. (2004), Mereles (2005), Spichiger et al. (2005), Navarro et al. (2006) e Navarro et al. (2010) descrevem diferentes unidades vegetais onde estas espécies são consideradas características deste tipo de formação florestal, assim como *Calycophyllum spruceanum* var. *multiflorum* e *Prosopis ruscifolia*, onde, esta última corresponde a uma formação de origem antropogênico.

No estrato BSHC, as espécies que obtiveram maiores valores de VI foram *Sebastiania nervosa*, *Astronium urundeuva* var. *urundeuva* e *Calycophyllum spruceanum* var. *multiflorum* (Tabela 02). De acordo com Mendoza et al. (2017), em estudos com plantas nativas do Cerrado, citam a *Sebastiania* sp. como espécie característica de matas ciliares dentro deste tipo de formação florestal, onde aparece no estrato inferior junto com outras espécies de menor porte. Para Prado e Gibbs (1993), *Astronium urundeuva* é considerada uma espécie indicadora de fâcies mesotróficas de Cerradão, dentro da área de Cerrado no Brasil e que também pode estar presente na Caatinga como uma árvore baixa e isolada (RATTER et al., 1978) assim como nas florestas do Paraná (BHRO) (SPICHIGER et al., 2005).

Para o estrato BHRO, as espécies *Nectandra megapotamica* (Lauraceae) e *Chrysophyllum gonocarpum* (Sapotaceae) obtiveram os maiores valores de VI (Tabela 02). Esses resultados corroboram os descritos por Vera Monge (2009), em que estas espécies, além de *Plinia rivularis*, *Surenus fissilis*, *Balfourodendron riedelianum* e *Cabrlea canjerana* encontram-se dentro das 10 espécies com maiores VI para a região, e segundo Spichiger et al. (2004) são chamadas “espécies arbóreas do Paraná”. A espécie *Balfourodendron riedelianum* possui um valor comercial muito importante e segundo Prado e Gibbs (1993), pode ocorrer também na Caatinga do Brasil, ao longo do vale do rio Uruguai e no nordeste da Argentina. Spichiger et al. (1992) e Spichiger et al. (2005) descrevem este tipo de florestas como “dominada” pela família Lauraceae, que por sua vez predomina junto com as famílias Meliaceae e Sapotaceae em solos bem drenados e são consideradas de região climática característica.

Conforme Prado e Gibbs (1993), a distribuição das espécies *Cordia americana* e *Peltophorum dubium*, presente nos estratos BSHC e BHRO (Tabela 02), é excepcional, pois, tem-se registros destas no Brasil, nas áreas próximas à bacia do rio Uruguai e no sul da Bolívia, a primeira espécie também foi registrada no nordeste da Argentina e a segunda na Venezuela.

Deste grupo de espécies, as que ocorrem em pelo menos dois estratos (BSCH e BSHIRP) são *Tabebuia nodosa*, *Salta triflora* e *Sarcomphalus mistol*. Essas poderiam ser

consideradas espécies generalistas, que conseguem se estabelecer e desenvolver com sucesso em ambientes diversificados, assim como *Calycophyllum spruceanum* var. *multiflorum* (SPICHIGER et al., 2005), que ocorre nos estratos BSHIRP e BSHC e que segundo Prado e Gibbs (1993) é dominante e característica das florestas de “palo blanco” no piemonte das cadeias sub-andinas, de onde deriva seu nome comum.

3.4 Espécies indicadoras

Das 255 espécies analisadas pelo método de espécies indicadoras para os cinco estratos arbóreos, foram selecionadas aquelas que apresentaram acima de 70% de preferência em cada um dos estratos e valor de significância $< 0,05$. De todas as espécies indicadoras, nenhuma apresentou o valor de indicação máximo (100%) aos estratos a que foram atribuídas. Para o estrato BSCH, três espécies (1,17%) apresentaram essas condições, uma para o BP (0,39%) ao igual que o BSHIRP, seis (2,35%) para o BSHC e onze (4,31%) para o BHRO (Tabela 03).

Tabela 03. Espécies acima de 70% de preferência em cada estrato arbóreo do Paraguai (BSCH, Floresta Seca do Chaco; BSHIRP, Floresta Sub-úmida Inundável do Rio Paraguai; BP, Floresta de Palmeiras; BSHC, Floresta Sub-úmida do Cerrado; BHRO, Floresta Úmida da Região Oriental) e resultados significativos (p -valor $< 0,05$) na análise de espécies indicadoras.

Estratos/Espécies	Ind.Val.g	p-valor
BSCH		
<i>Schinopsis lorentzii</i> (Griseb.) Engl.	0,733	0,001 ***
<i>Ceiba chodatii</i> (Hassl.) Ravenna	0,715	0,001 ***
<i>Sideroxylon obtusifolium</i> (Humb. ex Roem. & Schult.) T.D. Penn. subsp. <i>obtusifolium</i>	0,707	0,001 ***
BP		
<i>Copernicia australis</i> var. <i>alba</i> (Morong) Bertoni	0,977	0,001 ***
BSHIRP		
<i>Schinopsis balansae</i> Engl.	0,783	0,001 ***
BSHC		
<i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.) Brenan	0,866	0,001 ***
<i>Myroxylon peruiferum</i> L. f.	0,806	0,001 ***
<i>Maclura tinctoria</i> (L.) D. Don ex Steud.	0,801	0,001 ***
<i>Macaglia australis</i> (Müll. Arg.) Kuntze	0,742	0,001 ***
<i>Astronium urundeuva</i> (Allemão) Engl. var. <i>urundeuva</i>	0,736	0,001 ***
<i>Sebastiania nervosa</i> (Müll. Arg.) Müll. Arg.	0,716	0,001 ***
BHRO		
<i>Nectandra megapota mica</i> (Spreng.) Mez	0,895	0,001 ***
<i>Surenus fissilis</i> (Vell.) Kuntze	0,894	0,001 ***
<i>Machaerium paraguariense</i> Hassl.	0,857	0,001 ***
<i>Chrysophyllum gonocarpum</i> (Mart. & Eichler ex Miq.) Engl.	0,839	0,001 ***
<i>Balfourodendron riedelianum</i> (Engl.) Engl.	0,816	0,001 ***
<i>Ocotea diospyrifolia</i> (Meisn.) Mez	0,801	0,001 ***
<i>Cabrlea canjerana</i> (Vell.) Mart.	0,775	0,001 ***
<i>Sorocea bonplandii</i> (Baill.) W.C. Burger, Lanj. & Wess. Boer	0,775	0,001 ***
<i>Jacaratia spinosa</i> (Aubl.) A. DC.	0,770	0,001 ***
<i>Plinia rivularis</i> (Cambess.) Rotman	0,742	0,001 ***
<i>Banara arguta</i> Briq.	0,707	0,001 ***

Onde: Ind.Val.g = Valor de preferência do índice

As três espécies indicadoras do estrato BSCH (Tabela 03) são características da floresta xerófita, preferem áreas abertas, pois apresentam grande porte, com alturas que podem alcançar entre 8 e 24 metros (LÓPEZ et al., 2002; LORENZI, 2013) e diâmetros de mais de um metro no caso de *Ceiba chodatii*, ocorrem em solos derivados de sedimentos eólicos (MERELES, 2005; PÉREZ, 2016) onde o substrato é superficial, pouca deposição de matéria orgânica e menor humidade que os demais estratos amostrados. Para Prado e Gibbs (1993), *Sideroxylon*

obtusifolium é uma espécie excepcional, pois, possui uma distribuição generalizada e ocorre em diversos tipos de vegetação (além do Chaco), junto com outras espécies, mostra fidelidade às formações sazonais, mas, também ocorre em áreas temperadas da América do Sul.

A espécie indicadora do estrato BP (Tabela 03) representa o elemento dominante, monotípico que caracteriza esse tipo de vegetação (MERELES, 2005), forma massas puras, cobre grandes áreas (ARRÚA e NEGRELLE, 2014) e está adaptada a ambientes que sofrem períodos de alagamento constantes (SPICHIGER et al., 1991) onde o substrato é superficial, preferem solos argilosos e a deposição de matéria orgânica é baixa, ao igual que o estrato BSCH. Estas mesmas características são compartilhadas com o estrato BSHIRP, a exceção da deposição de material orgânico, que neste caso é maior, isso explica a preferência e sucesso de estabelecimento de *Schinopsis balansae* para este estrato e de *Copernicia australis* var. *alba* para o estrato BP nessas condições.

As espécies indicadoras do estrato BSHC (Tabela 03) são características de áreas onde o clima apresenta duas estações bem definidas (inverno seco e verão chuvoso), preferem solos arenosos e argilosos, pobres em nutrientes, típicos do Cerrado. Dentro deste estrato, podem ocorrer outras formações florestais, como as matas ciliares, onde *Sebastiania* sp. aparece como espécie característica no estrato inferior junto com outras espécies de menor porte (MENDOZA et al., 2017).

As espécies indicadoras do estrato BHRO (Tabela 03) encontram-se adaptadas a ambientes de temperatura e umidade ótimas para o estabelecimento das mesmas, preferem solos bem drenados, como é o caso de *Surenus fissilis* e *Nectandra megapotamica*, com alta deposição de matéria orgânica, onde *Chrysophyllum gonocarpum*, *Balfourodendron riedelianum* e *Cabrera canjerana* são consideradas espécies mesófitas, a presença de *Plinia rivularis* indica condições edáficas mais úmidas e *Jacaratia spinosa* poderia indicar à existência de formações secundárias neste tipo de florestas (SPICHIGER et al., 1992; PRADO e GIBBS, 1993; SPICHIGER et al., 2004; VERA MONGE, 2009).

As características específicas de cada estrato florestal marcam o sucesso destas espécies neste tipo de ambientes, que, segundo Spichiger et al. (2005), as espécies são distribuídas entre várias comunidades distintas e não ao longo de gradientes homogêneos. Para Calenge et al. (2005), as ocorrências de espécies têm um estado particular, pois, a localização de uma ocorrência em um determinado ponto garante a presença da espécie, enquanto que a ausência de uma ocorrência não garante a ausência dela.

4. Conclusões

As famílias que apresentaram maiores riquezas foram: Fabaceae, Myrtaceae, Rutaceae, Bignoniaceae e Euphorbiaceae.

Enquanto ao número de indivíduos e diversidade florística, o estrato BHRO apresentou os maiores valores, em função das condições edafoclimáticas ideais de temperatura e umidade.

Foi possível representar os estratos amostrados por suas espécies características (indicadoras) atestando que as espécies são distribuídas entre várias comunidades distintas quanto ao clima, solo e água, e não ao longo de gradientes homogêneos. Essas espécies poderiam ser recomendadas para recuperação de áreas degradadas nestes diferentes tipos de ambientes, pois, a sua adaptação e desenvolvimento seriam ótimos.

REFERÊNCIAS

- ARRÚA, R.D.; NEGRELLE, R.J.B. Estructura poblacional, regeneración y producción potencial de cera de *Copernicia alba* Mrorong ex Morong & Britton en tres sitios de la región del Chaco, Paraguay. *Iheringia Série Botânica*, Porto Alegre, v. 69, n. 2, p. 277-284, 2014.
- AYRES, J.M.; DA FONSECA, G.A.B.; RYLANDS, A.B.; QUEIROZ, H.L.; PINTO, L.P.; MASTERSON, D.; CAVALCANTI, R.B. Os corredores ecológicos das florestas tropicais do Brasil. PA: Sociedade Civil Mamirauá (SCM), 256 p., 2005.
- BAO, F.; LEANDRO, T.D.; ROCHA, M.; DOS SANTOS, V.S.; STEFANELLO, T.H.; ARRUDA, R.; POTT, A.; DAMASCENO-JUNIOR, G.A. Plant species diversity in a Neotropical wetland: patterns of similarity, effects of distance, and altitude. *Annals of the Brazilian Academy of Sciences*, v. 90, n. 1, p. 85-97, 2018.
- BERNARDI, L. Contribución a la dendrología paraguaya 1: Apocynaceae, Bombacaceae, Euphorbiaceae, Flacourtiaceae, Mimosoideae, Caesalpinoideae, Papilionatae. Ginebra: Editions des Conservatoire et Jardin botaniques de la Ville de Genève, Missouri Botanical Garden. Boissiera, v. 35, 341 p., 1984.
- BERNARDI, L. Contribución a la dendrología paraguaya 2: Meliaceae, Moraceae, Myrsinaceae, Myrtaceae, Rubiaceae, Vochysiaceae. Ginebra: Editions des Conservatoire et Jardin botaniques de la Ville de Genève, Missouri Botanical Garden. Boissiera, v. 37, 294 p., 1985.
- BOEDEL TJE, G.; BAKKER, J.P.; BEKKER, R.M.; VAN GROENENDAEL, J.M.; SOESBERGEN, M. Plant dispersal in a lowland stream in relation to occurrence and three specific life-history traits of the species in the species pool. *Journal of Ecology*, v. 91, p. 855-866, 2003.
- BROWER, J.E.; ZAR, J.H. ENDE, C. Field and laboratory methods for general ecology. Boston, Massachusetts. WCB McGraw-Hill, 4 ed., 273 p., 1998.

CALENGE, C.; SPICHIGER, R.; CHESSEL, D.; CHATELAIN, C. Discriminant analysis of the spatial distribution of plant species occurrences: I. Theoretical aspects. *Candollea*, v. 60, n. 2, p. 563-575, 2005.

CARVALHO, P.E.R. Espécies arbóreas brasileiras. Embrapa Informação Tecnológica; Embrapa Florestas; Colombo, PR, Brasil, v. 1, 1039 p., 2003.

CARVALHO, P.E.R. Espécies arbóreas brasileiras. Embrapa Informação Tecnológica; Embrapa Florestas; Colombo, PR, Brasil, v. 2, 627 p., 2006.

CHAVES, A.C.G.; SANTOS, R.M.S.; SANTOS, J.O.; FERNANDES, A.A.; MARACAJÁ, P.B. A importância dos levantamentos florístico e fitossociológico para a conservação e preservação das florestas. *Revista ACSA*, v. 9, n. 2, p. 42-48, 2013.

COLWELL, R.K. 2016. EstimateS, Version 9.1: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. User's Guide and Application.
<https://http://viceroy.colorado.edu/estimates/>

DE CACERES, M.; LEGENDRE, P. 2009. Associations between species and groups of sites: indices and statistical inference. *Ecology*. <http://sites.google.com/site/miqueldecaceres/>

DURIGAN, G.; RODRIGUES, R.R.; SCHIAVINI, I. A heterogeneidade ambiental definindo a metodologia de amostragem da floresta ciliar. In: RODRIGUES, R.R. e LEITÃO-FILHO, H.F. (eds.). *Matas ciliares: conservação e recuperação*. São Paulo, EDUSP, p. 159-167, 2000.

DUFRENE, M.; LEGENDRE, P. Species assemblages and indicator species: The need for a flexible asymmetrical approach. *Ecological Monographs*, v. 67, n. 3, p. 345-366, 1997.

FERREIRA, L.V.; SALOMÃO, R.P.; MATOS, D.C.L.; PEREIRA, L.G. Similaridade de espécies arbóreas em função da distância em uma floresta ombrófila na Floresta Nacional de Saracá-Taquera, Pará. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, Ciências Naturais*, v. 6, n. 3, p. 295-306, 2011.

FONSECA, M.S.; SILVA JUNIOR, M.C. Fitossociologia e similaridade florística em trechos de Cerrado sentido restrito em interflúvio e em vale no Jardim Botânico de Brasília, DF. *Acta Botânica Brasília*, v. 18, n. 1, p. 19-29, 2004.

FREITAS, W.K.; MAGALHÃES, L.M.S. Métodos e Parâmetros para estudo da Vegetação com ênfase no Estrato Arbóreo. *Floresta e Ambiente*, v. 19, n. 4, p. 520-540, 2012.

FRIESEN, V. Urunde'y: Una guía para plantas leñosas del Chaco. Iniciativa para la Investigación y Transferencia de Tecnología Agraria (INTTAS). Grafitec S.A., Asunción, Paraguay, 120 p., 2004.

FRIESEN, V. Plantas medicinales del Gran Chaco. Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias, San Lorenzo, Paraguay, 128 p., 2017.

GOTELLI, N.J.; COLWELL, R.K. Quantifying biodiversity: Procedures and pitfalls in the measurement and comparison of species richness. *Ecology Letters*, v. 4, p. 379–391, 2001.

HOSOKAWA, R.T.; MOURA, J.B.; CUNHA, U.S. Introdução ao manejo e economia de florestas. Universidade Federal de Paraná, Curitiba, PR, 162 p., 1998.

KAGEYAMA, P.; GANDARA, F.B. Revegetação de áreas ciliares. In: RODRIGUES, R.R.; LEITÃO FILHO, H.F. *Matas Ciliares: Uma abordagem multidisciplinar*. São Paulo: EDUSP/FAPESP, p.249-269, 2000.

LÓPEZ, J.A.; LITTLE, E.L.; RITZ, F.G.; ROMBOLD, J.S.; HAHN, W.J. Árboles comunes del Paraguay: Ñande yvyramáta kuéra. Universidad Nacional de Asunción-Facultad de Ciencias Agrarias, Cuerpo de Paz, Asunción, Paraguay, 2 ed., 458 p., 2002.

LORENZI, H. Árvores brasileiras: Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Instituto Plantarum, Nova Odessa, São Paulo, Brasil, v. 2, 4 ed., 384 p., 2013.

LORENZI, H. Árvores brasileiras: Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas

nativas do Brasil. Instituto Plantarum de estudos de flora, São Paulo, Brasil, v. 1, 7 ed., 384 p., 2016 (a).

LORENZI, H. Árvores brasileiras: Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Instituto Plantarum de estudos de flora, São Paulo, Brasil, v. 3, 2 ed., 384 p., 2016 (b).

MARCHIORI, J.N.C. Dendrologia das Angiospermas: Leguminosas. Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2 ed., 199 p., 2007.

MARTINS, S.V. Ecologia de florestas tropicais do Brasil. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2 ed., 371 p., 2012.

MATOS, D.C.L., FERREIRA, L.V.; SALOMÃO, R.P. Influência da distância geográfica na riqueza e composição de espécies arbóreas em uma Floresta ombrófila densa na Amazônia Oriental. *Rodriguésia*, v. 64, n. 2, p. 357-367, 2013.

MELO, A.S. O que ganhamos “confundindo” riqueza de espécies e equabilidade num índice de diversidade?. *Biota Neotropica*, v. 8, n. 3, 2008.

MENDOZA, C.R.; JIMÉNEZ, M.V.; ARRÚA, R.D. Plantas nativas del Cerrado de Aguará Ñú, Reserva Natural del Bosque Mbarakayú, Paraguay. *Rojasiana*, n. 3, 244 p., 2017.

MERELES, M.F. Una aproximación al conocimiento de las formaciones vegetales del Chaco Boreal, Paraguay. *Rojasiana*, v. 6, n. 2, p. 5-48, 2005.

MUELLER-DOMBOIS, D.; ELLENBERG, H. *Aims & Methods of Vegetation Ecology*. New York, John Wiley & Sons, p. 93-135, 1974.

NAVARRO, G.; MOLINA, J.A.; PÉREZ, L.F. Classification of the forests of the northern Paraguayan Chaco. *Phytocoenologia*, v. 36, n. 4, p. 473-508, 2006.

NAVARRO, G.; MOLINA, J.A.; VEGA, S. Soil factors determining the change in forests

between dry and wet Chacos. *Flora*, v. 206, p. 136-143, 2011.

NEKOLA, J.C.; WHITE, P.S. The distance decay of similarity in biogeography and ecology. *Journal of Biogeography*, v. 26, p. 867-878, 1999.

OLIVEIRA-FILHO, A.T.; RATTER, J.A.; SHEPHERD, G.J. Floristic composition and community structure of a central Brazilian gallery forest. *Flora*, v. 184, n. 2, p. 103-117, 1990.

OKSANEN, J.; BLANCHET, F.G.; FRIENDLY, M.; KINDT, R.; LEGENDRE, P.; MCGLINN, D.; MINCHIN, P.R.; O'HARA, B.; SIMPSON, G.L.; SOLYMOS, P.; STEVENS, M.H.H.; SZOECS, E.; WAGNER, H. 2019. *vegan: Community Ecology Package*. R package version 2.5-4. <https://CRAN.R-project.org/package=vegan>

PAULA, A.S.; RODRIGUES, E. Degradação da paisagem norte-paranaense: Um estudo de fragmentos florestais. *Semina*, v. 23, n. 2, p. 229-238, 2002.

PASTÉN, M.; GONZÁLEZ, A.V.; ESPÍNOLA, C.F. Clasificación climática del Paraguay utilizando los métodos de Köppen y Thornthwaite. Informe final. Universidad Nacional de Asunción. Facultad Politécnica. San Lorenzo, Paraguay. 43 p., 2011.

PEÑA-CHOCARRO, M.D.; DE EGEA, J.; VERA, M.; MATURO, H.; KNAPP, S. Guía de árboles y arbustos del Chaco Húmedo. The Natural History Museum, Guyra Paraguay-Fundación Moisés Bertoni-Fundación Hábitat y Desarrollo. Asunción, Paraguay, 291 p., 2006.

PÉREZ, L.F. Manual de familias y géneros de árboles del Paraguay. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). San Lorenzo, Paraguay, 216 p., 2016.

PRADO, D.; GIBBS, P. Patterns of distributions in the Dry Seasonal Forests of South America. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, v. 80, n. 4, p. 902-927, 1993.

R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for

Statistical Computing, Vienna, Austria. 2013. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org/>.

RATTER, J.A.; ASKEW, G.P.; MONTGOMERY, R.; GIFFORD, D.R. Observations on forests of some mesotrophic soils in central Brazil. *Revista Brasileira Botânica*, v. 1, p. 47-58, 1978.

RODRIGUES-ITURBE, I.; MUNEEPEERAKUL, R.; BERTUZZO, E.; LEVIN, S.A.; RINALDO, A. 2009. River networks as ecological corridors: A complex systems perspective for integrating hydrologic, geomorphologic, and ecologic dynamics. *Water Resources Research*, v. 45, p. 01-22, 2009.

SCHEINER, S.M.; REY-BENAYAS, R. Global patterns of plant diversity. *Evolutionary Ecology*, v. 8, p. 331-347, 1994.

SPICHIGER, R.; BERTONI, B.S.; LOIZEAU, P.A. Los bosques del Alto Paraná en Paraguay. *Candollea*, v. 47, p. 219-250, 1992.

SPICHIGER, R.; CALENGE, C.; BISE, B. Geographical zonation in the Neotropics of tree species characteristic of the Paraguay-Parana. *Journal of Biogeography*, v. 31, p. 1489-1501, 2004.

SPICHIGER, R.; CALENGE, C.; BISE, B. Discriminant analysis of the spatial distribution of plant species occurrences: II. Distribution of major tree communities in Paraguay. *Candollea*, v. 60, n. 2, p. 577-593, 2005.

SPICHIGER, R.; RAMELLA, L.; PALESE, L.; MERELES, F. Proposición de leyenda para la cartografía de las formaciones vegetales del Chaco Paraguayo. Contribución al estudio de la flora y de la vegetación del Chaco. III. *Candollea*, v. 46, p. 541-564, 1991.

TÓTHMÉRÉSZ, B. Comparison of different methods for diversity ordering. *Journal of Vegetation Science*, v. 6, n. 2, p. 283-290, 1995.

TROPICOS. Missouri Botanical Garden. Disponível em: www.tropicos.org. 2019.

VERA MONGE, V.R. Comparação de associações vegetais sobre diferentes tipos de solos presentes na área de influência da Represa Itaipu, para reconhecimento de espécies apropriadas para restauração ecológica. Tese (Doutorado em Recursos Florestais) – Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Programa de Pós-graduação em Recursos Florestais, 173 f., 2009.

WICKHAM, H.; FRANÇOIS, R.; HENRY, L.; MÜLLER, K. 2019. dplyr: A Grammar of Data Manipulation. R package version 0.8.0.1. <https://CRAN.R-project.org/package=dplyr>

CAPÍTULO II: ANÁLISE DA RELAÇÃO ENTRE A VEGETAÇÃO LENHOSA E VARIÁVEIS EDÁFICAS EM FORMAÇÕES FLORESTAIS NATURAIS DO PARAGUAI

1. Introdução

As florestas naturais do Paraguai têm sofrido grandes impactos e redução de biodiversidade durante as últimas décadas. Esta pressão tem ocorrido principalmente na região Ocidental, pois, a atividade pecuária tem-se expandido rapidamente diante da promulgação da Lei 2.524/04 na região Oriental que “proíbe as atividades de transformação e conversão de áreas com cobertura florestal” para que numa estrutura de desenvolvimento sustentável, a floresta possa cumprir suas funções ambientais, sociais e econômicas.

Esta perturbação nesta região do país tem transformado um importante componente do sistema, o solo. Além disso, as condições hídricas sofrem alterações, esgotando desta forma importantes relações dentro destes ambientes e deixando uma brecha muito pequena de valiosas informações a respeito do funcionamento dos mesmos, que, segundo Ribas et al. (2003) podem ser utilizadas para subsidiar o estabelecimento de ações e políticas pertinentes à uso, manejo, conservação e recuperação de ambientes naturais remanescentes.

Tendo em conta que as florestas possuem uma grande variação na estrutura e composição florística, podem ser utilizados diversos parâmetros para sua análise e relação com os fatores ambientais. Por exemplo, a análise da relação entre vegetação e ambiente, tendo como base parâmetros quantitativos de abundância das espécies, permite detectar a influência das condições do meio na estrutura da comunidade, e para determinar essas relações são empregados métodos de ordenação, mesmo que sejam de maneira indireta (TER BRAAK e PRENTICE, 1988; McGARIGAL, 2000; FELFILI et al., 2007; KENT, 2012; LEGENDRE e LEGENDRE, 2012; RORATO, 2012). Portanto, correlacionar essas informações (vegetação e ambiente) resulta numa questão fundamental, pois possibilitaria realizar inferências sobre os componentes biológicos presentes nessas comunidades e assim contribuir para sua recuperação.

Neste contexto, os objetivos do presente estudo foram avaliar se existe correlação entre as variáveis do solo, determinar se essas variáveis influenciam na vegetação lenhosa, e quais variáveis explicam melhor essa relação.

2. Material e Métodos

2.1 Localização e caracterização das áreas de estudo

O estudo foi realizado a partir dos dados obtidos no Inventário Florestal Nacional do Paraguai no ano de 2015 (Figura 05), das Regiões Ocidental e Oriental, que foram divididas em cinco estratos florestais: Floresta Seca do Chaco-BSCH (21°34'26,96"S 60°50'45,97"W), Floresta Sub-úmida Inundável do Rio Paraguai-BHIRP (22°40'55,73"S 58°16'46,46"W), Floresta de Palmeiras-BP (22°55'0,87"S 58°6'25,58"W), Floresta Sub-úmida do Cerrado-BSHC (22°26'13,96"S 57°20'2,90"W) e Floresta Úmida da Região Oriental-BHRO (25°3'3,21"S 55°39'43,55"W).

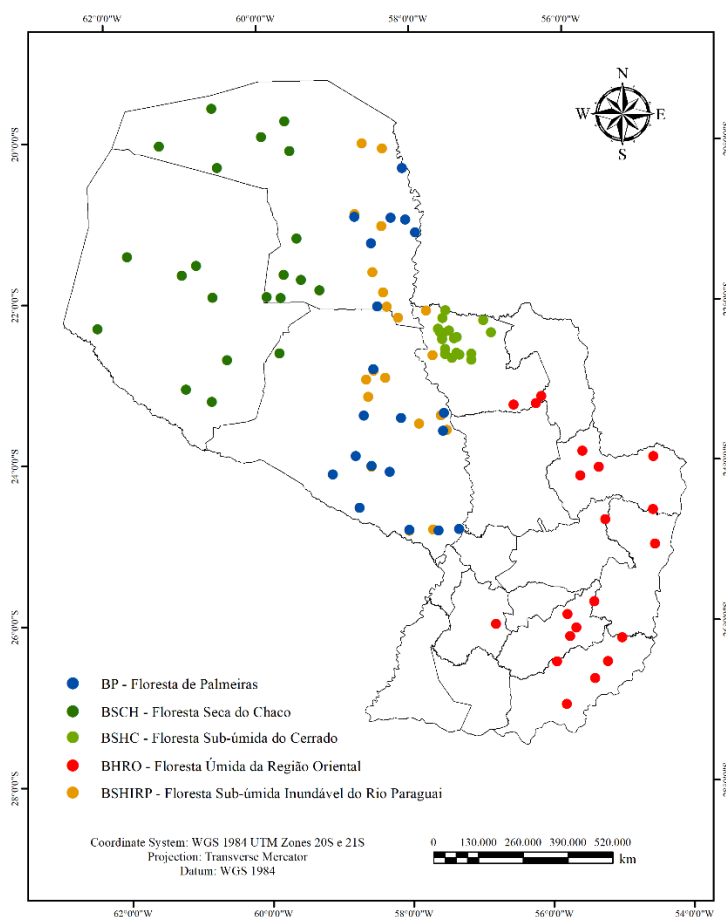


Figura 05. Mapa das UA instaladas em cada estrato florestal

Fonte: Eng.Ftal. Lucas Henderson, UFMT (2020).

A Floresta Seca do Chaco é caracterizada por árvores de pequeno porte, caducifólias de madeira dura, folhas pequenas e/ou coriáceas (xeroformas com caules adaptados para reservar água: cactos e tunas), arbustos espinhosos (abundantes cactáceas e bromeliáceas), assim como

já foi descrito por diferentes autores (SPICHIGER et al., 1991; PRADO e GIBBS, 1993; MERELES, 2005; SPICHIGER et al., 2005; NAVARRO et al., 2011; PÉREZ, 2016). De acordo com a classificação de Köppen, o clima da maior parte da região é semiárido/estepe/quente, pertencente à variedade específica “BSh” e a outra pequena porção pertence à variedade “Aw”, tropical/savana. Possui uma precipitação total média anual de 700 mm e uma temperatura média anual de 20,5 °C (PASTÉN et al., 2011).

A Floresta Sub-úmida Inundável do Rio Paraguai é caracterizada por ser dominada por poucas espécies no dossel superior, possui um sub-bosque denso e esparsos com a presença de bromeliáceas e outras espécies palustres, ou seja, tolera o alagamento dos solos por determinado período de tempo (SPICHIGER et al., 1991; MERELES, 2005; SPICHIGER et al., 2005; NAVARRO et al., 2011; PÉREZ, 2016). Segundo Pastén et al. (2011), tendo em conta a classificação de Köppen, o clima da metade da região é tropical/savana, pertencente à variedade específica “Aw”, e à outra metade pertence à variedade “Cfa”, temperado/sem estação seca/verão quente. Possui uma precipitação total média anual de 1200 mm e uma temperatura média anual de 19 °C.

A Floresta de Palmeiras caracteriza-se pela presença de *Copernicia alba* em toda a sua extensão, que está associada a plantas herbáceas e lenhosas, preferencialmente em locais baixos, inundados e, por vezes, salinos (SPICHIGER et al., 1991; MERELES, 2005; PÉREZ, 2016). De acordo com a classificação de Köppen, o clima da metade da região é tropical/savana, pertencente à variedade específica “Aw”, e à outra metade pertence à variedade “Cfa”, temperado/sem estação seca/verão quente. Possui uma precipitação total média anual de 1250 mm e uma temperatura média anual de 20 °C (PASTÉN et al., 2011).

A Floresta Sub-úmida do Cerrado é caracterizado por árvores de pequeno porte, de galhos tortuosos e cascas duras e grossas, arbustos espaçadas e gramíneas, que, para Spichiger et al. (2005) corresponde a uma área de ecótono entre os cerrados do sul do Brasil e as florestas do Paraná. Segundo Pastén et al. (2011), tendo em conta a classificação de Köppen, o clima da região é temperado/sem estação seca/verão quente, pertencente à variedade específica “Cfa”. Possui uma precipitação total média anual de 1500 mm e uma temperatura média anual de 21 °C.

A Floresta Úmida da Região Oriental é caracterizada por árvores de grande porte, as florestas altas constituem as formações típicas desta região, no entanto as florestas baixas são formações ecoclinais, em faixas transicionais entre florestas altas e savanas, matas ciliares que penetram em áreas de savanas e ilhas de florestas rodeadas por vegetação herbácea

(SPICHIGER et al., 1992; SPICHIGER et al., 2005). De acordo com a classificação de Köppen, encontra-se completamente dentro do clima temperado/sem estação seca/verão quente, pertencente à variedade específica “Cfa”. Possui uma precipitação total média anual de 1750 mm e uma temperatura média anual de 17 °C (PASTÉN et al., 2011).

2.3 Variáveis edáficas

Para cada estrato foram coletadas 2 amostras de solo para densidade aparente e carbono nos vértices SE e NW de cada unidade amostral, utilizando um cilindro de 100 cc, de acordo com as seguintes profundidades: A (0-5 cm); B (25-30 cm) e C (45-50 cm). As amostras do vértice SE foram misturadas com aquelas do vértice NW, gerando uma amostra composta para cada profundidade e para cada finalidade. As análises das amostras de solo foram realizadas no Laboratório da “Compañía Tecnológica de Comercio y Servicios Agropecuarios” TECSA S.A., no Departamento de Itapúa, Paraguai. O parâmetro químico do solo foi o material orgânico (M.O.) e para os parâmetros físicos e texturais foram: granulometria; % de areia (Are), % de argila (Arg), % de silte (Sil), % de densidade aparente (D.A.); e % de carbono orgânico (C.O.), conforme consta no Manual de Campo do IFN (FAO, 2015).

2.3 Amostragem da vegetação lenhosa por estrato

O banco de dados utilizado compõe-se de informações quantitativas de 100 unidades amostrais (UA) de 60 m x 60 m, distribuídas nos cinco estratos arbóreos (20 UA para cada estrato), localizadas em todo o Paraguai, que foram selecionadas de maneira aleatória, totalizando 36 ha amostrados.

Tem-se registros das alturas totais e dos diâmetros a 1,30 m de altura ($d_{1,30}$) de todos os indivíduos arbustivo-arbóreos vivos com $d_{1,30} \geq 5$ cm. Todos os indivíduos foram coletados e posteriormente identificados com base em literatura, especialistas e no Herbário da Faculdade de Ciências Químicas, Departamento de Botânica da Universidade Nacional de Assunção. A confirmação e atualização dos nomes científicos e das famílias foram feitas com base no site do *Missouri Botanical Garden* (TROPICOS, 2019).

2.4 Análise dos dados

A correlação entre os dados de vegetação e dados edáficos foi realizada por meio de duas matrizes, onde, a primeira é referente às maiores abundâncias dos indivíduos de cada espécie (>10), e a segunda refere-se às variáveis edáficas, ambas nos cinco estratos amostrados. De acordo com Ter Braak (1987) e Nappo et al. (2000), a seleção de espécies com maior número de indivíduos se justifica, principalmente, pelo fato das espécies menos abundantes influírem pouco ou nada nos resultados. A construção de ambas matrizes foi feita mediante uma análise preliminar, para tornar viável o processamento, pois, segundo Borcard et al. (2011), devem apresentar número de variáveis (linhas) menor que o número de unidades amostrais (colunas) com dados de vegetação.

Primeiramente foi realizada uma análise de correlação de Pearson entre as variáveis edáficas e de Componentes Principais (ACP) com as seis variáveis da análise do solo para todas as parcelas amostradas (20 UA) em cada estrato (5) nas três profundidades (A, B, C), resultando em uma matriz com 60 linhas (amostras) e seis colunas (variáveis do solo) (TER BRAAK e PRENTICE, 1988). Foi escolhida a profundidade que apresentou maior correlação na análise ($> 30\%$) (HENDERSON, 2003).

Para determinar se as variáveis edáficas influenciam na presença das espécies, foi realizada a Análise de Correlação Canônica (CCorA), onde foram utilizadas duas matrizes: uma matriz principal de vegetação, composta pela abundância das espécies que apresentaram acima de 50% do valor de importância nas 20 UA dos estratos BSCH, BSHIRP, BSHC e BHRO, sendo as matrizes compostas por 20 linhas (UA) e 18, 12, 10 e sete colunas (espécies), respectivamente e para o estrato BP, uma espécie só já representava acima de 80% do valor de importância, então, foi utilizada uma matriz composta pela abundância (>10 indivíduos) de três espécies (colunas) e uma matriz secundária de variáveis edáficas com 20 linhas (UA) e seis variáveis (colunas). Estas matrizes foram padronizadas utilizando a transformação de Hellinger, proposta por Legendre e Gallagher (2001) e tendo em consideração que, o posto da matriz de dados deve ser menor que o número de linhas menos um ($n-1$).

Foi realizada também a Análise de Redundância Canônica para avaliar se existem variáveis que possuem maior influência sobre os indivíduos (FELFILI et al., 2011; LEGENDRE e LEGENDRE, 2012).

Para as análises foi utilizado o software R, com os pacotes *vegan*, *factoextra*, *ellipse*, *ggplot2*, *MASS* e *FactoMineR*.

3. Resultados e Discussões

Conforme a classificação de Santos (2007), no estrato BSCH, foi observada uma baixa correlação positiva entre Sil e Arg com a M.O., fato que também acontece nos estratos BSHIRP, BSHC e BHRO, ou seja, a presença destas variáveis não contribui no aumento ou diminuição do material orgânico amostrado (Figura 06), o que corrobora os resultados obtidos por outros autores, sobre a relação existente entre estas variáveis (RANGEL et al., 2007; VALLADARES et al., 2008; CARMO e SILVA, 2012).

Conquanto, as variáveis Are e Sil apresentaram correlação fortemente negativa nos estratos BSCH e BSHIRP, logo, apresentam correlação inversa, significando que, o aumento do conteúdo de uma, influencia na diminuição do conteúdo de outra. Já nos estratos BP, BSHC e BHRO, as variáveis que apresentaram correlação fortemente negativa entre elas foram Are e Arg (Figura 06), o que respalda suas características opostas, sejam físicas ou químicas.

Em todos os estratos a variável C.O. apresentou correlação fortemente positiva com a M.O., ou seja, diretamente proporcional, a presença de uma contribui na presença da outra.

Para a ACP, tendo em conta as três profundidades do solo, em todos os estratos amostrados, o menor e o maior valor para a Dimensão 1, respetivamente, são 39 e 57,9 %, enquanto que para a Dimensão 2, são 22 e 31,4 %. Foi selecionada a profundidade A, pois apresentou maior correlação e teve maior influência na análise. As profundidades B e C apresentaram baixa correlação (<30%) (HENDERSON, 2003) e foram situadas próximos à origem, portanto, contribuem pouco ou quase nada para à análise, sendo os mais estáveis, portanto foram retiradas da análise (Figura 07).

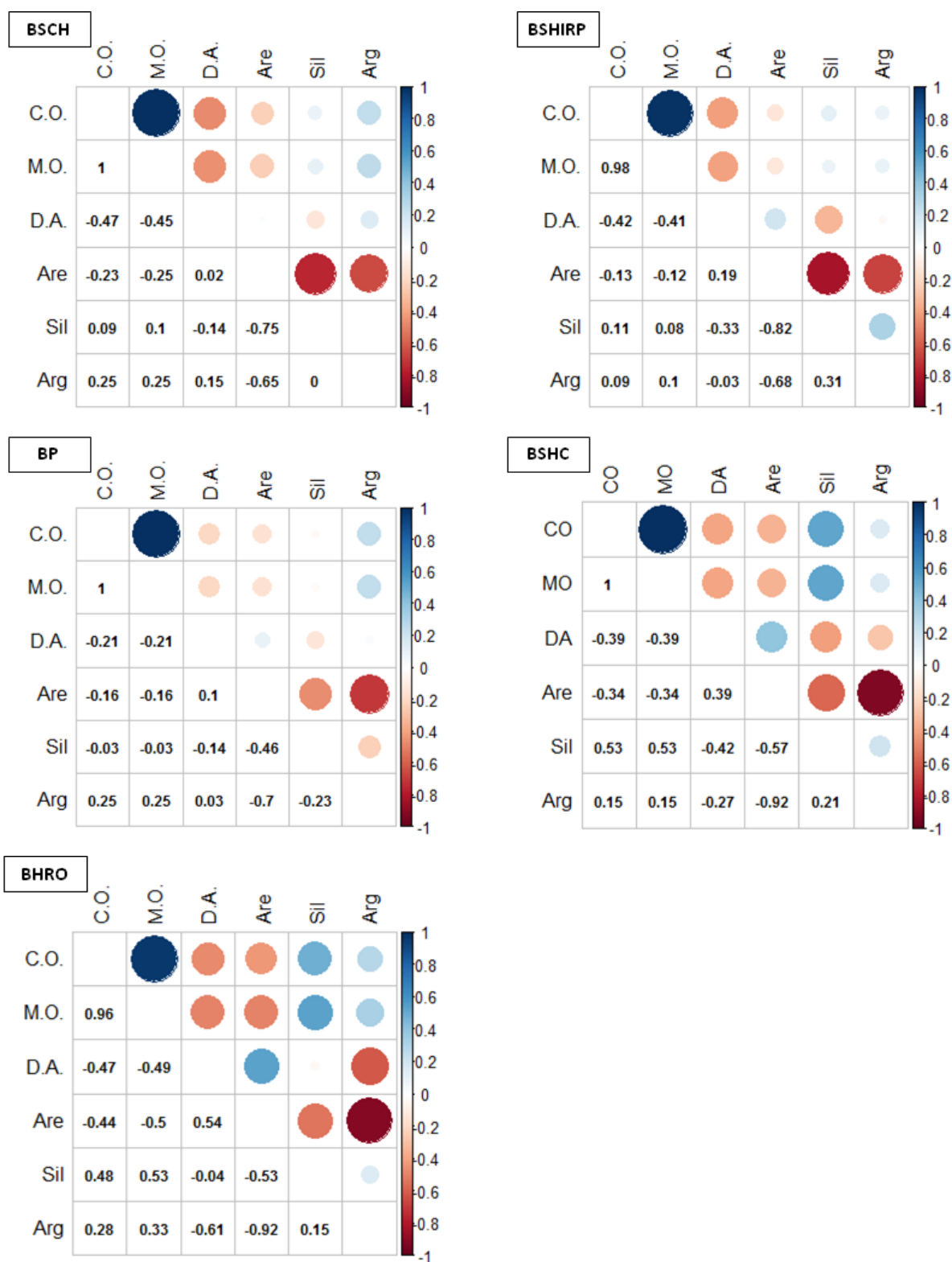


Figura 06. Matriz de correlação de Pearson entre as variáveis edáficas: Carbono Orgânico (C.O.), Material Orgânico (M.O.), Densidade Aparente (D.A.), Areia (Are), Silte (Sil) e Argila (Arg), para 100 parcelas nos cinco estratos florestais do Paraguai (BSCH, Floresta Seca do Chaco; BSHIRP, Floresta Sub-úmida Inundável do Rio Paraguai; BP, Floresta de Palmeiras; BSHC, Floresta Sub-úmida do Cerrado; BHRO, Floresta Úmida da Região Oriental).

Figura 07. APC a partir das três profundidades do solo: A (0-5 cm); B (25-30 cm) e C (45-50 cm), para 100 parcelas nos cinco estratos florestais do Paraguai (BSCH, Floresta Seca do Chaco; BSHIRP, Floresta Sub-úmida Inundável do Rio Paraguai; BP, Floresta de Palmeiras; BSHC, Floresta Sub-úmida do Cerrado; BHRO, Floresta Úmida da Região Oriental).

Para a Análise de Correlação Canônica (CCorA), as matrizes de vegetação (Y) e de

variáveis edáficas (X) para os estratos BSCH, BSHIRP, BP, BSHC e BHRO apresentaram postos sete e seis, dez e seis, três e seis, 12 e seis, e 18 e seis, além de aceitar o critério que o posto da matriz deve ser menor que o número de linhas menos um, $\max(7,6) \leq 20-1$, $\max(10,6) \leq 20-1$, $\max(3,6) \leq 20-1$, $\max(12,6) \leq 20-1$, $\max(18,6) \leq 20-1$, respectivamente.

Para o estrato BSCH, a variabilidade das variáveis edáficas explica 44% da variabilidade das espécies ($R^2 X|Y = 0,44$), enquanto que a inversa é fraca ($R^2 Y|X = 0,29$), para o BSHIRP, 33% ($R^2 X|Y = 0,33$) e ($R^2 Y|X = 0,25$), para o BP, 13% ($R^2 X|Y = 0,13$) e ($R^2 Y|X = 0,19$), para o BSHC, 71% ($R^2 X|Y = 0,71$) e ($R^2 Y|X = 0,27$) e para o BHRO, 99% ($R^2 X|Y = 0,99$) e ($R^2 Y|X = 0,31$). Esses resultados corroboram com outros estudos que têm mostrado a existência de padrões de distribuição associados a variáveis edáficas (OLIVEIRA-FILHO e FONTES, 2000; ESPÍRITO-SANTO et al., 2002; CAMARGOS et al., 2008; CARVALHO et al., 2009; MARASCHIN-SILVA et al., 2009; SANTOS et al., 2012; ABREU, 2013; MARTINS et al., 2013; BRAGA et al., 2015; OLIVEIRA et al., 2015).

Esses resultados indicam, exceto para o BHRO, que as variáveis edáficas explicam parcialmente as variações florísticos-estruturais nos demais estratos amostrados. Segundo Nappo et al. (2000) e Machado et al. (2008), a variância restante pode ocorrer em função da estocasticidade dos fenômenos de estabelecimento e crescimento das espécies ou estar associada a variáveis ambientais não registradas, como abertura do dossel, proximidade de fontes de sementes e propágulos, posição topográfica, entre outras. Ter Braak (1987) e Ter Braak e Prentice (1988), afirmam que perturbações não explicadas são vistas como naturais e não comprometem a significância das correlações encontradas.

Conforme Borcard et al. (2011), quanto maior o comprimento de um vetor, mais influente será o mesmo para a análise, portanto, as espécies *Tabebuia nodosa* (Tnod), *Ceiba chodatii* (Ccho) e *Schinopsis lorentzii* (Slor) e as variáveis edáficas argila (Arg) e areia (Are) são as mais influentes no estrato BSCH. Enquanto que, para o BSHIRP, as espécies *Parapiptadenia rigida* (Prig), *Tabebuia nodosa* (Tnod), *Calycophyllum spruceanum* var. *multiflorum* (Csmu) e *Lonchocarpus leucanthus* (Lleu) e a variável densidade aparente (D.A.) foram as mais influentes (Figura 08).

Resultados semelhantes foram obtidos por Spichiger et al. (1991), Prado e Gibbs (1993), Spichiger et al. (2004), Mereles (2005) e Spichiger et al. (2005), em que foram descritas estas espécies associadas a condições edáficas específicas e intermediárias, em que espécies como *Tabebuia nodosa* e *Calycophyllum spruceanum* var. *multiflorum*, que segundo o substrato edáfico podem estar presente na formação “xerohigrofítica”, “higrofítica de galeria” ou

“xerófita inundável periodicamente” dos estratos BSCH e BSHIRP, onde os solos são ricos em argila e sal, muito estruturados e duros quando secos, com pouca disponibilidade de água e sujeitos a inundações temporárias.

É difícil encontrar tipos ou unidades de vegetação cuja distribuição seja absolutamente independente das condições climáticas, especialmente quando o nível de detalhe na delimitação de unidades é maior (LUEBERT e PLISCOFF, 2006). As unidades zonais do Chaco úmido (BSHIRP) podem ocorrer no Chaco seco (BSCH), sendo, nesse caso, unidades de vegetação extrazonais (SPICHIGER et al., 1991).

No caso do BP, *Tabebuia nodosa* (Tnod) e *Schinopsis balansae* (Sbal) são as mais influentes, assim como as variáveis material orgânico (M.O.), carbono orgânico (C.O.) e silte (Sil) (Figura 08). Segundo Spichiger et al. (1991) e Mereles (2005), formam parte da formação Chaco úmido ou unidade mesoxerofítica, onde *Copernicia alba* var. *alba* é a espécie dominante. Encontram-se associadas a esta última e são consideradas espécies características deste tipo de formação florestal, onde os solos são arenosos e o clima é árido.

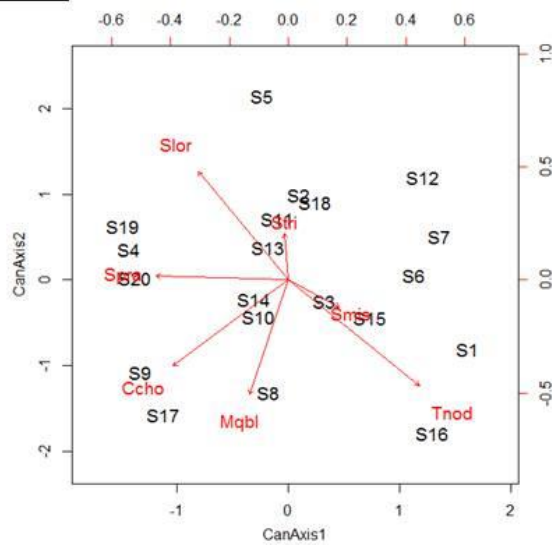
Para o estrato BSHC, as espécies que mais influenciaram são *Cordia americana* (Came), *Myroxylon peruiferum* (Mper) e *Maclura tinctoria* (Mtin), além das variáveis areia (Are), argila (Arg) e silte (Sil) (Figura 08). Segundo Mendoza et al. (2017), os solos podem apresentar ou não problemas de drenagem e as espécies podem estar associadas a pequenas nascentes, assim como *Cordia americana*, que normalmente está presente no estrato superior das matas ciliares.

No estrato BHRO, as espécies *Machaerium paraguariense* (Mpar), *Plinia rivularis* (Priv) e *Jacaratia spinosa* (Jspi); e as variáveis edáficas carbono orgânico (C.O.), argila (Arg) e silte (Sil) são as mais influentes para a CCorA (Figura 08). Conforme Spichiger et al. (1992), os solos deste tipo de formação florestal são bem drenados e possuem um alto conteúdo de argila. Algumas espécies da família Myrtaceae, como *Plinia rivularis*, geralmente aparecem nas florestas altas que apresentam problemas de drenagem (substratos pantanosos) e são características de formações ecoclinais (SPICHIGER et al., 2005).

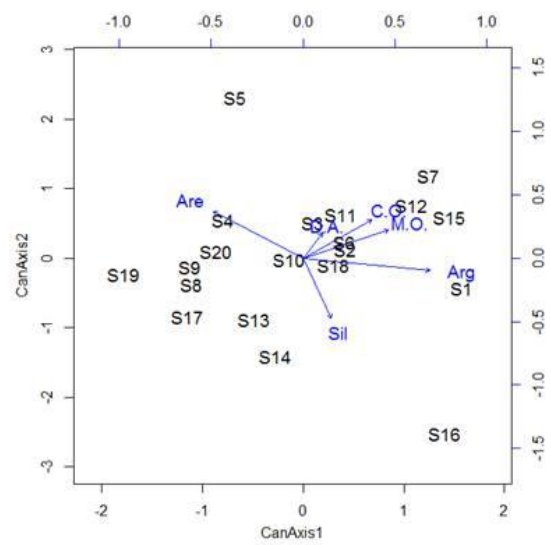
As espécies e variáveis edáficas cujos vetores ficaram mais próximas à origem foram às menos influentes na análise. Isso sugere que os dados foram homogêneos para a mesma. E quanto mais próximos se encontram os pontos das espécies e variáveis edáficas com as unidades amostrais, mais associadas estão a elas.

BSCH

Biplot das espécies (Y)

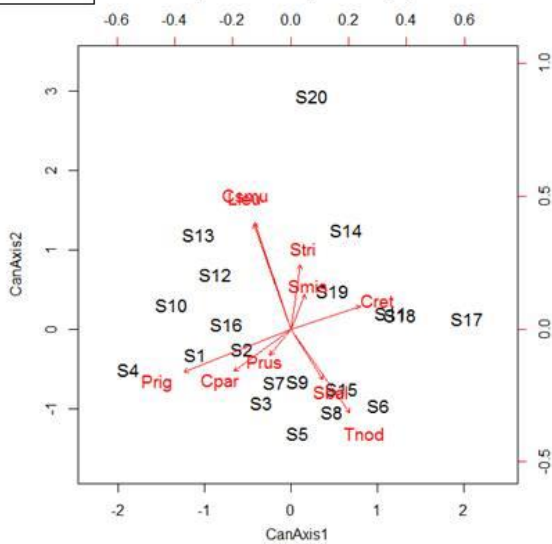


Biplot das variáveis edáficas (X)

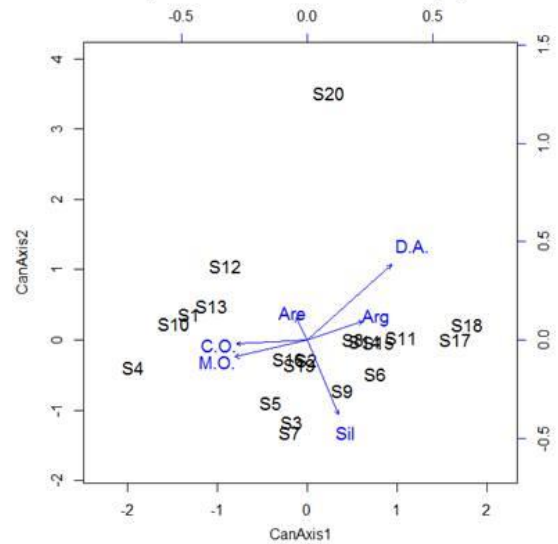


BSHIRP

Biplot das espécies (Y)

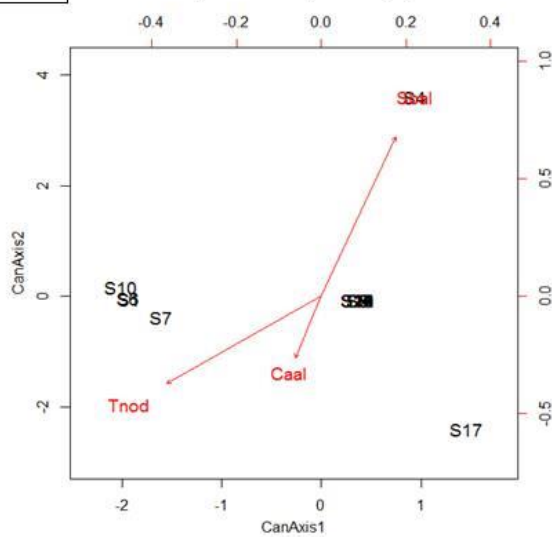


Biplot das variáveis edáficas (X)

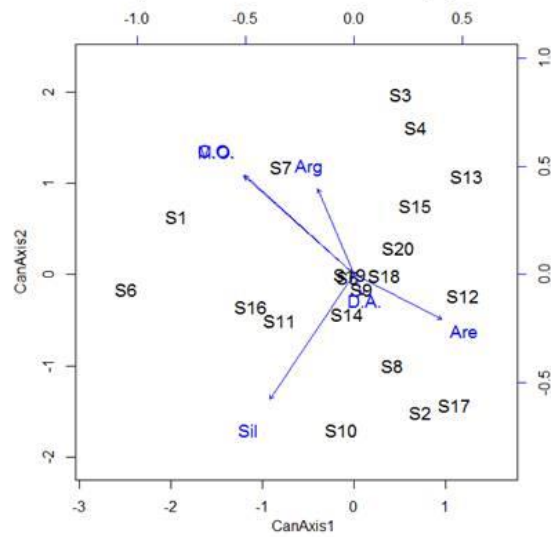


BP

Biplot das espécies (Y)



Biplot das variáveis edáficas (X)



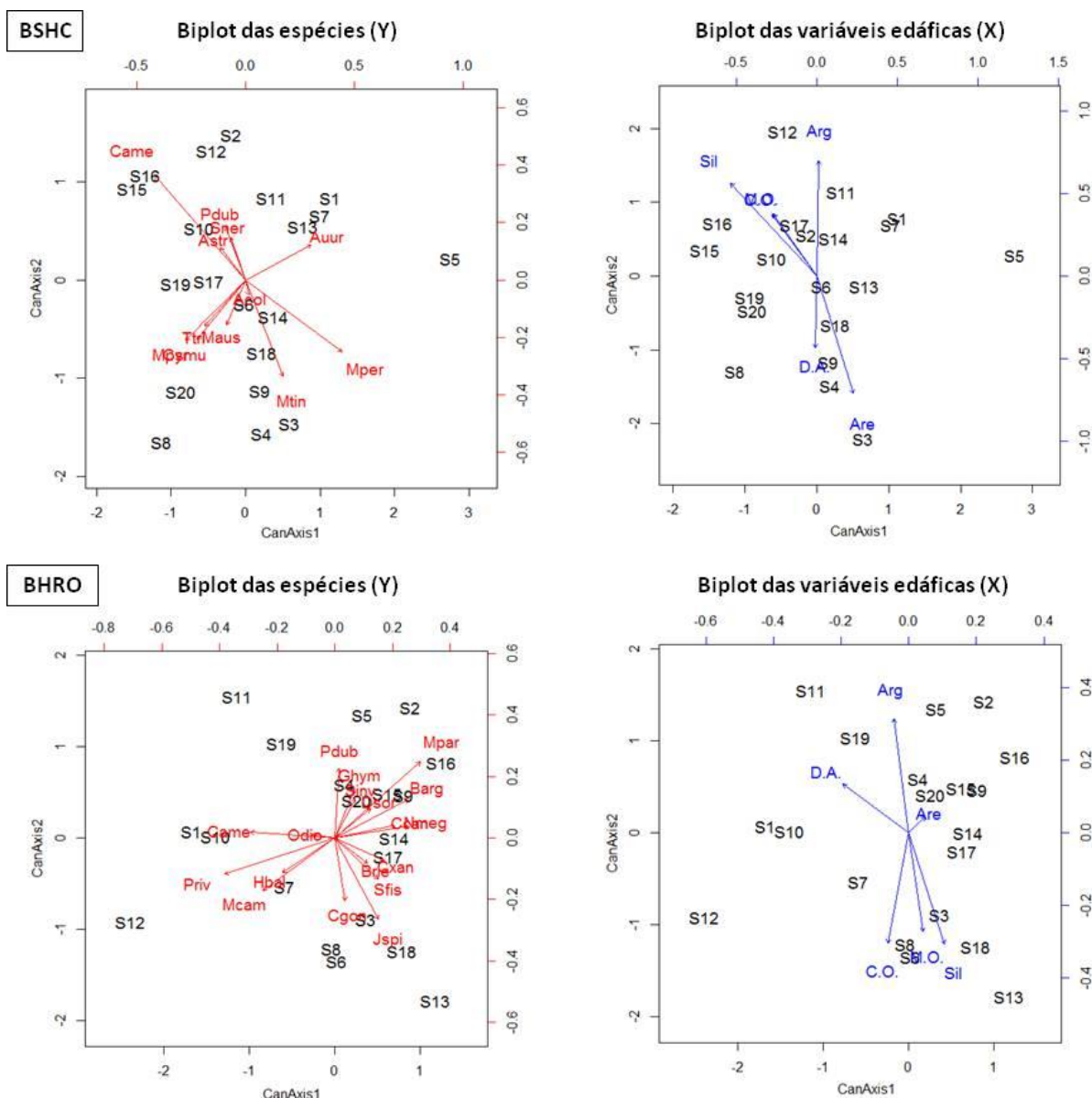


Figura 08. Biplots construídos pela CCorA das espécies com acima de 50% do valor de importância (Y) e das variáveis edáficas (X) para 100 parcelas nos cinco estratos florestais do Paraguai (BSCH, Floresta Seca do Chaco; BSHIRP, Floresta Sub-úmida Inundável do Rio Paraguai; BP, Floresta de Palmeiras; BSHC, Floresta Sub-úmida do Cerrado; BHRO, Floresta Úmida da Região Oriental).

Para a Análise de Redundância Canônica (RDA), o coeficiente de determinação (R^2) e o coeficiente de determinação ajustado (R^2_a) calculados entre as espécies com valores de importância (VI) acima de 50% e as variáveis edáficas para os estratos BSCH, BSHIRP, BP, BSHC e BHRO foram 0,29 e -0,03; 0,25 e -0,10; 0,19 e -0,19; 0,27 e -0,06 e 0,31 e -0,01, respectivamente.

Nos resultados da RDA existem três entidades no plano: variáveis de resposta (espécies – Y), variáveis explicativas (variáveis edáficas – X) e locais (parcelas – sit) por isso podem ser chamados de “Triplot”. Segundo Borcard et al. (2011), a contribuição acumulativa à variação obtida pelos eixos canônicos é a proporção da variância total dos dados de resposta explicada pela RDA.

De acordo com Ter Braak (1995), a proximidade das espécies com as setas que representam as variáveis edáficas decorre na magnitude da correlação entre essas variáveis, e a direção das setas infere no modo como ocorre a correlação (direta ou indireta). As espécies que apresentam setas próximas a origem não influenciam quase nada na análise, e segundo Borcard et al. (2011), as espécies que não apresentam correlação com nenhuma variável edáfica indicam que as mesmas estão presentes na maioria das parcelas ou relacionadas a condições ecológicas intermediárias, ou seja, da fase serial da sucessão ecológica.

Os três primeiros eixos canônicos para o estrato BSCH explicam 25,74% da variância total acumulada na média ponderada das espécies com acima de 50% do valor de importância com relação às variáveis edáficas analisadas. A proporção restrita da variação acumulativa para os três primeiros eixos correspondeu a 84,42%. Na Figura 09, é possível verificar que as variáveis do solo M.O. e C.O. encontram-se muito próximos, representando que as mesmas são altamente correlacionadas, fato que também acontece nos estratos BSHIRP, BP, BSHC e BHRO, e cuja relação que já foi descrita por outros autores (RANGEL et al., 2007; VALLADARES et al., 2008; CARMO e SILVA, 2012). *Sarcomphalus mistol* apresentou correlação com Arg, o que poderia indicar a preferência desta espécie a solos com maior porosidade e alta retenção de água. As espécies *Senegalia praecox* (Spr) e *Ceiba chodatii* (Ccho) relacionadas com as parcelas 10, 17, 19 e 20 não são caracterizadas por nenhuma variável edáfica avaliada nesta pesquisa, assim como *Macaglia quebracho-blanco* (Mqbl).

No estrato BSHIRP, os três primeiros eixos explicam 19,48% variância total acumulada na média ponderada das espécies com relação às variáveis edáficas. A proporção restrita da variação acumulativa foi de 79,30%. As espécies *Prosopis ruscifolia* (Prus), *Parapiptadenia rigida* (Prig), *Caesalpinia paraguariensis* (Cpar) e *Schinopsis balansae* (Sbal) relacionadas às parcelas 1, 3, 4, 6, 7, 9, 10, 12, 13, 14, 16 e 20 não estão correlacionadas com nenhuma variável edáfica, assim como *Calycophyllum spruceanum* var. *multiflorum* (Csmu) e *Lonchocarpus leucanthus* (Lleu) (Figura 09).

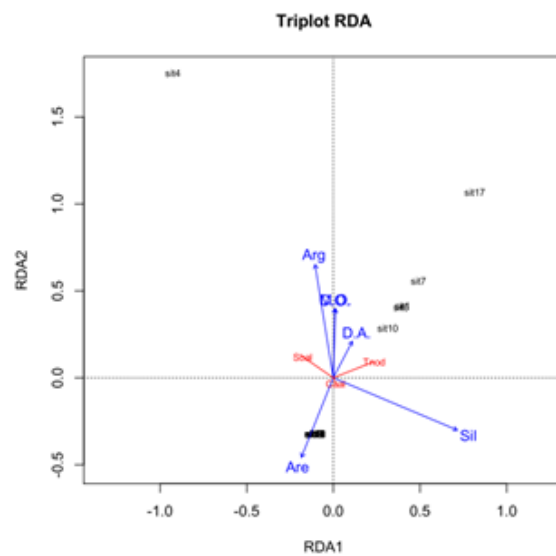
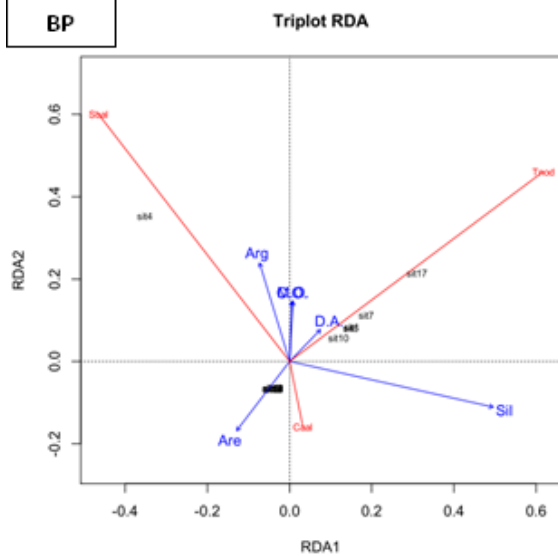
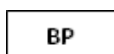
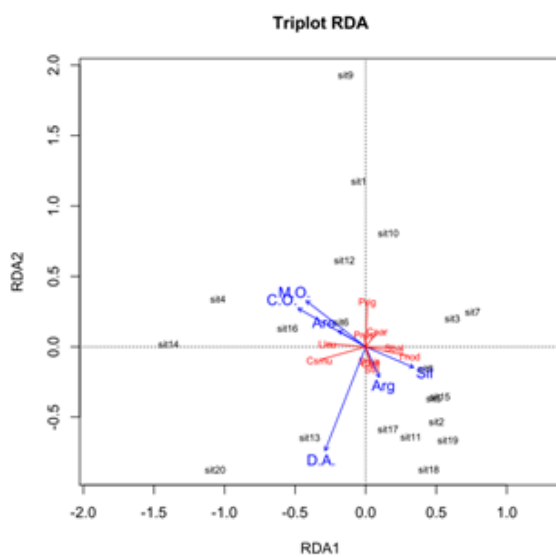
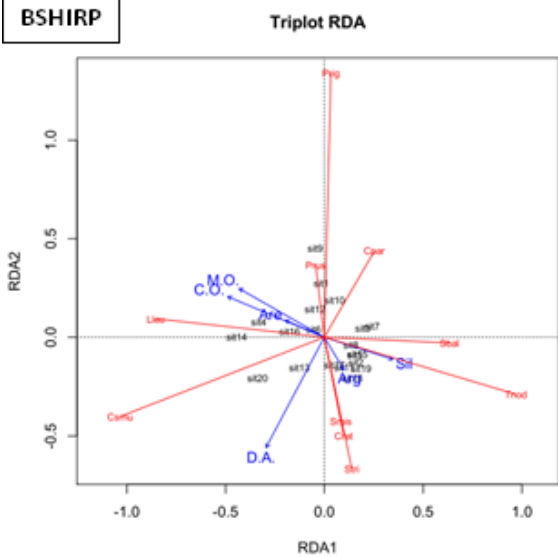
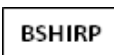
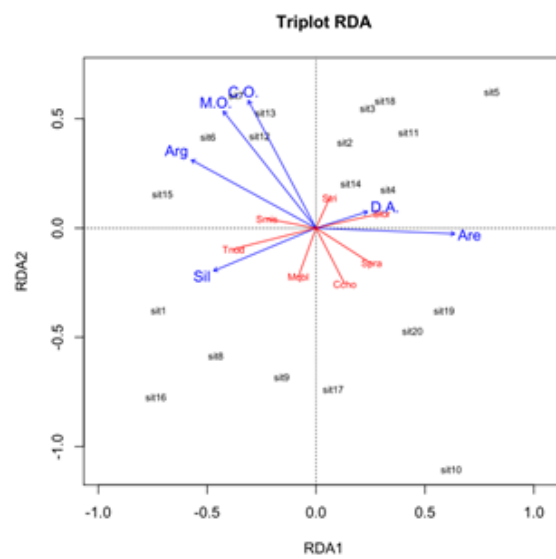
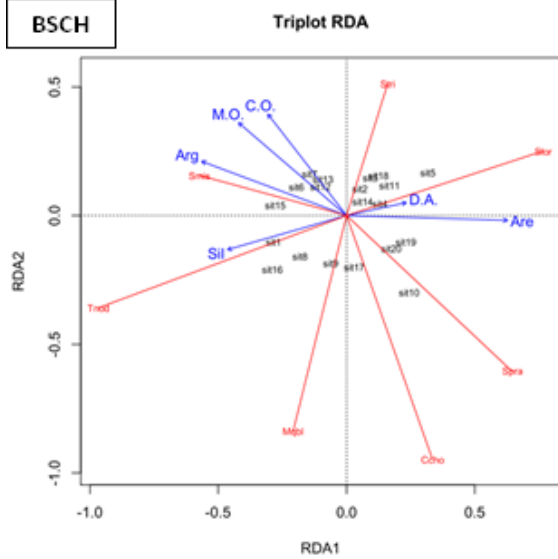
No caso do BP, os três primeiros eixos explicam 18,57% da variância total acumulada na média ponderada das espécies com relação às variáveis do solo. A proporção restrita da

variação acumulativa para os três primeiros eixos correspondeu a 100%. Na Figura 09, as espécies *Schinopsis balansae* (Sbal) e *Tabebuia nodosa* (Tnod), relacionadas com as parcelas 1, 4, 6, 7, 10 e 17 não estão correlacionadas com nenhuma variável do solo avaliada nesta pesquisa.

Enquanto que, para o BSHC, os três primeiros eixos canônicos explicam 23,85% da variância total acumulada na média ponderada das espécies com relação às variáveis edáficas analisadas. A proporção restrita da variação acumulativa para os três primeiros eixos foi de 87,21%. A espécie *Maclura tinctoria* apresentou correlação com a variável Are, o que é indício da preferência desta espécie à solos com menor porosidade e baixa retenção de água. A correlação das variáveis M.O. e C.O. com *Astronium* sp. evidencia uma alta exigência nutricional desta espécie, e da variável Sil com *Cordia americana* poderia indicar solos com maior retenção de água, portanto, com menor drenagem. As espécies *Sebastiania nervosa* (Sner), *Terminalia triflora* (Ttri), *Macaglia australis* (Maus) e *Astronium urundeuva* var. *urundeuva* (Auur) relacionadas com as parcelas 1, 2, 4, 5, 6, 9, 12, 14 e 18 não estão correlacionadas com nenhuma variável edáfica avaliada nesta pesquisa (Figura 09).

Para o estrato BHRO, os três primeiros eixos explicam 23,47% da variância total acumulada na média ponderada das espécies com relação às variáveis do solo. A proporção restrita da variação acumulativa para os três primeiros eixos correspondeu a 75,75%. Na figura 06, é possível verificar que as variáveis do solo Sil e Arg encontram-se muito próximos, representando que as mesmas são altamente correlacionadas o que evidencia certos níveis de intemperismo (PEDROSO NETO e LOPES, 2009; MARCATTO e SILVEIRA, 2017; SILVA et al., 2018) associados também à espécie *Surenus fissilis*. As espécies *Machaerium paraguariense* (Mpar), *Peltophorum dubium* (Pdub), *Cabrlea canjerana* (Ccan), *Ocotea diospyrifolia* (Oodio), *Diatenopteryx sorbifolia* (Dsor), *Nectandra megapotamica* (Nmeg), relacionadas com as parcelas 16, 19 não possuem correlação com nenhuma variável do solo, assim como *Muelleria campestris* (Mcam), *Cordia americana* (Came) e *Plinia rivularis* (Priv).

A variância não explicada pelas variáveis do solo (“ruído”) não comprometeu os resultados, já que as correlações foram significativas. O “ruído” pode ser comum em dados de vegetação e pode ser explicada por variáveis não contempladas na análise, principalmente em áreas bem heterogêneas (TER BRAAK, 1987). Segundo Nappo et al. (2000) e Dalanesi et al. (2004), essa elevada variância remanescente é esperada em estudos em comunidades, tendo em vista a complexidade dos fatores envolvidos na determinação da estrutura e composição florística de comunidades vegetais.



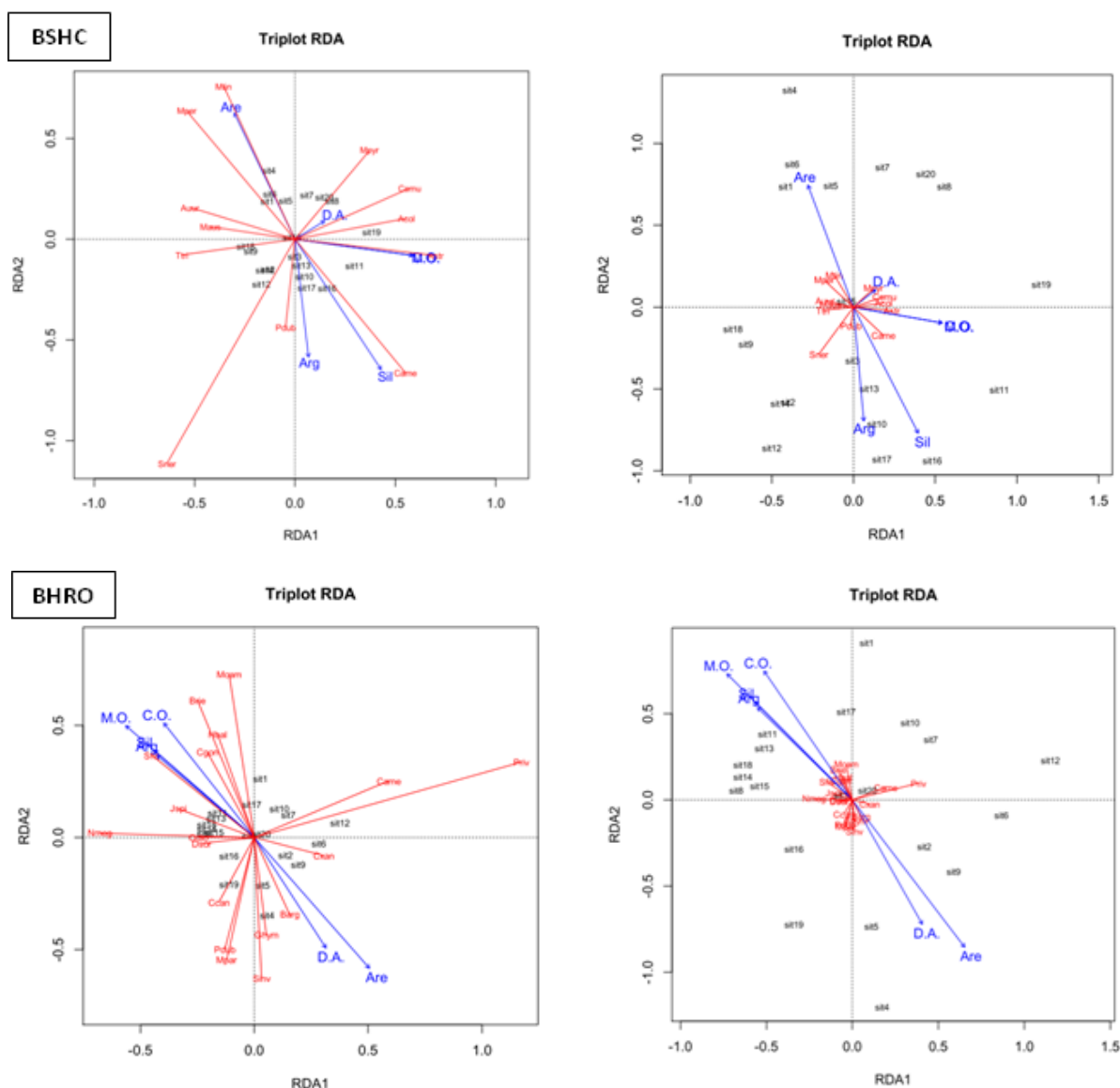


Figura 09. Triplots de distância (Scaling 1) e de correlação (Scaling 2) construído pela RDA com os autovetores das espécies com acima de 50% do valor de importância (Y) e das variáveis edáficas (X) após a transformação de Hellinger, para 100 parcelas nos cinco estratos florestais do Paraguai (BSCH, Floresta Seca do Chaco; BSHIRP, Floresta Sub-úmida Inundável do Rio Paraguai; BP, Floresta de Palmeiras; BSHC, Floresta Sub-úmida do Cerrado; BHRO, Floresta Úmida da Região Oriental).

4. Conclusões

Para os estratos florestais amostrados, as diferentes variáveis do solo influenciam na presença e no comportamento das espécies amostradas. Existem relações visíveis entre as variáveis edáficas. Destaca-se a forte correlação entre material orgânico e carbono orgânico,

além de silte e argila.

Nos estratos BSCH, BSHC e BHRO foi possível atribuir relações entre espécies e variáveis edáficas, o que não ocorreu nos estratos BSHIRP e BP. As variáveis edáficas que explicaram melhor essas relações foram argila, areia, silte, material orgânico e carbono orgânico.

REFERÊNCIAS

ABREU, K.M.P. Estrutura, florística e diversidade de fragmentos de floresta estacional semidecidual no norte-noroeste fluminense. Tese (Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais) – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campo dos Goytacazes-RJ, 214 f., 2013.

BORCARD, D.; GILLET, F.; LEGENDRE, P. Numerical Ecology with R. New York: Springer, 306 p., 2011.

BRAGA, A.J.T.; BORGES, E.E.L.; MARTINS, S.V. Influência dos fatores edáficos na variação florística de Floresta Estacional Semidecidual, em Viçosa, MG. Revista Árvore, Viçosa-MG, v. 39, n. 4, p. 623-633, 2015.

CAMARGOS, V.L.; SILVA, A.F.; MEIRA NETO, J.A.A.; MARTINS, S.V. Influência de fatores edáficos sobre variações florísticas na Floresta Estacional Semidecídua no entorno da Lagoa Carioca, Parque Estadual do Rio Doce, MG, Brasil. Acta Botânica Brasileira, v. 22, n. 1, p. 75-84, 2008.

CARMO, D.L.; SILVA, C.A. Métodos de quantificação de Carbono e Matéria orgânica em resíduos orgânicos. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 36, p. 1211-1220, 2012.

CARVALHO, J.; MARQUES, M.C.M.; RODERJAN, C.V.; BARDDAL, M.; SOUSA, S.G.A. Relações entre a distribuição das espécies de diferentes estratos e as características do solo de uma floresta aluvial no Estado do Paraná, Brasil. Acta Botânica Brasileira, v. 23, n. 1, p. 1-9, 2009.

DALANESI, P.E., OLIVEIRA-FILHO, A.T.; FONTES, M.A.L. Flora e estrutura do componente arbóreo da floresta do Parque Ecológico Quedas do Rio Bonito, Lavras – MG, e correlações entre distribuição das espécies e variáveis ambientais. Acta Botanica Brasilica, v. 18, n. 4, p. 737-757, 2004.

ESPÍRITO-SANTO, F.D.B.; OLIVEIRA-FILHO, A.T.; MACHADO, E.L.M.; SOUZA, J.S.;

FONTES, M.A.L.; MARQUES, J.J.G.S.M. Variáveis ambientais e a distribuição de espécies arbóreas em um remanescente de Floresta Estacional Semidecídua Montana no Campus da Universidade Federal de Lavras, MG, Brasil. *Acta Botânica Brasileira*, v. 16, n. 3, p. 331-356, 2002.

FELFILI, J.M.; CARVALHO, F.A.; LIBANO, A.M.; VENTUROLI, F.; PEREIRA, B.A.S. Análise multivariada em estudos de vegetação. *Comunicações Técnicas Florestais*, Brasília, Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, v. 9, n. 1, 2007.

FELFILI, J.M.; CARVALHO, F.A.; LIBANO, A.M.; VENTUROLI, F.; PEREIRA, A.S.; MACHADO, E.L.M. Análise multivariada: Princípios e métodos em estudos de vegetação. In: FELFILI, J.M.; EISENLOHR, P.V.; MELO, M.M.R.F.; ANDRADE, L.A.; NETO, J.A.A. *Fitossociologia no Brasil: Métodos e estudos de casos*. Universidade Federal de Viçosa, v. 1, p. 122-155, 2011.

HENDERSON, P.A. *Practical Methods in Ecology*. UK: Blackwell, 174 p., 2003.

KASSAMBARA, A.; MUNDT, F. 2017. factoextra: Extract and Visualize the Results of Multivariate Data Analyses. R package version 1.0.5. <https://CRAN.R-project.org/package=factoextra>

KENT, M.; *Vegetation description and analysis: A practical approach*. John Wiley & Sons. UK. 2 ed., 438 p., 2012.

LEGENDRE, P.; LEGENDRE, L. *Numerical Ecology*. USA: Elsevier, 3 ed., 990 p., 2012.

LEGENDRE, P.; GALLAGHER, E.D. Ecologically meaningful transformations for ordination of species data. *Oecologia*, v. 129, p. 271-280, 2001.

LÊ, S.; JOSSE, J.; HUSSON, F. 2008. "FactoMineR: A Package for Multivariate Analysis." *Journal of Statistical Software*, v. 25, n. 1, p. 1–18. DOI: 10.18637/jss.v025.i01.

LUEBERT, F.; PLISCOFF, P. Sinopsis bioclimática y vegetacional de Chile. *Biodiversidad*,

Santiago de Chile, Editorial Universitaria, 323 p., 2006.

MACHADO, E.L.M.; OLIVEIRA-FILHO, A.T.; VAN DEN BERG, E.; CARVALHO, W.A.C.; SOUZA, J.S.; MARQUES, J.J.G.S.M.; CALEGÁRIO, N. Efeitos do substrato, bordas e proximidade espacial na estrutura da comunidade arbórea de um fragmento florestal em Lavras, MG. *Revista Brasileira de Botânica*, v. 32, n. 2, p. 287-302, 2008.

MARASCHIN-SILVA, F.; SCHERER, A.; BAPTISTA, L.R.M. Diversidade e estrutura do componente herbáceo-subarbustivo em vegetação secundária de Floresta Atlântica no sul do Brasil. *Revista Brasileira de Biociências*, Porto Alegre, v. 7, n. 1, p. 53-65, 2009.

MARCATTO, F.S.; SILVEIRA, H. Relação entre as propriedades físicas e hídricas e os tipos de uso da terra em Neossolos Regolíticos da bacia hidrográfica do rio Pirapó-PR. *Caderno de Geografia*, v. 27, n. 50, 2017.

MARTINS, R.; JARENKOW, J.A.; GIEHL, E.L.H.; CITADINI-ZANETTE, V.; SANTOS, R. Estrutura de uma floresta brejosa em substrato turfoso, sul de Santa Catarina, Brasil. *Revista Árvore*, v. 37, n. 2, p. 299-309, 2013.

McGARIGAL, K.; CUSHMAN, S.; STAFFORD, S. *Multivariate statistics for wildlife and ecology research*. New York: Springer Science and Business Media, 283 p., 2000.

MENDOZA, C.R.; JIMÉNEZ, M.V.; ARRÚA, R.D. Plantas nativas del Cerrado de Aguará Ñú, Reserva Natural del Bosque Mbarakayú, Paraguay. *Rojasiana*, n. 3, 244 p., 2017.

MERELES, M.F. Una aproximación al conocimiento de las formaciones vegetales del Chaco Boreal, Paraguay. *Rojasiana*, v. 6, n. 2, p. 5-48, 2005.

MURDOCH, D.; CHOW, E.D. 2018. ellipse: Functions for Drawing Ellipses and Ellipse-Like Confidence Regions. R package version 0.4.1. <https://CRAN.R-project.org/package=ellipse>

NAPPO, M.E.; OLIVEIRA-FILHO, A.T.; MARTINS, S.V. A estrutura do sub-bosque de

povoamentos homogêneos de *Mimosa scabrella* Bentham, em área minerada, em Poços de Caldas, MG. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 10, n. 2, p. 17-29, 2000.

OLIVEIRA, M.L.A.A.; GRINGS, M.; RICHTER, F.S.; BACKES, A.R. Composição, estrutura e fatores edáficos condicionantes da distribuição das espécies do componente arbóreo em Floresta ribeirinha do rio Ibirapuitã, Bioma Pampa. *Iheringia Série Botânica*, Porto Alegre, v. 70, n. 2, p. 245-263, 2015.

OLIVEIRA-FILHO, A.T.; FONTES, M.A.L. Patterns of Floristic differentiation among Atlantic Forests in southeastern Brazil and the influence of climate. *Biotropica*, v. 32, n. 4b, p. 793-810, 2000.

OKSANEN, J.; BLANCHET, F.G.; FRIENDLY, M.; KINDT, R.; LEGENDRE, P.; MCGLINN, D.; MINCHIN, P.R.; O'HARA, B.; SIMPSON, G.L.; SOLYMOS, P.; STEVENS, M.H.H.; SZOECS, E.; WAGNER, H. 2019. *vegan: Community Ecology Package*. R package version 2.5-4. <https://CRAN.R-project.org/package=vegan>

PASTÉN, M.; GONZÁLEZ, A.V.; ESPÍNOLA, C.F. Clasificación climática del Paraguay utilizando los métodos de Köppen y Thornthwaite. Informe final. Universidad Nacional de Asunción. Facultad Politécnica. San Lorenzo, Paraguay, 43 p., 2011.

PÉREZ, L.F. Manual de familias y géneros de árboles del Paraguay. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). San Lorenzo, Paraguay, 216 p., 2016.

PRADO, D.; GIBBS, P. Patterns of distributions in the Dry Seasonal Forests of South America. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, v. 80, n. 4, p. 902-927, 1993.

R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2013. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org/>.

RIBAS, F.R.; MEIRA NETO, J.U.A.; SILVA, A.F.; SOUZA, A.L. Composição florística de

dois trechos em diferentes etapas gerais de uma floresta estacional semidecidual em Viçosa, Minas Gerais. *Revista Árvore*, v. 27, p. 821-830, 2003.

PEDROSO NETO, J.C.; LOPES, E.W. Caracterização física do Latossolo vermelho distrófico da Fazenda Escola da FAZU. *FAZU em Revista*, Uberaba, n. 6, p. 11-52, 2009.

RANGEL, O.J.P.; SILVA, C.A.; GUIMARÃES, P.T.G. Estoque e frações da matéria orgânica de Latossolo cultivado com cafeeiro em diferentes espaçamentos de plantio. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 31, p. 1341-1353, 2007.

RORATO, D.G. Fitossociologia de espécies nativas de mata ciliar no entorno do Reservatório Divisa, São Francisco de Paula, RS. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós Graduação em Engenharia Florestal, RS, 109 f., 2012.

SANTOS, C. Estatística descritiva: Manual de autoaprendizagem. Lisb Ed., 2007.

SANTOS, R.M.; OLIVEIRA-FILHO, A.T., EISENLOHR, P.V.; QUEIROZ, L.P., CARDOSO, D.B.O.S.; RODAL, M.J.N. Identity and relationships of the Arboreal Caatinga among other floristic units of seasonally dry tropical forests (SDTFs) of north-eastern and Central Brazil. *Ecology and Evolution*, Oxford, v. 2, n. 2, p. 409–428, 2012.

SILVA, W.T.M.; ALVES, F.J.B.; LEONARDO, F.A.P.; SANTOS, R.V.; FARIAS JUNIOR, J.A. Levantamento da textura do solo e da relação silte/argila em regiões semiáridas do Nordeste. *Agropecuária Científica no Semiárido*, Patos-PB, v. 414, n. 4, p. 266-272, 2018.

SPICHIGER, R.; CALENGE, C.; BISE, B. Geographical zonation in the Neotropics of tree species characteristic of the Paraguay-Parana. *Journal of Biogeography*, v. 31, p. 1489-1501, 2004.

SPICHIGER, R.; CALENGE, C.; BISE, B. Discriminant analysis of the spatial distribution of plant species occurrences: II. Distribution of major tree communities in Paraguay. *Candollea*, v. 60, n. 2, p. 577-593, 2005.

SPICHIGER, R.; BERTONI, B.S.; LOIZEAU, P.A. Los bosques del Alto Paraná en Paraguay. *Candollea*, v. 47, p. 219-250, 1992.

SPICHIGER, R.; RAMELLA, L.; PALESE, L.; MERELLES, F. Proposición de leyenda para la cartografía de las formaciones vegetales del Chaco Paraguayo. Contribución al estudio de la flora y de la vegetación del Chaco. III. *Candollea*, v. 46, p. 541-564, 1991.

TER BRAAK, C.J.F. The analysis of vegetation-environment relationships by canonical correspondence analysis. *Vegetation*, v. 69, p. 69-77, 1987.

TER BRAAK, C.J.F.; PRENTICE, I.C. A theory of gradient analysis. *Advances in Ecological Research*. v. 18, p. 271-317, 1988.

TER BRAAK, C.J.F. Ordination. In: JONGMAN, R.H.G.; TER BRAAK, C.J.F.; VAN TONGEREN, O.F.R. *Data analysis in community and landscape ecology*. Cambridge University Press, Cambridge, p. 91-173, 1995.

TROPICOS. Missouri Botanical Garden. Disponível em: www.tropicos.org. 2019.

VALLADARES, G.S.; PEREIRA, M.G.; DOS ANJOS, L.H.C.; EBELING, A.G. Caracterização de solos brasileiros com elevados teores de material orgânico. *Magistra*, Cruz das Almas-BA, v. 20, n. 1, p. 95-104, 2008.

VENABLES, W.N.; RIPLEY, B.D. 2002. *Modern Applied Statistics with S*. Fourth Edition. Springer, New York. ISBN 0-387-95457-0. <https://www.stats.ox.ac.uk/pub/MASS4>

WICKHAM, H. 2016. *ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis*. Springer-Verlag New York. ISBN 978-0-387-98140-6. <https://ggplot2.org>

CAPÍTULO III: BIOMASSA E CARBONO AÉREO EM FORMAÇÕES FLORESTAIS NATURAIS DO PARAGUAI

1. Introdução

O desmatamento, causado principalmente para a conversão de terras florestais, em áreas agrícolas e gado, ameaça não apenas para os meios de subsistência dos silvicultores, comunidades florestais indígenas, mas também a variedade de vida no planeta. As mudanças do uso da terra resultam em perdas desde habitats valiosos até a degradação da terra, erosão do solo, diminuição da água limpa e da liberação de carbono na atmosfera (ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA - FAO, 2018).

Segundo o relatório do IPCC (2019), as atividades de agricultura, silvicultura e outros usos da terra (AFOLU) foram responsáveis por cerca de 13% das emissões de CO₂, 44% de metano (CH₄) e 81% de óxido nitroso (N₂O) das atividades humanas em todo o mundo durante os anos 2007-2016. Este valor representa 23% ($12,0 \pm 2,9 \text{ GtCO}_2 \text{ eq ano}^{-1}$) do balanço líquido total de emissões antropogênicas de Gases de efeito estufa (GEE). Modelos globais estimam as emissões líquidas de CO₂ de $5,2 \pm 2,6 \text{ GtCO}_2 \text{ eq ano}^{-1}$ do uso e mudança do uso da terra durante os anos 2007-2016. Essas emissões se devem principalmente ao desmatamento, parcialmente compensado por florestamento/reflorestamento e remoções por outras atividades de uso da terra.

A conservação e recuperação de florestas trazem benefícios na mitigação e adaptação à mudança do clima, ao mesmo tempo em que proporcionam benefícios para a biodiversidade e oferecem serviços ecossistêmicos para os povos que vivem na floresta, em vista disso, cada vez mais se faz necessários estudos relacionados às florestas como principal elemento para a regulação das mudanças climáticas, além de modelos para estimar o carbono, assim como Fonseca et al. (2009), D'amato et al. (2011), Colombo et al. (2012), Nogueira Junior et al. (2014), Mitchard (2018), Corona-Núñez et al. (2018), já reconheceram a importância do assunto em diversas pesquisas.

O Paraguai é um dos países participantes do programa das Nações Unidas para a redução das emissões de GEE, por desmatamento e degradação das florestas (ONU REDD). O REDD+ está sendo estabelecido no contexto internacional como um dos principais mecanismos de mitigação da mudança do clima, através da oferta de incentivos positivos para que países

com remanescentes florestais reduzam suas emissões de GEE das atividades florestais, contribuindo para a conservação e manejo, uso sustentável dos recursos florestais e aumento dos estoques de carbono (FAO, 2015).

Tendo em vista que, atualmente não há muitas informações sobre pesquisas relacionadas à estimativas de biomassa aérea e por consequência, de teor de carbono aéreo armazenado nas florestas do Paraguai, é imperativa a necessidade de gerar conhecimento e assim, fornecer dados sobre o valor destas, contribuir para estudos de balanço global de carbono (SALOMÃO et al., 1996; KETTERINGS et al., 2001), além de servir de base para o desenho de estratégias de manejo para a sua conservação, diante das diferentes situações que aceleraram o desmatamento e a degradação das florestas no país.

Os objetivos deste trabalho foram estimar a biomassa e o carbono aéreo por espécie e calcular a remoção equivalente em dióxido de carbono, em 4 tipologias florestais distintas no Paraguai.

2. Material e Métodos

2.1 Localização e caracterização das áreas de estudo

O estudo foi realizado a partir dos dados obtidos no Inventário Florestal Nacional do Paraguai no ano de 2015, das Regiões Ocidental e Oriental, correspondentes a quatro estratos florestais: Floresta Seca do Chaco-BSCH (21°34'26,96"S 60°50'45,97"W), Floresta Sub-úmida Inundável do Rio Paraguai-BHIRP (22°40'55,73"S 58°16'46,46"W), Floresta Sub-úmida do Cerrado-BSHC (22°26'13,96"S 57°20'2,90"W) e Floresta Úmida da Região Oriental-BHRO (25°3'3,21"S 55° 39'43,55"W) (Figura 10).

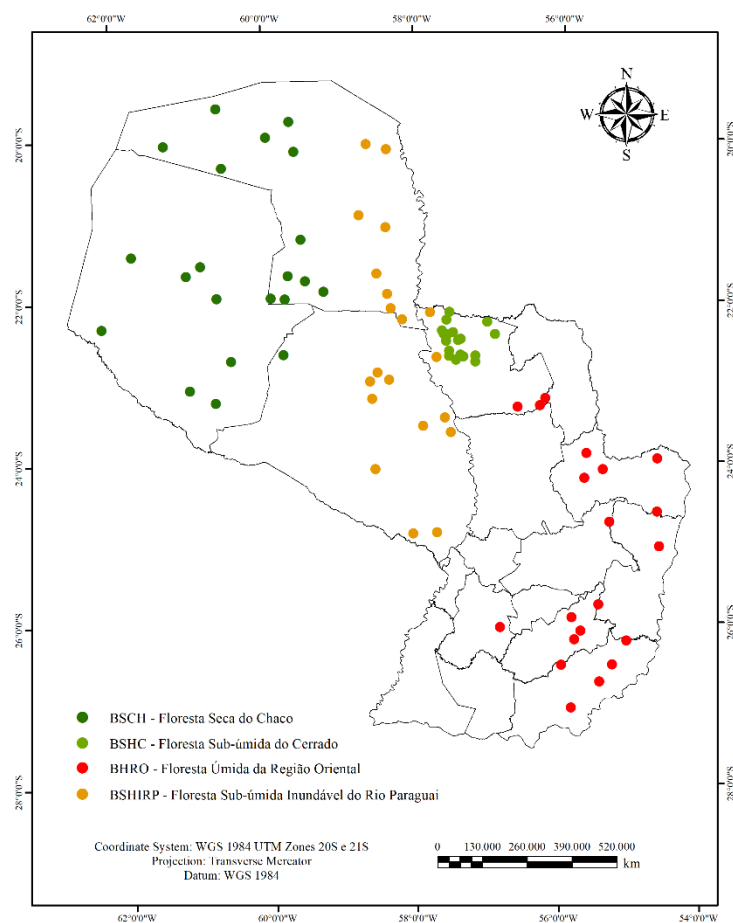


Figura 10. Mapa das UA instaladas em cada estrato florestal

Fonte: Eng.Ftal. Lucas Henderson, UFMT (2020).

A Floresta Seca do Chaco é caracterizada por árvores de pequeno porte, caducifólias de madeira dura, folhas pequenas e/ou coriáceas (xeroformas com caules adaptados para reservar água: cactos e tunas), arbustos espinhosos (abundantes cactáceas e bromeliáceas), assim como já foi descrito por diferentes autores (SPICHIGER et al., 1991; PRADO e GIBBS, 1993; MERELES, 2005; SPICHIGER et al., 2005; NAVARRO et al., 2011; PÉREZ, 2016). De acordo com a classificação de Köppen, o clima da maior parte da região é semiárido/estepe/quente, pertencente à variedade específica “BSh” e a outra pequena porção pertence à variedade “Aw”, tropical/savana. Possui uma precipitação total média anual de 700 mm e uma temperatura média anual de 20,5 °C (PASTÉN et al., 2011).

A Floresta Sub-úmida Inundável do Rio Paraguai é caracterizada por ser dominada por poucas espécies no dossel superior, possui um sub-bosque denso e esparso com a presença de bromeliáceas e outras espécies palustres, ou seja, tolera o alagamento dos solos por determinado período de tempo (SPICHIGER et al., 1991; MERELES, 2005; SPICHIGER et al., 2005;

NAVARRO et al., 2011; PÉREZ, 2016). Segundo Pastén et al. (2011), tendo em conta a classificação de Köppen, o clima da metade da região é tropical/savana, pertencente à variedade específica “Aw”, e à outra metade pertence à variedade “Cfa”, temperado/sem estação seca/verão quente. Possui uma precipitação total média anual de 1200 mm e uma temperatura média anual de 19 °C.

A Floresta Sub-úmida do Cerrado é caracterizado por árvores de pequeno porte, de galhos tortuosos e cascas duras e grossas, arbustos espaçadas e gramíneas, que, para Spichiger et al. (2005) corresponde a uma área de ecótono entre os cerrados do sul do Brasil e as florestas do Paraná. Segundo Pastén et al. (2011), tendo em conta a classificação de Köppen, o clima da região é temperado/sem estação seca/verão quente, pertencente à variedade específica “Cfa”. Possui uma precipitação total média anual de 1500 mm e uma temperatura média anual de 21 °C.

A Floresta Úmida da Região Oriental é caracterizada por árvores de grande porte, as florestas altas constituem as formações típicas desta região, no entanto as florestas baixas são formações ecoclinais, em faixas transicionais entre florestas altas e savanas, matas ciliares que penetram em áreas de savanas e ilhas de florestas rodeadas por vegetação herbácea (SPICHIGER et al., 1992; SPICHIGER et al., 2005). De acordo com a classificação de Köppen, encontra-se completamente dentro do clima temperado/sem estação seca/verão quente, pertencente à variedade específica “Cfa”. Possui uma precipitação total média anual de 1750 mm e uma temperatura média anual de 17 °C (PASTÉN et al., 2011).

2.2 Amostragem da vegetação lenhosa por estrato

O banco de dados utilizado compõe-se de informações quantitativas de 80 UA de 60 m x 60 m, distribuídas em quatro estratos arbóreos (20 UA para cada estrato), localizadas em todo o Paraguai, que foram selecionadas de maneira aleatória, totalizando 28,8 ha amostrados.

Tem-se registros das alturas totais e dos diâmetros à 1,30 m de altura ($d_{1,30}$) de todos os indivíduos arbustivo-arbóreos vivos com $d_{1,30} \geq 5$ cm. Todos os indivíduos foram coletados e posteriormente identificados com base em literatura, especialistas e no Herbário da Faculdade de Ciências Químicas, Departamento de Botânica da Universidade Nacional de Assunção. A confirmação e atualização dos nomes científicos e das famílias foram feitas com base no site do *Missouri Botanical Garden* (TROPICOS, 2019).

2.3 Análise dos dados

As estimativas de biomassa aérea foram obtidas através de equações alométricas propostas por Sato et al. (2015a) e Sato et al. (2015b) para os estratos BSCH e BSHIRP e Chave et al. (2005) para os estratos BSHC e BHRO, selecionadas por meio do coeficiente de determinação (R^2) e o erro padrão da estimativa (RSE) (SANQUETTA, 2002) (Tabela 04).

Além desses parâmetros, para a seleção do melhor modelo, foi analisada a amplitude dos dados para a variável diâmetro.

Tabela 04. Equações alométricas aplicadas para quatro estratos florestais do Paraguai (BSCH, Floresta Seca do Chaco; BSHIRP, Floresta Sub-úmida Inundável do Rio Paraguai; BSHC, Floresta Sub-úmida do Cerrado; BHRO, Floresta Úmida da Região Oriental).

Estrato	Equação	R^2	RSE
Floresta Seca do Chaco	$B_{\text{aérea}} = 0,2147 * (DAP^2 Ht)^{0,8391}$ Sato et al. (2015) (a)	0,96	0,29
Floresta Seca do Chaco <i>Ceiba chodatii</i>	$B_{\text{aérea}} = 0,0224 * (DAP^2 Ht)^{0,8688}$ Sato et al. (2015) (b)	0,99	0,18
Floresta Sub-úmida Inundável do Rio Paraguai	$B_{\text{aérea}} = 0,0339 * (DAP^2 Ht)^{1,0401}$ Sato et al. (2015) (a)	0,97	0,24
Floresta Sub-úmida do Cerrado	$B_{\text{aérea}} = 0,0509 * (p DAP^2 Ht)$ Chave et al. (2005)	0,99	0,35
Floresta Úmida da Região Oriental	$B_{\text{aérea}} = 0,0776 * (p DAP^2 Ht)^{0,940}$ Chave et al. (2005)	0,99	0,35

Onde: $B_{\text{aérea}}$ = Biomassa aérea; DAP = Diâmetro à altura do peito (cm); Ht = Altura total (m); p e WD = Densidade básica (g.cm^{-3}).

Os indivíduos da família Cactaceae foram excluídos dos cálculos, segundo a recomendação feita por Sato et al. (2015a) para o estrato BSCH, por apresentarem uma estrutura completamente diferente das demais espécies, sem folhas e com ramificações de diâmetros semelhantes (SILVA e SAMPAIO, 2008).

Para os estratos BSHC e BHRO, onde as equações alométricas precisam da densidade da madeira, foram utilizados dados segundo Reyes et al. (1992), Paula e Costa (2011), Côrtes (2013), Oliveira (2014) e Cueva (2015) das espécies florestais do Paraguai, além da base de

dados disponível no pacote Biomass do R. Para aquelas espécies cujas densidades não se encontraram disponíveis, foi realizado uma média das densidades por gênero e uma média das densidades das espécies florestais disponíveis.

Para o cálculo de carbono foi usado o fator médio padrão do IPCC (2006), sugerido para florestas subtropicais. O fator médio é 0,47 proveniente de um intervalo entre 0,44 e 0,49 fração de carbono da biomassa para todos os compartimentos da árvore.

Foi calculado o estoque de dióxido de carbono equivalente ($\text{CO}_2 \text{ eq}$), multiplicando o valor da conversão estequiométrica da massa do elemento C para a molécula de CO_2 , em que $\text{C} = 12$, $\text{O} = 16$ e, portanto, $\text{CO}_2 = 44$ (SANQUETTA et al., 2018).

Para a determinação da estrutura diamétrica foi realizado uma classificação das árvores em sete categorias diamétricas, tendo em conta a amplitude dos dados, de 10 cm para os estratos BSCH e BSHIRP e de 20 cm para os estratos BSHC e BHRO, todas a partir de 5 cm de diâmetro.

Foram utilizados valores médios nos resultados. Os cálculos foram feitos nos softwares R e Excel.

3. Resultados e Discussões

A biomassa aérea estocada em todos os estratos florestais foi de $98,81 \text{ Mg ha}^{-1}$, em quanto ao carbono aéreo foi de $46,44 \text{ Mg ha}^{-1}$ e o dióxido de carbono equivalente foi de $170,29 \text{ Mg ha}^{-1}$, em que o estrato BHRO corresponde a 41,79 % desses valores. O BSCH foi o estrato que representou o menor valor para essas três variáveis (5,34 %) (Tabela 05).

Tabela 05. Valores de Biomassa aérea, Carbono aéreo e Dióxido de Carbono equivalente para quatro estratos florestais do Paraguai (BSCH, Floresta Seca do Chaco; BSHIRP, Floresta Sub-úmida Inundável do Rio Paraguai; BSHC, Floresta Sub-úmida do Cerrado; BHRO, Floresta Úmida da Região Oriental).

Estratos	N ha^{-1}	Biomassa aérea (Mg ha^{-1})	Carbono aéreo (Mg ha^{-1})	Dióxido de Carbono equivalente (Mg ha^{-1})
BHRO	359	165,20	77,64	284,69
BSHC	248	113,36	53,28	195,36
BSHIRP	352	95,60	44,93	164,75
BSCH	259	21,10	9,92	36,37

Onde: N = número de indivíduos por estrato por ha

Segundo Brown et al. (1989), a biomassa aérea pode variar por região geográfica, tipo de ambiente natural onde ocorrem as florestas, os tipos florestais, a estrutura das florestas e o grau de perturbação das mesmas. Portanto, a grande diferença existente nas estimativas de biomassa neste estudo, pode ter ocorrido em função da variabilidade dos componentes da vegetação, onde os diâmetros das espécies, as alturas totais e o número de indivíduos nas classes diamétricas inferiores são menores no estrato BSCH em comparação com os outros (Figura 11). Navarro et al. (2011), em estudos sobre fatores do solo que determinam a estrutura das florestas, explicam a relação existente entre os solos mal drenados e as alturas totais das espécies, em que, as diferentes condições de oxigenação radicular pode explicar a tendência de diminuir as alturas em florestas com problemas de drenagem, o que pode ter ocorrido no estrato em questão.

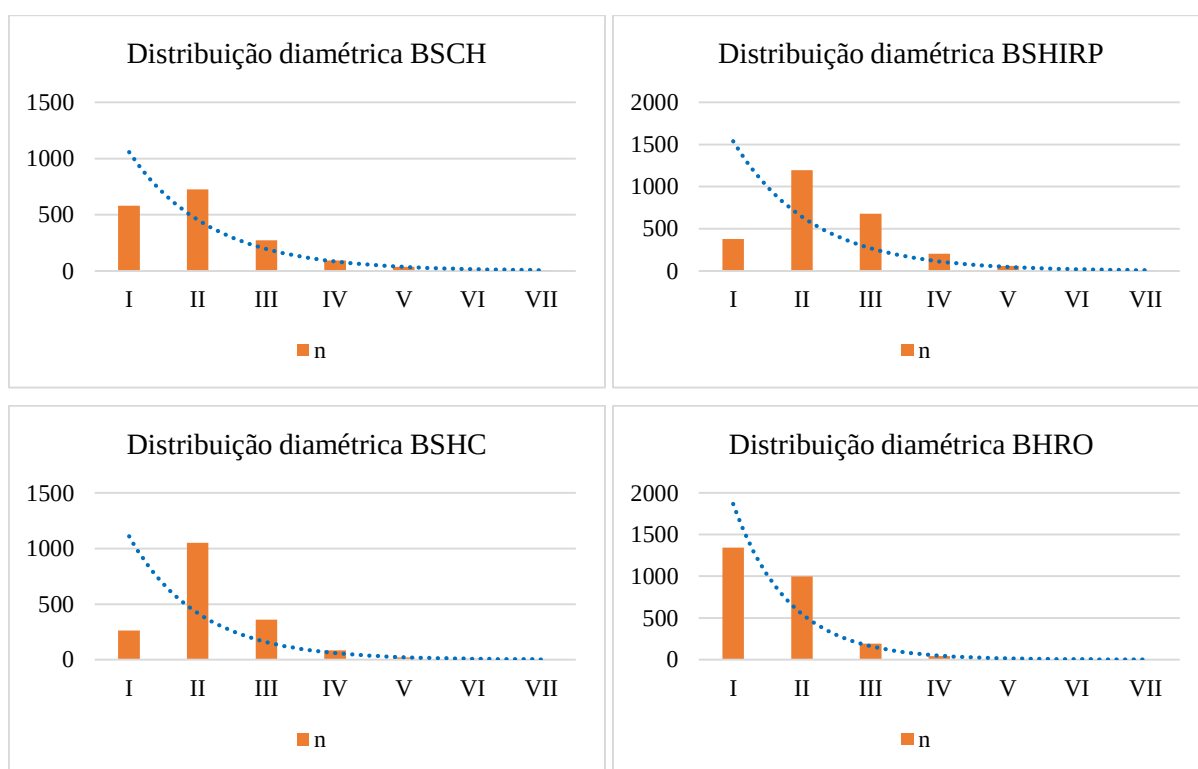


Figura 11. Número de indivíduos (n) por classe diamétrica para quatro estratos florestais do Paraguai (BSCH, Floresta Seca do Chaco; BSHIRP, Floresta Sub-úmida Inundável do Rio Paraguai; BSHC, Floresta Sub-úmida do Cerrado; BHRO, Floresta Úmida da Região Oriental).

Para o estrato BHRO, o maior número de indivíduos concentra-se na primeira classe diamétrica (<19,9 cm), com 51,85% (Figura 11). Vários autores (MEYER, 1952; ASSMANN, 1970; CAMPOS et al., 1983; SOUZA et al., 2006; MARANGON et al., 2016) salientam que a curva de distribuição diamétrica em florestas naturais apresenta uma curva exponencial de “J”

invertido, em que, na medida em que aumenta o tamanho da classe, a frequência diminui até atingir o seu menor valor na maior classe. Conforme Souza e Souza (2005), essa ocorrência indica que a estrutura da floresta possui tendência de distribuição balanceada, em virtude da capacidade de regeneração das espécies.

Já nos estratos BSCH, BSHIRP e BSHC, isso acontece a partir da segunda classe diamétrica, onde, a primeira classe diamétrica para os dois primeiros estratos corresponde a indivíduos $<9,9$ cm, e, para o terceiro estrato, indivíduos $<19,9$ cm (Figura 11). Algumas espécies possuem dificuldade em recrutar novos indivíduos (classes de menor diâmetro) devido à fatores inerentes à fragmentação como agentes dispersores, forma e tamanho das áreas (MACHADO et al., 2004), demonstrando a inexistência de equilíbrio dentro do componente florestal. Geralmente esse tipo de evento está relacionado à ecologia populacional de cada espécie (FELFILI, 1997) ou também pode indicar algum tipo de atividade antropogênica que interfere na estrutura da floresta.

Para os diferentes tipos de estratos estudados, comparando os valores de biomassa aérea com outras pesquisas, Azevedo et al. (2018), para uma floresta ombrófila densa, Marchiori et al. (2016), para uma floresta ombrófila densa montana, e Gaspar et al. (2014) em um fragmento de floresta estacional semidecidual, encontraram estimativas de $273,35 \text{ Mg ha}^{-1}$; $166,3 \text{ Mg ha}^{-1}$ e $58,3 \text{ Mg ha}^{-1}$ de biomassa aérea, respectivamente. Em quanto aos teores de carbono aéreo, Azevedo et al. (2018), Vieira et al. (2011) em uma floresta ombrófila densa montana, e Melo e Durigan (2006) em uma Floresta estacional semidecidual, encontraram uma estimativa de $136,68 \text{ Mg ha}^{-1}$; $122,38 \text{ Mg ha}^{-1}$ e 80 Mg ha^{-1} de carbono aéreo, respectivamente. Esses tipos de formações florestais constituem vegetações do bioma Mata Atlântica, que corresponde ao estrato BHRO segundo a descrição de vários autores (SPICHIGER et al., 1992, PRADO e GIBBS, 1993; VERA MONGE, 2009, MERELES, 2005, SPICHIGER et al., 2005). Para este estrato, as cinco espécies com maiores valores de carbono aéreo são *Handroanthus* sp. (Hand) com $11,41 \text{ Mg ha}^{-1}$, *Sweetia fruticosa* (Sfru) com $3,73 \text{ Mg ha}^{-1}$, *Lonchocarpus* sp. (Lonc) com $3,32 \text{ Mg ha}^{-1}$, *Cariniana estrellensis* (Cest) com $3,01 \text{ Mg ha}^{-1}$ e *Guibourtia hymenaeifolia* (Ghym) com $2,81 \text{ Mg ha}^{-1}$ (Figura 12).

Segundo Spichiger et al. (2005), o estrato BSHC corresponde ao bioma Cerrado, portanto, comparando com os estudos realizados neste tipo de formação, Santana et al. (2013) e Ribeiro et al. (2011) nas diferentes fitofisionomias presentes no Cerrado do Brasil, encontraram valores médios de $72,71 \text{ Mg ha}^{-1}$ e $67,65 \text{ Mg ha}^{-1}$ de biomassa aérea, e $34,17 \text{ Mg ha}^{-1}$ e $31,79 \text{ Mg ha}^{-1}$ de carbono aéreo, respectivamente. Para este trabalho, as espécies que apresentaram

maiores valores de carbono aéreo no estrato BSHC são *Caesalpinia paraguariensis* (Cpar) com 8,99 Mg ha⁻¹, *Dahlstedtia muehlbergiana* (Dmue) com 3,10 Mg ha⁻¹, *Calycophyllum spruceanum* var. *multiflorum* (Csmu) com 1,64 Mg ha⁻¹, *Ceiba speciosa* (Cspe) com 1,63 Mg ha⁻¹ e *Handroanthus albus* com 1,56 Mg ha⁻¹ (Figura 12).

Para o estrato BSHIRP, conforme estudos feitos por Padilha (2011), este tipo de formação florestal pode-se encontrar no Chaco Florestado ao sul de Mato Grosso do Sul, na área de confluência do bioma Pantanal. Nessa pesquisa foi estimado em torno de 105-170 Mg ha⁻¹ de biomassa aérea e 50-85 Mg ha⁻¹ de carbono aéreo, sendo as árvores de grande porte as maiores contribuintes de biomassa. Neste trabalho, as espécies com maiores valores de carbono aéreo são *Jacaratia spinosa* (Jspi) com 2,25 Mg ha⁻¹, *Nectandra megapotamica* (Nmeg) com 1,96 Mg ha⁻¹, *Handroanthus heptaphyllus* (Hhep) com 1,89 Mg ha⁻¹, *Ceiba speciosa* (Cspe) com 1,53 Mg ha⁻¹ e *Ceiba chodatii* (Ccho) com 1,34 Mg ha⁻¹ (Figura 12).

Os resultados do estrato BSCH poderiam ser comparados com os do bioma Caatinga, pelas características desses ambientes: clima árido a semiárido e vegetação adaptada à períodos de deficiência hídrica (SPICHIGER et al., 1991; LEAL et al., 2005; MERELES, 2005; SPICHIGER et al., 2005) e também Prado e Gibbs (1993) mostraram que, em tempos remotos, a floresta estacional semidecidual interligava a vegetação da Caatinga com a do Chaco. Portanto, para Souza et al. (2019), os valores médios encontrados foram de 28,48±23,32 Mg ha⁻¹ de biomassa aérea neste tipo de formação florestal. Para este estudo, as cinco espécies que apresentaram maior valor de carbono aéreo foram *Schinopsis lorentzii* (Slor) com uma média 0,86 Mg ha⁻¹, *Macaglia quebracho-blanco* (Mqbl) com 0,78 Mg ha⁻¹, *Schinopsis balansae* (Sbal) com 0,45 Mg ha⁻¹, *Tabebuia nodosa* (Tnod) com 0,43 Mg ha⁻¹ e *Diplokeleba floribunda* (Dflo) com 0,42 Mg ha⁻¹ (Figura 12).

As variações encontradas em cada tipo florestal podem estar associadas a diversos fatores, como às diferentes características específicas na estrutura e composição das comunidades vegetais (BROWN et al., 1989), topografia, fertilidade do solo e perturbações (naturais ou antrópicas) (CHAVE et al., 2005; VIEIRA et al., 2008; MANDAL e JOSHI, 2014), o critério de inclusão das espécies durante o inventário (>5 cm, >10 cm de d_{1,30}) e as diferentes equações alométricas utilizadas.

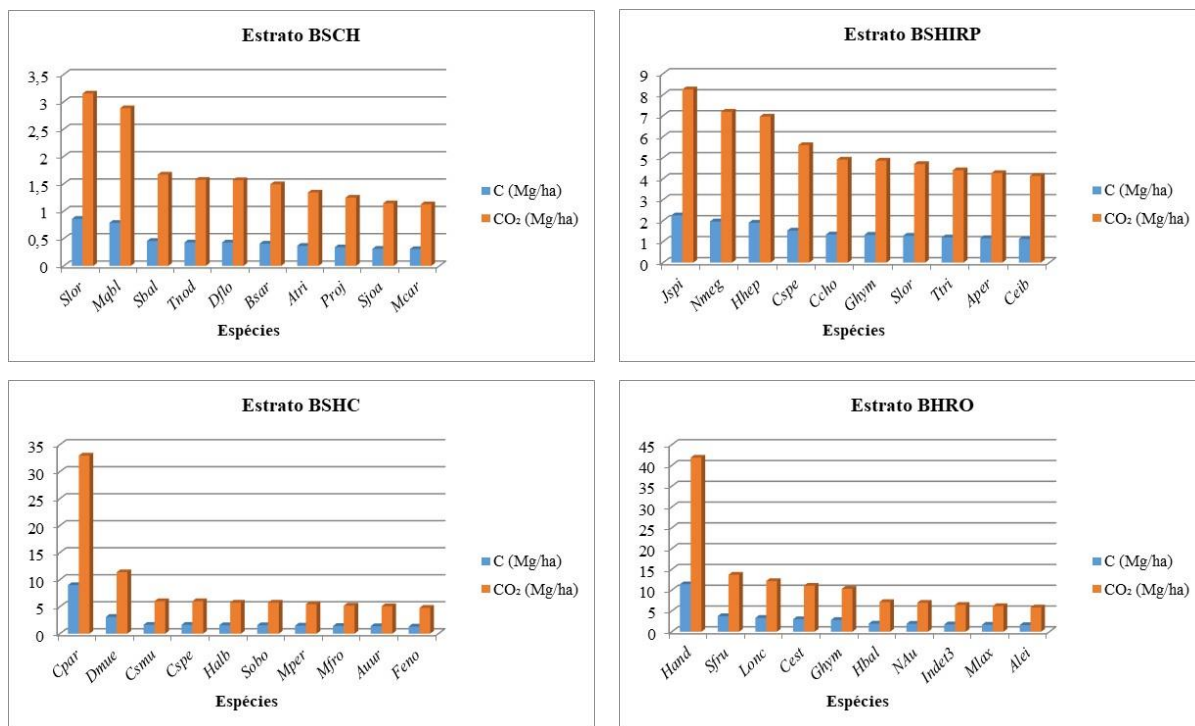


Figura 12. Carbono e Dióxido de Carbono das 10 espécies com maiores valores para 20 parcelas em quatro estratos florestais do Paraguai (BSCH, Floresta Seca do Chaco; BSHIRP, Floresta Sub-úmida Inundável do Rio Paraguai; BSHC, Floresta Sub-úmida do Cerrado; BHRO, Floresta Úmida da Região Oriental).

4. Conclusões

Para todos os estratos amostrados foi possível estimar os teores de biomassa aérea, carbono aéreo e dióxido de carbono, onde o estrato BHRO apresentou os maiores valores, devido a características próprias desse tipo de formação florestal (estrutura, composição, fertilidade do solo, disponibilidade de água, entre outros).

As espécies que obtiveram maiores valores retratam os seus dados inventariados (maiores diâmetros e maior número de indivíduos), como é o caso de *Handroanthus* sp. no estrato BHRO, *Caesalpinia paraguariensis* para o BSHC, *Schinopsis lorentzii* no BSCH e *Jacaratia spinosa* para o BSHIRP.

REFERÊNCIAS

ASSMANN, E. The Principles of Forest Yield study: Studies in the organic production, structure, increment and yield of forest stands. Pergamon Press, Oxford, 506 p., 1970.

AZEVEDO, A.D.; FRANCELINO, M.R.; CAMARA, R.; PEREIRA, M.G.; LELES, P.S.S. Estoque de carbono em áreas de restauração florestal da Mata Atlântica. FLORESTA, Curitiba, PR, v. 48, n. 2, p. 183-194, 2018.

BROWN, S.; GILLESPIE, A.; LUGO, A.E. Biomass estimation methods for Tropical Forests with applications to Forest Inventory data. Forest Science, v. 35, p. 881-902, 1989.

CAMPOS, J.C.C.; RIBEIRO, J.C.; COUTO, L. Emprego da distribuição diamétrica na determinação da intensidade de corte em matas naturais submetidas ao sistema de seleção. Revista Árvore, v. 7, n. 2, p. 110-122, 1983.

COLOMBO, S.J.; CHEN, J.; TER-MIKAELIAN, M.T.; McKECHNIE, J.; ELKIE, P.C.; MACLEAN, H.L.; HEATH, L.S. Forest protection and forest harvest as strategies for ecological sustainability and climate change mitigation. Forest Ecology and Management, Elsevier, v. 281, p. 140-151, 2012.

CORONA-NUÑEZ, R.O.; CAMPO, J.; WILLIAMS, M. Aboveground carbon storage in tropical dry forest plots in Oaxaca, Mexico. Forest Ecology and Management, Elsevier, v. 409, p. 202-214, 2018.

CÔRTEZ, L.G. Características de história de vida de árvores do Cerrado direcionando o futuro e a adaptação aos impactos das mudanças climáticas. Tese (Doutorado em Ecologia e evolução) – Universidade Federal de Goiás, Instituto de Ciências Biológicas, Programa de Pós-graduação em Ecologia e Evolução, 165 f., 2013.

CUEVA, K. Metodología de procesamiento y análisis de datos del Inventario Forestal Nacional (IFN). Programa Nacional Conjunto ONU-REDD Paraguay. Sistema Nacional de Monitoreo e Información Forestal (SNIF). Instituto Forestal Nacional (IFN)/Secretaria del

Ambiente (SEAM)/Federación por la Autodeterminación de los Pueblos Indígenas (FAPI), 32 p., 2015.

CHAVE, J.; ANDALO, C.; BROWN, S.; CAIRNS, M.A.; CHAMBERS, J.Q.; EAMUS, D.; FÖLSTER, H.; FROMARD, F.; HIGUCHI, N.; KIRA, K.; LESCURE, J.-P.; NELSON, B.W.; OGAWA, H.; PUIG, H.; RIÉRA, B.; YAMAKURA, T. Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests. *Oecologia*, v. 145, p. 87-99, 2005.

D'AMATO, A.W.; BRADFORD, J.B.; FRAVER, S.; PALIK, B.J. Forest management for mitigation and adaptation to climate change: Insights from long-term silviculture experiments. *Forest Ecology and Management*, Elsevier, v. 262, n. 5, p. 803-816, 2011.

FELFILI, J.M. Diameter and height distributions of a gallery forest community and some of its main species in central Brazil over a six-year period (1985-1991). *Revista Brasileira de Botânica*, v. 20, p. 155-162, 1997.

FONSECA, W.; ALICE, F.; REY, J.M. Modelos para estimar la biomasa de especies nativas en plantaciones y bosques secundarios en la zona Caribe de Costa Rica. *Bosque*, v. 30, n. 1, p. 36-47, 2009.

GASPAR, R.O.; CASTRO, R.V.O.; PELOSO, R.V.; SOUZA, F.C.; MARTINS, S.V. Análise fitossociológica e do estoque de carbono no estrato arbóreo de um fragmento de Floresta Estacional Semidecidual. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 24, n. 2, p. 313-324, 2014.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme. EGGLESTON H.S.; BUENDIA L.; MIWA K.; NGARA T.; TANABE K. (eds.). Published: IGES, Japan, 2006.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems.

SHUKLA, P.R.; SKEA, J.; CALVO BUENDIA, E.; MASSON-DELMOTTE, V.;

PÖRTNER, H.-O.; ROBERTS, D.C.; ZHAI, P.; SLADE, R.; CONNORS, S.; VAN DIEMEN, R.; FERRAT, M.; HAUGHEY, E.; LUZ, S.; NEOGI, S.; PATHAK, M.; PETZOLD, J.; PORTUGAL PEREIRA, J.; VYAS, P.; E. HUNTLEY, KISSICK, K.; BELKACEMI, M.; MALLEY, J. (eds.), In press. 2019.

LEAL, I.R.; TABARELLI, M.; SILVA, J.M.C. Ecologia e conservação da Caatinga. Ed. Universitária da UFPE, Recife, 2 ed., 822 p., 2005.

MACHADO, E.L.M; OLIVEIRA-FILHO, A.T.; CARVALHO, W.A.C.; SOUZA, J.S.; BORÉM, R.A.T.; BOTEZELLI, L. Análise comparativa da estrutura e flora do compartimento arbóreo-arbustivo de um remanescente florestal na fazenda Beira Lago, Lavras, MG. Revista Árvore, v. 28, n. 4, p. 499-516, 2004.

MANDAL, G.; JOSHI, S.P. Analysis of vegetation dynamics and phytodiversity from three dry deciduous forests of Doon Valley, Western Himalaya, India. Journal of Asia-Pacific Biodiversity, v. 7, n. 3, p. 292-304, 2014.

MELO, A.C.G.; DURIGAN, G. Fixação de carbono em reflorestamentos de matas ciliares no Vale do Paranapanema, SP, Brasil. Scientia Forestalis, v. 71, p. 149-154, 2006.

MERELES, M.F. Una aproximación al conocimiento de las formaciones vegetales del Chaco Boreal, Paraguay. Rojasiana, v. 6, n. 2, p. 5-48, 2005.

MEYER, H.A. Structure, growth, and drain in balanced uneven-aged forests. Journal of Forestry, v. 2, n. 52, p. 85-92, 1952.

MITCHARD, E.T. The tropical forest carbon cycle and climate change: Review. Nature, Springer Limited, v. 559, p. 527-5345, 2018.

NOGUEIRA JUNIOR, L.R.; ENGEL, V.L.; PARROTTA, J.A.; MELO, A.C.G.; RÉ, D.S. Allometric equations for estimating tree biomass in restored mixed-species Atlantic Forests stands. Biota Neotropica, v. 14, n. 2, p. 1-9, 2014.

OLIVEIRA, G.M.V. Densidade da madeira em Minas Gerais: Amostragem, espacialização e relação com variáveis ambientais. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Lavras, Instituto de Ciências Biológicas, Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal, 125 f., 2014.

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA (FAO). El estado de los bosques del mundo: Las vías forestales hacia el desarrollo sostenible. Programa Nacional Conjunto ONU-REDD. Asunción, Paraguay, 184 p., 2015.

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA (FAO). Manual de Campo: Procedimientos para la planificación, medición y registro de información del Inventario Forestal Nacional del Paraguay “Medir para decidir”. Roma. Licencia: CC BY-NC-SA 3.0 IGO, 153 p., 2015.

PADILHA, D.R.C. Fitossociologia e estimativas da biomassa aérea e de carbono em Chaco Florestal no Brasil. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) – Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Programa de Pós-graduação em Biologia Vegetal, 86 f., 2011.

PASTÉN, M.; GONZÁLEZ, A.V.; ESPÍNOLA, C.F. Clasificación climática del Paraguay utilizando los métodos de Köppen y Thornthwaite. Informe final. Universidad Nacional de Asunción. Facultad Politécnica. San Lorenzo, Paraguay, 43 p., 2011.

PAULA, J.E. de; COSTA, K.P. Densidade da madeira de 932 espécies nativas do Brasil. Cinco continentes. Porto Alegre, 248 p., 2011.

PÉREZ, L.F. Manual de familias y géneros de árboles del Paraguay. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). San Lorenzo, Paraguay, 216 p., 2016.

PRADO, D.; GIBBS, P. Patterns of distributions in the Dry Seasonal Forests of South America. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, v. 80, n. 4, p. 902-927, 1993.

R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2013. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org/>.

REYES, G.; BROWN, S.; CHAPMAN, J.; LUGO, A. Wood densities of Tropical tree species. General Technical Report. United States Department of Agriculture. Forest Service. Southern Forest Experiment Station. New Orleans, Louisiana, 20 p., 1992.

SALOMÃO, R.P.; NEPSTAD, D.C.; VIEIRA, I.C.G. Como a biomassa de florestas tropicais influi no efeito estufa? *Ciência Hoje*, v. 21, n. 123, p. 38-47, 1996.

SANQUETTA, C.R. Métodos de determinação de biomassa florestal. In: SANQUETTA, C.R.; WATZLAWICK, L.F.; BALBINOT, R.; ZILLOTTO, M.A.B.; GOMES, F. (Ed.). *As florestas e o carbono*. Curitiba: Ed. dos Autores, p. 119-140, 2002.

SANQUETTA, C.R.; CORTE, A.P.D.; PELISSARI, A.L.; TOMÉ, M.; M.A.A.S., G.C.B.; SANQUETTA, M.N.I. Dinâmica em superfície, volume, biomassa e carbono nas florestas nativas brasileiras: 1990 – 2015. *Universidade Federal do Paraná, Biofix Scientific Journal*, v. 3, n. 1, p. 193-198, 2018.

SANTANA, O.A.; ENCINAS, J.I.; INÁCIO, E.S.B.; AMORIM, L.B.; VILAVERDE, J.L.J. Relação entre o índice de avermelhamento do solo e o estoque de carbono na biomassa aérea da vegetação de Cerrado. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 23, n. 4, p. 783-794, 2013.

SATO, T.; SAITO, M.; RAMIREZ, D.; PEREZ DE MOLAS, L.F.; TORIYAMA, J.; HEREBIA, E.; DUBIE, N.; DURE, E.; RAMIREZ, J.D.; VERA DE ORTIZ, M. Development of Allometric Equations for Tree Biomass in Forest Ecosystems in Paraguay. *JARQ*, v. 49, n. 3, p. 281-291, 2015 (a).

SATO, T.; SAITO, M.; RAMIREZ, D.; PEREZ DE MOLAS, L.F.; TORIYAMA, J.; HEREBIA, E.; DUBIE, N.; DURE, E.; RAMIREZ, J.D.; VERA DE ORTIZ, M. Allometric equations for bottle-shaped tree (*Ceiba chodatii*) in the Chaco region, western Paraguay. *Bull.*

of FFPRI, v. 14, n. 2, p. 75-76, 2015 (b).

SILVA, G.C.; SAMPAIO, E.V.S.B. Biomassas de partes aéreas em plantas da Caatinga. *Revista Árvore*, Viçosa-MG, v. 32, n. 3, p. 567-575, 2008.

SOUZA, D.G.; SFAIR, J.C.; PAULA, A.S.; BARROS, M.F.; RITO, K.F.; TABARELLI, M. Multiple drivers of aboveground biomass in a human-modified landscape of the Caatinga dry forest. *Forest Ecology and Management*, v. 435, p. 57-65, 2019.

SOUZA, D.R.; SOUZA, A.L. Emprego do método BDq de seleção após a exploração florestal em floresta ombrófila densa de terra firme, Amazônia Oriental. *Revista Árvore*, v. 29, n. 4, p. 617-625, 2005.

SOUZA, D.R.; SOUZA, A.L.; LEITE, H.G.; YARED, J.A.G. Análise estrutural em Floresta Ombrófila densa de terra firme não explorada, Amazônia Oriental. *Revista Árvore*, v. 30, n. 1, p. 75-87, 2006.

SPICHIGER, R.; CALENGE, C.; BISE, B. Discriminant analysis of the spatial distribution of plant species occurrences: II. Distribution of major tree communities in Paraguay. *Candollea*, v. 60, n. 2; p. 577-593, 2005.

SPICHIGER, R.; BERTONI, B.S.; LOIZEAU, P.A. Los bosques del Alto Paraná en Paraguay. *Candollea*, v. 47, p. 219-250, 1992.

SPICHIGER, R.; RAMELLA, L.; PALESE, L.; MERELLES, F. Proposición de leyenda para la cartografía de las formaciones vegetales del Chaco Paraguayo. Contribución al estudio de la flora y de la vegetación del Chaco. III. *Candollea*, v. 46, p. 541-564, 1991.

TROPICOS. Missouri Botanical Garden. Disponível em: www.tropicos.org. 2019.

VERA MONGE, V.R. Comparação de associações vegetais sobre diferentes tipos de solos presentes na área de influência da Represa Itaipu, para reconhecimento de espécies apropriadas para restauração ecológica. Tese (Doutorado em Recursos Florestais) – Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Programa de Pós-graduação em Recursos Florestais, 173 f., 2009.

VIEIRA, S.A.; ALVES, L.F.; AIDAR, M.P.M.; ARAÚJO, L.S.; BAKER, T.; BATISTA, J.L.F.; CAMPOS, M.C.; CAMARGO, P.B.; CHAVE, J.; DELITTI, W.B.C.; HIGUCHI, N.; HONORIO, E.; JOLY, C.A.; KELLER, M.; MARTINELLI, L.A.; MATTOS, E.A.; METZKER, T.; PHILLIPS, O.; SANTOS, F.A.M.; SHIMABUKURO, M.T.; SILVEIRA, M.; TRUMBORE, S.E. Estimation of biomass and carbon stocks: the case of the Atlantic Forest. *Biota Neotropica*, v. 8, n. 2, p. 21-29, 2008.

VIEIRA, S.A.; ALVES, L.F.; DUARTE-NETO, P.J.; MARTINS, S.C.; VEIGA, L.G.; SCARANELLO, M.A.; PICOLLO, M.C.; CAMARGO, P.B.; CARMO, J.B.; SOUSA NETO, E.; SANTOS, F.A.M.; JOLY, C.A.; MARTINELLI, L.A. Stocks of carbon and nitrogen and partitioning between above- and belowground pools in the Brazilian coastal Atlantic Forest elevation range. *Ecology and Evolution*, v. 1, n. 3, p. 421-434, 2011.