



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO

FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA VEGETAL



GEISIELY PEDROSA DE FREITAS

**RELAÇÃO ENTRE DENSIDADE DA MADEIRA, FENOLOGIA E
CARACTERÍSTICAS DO LENHO EM ALGUMAS ESPÉCIES DO CHACO
BRASILEIRO**

Campo Grande – MS

Junho/2017



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO

FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA VEGETAL



GEISIELY PEDROSA DE FREITAS

**RELAÇÃO ENTRE DENSIDADE DA MADEIRA, FENOLOGIA E
CARACTERÍSTICAS DO LENHO EM ALGUMAS ESPÉCIES DO CHACO
BRASILEIRO**

Orientação: Profa. Dra. Rosani do Carmo de Oliveira Arruda

Co-orientação: Prof. Dr. Augusto Cesar de Aquino Ribas

Campo Grande – MS

Junho/2017



**RELAÇÃO ENTRE DENSIDADE DA MADEIRA, FENOLOGIA E
CARACTERÍSTICAS DO LENHO EM ALGUMAS ESPÉCIES DO CHACO
BRASILEIRO**

Dissertação apresentada como requisito para obtenção de título de Mestre em Biologia Vegetal pelo Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul.

Orientadora: Profa. Dra. Rosani do Carmo de Oliveira Arruda

Campo Grande – MS

Junho/2017

Ficha Catalográfica

Freitas, G. P.

Relação entre Densidade da Madeira, Fenologia e Características do Lenho em espécies do Chaco brasileiro / Geisiely Pedrosa de Freitas – Campo Grande, MS, 2017.

Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul.

Orientador (a): Profa. Dra. Rosani do Carmo de Oliveira Arruda

Coorientador: Prof. Dr. Augusto Cesar de Aquino Ribas

1. Savana estépica arbórea 2. Fenologia floral 3. Sazonalidade 4. Restrição hídrica, 5. Anatomia da madeira.

BANCA EXAMINADORA:

Orientação: Dra. Rosani do Carmo de Oliveira Arruda

Co-orientação: Dr. Augusto Cesar de Aquino Ribas

TITULARES

Dra. Edenise Segala Alves - Instituto de Botânica, São Paulo - USP

Dr. Wellington Santos Fava - UFMS

Dr. Geraldo Alves Damasceno Junior - UFMS

SUPLENTES

Dra. Edna Scremin Dias – UFMS

Dra. Ângela Lucia Bagnatori Sartori - UFMS

Relação entre Densidade da Madeira, Fenologia e Características do Lenho em algumas espécies do Chaco brasileiro

Dedicatória

Dedico aos meus pais Idson Vieira de Freitas e Gisele Pedrosa de Freitas

Minhas irmãs Aline pedrosa de Freitas e Nataly Pedrosa de Freitas

Meu esposo John Dalton da silva Paini

Relação entre Densidade da Madeira, Fenologia e Características do Lenho em algumas espécies do Chaco brasileiro

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por tudo que tens proporcionado em minha vida! Foram muitas as dificuldades, porém em todas elas ele me sustentou. “Tudo posso naquele que me fortalece” Filipenses 4.13.

A minha digníssima, competente, admirável, meiga e profissional orientador: (a) Prof. Dr. Rosani do Carmo de Oliveira Arruda, pelo seu compromisso, dedicação, profissionalismo e imenso prazer em concluir mais uma etapa de trabalho, que com certeza nos gerará ótimas publicações para o Chaco brasileiro!

Ao meu Coorientador Prof. Dr. Augusto pelas orientações, análises estatísticas e todo aprendizado compartilhado em todos momentos de dúvidas.

A prof. Dr. Maria Rosângela Sigrist pela fundamentação e idealização deste trabalho, pela oportunidade e orientações e por ter aberto as portas de seu laboratório e ter me transmitido muito aprendizado e profissionalismo.

Agradeço imensamente aos meus pais Idson Vieira de Freitas e Gisele Pedrosa de Freitas por todos ensinamentos, dedicação e esforços empregados em minha educação, que este trabalho seja apenas o início de muitos que estão por vir.

As irmãs Aline Pedrosa de Freitas e Nataly Pedrosa de Freitas pelo prazer de compartilhar minha vida e todas as conquistas.

As minhas avós Elza Pedroso, Lurdes Freitas e avôs Ilson José dos Santos (in memoriam), Osvaldo Freitas pela constituição dessa família.

Ao meu companheiro de todas as horas e humores, John Dalton da Silva Paini, por ser a pessoa quem aturou meus dias de mal humor, pelas noites de intenso trabalho no laboratório de anatomia e por todo carinho a cada dia.

Aos meus amigos do programa de Pós-Graduação em Biologia vegetal da turma de 2015 da Universidade federal de Mato Grosso do Sul.

Aos meus amigos técnicos de laboratório: Tamires Yuli, Helena e João Fabri.

As minhas irmãs de laboratório Aline (nina), Ana Paula, Carina Araújo e Suziele Gaudino pelo prazer em compartilhar o conhecimento da nossa querida Mãe e orientadora Prof. Rosani. E também a minha irmã de Pernambuco Marily Jhullis pela companhia e parceria no decorrer de seu estágio na UFMS.

A Luciana Zequin pela parceria na salinha da Pós-Graduação kkk, obrigada pela companhia Lu.

A querida Anahi pelo excelente atendimento a todos os e-mails encaminhados e problemas solucionados durante o período de desenvolvimento do trabalho.

Ao proprietário da fazenda Retiro Conceição, Porto Murtinho/MS - Sergio de Oliveira e família pela permissão da execução do trabalho e sempre pela receptividade.

Aos amigos que contribuíram com as coletas e viagens, Prof. Rosani, Joãozinho Fabri, Bruno Henrique, André Luiz, Larissa Bérgamo,

Aos estagiários do laboratório de Anatomia Vegetal, na qual foi meu lar durante toda a minha estadia no programa de Pós-Graduação da Biologia Vegetal.

Relação entre Densidade da Madeira, Fenologia e Características do Lenho em algumas espécies do Chaco brasileiro

Ao conhecimento compartilhado entre meus queridos professores de curso de Botânica de Campo, experiência única que fica registrada por toda minha vida.

À Universidade Federal de Mato Grosso do Sul/Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal pelo auxílio financeiro. À CAPES pela bolsa de estudo concedida. Ao Projeto Casadinho PROCAD (552352/2011-0) / CNPq pelo auxílio financeiro concedido.

Ao Laboratório de Anatomia Vegetal do Instituto de Biociências (INBIO/UFMS).

Ao Laboratório de Polinização, Reprodução e Fenologia de Plantas (PRFP), do Instituto de Biociências (INBIO /UFMS).

Ao Laboratório de Ecofisiologia de Sementes do Instituto de Biociências (INBIO/UFMS). Professora responsável Dra. Liana Baptista de Lima Corrêa da Costa.

Ao Laboratório de Análise e Desenvolvimento de Edificações (LADE) da Faculdade de Engenharias, Arquitetura e Urbanismo e Geografia (FAENG)/UFMS. Professor responsável Dr. Andrés Batista Cheung.

Ao GATEC- Grupo Arandú de Tecnologia e Ensino de Ciências (INQUI/UFMS). Professor responsável Dr. Ivo Leite Filho.

A todos que contribuíram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho e que trouxeram bons frutos para a conclusão do mesmo.

A todos!

SUMÁRIO

RESUMO GERAL.....	11
INTRODUÇÃO GERAL.....	15
O Chaco	15
Densidade da Madeira	17
Fenologia em florestas tropicais.....	18
HIPÓTESE E QUESTÕES DO ESTUDO:	23
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	24
ARTIGO 1: A densidade da madeira afeta a fenologia de espécies lenhosas do Chaco brasileiro? 27	27
RESUMO	28
ABSTRACT	29
MATERIAL E MÉTODOS	32
Área de estudo	32
Espécies estudadas	33
Fenologia	34
Densidade da madeira e capacidade de armazenamento de água	36
Análise de dados.....	36
RESULTADOS	37
Deciduidade e densidade da madeira	37
Fenologia e Densidade	38
Brotamento e queda foliar	38
Floração e frutificação	39
DISCUSSÃO	46
Eventos vegetativos	46
Eventos reprodutivos	48
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	51
ANEXOS	55
ARTIGO 2: Anatomia e Densidade da Madeira em espécies do Chaco brasileiro	61
RESUMO	62
ABSTRACT	63
INTRODUÇÃO	64
MATERIAL E MÉTODOS	66
Área de estudo	66
Espécies de estudo.....	66
Estudo anatômico	67
Mensurações	68
Densidade da madeira	68
Análise Estatística	69

Relação entre Densidade da Madeira, Fenologia e Características do Lenho em algumas espécies do Chaco brasileiro

RESULTADOS.....	69
Densidade da madeira	69
Descrição macroscópica.....	71
Descrição microscópica.....	73
Vasos: Porosidade, arranjo	73
Fibras	79
Parênquima	81
Densidade da madeira e Características anatômicas	85
DISCUSSÃO	87
REFERÊNCIA BIBLIOGRAFICAS	90
ANEXOS	92

RESUMO GERAL

A densidade tem sido investigada como sendo inversamente proporcional à capacidade de armazenamento de água no caule, assim plantas com alta densidade exibem baixa capacidade de armazenamento e, por sua vez, madeiras de baixa densidade apresentam alta saturação, possivelmente exibindo padrão fenológico independente da precipitação. Como objetivo de investigar a existência de relação entre a densidade da madeira e eventos fenológicos vegetativos e reprodutivos em espécies lenhosas do Chaco Brasileiro, foi realizado esse trabalho, investigando-se ainda, as características anatômicas do lenho. Foram investigadas as seguintes espécies: *Aspidosperma quebracho-blanco* (Apocynaceae); *Bauhinia hagenbeckii*, *Mimosa hexandra*, *M. sensibilis* var. *urucumensis*, *Parkinsonia praecox*, *Prosopis rubriflora* (Leguminosae); *Fridericia* sp. (Bignoniaceae); *Capparis retusa* (Capparaceae); *Jatropha ribifolia* (Euphorbiaceae); *Ziziphus mistol* (Rhamnaceae); e *Castela coccinea* (Simaroubaceae). O estudo foi conduzido em um remanescente de Chaco na Fazenda Retiro Conceição, Porto Murtinho/MS, analisando-se onze espécies arbóreas e não arbóreas. Os resultados evidenciaram que a densidade da madeira variou entre: 0.28 g/cm³ a 0.83 g/cm³. A produção de folhas ocorreu predominantemente no final da estação seca e início da estação chuvosa, independentemente da densidade. A queda foliar ocorreu ao longo do período de transição de estação chuvosa para a estação seca. O brotamento foi relacionado com a temperatura para espécies de baixa densidade. Foi possível observar três grupos fenológicos que apresentaram padrões de floração distintos considerando a densidade de madeira, sendo estes: sempre verde de alta densidade e floração precoce (*Aspidosperma quebracho-blanco*, *Capparis retusa* e *Ziziphus mistol*), sempre verde de alta densidade e floração tardia (*Castela coccinea* e continua (*Prosopis rubriflora*), brevidecídua de alta densidade e floração tardia (*Fridericia* sp. *Mimosa hexandra* e *Parkinsonia praecox*) e contínua (*Mimosa sensibilis*), e semidecíduas de baixa densidade com floração precoce (*Bauhinia hagenbeckii*) e contínua (*Jatropha ribifolia*). O período de frutificação apresentou relação estatisticamente significativa com tipo de síndrome de dispersão, 70% autocóricas e 30% zoocóricas, onde exibiram

Relação entre Densidade da Madeira, Fenologia e Características do Lenho em algumas espécies do Chaco brasileiro

dispersão de seus diásporos durante a estação chuvosa. Com relação ao estudo anatômico das madeiras foram mensuradas e analisadas a espessura da parede e diâmetro do lúmen de vasos e de fibras, e proporção de parênquima radial. Dentre componentes anatômicos das madeiras analisadas, as fibras libriformes de paredes espessadas e lignificadas foram o tipo celular mais abundante e que teve forte efeito na variação da densidade da madeira. As características anatômicas observadas revelaram padrão morfoanatômico correspondente a plantas que vivem sob condições de estresse hídrico pelo menos em parte do ano.

Palavras chaves: Anatomia da madeira, Fenologia floral, Restrição hídrica, Savana estépica arbórea, sazonalidade.

GENERAL ABSTRACT

The density has been investigated as being inversely proportional to the storage capacity of water in the stem, so plants with high density exhibit low storage capacity, and, in turn, low density woods present high saturation, possibly exhibiting phenological pattern independent of precipitation. To investigate the existence of a relationship between wood density and vegetative and reproductive phenological events in woody species of the Brazilian Chaco, this study was carried out, investigating the anatomical characteristics of the wood. The following species were investigated: *Aspidosperma quebracho-branco* (Apocynaceae); *Bauhinia hagenbeckii*, *Mimosa hexandra*, *M. sensibilis* var. *urucumensis*, *Parkinsonia praecox*, *Prosopis rubriflora* (Leguminosae); *Fridericia* sp. (Bignoniaceae); *Capparis retusa* (Capparaceae); *Jatropha ribifolia* (Euphorbiaceae); *Ziziphus mistol* (Rhamnaceae); and *Castela coccinea* (Simaroubaceae). The study was conducted in a remnant of Chaco at Fazenda Retiro Conceição, Porto Murtinho / MS, analyzing eleven tree species and non-tree species. The results showed that the wood density ranged from 0.28 g / cm³ to 0.83 g / cm³. Leaf production occurred predominantly at the end of the dry season and at the beginning of the rainy season, regardless of the density. Leaf fall occurred during the transition period from rainy season to dry season. Budding was temperature related to low density species. It was possible to observe three phenological groups that presented different flowering patterns considering the density of wood, being these always: high density green and early flowering (*Aspidosperma quebracho-branco*, *Capparis retusa* and *Ziziphus mistol*), always green of high density and late blooming (*Castela coccinea* and *continua* (*Prosopis rubriflora*), high density and delayed flowering (*Fridericia* sp., *Mimosa hexandra* and *Parkinsonia praecox*) and continuous (*Mimosa sensibilis*), and low density semideciduous plants with early (*Bauhinia hagenbeckii*) and continuous flowering (*Jatropha ribifolia*), which showed a statistically significant correlation with the type of dispersion syndrome, 70% autocoramic and 30% zoocoramic, where they exhibited dispersal of their diaspores during the rainy season. With respect to the anatomical study of the woods, the wall thickness was measured and

Relação entre Densidade da Madeira, Fenologia e Características do Lenho em algumas espécies do Chaco brasileiro

analyzed and lumen diameter of vessels and fibers, and proportion. Among the anatomical components of the analyzed wood, the libriform fibers with thickened and lignified walls were the most abundant cell type and had a strong effect on the wood density variation. The anatomical characteristics observed revealed a morphoanatomic pattern corresponding to plants that live under conditions of water stress at least part of the year.

Key words: Anatomy of wood, Floral phenology, Water restriction, Steep tree savannah, seasonality.

INTRODUÇÃO GERAL

O Chaco

O Chaco, palavra de origem *Quechua* que significa “território de caça” dos nativos incas no Peru (Prado 1993), é considerado o maior domínio fitogeográfico sazonal da América do Sul, está localizado em uma planície sedimentar com cerca de 1.000.000 km² (Adámoli 2000), e faz limite com Argentina, Bolívia, Paraguai e Brasil (Adámoli *et al.* 1990, Alves & Sartori 2009). O clima Af Köppen Alvares *et al.* (2013) é caracterizado por forte sazonalidade marcada por suas estações bem definidas com verão quente e seco (máxima de até 49°C) e inverno rigoroso com ocorrência de geadas (Freitas *et al.* 2013). O Chaco é subdividido em duas porções: oeste úmida (Chaco úmido) que ocorre entre os rios Paraguai e Paraná com precipitação média anual de 1.200 mm e, uma porção central leste com clima mais seco (Chaco seco) com precipitação média anual de 500 – 700 mm (Pennington *et al.* 2000).

No Brasil, o Chaco é úmido e representado somente na borda oeste de Mato Grosso do Sul, no município de Porto Murtinho (Prado *et al.* 1993), ocupando cerca de 7% da sub-região do Pantanal do Nabileque (Noguchi *et al.* 2009). É considerado um ecossistema com alta prioridade para conservação, por apresentar alta taxa de espécies endêmicas *Parkinsonia praecox*, *Caesalpinia paraguariensis* e *Bauhinia hagenbeckii* citado por Alves & Sartori *et al.* (2009). Em virtude da diversidade de flora e fauna de outros ambientes áridos e semiáridos. A vegetação chaquenha é condicionada por fatores subsidiados pela heterogeneidade ambiental e por fatores ambientais como o solo, relevo que influenciam a atual distribuição das espécies e devido ao aspecto ímpar da vegetação, com predominância de plantas espinhosas caducifólias (Alves & Sartori 2009). Atualmente 15km² da vegetação chaquenha sofreram intenso desflorestamento devido à atividade pecuária de corte na região (Silva *et al.* 2008).

O clima do Chaco sul-mato-grossense é marcado por período de três meses de frio-seco (abril julho) que provoca seca fisiológica e déficit hídrico (agosto), seguido de um período prolongado

Relação entre Densidade da Madeira, Fenologia e Características do Lenho em algumas espécies do Chaco brasileiro

chuvisco (novembro – março) (IBGE 2012). O solo da região é classificado como solonetz solodizado e planossolo, resultantes do acúmulo de sedimentos do Quartenário, sendo caracterizados por serem compactos e mal drenados (Noguchi *et al.* 2009).

A terminologia *Savana-Estépica* é a expressão empregada para denominar estratos lenhosos decíduos e espinhosos do território nacional brasileiro (IBGE 2012). Deste modo, as diferentes fitofisionomias da planície chaquenha variam em função do gradiente climático caracterizando a vegetação em: *Chaco Florestado* (ou savana estépica florestada), *Chaco Arborizado* (ou savana estépica arborizada), *Savana estépica parque* (ou Carandazal) e *Savana estépica gramíneo-lenhosa* (Sartori 2012). Segundo Prado *et al.* (1993) a vegetação compõe-se de distintas formações monodominantes: *Schinopsis* (Anacardiaceae), palmeira *Copernicia alba* Morong (Arecaceae). Estrato arbóreo/arbustivo: *Aspidosperma quebracho-blanco* Schltl. (Apocynaceae), *Aspidosperma pyrifolium* Mart. (Apocynaceae), *Prosopis* e *Vachellia* (Fabaceae Mim.), e *Ziziphus mistol* (Rhamnaceae). Bem como as espécies de estudo (Fig. 2).

No Brasil, cerca de 10% da vegetação chaquenha estão representados em remanescentes florestais encontrados no setor úmido, onde as plantas são submetidas ao alagamento sazonal, devido às características do microrelevo, do solo e da proximidade com o Pantanal (Silva & Abdon 1998, Pennington *et al.* 2000).

Trabalhos desenvolvidos para o Chaco brasileiro nos últimos dez anos tem se destinado a levantamentos florísticos, podendo ser citados os trabalhos de Nunes (2006), Silva (2008), Noguchi *et al.* (2009), Alves & Sartori (2009), Padilha (2011), Sartori (2012) como os mais relevantes. Em virtude da ocorrência de espécies endêmicas identificadas para o ambiente do Chaco brasileiro e devido ao seu papel na composição florística desse ambiente, propomos a realização deste trabalho cujo o objetivo é verificar a densidade de madeira, o padrão fenológico e anatômico das espécies do Chaco brasileiro.

Densidade da Madeira

A densidade da madeira vem sendo interpretada como um importante preditor das propriedades mecânicas da madeira. É definida como a razão entre o valor da massa por unidade de volume (Batista *et al.* 2010) e constitui-se em uma importante propriedade física que pode ser utilizada na caracterização e diferenciação morfofisiológica e anatômica das espécies que ocorrem em diferentes ambientes (Foelkel *et al.* 1971).

A densidade é um parâmetro fundamental de estudo da anatomia do lenho, pois é afetada por diferentes fatores como a estrutura anatômica, composição dos tecidos, dimensão das células e espessura da parede celular (Silva 2006). Madeiras de alta densidade apresentam maior resistência mecânica de suporte ao lenho garantindo maior resistência à ruptura dos vasos do xilema com o envelhecimento do lenho (Marcati *et al.* 2001, Hacke *et al.* 2001, Chave *et al.* 2009), ou seja, com aumento da densidade da madeira a planta torna-se mais resistente à queda e diminui a mortalidade frente aos fatores climáticos (Chave *et al.* 2009). Verificamos assim que a densidade da madeira desempenha um importante papel na distribuição das espécies nos ecossistemas, pois, fornece um conjunto de informações sobre as condições do lenho permitindo compreender estratégias ecológicas das plantas em ambientes secos.

Hacke *et al.* (2001) investigaram a relação entre a densidade da madeira e características do xilema secundário em 48 espécies de clima temperado no sul da Califórnia na América do Norte e revelaram que a estrutura de madeira e a densidade também estiveram ligadas ao suporte contra implosão do vaso pela forte pressão negativa exercida no xilema. Rodriguez *et al.* (2016) investigaram a relação entre a densidade da madeira e morfologia das fibras de 37 espécies no norte do México sob clima semiárido. Os autores revelaram que espécies com alta densidade de madeira exibem características anatômicas das fibras como paredes de fibras grossas e lúmen estreito, enquanto em espécies com baixa densidade exibiram características como fibras de parede celular

Relação entre Densidade da Madeira, Fenologia e Características do Lenho em algumas espécies do Chaco brasileiro

fina e lúmen mais amplo. Oliveira *et al.* (2012) investigando a densidade da madeira em espécies arbóreas em diferentes fitofisionomias como Florestas Ombrófilas, Florestas Semidecíduas, Cerradão, Cerradão típico (*sensu strictu*) e Floresta Decídua no estado de Minas Gerais demonstraram que a alta densidade das madeiras analisadas esteve relacionada com a variação da composição florística e com fatores abióticos desfavoráveis à atividade fisiológica do câmbio tendo resultando em um padrão crescente de espécies com alta densidade de madeira as ambientes sazonais.

Um estudo realizado por Sonsin *et al.* (2012) sobre a relação entre a anatomia do lenho em 11 espécies ocorrentes em diferentes ambientes de Cerrado (Cerrado *stricto sensu* e Floresta de galeria) apontou características do xilema secundário - vasos mais largos, pontuações intervesselares maiores e placas de perfuração simples - como indicativo de ocorrência em ambiente úmido. Deste modo os autores reforçam que em ambiente com boa distribuição hídrica, as características citadas acima permitem a planta investir em um sistema eficiente na condução de água. Em contrapartida espécies de ambiente xéricos, exibem um sistema eficiente de condução com (maior frequência de vasos por mm^2 , vasos menores com paredes mais espessas) que garantam a não implosão dos vasos refletindo em uma estratégia de segurança ao estresse causado pela sazonalidade climática do ambiente.

Fenologia em florestas tropicais

O padrão fenológico em florestas tropicais sazonais exibe grande diversidade quanto às estratégias fenológicas vegetativas e reprodutivas. Assim, fatores abióticos exógenos como a temperatura, precipitação, umidade e fotoperíodo e, secundariamente, agentes bióticos exógenos como polinizadores, herbívoros, pilhadores e dispersores são os principais preditores relacionados aos eventos fenológicos nestes ambientes (Bach 2002).

Em florestas tropicais sujeitas a estresse hídrico sazonal, a água é considerada o fator ambiental mais importante para o crescimento das plantas lenhosas, de modo que este estresse pode influenciar os eventos fenológicos (Bullock & Solís-Magallanes 1990, Machado *et al.* 1997, Bach

2002). Lima & Rodal (2010) em vegetação sazonal tropical seca, investigou a relação entre a fenologia e a densidade de madeira de espécies desta vegetação e verificou a existência de três grupos de espécies: (1) espécies decíduas com alta densidade de madeira, cujos eventos fenológicos mostram correlação com precipitação; (2) espécies decíduas com baixa densidade de madeira, cujos eventos fenológicos mostram “independência” e (3) espécies perenes (sempre-verdes) com alta densidade de madeira, cuja fenologia não apresentou correlação direta com a precipitação.

Barbosa *et al.* (1989) estudaram o comportamento fenológico de 10 espécies arbóreas na Caatinga e conseguiram apontar a existência de dois grupos: 1) perenifólias (sempre-verdes), com substituição de folhas apenas no início para o fim da estação seca e floração apenas no período chuvoso e 2) decíduas, com perda de folhas no fim da estação seca e dois picos de floração e brotamento de imediato (duas fenofases simultâneas).

Alguns estudos sugerem, no entanto, que a fenologia de algumas espécies de florestas secas não é determinada simplesmente pela precipitação, mas pela disponibilidade de água para as plantas (Borchert 1994, Borchert *et al.* 2004, Lima & Rodal 2010, Lima *et al.* 2012). Esses autores sugerem que fatores bióticos endógenos, como plantas com raízes profundas e/ou com caule e tecidos radiculares capazes de armazenar água, geralmente apresentam padrões fenológicos independentes da pluviosidade e, nestes casos outros fatores climáticos como o fotoperíodo, atuariam como gatilhos na produção de folhas e flores.

Borchert (1994) mostrou, em estudo realizado com 38 espécies arbóreas em florestas tropicais secas da Costa Rica de diferentes gradientes atitudinais, que a densidade da madeira variou com a disponibilidade de água subterrânea e com diversos fatores bióticos, tais como a estrutura foliar, tempo de vida e de remoção das folhas, capacidade de armazenamento de água do caule, bem como profundidade e densidade do sistema radicular. O mesmo autor demonstrou que plantas com madeira de baixa densidade são capazes de armazenar grandes quantidades de água e podem exibir brotamento foliar, floração e/ou frutificação durante a estação seca, e perderão as folhas antes de espécies com

madeira de alta densidade, que apresentarão tais fenofases quando houver disponibilidade de água subterrânea, além de atrasarem a queda foliar.

Um estudo realizado por Lenza & Klink (2006) em vegetação de cerrado mostrou que a disponibilidade hídrica não é principal fator responsável pela produção de folhas e reprodução em espécies lenhosas: as fenofases de brotamento de novas folhas e floração concentraram no fim da estação seca. Segundo os autores fatores endógenos, como longevidade foliar e balanço hídrico, além de fatores exógenos, como demanda evaporativa e irradiação parecem estar mais bem relacionados aos padrões fenológicos.

Neves *et al.* (2010), na Caatinga, descreveram comportamento independente de precipitação para as três espécies do gênero *Jatropha* L. (Euphorbiaceae). As espécies apresentaram alta capacidade de armazenamento de água e mantiveram seus eventos fenológicos vegetativos e reprodutivos, contínuos mesmo na ausência de precipitação.

No Chaco brasileiro as espécies vegetais estão sujeitas a flutuações sazonais na disponibilidade hídrica que condiciona a aquisição dos nutrientes minerais. Além disso, as plantas também estão expostas à salinidade do solo e a temperaturas extremas - altas no período do verão, e baixas no inverno, quando podem ocorrer geadas. Dessa forma, consideramos que a vegetação chaqueira poderia proporcionar um modelo interessante para estudo das relações entre fenologia e densidade da madeira, e atributos anatômicos do lenho. Nesta dissertação foram desenvolvidos dois estudos com 11 espécies lenhosas (Figura 1), seis (6) arbóreas, quatro (4) arbustivas e uma trepadeira lenhosa encontradas no Chaco brasileiro (Savana estépica arbórea) associando-se as características fenológicas e anatômicas da madeira à densidade do caule. Os resultados serão apresentados em forma de dois artigos científicos.

Relação entre Densidade da Madeira, Fenologia e Características do Lenho em algumas espécies do Chaco brasileiro

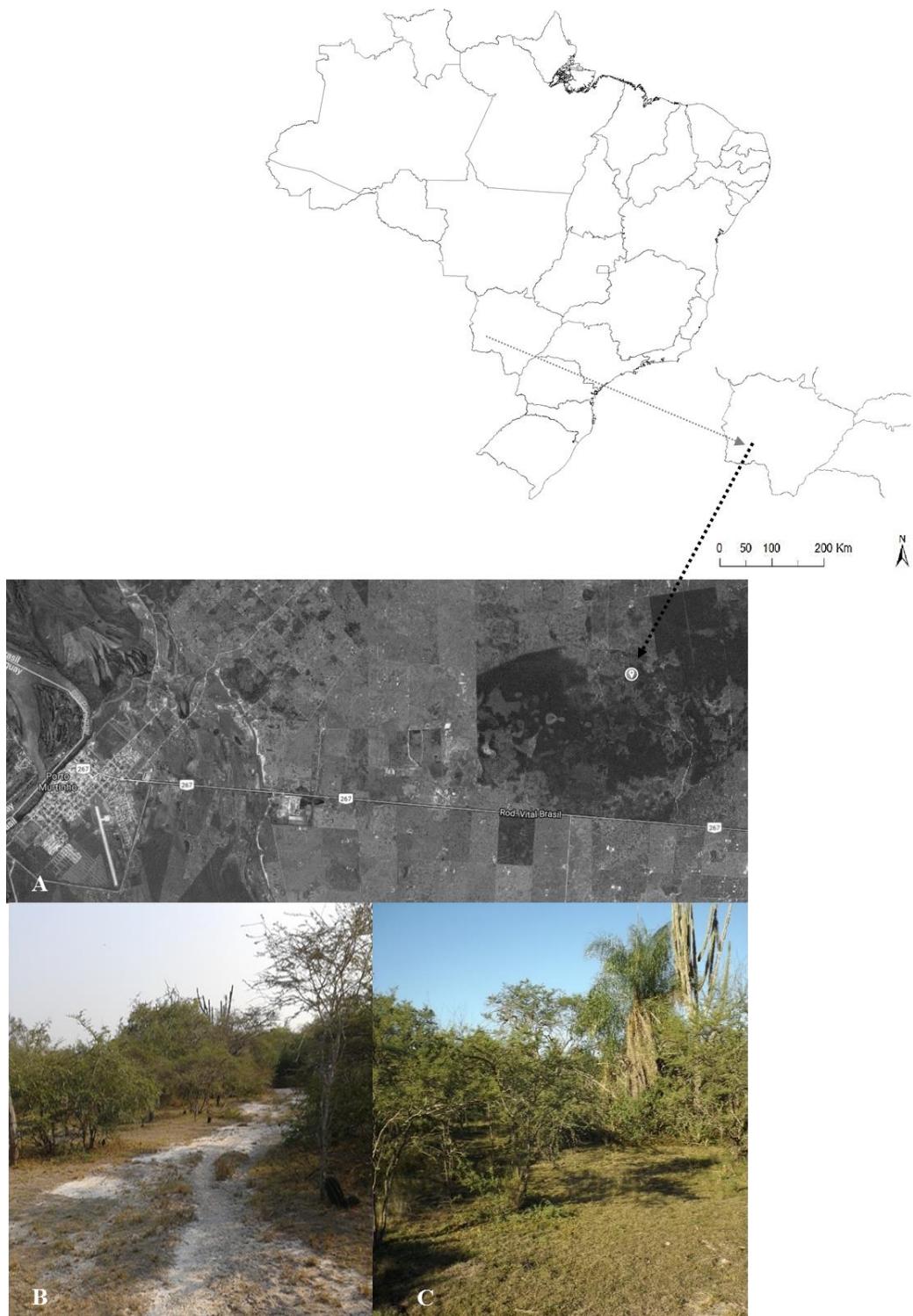


Figura 1 Localização e características da área de estudo. (A) mapa copilado Software DIVA-GIS.

Imagen satélite Google Earth (2017) localização geográfica do Chaco brasileiro a sudoeste do estado de Mato Grosso do Sul (fonte: Diva gis) e (B-C). Fotografias da área de estudo, mostrando avegetação durante o período seco e chuvoso. Fazenda Retiro Conceição evidenciando a características da Porto Murtinho-MS- Brasil. Fotografias: Freitas, G. P.

Figura 2. Ilustrações das espécies estudadas no Chaco. A) *Aspidosperma quebracho-blanco* Schltdl. (Apocynaceae), B) *Fridericia* sp. (Bignoniaceae), C) *Capparis retusa* Griseb. (Capparaceae), D) *Castela coccinea* Griseb. (Simaroubaceae), E) *Jatropha ribifolia* (Pohl) Baill (Euphorbiaceae), F) *Bauhinia hagenbeckii* Harms (Fabaceae), G). *Mimosa sensibilis* var. *urucumensis* Barneby (Fabaceae), H). *Mimosa hexandra* Micheli (Fabaceae), I) *Parkinsonia praecox* (Ruiz & Pavon ex. Hook.) J. Hawkins (Fabaceae), J) *Prosopis rubriflora* Hassl. (Fabaceae) e K) *Ziziphus mistol* Griseb. (Rhamnaceae). Fotografias: Freitas, G. P.

HIPÓTESE E QUESTÕES DO ESTUDO:

No primeiro artigo investigamos se a fenologia das espécies mostra correlação com a densidade da madeira, considerando a premissa de Borchert (1994), segundo o qual, em espécies de menor densidade de madeira as fenofases seriam independentes do período chuvoso, ocorrendo o contrário com as espécies de alta densidade. Portanto, espécies lenhosas de alta densidade podem apresentar produção de folhas, floração e frutificação apenas quando há alta disponibilidade de água no solo, ou seja, apenas no período chuvoso. Por outro lado, espécies lenhosas de baixa densidade podem apresentar as mesmas fenofases nas estações seca e chuvosa por utilizarem água armazenada no interior do caule.

Para investigar a nossa hipótese elaboramos algumas perguntas que buscamos responder com o desenvolvimento do estudo: 1) Qual é o padrão fenológico de espécies lenhosas do Chaco brasileiro? 2) Qual a densidade da madeira dessas espécies? 3) Há correlação entre densidade da madeira e fenologia das espécies lenhosas do Chaco?

No segundo artigo investigamos se: 1) espécies lenhosas de alta densidade apresentam maiores proporções de tecido lignificado, 2) espécies com baixa densidade apresentam menor proporção de tecido não lignificado e armazenamento de água. Para investigar a nossa hipótese elaboramos as seguintes perguntas: 1) Quais caracteres morfoanatômicos do lenho estão mais relacionados com a alta densidade da madeira? 2) Quais tecidos estão relacionados com o armazenamento de água no caule?

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adámoli, J. 2000. Bases para uma política comum de conservação das terras úmidas do Pantanal e do Chaco. In *Anais do III Simpósio sobre Recursos Naturais e Socio-econômicos do Pantanal*. Embrapa Pantanal, Corumbá, p.15.
- Alvares, C.A., Stape, J.L., Sentelhas, P.C., Gonçalves, J.L.M.; Sparovek, G. Köppen's. 2013. climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, n. 6, p. 711-728.
- Alves, F.M. & Sartori A.L.B. 2009. Caesalpinoideae (Leguminosae) de um remanescente de Chaco em Porto Murtinho, Mato Grosso do Sul, Brasil. *Rodriguesia* 60: 531-550.
- Bach C.S. 2002. Phenological patterns in monsoon rainforests in the Northern Territory, Australia. *Austral Ecology* 27, 477–489.
- Barbosa D.C.A., Alves J.L.H., Prazeres S.M., Paiva A.M.A. 1989. Dados fenológicos de 10 espécies arbóreas de uma área de caatinga (Alagoa - PE). *Acta, Botanica Brasilica*, 3, 109-117.
- Batista D. C., Klitzke R. J., Santos C. V. T. 2010. Densidade básica e retratibilidade da madeira de clones de três espécies de *Eucalyptus*. *Ciência Florestal*, v. 20, n. 4, p. 665-674.
- Borchert R. 1994. Soil and stem water storage determine phenology and distribution of tropical dry forest trees. In *Ecology*, 75, 1437-1449.
- Borchert R., Meyer S.A., Felger R.S., Porter-Bolland L. 2004. Environmental control of flowering periodicity in Costa Rican and Mexican tropical dry forests. *Global Ecology and Biogeography*, 13, 409–425.
- Borchert R., Rivera G., Hagnauer W. 2002. Modification of Vegetative Phenology in a Tropical Semi-deciduousForest by Abnormal Drought and Rain, *Biotropica*, 27-39.
- Bullock S.H., Solis-Magallanes J.A. 1990. Phenology of canopy trees of a tropical deciduous forest in Mexico. *Biotropica*, 22, 22-35.
- Chave, J.; Coomes, D.; Jansen, S.; Lewis, S.L.; Swenson, N.G. & Zanne, A.E. 2009. Towards a wordwilde wood economics spectrum. *Ecology Letters* 12:351-366.
- Foelkel C.E.B., Brasil M.A.M., Barrichelo L.E.G. 1971. Métodos para determinação da Densidade Básica de cavacos para Coníferas e Folhosas. IPEF n.2/3, p.65-74.
- Hacke, U.G., Sperry, J.S., Pockman, W.T., Davis, S.D. & McCulloh, K.A. 2001. Trends in wood density and structure are linked to prevention of xylem implosion by negative pressure. *Oecologia* 126(4):457-461
- IBGE.2012. Manual Técnico da Vegetação Brasileira. Série Manuais Técnicos em Geociências 1, 2^a edição revista e ampliada. IBGE, Rio de Janeiro.
- Lenza, E. & Klink, C.A. 2006. Comportamento fenológico de espécies lenhosas em um cerrado sentido restrito de Brasília, DF. *Revista Brasileira de Botânica* 29(4): 627-638.

Relação entre Densidade da Madeira, Fenologia e Características do Lenho em algumas espécies do Chaco brasileiro

- Lima A.L.A., Rodal M.J.N. 2010. Phenology and wood density of plants growing in the semi-arid region of northeastern Brazil. In. *Journal of Arid Environments*, 74, 1363- 1373.
- Lima A.L.A., Sampaio E.V.S.B., Castro C.C., Rodal M.J.N.; Antonino A.C.D., Melo A.L. 2012. Do the phenology and functional stem attributes of woody species allow for the identification of functional groups in the semiarid region of Brazil? *Trees*, 26:1605.
- Machado I.C.S., Barros L.M., Sampaio V.S.B. 1997. Phenology of Caatinga species at Serra Talhada, PE, northeastern Brasil. In. *Biotropica*, 29, 57-68.
- Marcati, C.R., Angyalossy-Alfonso, V. & Benetati., L. 2001. Anatomia comparada do lenho de *Copaifera langsdorffii* Desf. (Leguminosae-Caesalpinoideae) de floresta e cerradão. *Braz. J. Bot.* 24(3):311-320.
- Neves E.L. das, Funch L.S., Viana B. F. 2010. Phenological behavior of three species of *Jatropha* (Euphorbiaceae) in the semi-arid Caatinga region of Brazil. *Brazilian Journal of Botany*, v. 33, n. 1, 155-166.
- Noguchi, D.K., Nunes, G.P. & Sartori, A.L.B. 2009. Florística e síndromes de dispersão de espécies arbóreas em remanescentes de Chaco de Porto Murtinho, Mato Grosso do Sul, Brasil. *Rodriguesia* 60: 353-365.
- Nunes, G.P. 2006. Estudo florístico de formações chaquenhas brasileiras e caracterização estrutural de um remanescente de Chaco de Porto Murtinho, MS, Brasil. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Conservação). Campo Grande: Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. 76.
- Oliveira, G.M.V, Mello, J.M, Trugilho, P.F, Scolforo, J.R.S, Altoé, T.F, Silva-Neto, A.J, & Oliveira, A.D. 2012. Efeito do ambiente sobre a densidade da madeira em diferentes fitofisionomias do estado de Minas Gerais. *Cerne* 18: 345-52.
- Padilha D. R. C. 2011. Fitossociologia e Estimativas da Biomassa Aérea e de Carbono em Chaco Florestado no Brasil. Dissertação de Mestrado apresentando no programa de pós-graduação em Biologia Vegetal/UFMS. p. 96
- Pennington R.T., Prado D.E., Pendry, C.A. 2000. Neotropical Seasonally dry forests and Quaternary vegetation changes. *Journal of Biogeography*, 27, 261-273.
- Prado, D.E. 1993. What is the Gran Chaco vegetation in South America? A review. Contribution to the study of flora and vegetation of the Chaco. *V. Candollea* 48(1):145-172.
- Rodriguez, H.G. Ratikanta M.I, Aruna K, . Sarkar, N. C. 2016 Variability in Wood Density and Wood Fibre Characterization of Woody Species and Their Possible Utility in Northeastern Mexico. *American Journal of Plant Sciences*, 2016, 7, 1139-1150
- Sartori A.L.B. 2012 The Brazilian Chaco, *Glalia*, 4 (1): 11-18.
- Silva, G.M. 2008. O gênero *Bauhinia* l. (Caesalpinoideae - leguminosae) no estado de Mato Grosso do Sul, Brasil. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal UFMS.

Relação entre Densidade da Madeira, Fenologia e Características do Lenho em algumas espécies do Chaco brasileiro

Silva, J. S. V. & Abdon, M. M. 1998. Delimitação do Pantanal brasileiro e suas subregiões. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 33, n. Especial, p. 1703-1711.

Silva, L. B. 2006. Variação na estrutura da madeira de quatro espécies da caatinga nordestina e seu potencial para o desenvolvimento sustentável. Tese de Doutorado. Feira de Santana - Bahia.

Sonsin, J.O., Gasson, P.E. Barros, C.F., & Marcati, C.R. 2012. A comparison of the wood anatomy of 11 species, from two cerrado habitats (cerrado s.s. and adjacent gallery forest). Botanical Journal of the Linnean Society, 170: 257-276.

ARTIGO 1: A densidade da madeira afeta a fenologia de espécies lenhosas do Chaco brasileiro?

Geisiely Pedrosa de Freitas¹, Maria Rosângela Sigrist², Wesley da Silva Covre¹, Luan Marcell Mitsuo Arakaki¹, Augusto Cesar de Aquino Ribas³, Rosani do Carmo de Oliveira Arruda^{*,4}

¹Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Instituto de Biociências, Laboratório de Botânica, Campo Grande, Brasil

² Instituto de Biociências, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Laboratório de Polinização, Reprodução e Fenologia de Plantas, Campo Grande, Brasil

³Faculdade de Computação, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, Brasil

⁴Instituto de Biociências, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Laboratório de Anatomia Vegetal, Campo Grande, Brasil

*** Correspondência: R. C. O. Arruda⁴ Endereço: Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, INBIO, Laboratório de Anatomia Vegetal, Cidade Universitária, CEP: 79070-900, Caixa-postal 549, Campo Grande, Brasil. 67 3345 7759, E-mail: rosaniarruda@gmail.com**

RESUMO

A fenologia estuda os eventos biológicos repetitivos que ocorrem durante o ciclo de vida das plantas. A densidade da madeira tem sido proposta como inversamente proporcional à capacidade de armazenamento de água no caule, assim, plantas com alta densidade de madeira exibem baixa capacidade e armazenamento de água no caule. Madeiras de baixa densidade, por outro lado, são capazes de armazenar grandes quantidades de água e podem exibir padrões fenológicos independentes de precipitação. Aqui investigamos a fenologia e a densidade da madeira de onze espécies lenhosas da vegetação chaqueira brasileira. Foi possível observar três grupos de espécies que apresentaram características fenológicas e densidade de madeira diferentes entre os grupos: sempre verdes de alta densidade com floração precoce, brevidecíduas com alta e baixa densidade, e floração tardia; e semidecíduas de baixa densidade com floração contínua. Nossos resultados sugerem que, as espécies investigadas, perdem parte das folhas predominantemente no período seco, investindo em mecanismos relacionados às características de sua madeira, seja pelo aumento da densidade (maior proporção de paredes celulares lignificadas) ou pelo desenvolvimento de tecidos de reserva de água.

Palavras-chave: deciduidade, déficit hídrico, fenofase reprodutiva, fenofase vegetativa, Savana Estépica Arbórea,

ABSTRACT

Phenology studies the repetitive biological events that occur during the life cycle of plants. The wood density has been proposed as inversely proportional to the water storage capacity in the stem, thus, plants with high wood density exhibit low capacity and water storage in the stem. Low-density woods, on the other hand, are capable of storing large amounts of water and may exhibit independent phenological precipitation patterns. Here we investigate the phenology and density of the wood of eleven woody species of the Brazilian chaquenha vegetation. It was possible to observe three groups of species that presented phenological characteristics and different wood density between the groups: always high density green with early flowering, low and high density brevid deciduous, and late blooming; and low density semideciduous plants with continuous flowering. Our results suggest that the species investigated lose part of the leaves predominantly in the dry period, investing in mechanisms related to the characteristics of their wood, either by increasing the density (greater proportion of lignified cell walls) or by the development of water reserve tissues.

Key words: deciduousness, water deficit, reproductive phenophasis, vegetative phenophase, arboreal Savannah,

INTRODUÇÃO

Nas espécies vegetais a fenologia estuda a produção de folhas, flores e frutos, bem como a queda foliar e brotamento, eventos biológicos repetitivos que ocorrem durante o ciclo de vida das plantas e cuja ocorrência tem relação com fatores bióticos e abióticos (Rathcke & Lacey 1985; Lima *et al.* 2012).

Pilon *et al.* (2015) em um estudo realizado com 111 espécies em floresta sazonal (Cerrado) observaram o comportamento perenifólio em mais de 50% da vegetação estudada; mais 20% das espécies decíduas presentaram padrão sazonal de queda foliar, coincidindo com período mais seco e aparentemente respondendo as condições climáticas locais. Entre os diferentes fatores que condicionam os padrões fenológicos das espécies vegetais, a sazonalidade climática, provavelmente, seja o mais importante. Em ambientes tropicais onde a sazonalidade na precipitação é pronunciada, a época seca comumente determina a fenologia, limitando o crescimento e reprodução das plantas neste período (Marques & Oliveira 2004).

Segundo Borchert *et al.* (2002) as espécies arbóreas evoluíram sob diferentes condições climáticas, portanto, devem apresentar dependência da chuva para realização de suas fenofases (Bullock & Solís-Magallanes 1990, Machado *et al.* 1997, Bach 2002). Por outro lado, algumas pesquisas apontaram que os padrões fenológicos independentes de precipitação são observados em plantas que crescem sob estresse hídrico (Murphy & Lugo 1986, Borchert 1994, Borchert *et al.* 2002).

Nas florestas tropicais secas sujeitas a estresse hídrico sazonal, a água é considerada o componente ambiental mais importante para o crescimento das plantas lenhosas, de modo que a disponibilidade ou falta desse recurso pode determinar os eventos fenológicos das plantas nestas florestas (Borchert 1994). Para a maioria das espécies em florestas sazonalmente secas dos trópicos, estes eventos ocorrem na estação chuvosa, pois o desenvolvimento das estruturas vegetativas e reprodutivas depende da disponibilidade de água (Lima *et al.* 2012).

Lima *et al.* (2012) investigaram a relação entre a fenologia, densidade da madeira e o potencial de armazenamento de água no caule para espécies arbóreas no semiárido nordestino e revelaram a existência de três grupos funcionais: espécies sempre verdes, de alta densidade e decíduas de alta e baixa densidade de madeira. As espécies decíduas de baixa densidade, exibiram uma maior porcentagem de armazenamento de água no caule em mais (250% do peso seco); em oposição nas espécies decíduas de maior densidade, o brotamento de novas folhas, floração e frutificação estavam relacionadas com a precipitação, e em espécies decíduas de menor densidade suas fenofases foram iniciadas no fim da estação seca.

O Chaco constitui a maior vegetação aberta da América do Sul, se localiza no norte da Argentina, oeste do Paraguai, sudeste da Bolívia e extremo oeste de Mato Grosso do Sul, Brasil (Prado 1993). O clima do Chaco é do tipo Af (Alvares *et al.* 2013), caracterizado por forte sazonalidade, com verão quente (temperaturas máximas de até 49°C) e inverno seco e frio, com geadas. A pluviosidade diminui de 1000 mm/ano a leste a menos de 550 mm/ano a oeste, com uma estação seca no inverno e primavera e uma estação chuvosa no verão (Pennington *et al.* 2000). Os solos na região chaqueña são derivados do acúmulo maciço de fino sedimento eólico e aluvial no Quaternário, com ausência de rochas resultando em um solo compacto que impede a drenagem. Desta forma, a vegetação do Chaco está sujeita a solo com baixa umidade, com alagamentos temporários (Pennington *et al.* 2000). No Brasil, o Chaco sentido restrito é úmido e está representado somente na borda oeste de Mato Grosso do Sul, em Porto Murtinho (Prado *et al.* 1993).

A vegetação predominante é composta por florestas abertas que possuem principalmente espécies arbustivas, espinoscentes, com caducifólia e microfilia, geralmente, associada a solos salinos com agrupamentos densos de componentes herbáceos, em especial gramíneas, selaginelas, bromélias e cactos (Werneck 2011). Dados sobre fenologia da flora lenhosa chaqueña são restritos a poucos estudos (Freitas *et al.* 2013, Carvalho & Sartori 2014).

Em um estudo sobre a vegetação de Chaco seco na Argentina realizado com 14 espécies lenhosas, sete foram classificadas como decíduas (6 spp.) ou semidecíduas, com floração ocorrendo simultaneamente, ou antes, do brotamento foliar, e (1 sp. cada) e correlacionada positivamente com a precipitação e a radiação solar (Marco & Páez 2002).

No Brasil, em vegetação de Chaco úmido, um estudo evidenciou que a floração e frutificação de comunidade lenhosa formada por 63 espécies não mostraram correlação com pluviosidade, temperatura e fotoperíodo (Carvalho & Sartori 2014). Estes resultados mostram que o Chaco brasileiro, pode ser considerado um ambiente semiárido devido as suas características abióticas serem semelhantes aos ambientes florestais tropicais.

Aqui investigamos a fenologia e a densidade da madeira de onze espécies lenhosas (arbóreas e não arbóreas) de vegetação chaquenha brasileira (Savana Estépica Arbórea) a fim de verificar (i) o grau de deciduidade, e as fenofases de brotamento e queda foliar, floração e frutificação das espécies estudadas, (ii) se nas espécies estudadas as fenofases vegetativas e reprodutivas se correlacionam com fatores abióticos (temperatura, precipitação e fotoperíodo), (iii) se as espécies com alta densidade da madeira apresentam deciduidade, padrão de brotamento, queda, floração e frutificação distinto das com baixa densidade.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

O estudo foi conduzido em remanescente de Chaco na Fazenda Retiro Conceição, Porto Murtinho - Mato Grosso do Sul, Brasil (21°42'04"S, 57°53'06"W), situada a 90m de altitude em relação ao nível do mar e localizada a aproximadamente 15 km do perímetro urbano. Nesta área a vegetação é classificada como Savana Estépica Arbórea, que se caracteriza por apresentar estrato arbóreo-arbustivo com dossel de 2 a 4 metros de altura, entremeado por estrato herbáceo (Alves & Sartori 2009). Na região de Porto Murtinho/MS a estação chuvosa ocorre de novembro a fevereiro

Relação entre Densidade da Madeira, Fenologia e Características do Lenho em algumas espécies do Chaco brasileiro

(pluviosidade ≥ 100 mm) e a seca de junho a setembro, quando há déficit hídrico. Estação transicional ocorre nos meses de março, maio e outubro quando não há déficit hídrico e a pluviosidade não atinge 100 mm (Freitas *et al.* 2013). Durante o estudo fenológico (outubro/2009 a setembro/2011) a precipitação variou entre os anos, especialmente na estação chuvosa, com valores muito baixos em janeiro/2010 e fevereiro/2011 (Fig. 1).

Espécies estudadas

Tabela 1 Espécies lenhosas utilizadas no presente encontradas em um remanescente de Chaco úmido (savana estépica arbórea), para a região de Porto Murtinho, MS para o estudo da relação entre padrão fenológico e densidade da madeira. Hábito: Ab = arbustivo, Av = arbóreo, Li = lianescente.

Família	Espécie	Hábito	Nº de coletor
Apocynaceae	<i>Aspidosperma quebracho-blanco</i> Schltdl.	Av	G.P.Freitas 115
Bignoniaceae	<i>Fridericia</i> sp.	Li	G.P.Freitas 116
Capparaceae	<i>Capparis retusa</i> Griseb.	Av	G.P.Freitas 117
Euphorbiaceae	<i>Jatropha ribifolia</i> (Pohl) Baill.	Ab	G.P.Freitas 118
Fabaceae	<i>Parkinsonia praecox</i> (Ruiz & Pavon ex. Hook.) J. Hawkins	Av	G.P.Freitas 119
Fabaceae	<i>Prosopis rubriflora</i> Hassl.	Av	G.P.Freitas 120
Fabaceae	<i>Mimosa hexandra</i> Micheli	Av	G.P.Freitas 121
Fabaceae	<i>Mimosa sensibilis</i> var. <i>urucumensis</i>	Ab	G.P.Freitas 122
Fabaceae	<i>Bauhinia hagenbeckii</i> Harms	Ab	G.P.Freitas 123
Rhamnaceae	<i>Ziziphus mistol</i> Griseb.	Ab	G.P.Freitas 124
Simaroubaceae	<i>Castela coccinea</i> Griseb.	Av	G.P.Freitas 125

Fenologia

Os dados fenológicos foram coletados mensalmente de outubro/2009 a setembro/2011 (24 meses) em 9 a 20 plantas marcadas por espécie e ocorrentes ao longo de cinco parcelas de 600m², totalizando 145 indivíduos. A intensidade do brotamento e queda foliar foram verificadas a partir da metodologia proposta por Fournier (1974), que utiliza escala semi-quantitativa de zero a quatro, com intervalo de 25% de confiança, a saber: 0 = ausência da fenofase; 1= presença da fenofase com magnitude entre 1% e 25 %; 2= entre 26% e 50%; 3 = entre 51% e 75%; 4 = entre 76% e 100%. Fórmula de Fournier: $[(\Sigma \text{ Fournier}).(4N)-1]100$. A floração e a frutificação foram quantificadas através de contagem e/ou estimativa do número de botões e/ou flores e frutos imaturos/maduros, respectivamente. A partir destes dados foram calculados o índice de intensidade de Fournier (1974) e o índice de intensidade do número médio de botões/flores produzidos a cada mês, dividido pelo número de indivíduos amostrados (senso Bencke & Morellato 2002) para as fenofases vegetativas e reprodutivas, respectivamente. O índice de Fournier obtido na queda foliar foi utilizado para calcular o percentual de intensidade de cobertura de copa.

Para as fenofases vegetativas e reprodutivas foram calculados o ângulo médio (ou vetor médio - μ), o desvio padrão do vetor médio, o comprimento do vetor médio (r) e o teste de Rayleigh (Z e p) usando estatística circular pelo programa Oriana 2.0 (Kovach 2004). O ângulo médio representa a data média de atividade fenológica e r o grau de sincronia ou sazonalidade (senso Morellato *et al.* 2010) da fenofase para cada espécie. Valores de r acima de 0,5 e/ou p significativo indicam agregação (sazonalidade). Teste de Rayleigh (Z) foi aplicado para determinar se a fenofase apresenta distribuição uniforme ao longo do ano (Zar 2010).

O grau de deciduidade das espécies foi determinado com base nos percentuais de intensidade de cobertura da copa em sempre-verde (cobertura foliar média da copa acima de 70% durante o ano todo), brevidecídua (níveis de cobertura acima de 50%), semidecíduas (entre 15-50% na estação seca) ou totalmente decídua (inferior a 15% na estação seca). (modificado de Williams *et al.* 1997). Quanto

Relação entre Densidade da Madeira, Fenologia e Características do Lenho em algumas espécies do Chaco brasileiro

a duração, a floração e frutificação das espécies foram classificadas em intermediária (1-5 meses), estendida (> 5 meses) e contínua (ano todo, podendo ocorrer breves interrupções) (senso Newstrom *et al.* 1994). Quanto ao período de ocorrência, a floração das espécies foi categorizada em contínua (todo ou quase todo o período), precoce (início e/ou na estação chuvosa) e tardia (na estação seca) (modificado de Sarmiento & Monasterio 1983).

Os dados climáticos foram extraídos durante o período de estudo (outubro / 2009 a setembro / 2011). Do Centro de Monitoramento do Tempo, Clima e Recursos Hídricos de MS (CEMTEC/Agraer). O fotoperíodo foi calculado por meio do calculador online (Lammi 2000).

Densidade da madeira e capacidade de armazenamento de água

A densidade foi estimada em amostras coletadas de três indivíduos adultos, com diâmetro a altura do peito de $\geq 1,30$ cm, dos quais foram preparados doze corpos-de-prova padronizados com dimensões finais de $2 \times 2 \times 5$ cm³. A densidade da madeira foi obtida pela fórmula: (Densidade da madeira = Massa seca/volume (g/cm³)). O volume das amostras foi determinado pelas dimensões finas geométricas após 72 horas de saturação em água destilada, e pesadas para determinação da massa saturada (Massa saturada). O peso seco (g) foi obtido após secagem das amostras a 105°C em estufa até peso constante (Massa seca) (ABNT/NBR 7190 1997).

A quantidade de água saturada da madeira, representa a quantidade de água potencial suportada pela madeira e, consequentemente, é uma medida da capacidade de armazenamento de água, sendo calculada pela seguinte fórmula: Quantidade de água saturada % = 100 (Massa saturada – Massa seca)/Massa seca. Os dados de densidade básica e quantidade de água armazenada foram obtidos a partir da média dos valores encontrados para três indivíduos por espécie, sendo classificadas em baixa densidade ($< 0,55$ g/cm³) e alta densidade ($> 0,55$ g/cm³)(adaptado de Lima & Rodal 2010).

Análise de dados

Para classificar as densidades de madeira em alta e baixa, foi utilizado Teste de (r) Pearson para validação dos valores. Para avaliar se há correlação entre a densidade e as fenofases foi calculado o valor médio para o pico da chuva para dois anos de amostragem (outubro/2009 a setembro/2011), a partir do qual foi calculada a média circular para cada fenofase. Teste de (r) Pearson foi utilizado na análise de correlação entre as fenofases vegetativas e reprodutivas e a densidade da madeira, utilizando o pacote circular (Agostinelli & Lund 2013) para as estatísticas circulares. Bbmle (Bolker e R Development Core Team 2015) foi utilizado para o ajuste do valor de corte dos modelos classificando a densidade de madeira através do software R, (R Core Team 2015).

RESULTADOS

Deciduidade e densidade da madeira

A densidade da madeira diferiu significativamente entre as espécies, variando de 0.28 a 0.83 g/cm³ (Fig. 1). Dentre as espécies de alta densidade (ADM), quatro são sempre-verdes arbóreas (SV) - *Capparis retusa*, *Castela coccinea*, *Prosopis rubriflora* e *Ziziphus mistol*; três são brevidecíduas (BD) - *Mimosa hexandra* e *Parkinsonia praecox* (arbóreas) e *Mimosa sensibilis* (arbustiva). O maior valor de densidade foi encontrado em *Z. mistol* (Fig. 4 e 5) Dentre as de baixa densidade (BDM), duas são semidecíduas (SD), *Bauhinia hagenbeckii* e *Jatropha ribifolia* (arbustivas) e uma é brevidecídua - *Fridericia* sp. (liana, BD) (Fig. 6) As espécies semidecíduas registraram os menores valores de densidade e, portanto, os maiores valores de saturação de água (Tabela 2).

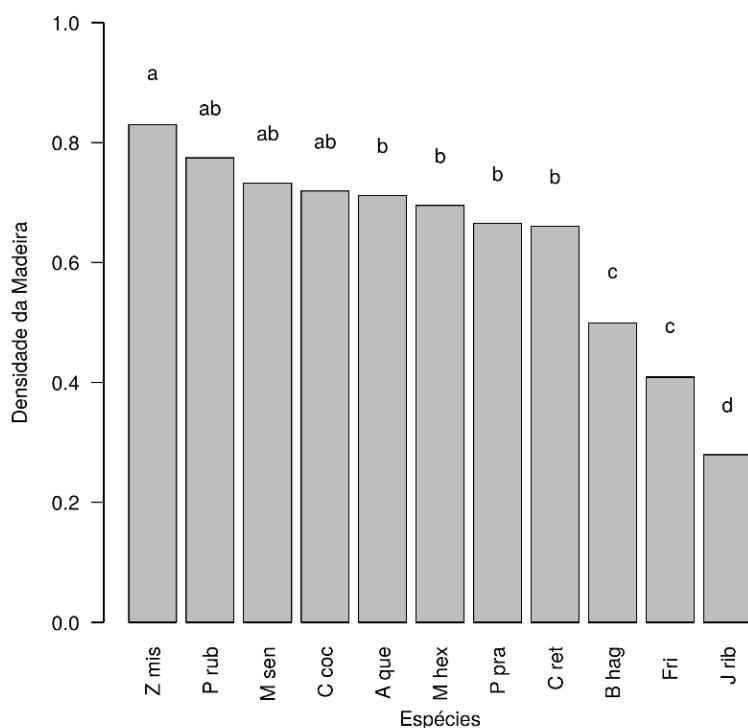


Figura 1 Variação da densidade da madeira em onze espécies lenhosas coletadas, em um remanescente de Chaco úmido (savana estépica arbórea), Porto Murtinho, MS. *Z mis* = *Ziziphus mistol*; *P rub* = *Prosopis rubriflora*; *M sem* = *Mimosa sensibilis*; *C coc* = *Castela coccinea*; *A que* = *Aspidosperma quebracho-blanco*; *M hex* = *Mimosa hexandra*; *P pra* = *Parkinsonia praecox*; *C*

Relação entre Densidade da Madeira, Fenologia e Características do Lenho em algumas espécies do Chaco brasileiro

ret = *Capparis retusa*; *B hag* = *Bauhinia hagenbeckii*; *Fri* = *Fridericia* e *J rib* = *Jatropha ribifolia*.

a, ab, c, d agrupamento representativo das diferentes densidades, onde a: alta densidade, ab-b: média densidade, c-d: baixa densidade.

Tabela 2. Síndrome de dispersão, hábito, densidade básica da madeira e quantidade de água armazenada no caule de onze espécies lenhosas, dados de Dezembro/2015, em um remanescente de Chaco úmido (savana estépica arbórea), para a região de Porto Murtinho, MS. Hábito (Hb.): Ab = arbusto, Av = arbóreo, Li = liana.

Espécie/Família	Síndrome de dispersão	Hábito	Densidade básica da madeira g/cm ³	Quantidade de água saturada (%)
Alta densidade				
<i>Aspidosperma quebracho-blanco</i>	ZOO	Av	0.71	67
<i>Capparis retusa</i>	ZOO	Av	0.66	76
<i>Castela coccinea</i>	ZOO	Av	0.71	68
<i>Parkinsonia praecox</i>	AUT	Av	0.66	81
<i>Prosopis rubriflora</i>	ZOO	Av	0.77	54
<i>Mimosa hexandra</i>	AUT	Av	0.69	71
<i>Mimosa sensibilis</i>	AUT	Ab	0.73	64
<i>Ziziphus mistol</i>	AUT	Ab	0.83	48
Baixa densidade				
<i>Bauhinia hagenbeckii</i>	ANE	Ab	0.49	89
<i>Jatropha ribifolia</i>	AUT	Ab	0.27	251
<i>Fridericia</i> sp.	ANE	Li	0.40	165

Fenologia e Densidade

Brotamento e queda foliar

As espécies investigadas registraram brotamento e queda foliar o ano todo, durante 12, e mais raramente, 11 meses (Tabela 3 e 4). Todas as espécies de alta e baixa densidade apresentaram datas

médias e pico de produção de folhas na estação chuvosa e/ou transicional para chuvosa. O padrão de brotamento bimodal, isto é, ocorrendo durante a estação seca e chuvosa, ocorreu na maioria das espécies SV todas de alta densidade (exceto *C. coccinea*) e em todas as BD de alta e baixa densidade. *Castela coccinea* e as espécies SD, todas de baixa densidade, apresentaram padrão regular (contínuo) (Tabela 3 e 4). A temperatura mostrou correlação positiva com o brotamento em *B. hagenbeckii* (BD, baixa densidade), *M. hexandra* (SD, alta densidade) e em *Prosopis rubriflora* (SV, alta densidade). Somente o brotamento de *Fridericia* sp. (SD), de baixa densidade, apresentou correlação positiva com a pluviosidade (Tabela 5).

Castela coccinea (SV) e *M. sensibilis* (BD) de alta densidade apresentaram padrão regular de queda foliar com datas médias na estação chuvosa (Tabela 3 e 4). O padrão de queda das demais espécies SV e de duas BD (*M. hexandra* e *P. praecox*) foi bimodal, com datas médias na estação chuvosa ou transicional (exceto *P. praecox*), porém, com picos de queda foliar principalmente no período seco (exceto *P. rubriflora*). Todas as espécies brevidecíduas de alta densidade (exceto *Fridericia* sp. de baixa densidade) registraram padrão de queda sazonal com datas médias nas estações seca e chuvosa, respectivamente (Tabela 3 e 4). A temperatura mostrou correlação negativa com a queda foliar em todas as espécies SD de baixa densidade, além de *Fridericia* sp (BD, BDM), e em *P. praecox* (SV, ADM). A queda foliar de *J. ribifolia* se correlacionou negativamente com a pluviosidade. Em *Capparis retusa* e *Z. mistol*, (SV), ambas de alta densidade a queda foliar, se correlacionou positivamente com o fotoperíodo (Tabela 5).

Floração e frutificação

A duração da floração variou de três a 12 meses, com espécies de floração intermediária (*C. retusa*, *M. hexandra*, *P. praecox*, *Z. mistol*) todas de alta densidade da madeira, floração estendida em *B. hagenbeckii* e *Fridericia* sp. ambas de baixa densidade, e em *C. coccinea* de alta densidade. Floração contínua foi observada *J. ribifolia*, *M. sensibilis* e *P. rubriflora*, pertencentes a todos os grupos de deciduidade registrados (Tabela 3 e 4). A maioria das espécies, exceto *P. rubriflora*,

Relação entre Densidade da Madeira, Fenologia e Características do Lenho em algumas espécies do Chaco brasileiro

apresentou padrão sazonal, com datas médias na estação chuvosa (todas as SD e a maioria das SV, exceto *C. coccinea*), seca (todas SD, exceto *Fridericia* sp.) ou transicional (*Fridericia* sp. BD). *Prosopis rubriflora* apresentou padrão bimodal, com data média na estação chuvosa, porém com um pico na chuvosa e outro menor na seca (Tabela 3 e 4). Somente a temperatura mostrou correlação positiva com a floração de *B. hagenbeckii* e *J. ribifolia* (ambas SD de baixa densidade), e também em *M. hexandra* (BD) e *Z. mistol* (SV) de alta densidade, e correlação negativa com a de *C. coccinea* (SV) de alta densidade (Tabela 5).

A duração da frutificação variou de três a 12 meses, com espécies com frutificação de duração intermediária (*C. retusa*, *C. coccinea*, *P. praecox*) todas de alta densidade da madeira, estendida (*B. hagenbeckii*, *M. hexandra*, *M. sensibilis* e *P. rubriflora* de baixa e ambas as densidades e contínua (*Fridericia* sp.), *J. ribifolia* e *Z. mistol* e pertencentes a todos os grupos de densidade registrados (Tabela 3 e 4). A maioria das espécies, exceto (*Fridericia* sp. BD), apresentou padrão sazonal, com datas médias na estação chuvosa (todas SD e das SV, exceto *C. coccinea*, *M. hexandra* e *Z. mistol*), e na transicional -*C. coccinea*, *M. hexandra*, *P. praecox* e *Z. mistol* *Fridericia* sp. e *P. rubriflora* (SV) apresentaram padrão bimodal, com data média na estação chuvosa, porém com um pico na chuvosa e outro menor na seca (Tabela 3 e 4). Somente a temperatura mostrou correlação positiva com a frutificação de *C. retusa* (SV) e *J. ribifolia* (SD) de alta e baixa densidade, respectivamente. Correlação negativa para temperatura e pluviosidade foi verificada em *M. sensibilis* (BD) de alta densidade (Tabela 5).

Cobertura da copa e frutificação foram as fenofases que apresentaram correlação positivamente com a densidade da madeira, ou seja, espécies que apresentaram maior cobertura da copa e maior intensidade de frutificação apresentaram madeira mais densa (Fig. 5).

Tabela 3 Número de indivíduos (N) padrão, estação de ocorrência da data média/pico da queda e brotamento foliar (chuvisca, seca, transicional seca-chuvisca) e período da floração registrados dez espécies lenhosas em remanescente de vegetação chaquenha (Savana Estépica Arbórea), Porto Murtinho, Mato Grosso do Sul, Brasil, de outubro/2009 a setembro/2011. Período da floração: contínuo (todo ou quase todo o período), precoce (início da chuvisca ou na chuvisca), tardio (estação seca). Densidade e saturação de água: valores seguidos de mesma letra na mesma coluna diferiram significativamente ($p < 0,05$)

Espécie (N)	Deciduidade e	Queda foliar		Brotamento foliar		Floração		Frutificação	
		Padrão	Estação da data média/pico	Padrão	Estação da data média/pico	Padrão	Período	Padrão	Período
Alta densidade									
<i>A. Quebracho-blanco</i>	SV	sazonal	Chuvisca/-		chuvisca/transicional	sazonal	precoce	-	-
<i>Capparis retusa</i> (16)	SV	bimodal	chuvisca/seca	bimodal	chuvisca/transicional	sazonal	precoce	sazonal	precoce
<i>Castela coccinea</i> (20)	SV	regular	chuvisca/-	regular	transicional/-	sazonal	tardio	sazonal	tardio
<i>Prosopis rubriflora</i> (15)	SV	bimodal	transicional (ambos)	bimodal	chuvisca/transicional	bimodal	contínuo ¹	bimodal	contínuo ¹
<i>Ziziphus mistol</i> (15).	SV	bimodal	transicional/seca	bimodal	chuvisca/transicional	sazonal	precoce	sazonal	tardio
<i>Mimosa hexandra</i> (15)	BD	bimodal	transicional/seca	bimodal	chuvisca/transicional	sazonal	tardio	bimodal	tardio
<i>Mimosa sensibilis</i> (12)	BD	regular	chuvisca/-	bimodal	chuvisca/transicional	sazonal	contínuo ²	sazonal	contínuo ²
<i>Parkinsonia praecox</i> (16)	BD	bimodal	seca (ambos)	bimodal	chuvisca/transicional	sazonal	tardio	sazonal	tardio
Baixa densidade									
<i>Bauhinia hagenbeckii</i> (15)	SD	sazonal	seca (ambos)	regular	chuvisca/-	sazonal	precoce	bimodal	precoce
<i>Jatropha ribifolia</i> (16)	SD	sazonal	seca (ambos)	regular	chuvisca/-	sazonal	contínuo ³	sazonal	contínuo ³
<i>Fridericia</i> sp. (9)	BD	sazonal	chuvisca/transicional	bimodal	transicional (ambos)	sazonal	tardio	bimodal	tardio

Data média/pico da floração e frutificação com período contínuo: 1 = chuvisca/chuvisca e seca; 2 = ambos na seca; 3 = ambos na chuvisca

Relação entre Densidade da Madeira, Fenologia e Características do Lenho em algumas espécies do Chaco brasileiro

Tabela 4 Deciduidade, densidade da madeira (DM), duração (em meses), número de observações ao longo do ano (N), vetor médio (μ) e data média, desvio padrão do vetor médio, comprimento do vetor médio (r) e teste Rayleigh (Z) e qui-quadrado (χ^2) do brotamento e queda foliar e da floração e frutificação em oito espécies de alta densidade e três espécies de baixa densidade em um remanescente de vegetação chaquenha (Savana Estépica Arbórea), Porto Murtinho, Mato Grosso do Sul, Brasil, de outubro/2009 a setembro/2011. ***** Indica que um resultado não pode ser calculado

Espécie (N)	Deciduidade	Fenofase (duração)	N	μ	dp	r	Z	p	χ^2	p
Alta densidade										
<i>A. quebracho-blanco</i>	SV	Brotamento (11)	136	35,722°(05/fev)	112,774°	0,144	2,825	0,059	26,529	0,005
		Queda (11)	429	347,16° (18/dez)	88,722°	0,302	39,003	0	324,203	0
		Floração (1)	1	315°(16/nov)	*****	1	1	0,512	*****	*****
		Frutificação (0)	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****
<i>Capparis retusa</i> (16)	SV	Brotamento (12)	118	300,62°(01/nov)	76,34°	0,412	19,996	2,07E-9	55,085	7,48E-8
		Queda (12)	133	261,10°(22/set)	97,22°	0,237	7,472	5,69E-4	48,263	1,28E-6
		Floração (4)	940	311,21°(12/nov)	13,28°	0,973	890,823	0	6,396,315	0
		Frutificação (3)	108	334,21°(05/dez)	18,252°	0,951	97,578	0	420,889	0
<i>Castela coccinea</i> (20)	SV	Brotamento (12)	304	248,62°(09/set)	135,23°	0,062	1,157	0,314	13,368	0,27
		Queda (12)	54	304,52°(05/nov)	89,98°	0,291	4,584	0,01	17,111	0,105
		Floração (6-7)	2737	198,86°(20/jul)	16,20°	0,961	2,526,822	0	12,939,617	0
		Frutificação (5)	396	250,909°(11/set)	28,018°	0,887	311,774	0	1,066,788	0
<i>Prosopis rubriflora</i> (15)	SV	Brotamento (12)	251	318,09°(19/nov)	89,30°	0,297	22,112	2,50E-10	70,036	1,20E-10
		Queda (12)	182	274,98°(05/out)	94,90°	0,254	11,71	8,21E-6	39,67	4,07E-5
		Floração (12)	2617	359,76°(30/dez)	118,08°	0,120	37,434	0	867,012	0
		Frutificação (10)	88	344,547°(15/dez)	97,816°	0,233	4,772	0,008	68,818	2,05E-10

Relação entre Densidade da Madeira, Fenologia e Características do Lenho em algumas espécies do Chaco brasileiro

<i>Parkinsonia praecox</i> (16)	BD	Brotamento (12)	191	302,67°(03/nov)	91,85°	0,277	14,624	4,46E-7	46,047	3,17E-6
		Queda (12)	255	195,31°(17/jul)	103,37°	0,196	9,838	5,34E-5	54,882	8,14E-8
		Floração (3)	3504	215,54°(06/ago)	12,03°	0,978	3,352,958	0	19,748,541	0
		Frutificação (5)	973	241,336°(02/set)	20,585°	0,938	855,178	0	4112,25	0
<i>Mimosa hexandra</i> (15)	BD	Brotamento (11)	223	312,8°(13/nov)	80,20°	0,375	31,436	0	182,148	0
		Queda (12)	169	249,13°(10/set)	71,21°	0,462	36,063	0	117,509	0
		Floração (3)	11227	328,98°(29/nov)	14,62	0,968	10,519,753	0	52,293,731	0
		Frutificação (10)	519	120,274°(02/mai)	71,9°	0,455	107,462	0	297,069	0
<i>Mimosa sensibilis</i> (12)	BD	Brotamento (12)	202	330,64°(01/dez)	135,11°	0,062	0,777	0,46	14,594	0,202
		Queda (12)	454	43,27°(13/fev)	116,30°	0,127	7,374	6,27E-4	44,238	6,60E-6
		Floração (11-12)	5471	129,57°(11/mai)	59,74°	0,581	1,844,482	0	6,399,641	0
		Frutificação (8)	134	174,538°(26/jun)	43,663°	0,748	74,971	0	207,552	0
<i>Ziziphus mistol</i> (15)	SV	Brotamento (12)	261	314,13°(15/nov)	105,37°	0,184	8,867	1,41E-4	69,897	1,28E-10
		Queda (11)	118	250,30°(11/set)	80,91°	0,369	16,06	1,06E-7	63,017	2,54E-9
		Floração (5)	3780	3,87°(04/jan)	19,59°	0,943	3,362,783	0	13,902,648	0
		Frutificação (12)	424	106,151°(18/abr)	41,279°	0,771	252,318	0	770,17	0
Baixa densidade										
<i>Bauhinia hagenbeckii</i> (15)	SD	Brotamento (12)	200	312,74°(13/nov)	106,47°	0,178	6,33	0,002	24,04	0,013
		Queda (12)	393	155,11°(6/jun)	89°	0,299	35,205	0	112,13	0
		Floração (5-6)	32	325,44°(26/nov)	41,64°	0,768	18,872	5,15E-9	75,25	1,21E-11
		Frutificação (10)	3	45°(15/fev)	23,219°	0,921	2,546	0,067	0	0
<i>Jatropha ribifolia</i> (16)	BD	Brotamento (12)	293	304,58°(05/nov)	141,68°	0,047	0,648	0,523	4,215	0,963
		Queda (11-12)	235	179,76°(01/jul)	62,36°	0,553	71,894	0	204,302	0
		Floração (12)	2475	327,38°(28/nov)	60,41°	0,574	814,4	0	1,784,806	0

Relação entre Densidade da Madeira, Fenologia e Características do Lenho em algumas espécies do Chaco brasileiro

		Frutificação (12)	134	16,331°(17/jan)	65,573°	0,519	36,163	0	81,642	0
<i>Fridericia</i> sp. (9)	SD	Brotamento (11)	194	305,16°(05/out)	90,37°	0,288	16,126	9,93E-8	81,381	0
		Queda (12)	1036	274,38°(01/jan)	23,86°	0,917	871,001	0	5,755,421	0
		Floração (5-6)	291	262,20°(23/set)	48,94°	0,694	140,292	0	642,732	0
		Frutificação (12)	132	53,205°(23/fev)	116,819°	0,125	2,066	0,127	6,727	0,821

Relação entre Densidade da Madeira, Fenologia e Características do Lenho em algumas espécies do Chaco brasileiro

Tabela 5 Correlação de Person (r) entre algumas variáveis abióticas no mês de amostragem e fenofases vegetativa (brotamento e queda foliar) e reprodutiva (floração) de seis espécies arbóreas e quatro não arbóreas em remanescente de vegetação chaquenha (Savana Estépica Arbórea), Porto Murtinho, Mato Grosso do Sul, Brasil. Valores em negrito indicam correlação significativa com a variável testada ($p \leq 0,05$)

Espécies	Brotamento				Queda foliar				Floração				Frutificação						
	Temperatura		Pluviosidade		Fotoperíodo		Temperatura		Pluviosidade		Fotoperíodo		Temperatura		Pluviosidade		Fotoperíodo		
	r	p	r	p	r	p	r	p	r	p	r	p	r	p	r	p	r	p	
Alta densidade																			
<i>Aspidosperma quebracho-blanco</i>	0,02	0,38	0,00	0,79	0,51	0,48	0,08	0,22	0,01	0,1	-0,76	0,74	0,00	0,93	0,00	0,1	-1,19	0,2	0,00
<i>Capparis retusa</i>	0,04	0,08	0,00	0,25	0,76	0,28	0,00	0,91	0,00	0,96	1,71	0,03	13,12	0,36	1,11	0,18	-423,88	0,88	4,39
<i>Castela coccinea</i>	-0,01	0,83	0,00	0,68	0,07	0,95	0,01	0,26	0,00	0,11	0,19	0,56	-77,79	0,02	-3,17	0,11	933,65	0,43	-2,25
<i>Prosopis rubriflora</i>	0,08	0,02	0,00	0,29	-0,01	0,99	0,02	0,54	0,00	0,84	1,43	0,21	17,29	0,2	-0,79	0,31	103,36	0,82	0,73
<i>Mimosa hexandra</i>	0,08	0,05	0,00	0,38	-0,6	0,69	-0,01	0,79	0,00	0,47	2,44	0,08	445,04	0,00	-1,86	0,84	39992,8	0,46	-3,91
<i>Mimosa sensibilis</i>	0,01	0,67	0,00	0,84	-0,2	0,79	0,04	0,46	0,00	0,17	0,89	0,66	-69,31	0,07	-1,62	0,48	-537,93	0,69	-3,32
<i>Parkinsonia praecox</i>	0,04	0,1	0,00	0,55	0,01	0,99	-0,07	0,04	0,00	0,44	1,27	0,28	-90,94	0,15	-4,71	0,21	2295,83	0,29	-7,13
<i>Ziziphus mistol</i>	0,05	0,18	0,00	0,64	0,88	0,52	0,00	0,9	0,00	0,44	1,79	0,04	106,3	0,01	-1,76	0,48	-618,85	0,67	-4,11
Baixa densidade																			
<i>Bauhinia hagenbeckii</i>	0,04	0,05	0,00	0,55	0,31	0,68	-0,13	0,01	0,00	0,28	1,86	0,35	0,81	0,00	0,01	0,66	-7,59	0,46	0,00
<i>Jatropha ribifolia</i>	0,01	0,3	0,00	0,95	-0,3	0,56	-0,16	0,00	-0,01	0,02	0,07	0,97	37,75	0,00	0,49	0,49	-79,04	0,85	1,86
<i>Fridericia</i> sp.	0,05	0,15	0,49	0,00	0,61	0,62	-0,06	0,02	0,00	0,2	1,19	0,19	-0,37	0,91	-0,22	0,22	97,03	0,35	0,2

DISCUSSÃO

Eventos vegetativos

Foi possível observar a existência de três grupos funcionais que apresentaram, padrões fenológicos e de densidade da madeira distinta entre os grupos. Com relação à deciduidade foliar foram reconhecidos grupos de espécies semidecíduas, brevidecíduas e sempre verdes. As semidecíduas podem exibir madeira de baixa densidade, enquanto as brevidecíduas possuem madeira de alta ou baixa densidade, e nas sempre-verdes de alta densidade de madeira. Esses resultados são similares aos verificados por outros estudos (Borchert 1994; Lima & Rodal 2010; Rivera *et al.* 2001).

A densidade da madeira foi diferente entre os diferentes graus de deciduidade para as plantas analisadas do Chaco brasileiro. Nossos resultados foram distintos dos encontrados por Marco & Páez (2002) em vegetação de Chaco seco na Argentina. Os autores observaram comportamento decíduo em sete espécies lenhosas: *C. coccinea* e *Z. mistol*, que no Chaco brasileiro se apresentaram sempre-verdes e com madeira de alta densidade, diferiram das plantas encontradas no Chaco da Argentina onde foram classificadas como decíduas. Lima & Rodal (2010) descreveram comportamento decíduo para *Capparis flexuosa* que possui madeira de alta densidade encontrada na Caatinga, com resultados similares aos que encontramos para *Capparis retusa* no Chaco brasileiro.

Bulhão & Figueiredo (2002), em um estudo para o Cerrado com espécies arbóreas observaram a predominância de espécies sempre verdes em mais 80% da vegetação. Ragusa-Neto & Silva (2007) investigaram a fenologia do dossel em uma floresta seca no município de Corumbá e revelam a predominância de espécies decíduas em 54% da vegetação, e menor porção de 9% para espécies ocorrentes em vales úmidos.

A maior atividade de queda das folhas no local ocorreu no início da estação seca, como se tem relatado para outros locais: Caatinga (Barbosa *et al.* 1989, Machado *et al.* 1997, Lima & Rodal 2010),

florestas tropicais secas (Bach 2002, Bullock e Solís-Magallanes 1990), Savanas tropicais (Batalha *et al.* 1997, Carvalho & Sartori 2014).

Para o Chaco brasileiro o nosso estudo mostrou que as espécies apresentaram padrão contínuo de queda com picos na estação seca e chuvosa. Segundo Borchert *et al.* (2002) a queda também pode ser estimulada pela longevidade foliar e fatores edáficos. Deste modo a perda das folhas representa uma estratégia adaptativa da planta para reduzir a perda de água na estação seca, permitindo a sobrevivência em ambientes desfavoráveis (Batalha *et al.* 1997). Para alguns autores (Borchert *et al.* 2002, Holbrook *et al.* 1995) a seca nem sempre causa abscisão das folhas, contudo a questão é respondida pelas variações do comprimento do dia.

Outros fatores ligados à perda de folhas são a diminuição da pluviosidade mensal e temperatura na estação seca (Batalha *et al.* 1997). Distintamente, espécies sempre verdes ou perenifólias, representam a menor proporção de plantas em uma vegetação, mantendo um gradiente acima de 75% de suas folhas na copa, mesmo sob baixa disponibilidade hídrica, exibindo clara tolerância à queda das folhas. A permanência das folhas nas perenifólias pode estar relacionada ao teor de água do solo (Odening *et al.* 1974, Borchert *et al.* 2002).

O brotamento para maioria das espécies ocorreu durante a estação chuvosa, o mesmo padrão foi encontrado por Batalha *et al.* (1997) em florestas secas e por Barbosa *et al.* (1989) na Caatinga. O brotamento é estimulado pelo aumento da temperatura e precipitação, à medida que o teor de umidade no solo é re-estabelecido, tornando-se favorecido pelo aumento significativo de hormônio auxina na produção de novas folhas na planta (Batalha *et al.* 1997).

Dentre as espécies de baixa densidade (*Jatropha ribifolia*, *Fridericia* sp., *Bauhinia hagenbeckii*), *Fridericia* sp. apresentou um padrão que difere para fenofases vegetativas: queda foliar ocorrendo na estação chuvosa e brotamento na seca. Contudo, as demais espécies apresentaram o mesmo padrão de queda foliar na estação seca e brotamento na chuvosa. A queda foliar na estação chuvosa pode representar um mecanismo de proteção reduzindo a área de transpiração representada

Relação entre Densidade da Madeira, Fenologia e Características do Lenho em algumas espécies do Chaco brasileiro

pelas folhas antes do início da estação seca, uma vez que lianas plantas são muito sensíveis à redução de água no solo, especialmente quando a espécie exibe grandes vasos, sujeitos a embolias (Carvalho *et al.* 2014)

Dentre as espécies de alta densidade - *Capparis retusa*, *Parkinsonia praecox*, *Mimosa hexandra*, *Aspidosperma quebracho-blanco*, *Castela coccinea*, *Mimosa sensibilis*, *Prosopis rubriflora*, *Ziziphus mistol*. 38 % (3) apresentaram queda foliar na estação chuvosa (*Aspidosperma quebracho-blanco*, *Castela coccinea*, *Mimosa sensibilis*), as demais espécies 62% (5) apresentaram queda foliar na estação seca. Quanto ao brotamento apenas *Castela coccinea* exibiu esse fenômeno na estação seca, as demais espécies 87% (7) demonstram um padrão de brotamento na estação chuvosa evidenciando dependência da presença de água no solo.

As espécies com baixa densidade da madeira apresentaram padrão regular (continuo) de produção de folhas, evidenciando um padrão independentemente da precipitação, assim foi descrito por Borchert (1994). O brotamento em *Fridericia* sp. (SD), de baixa densidade, apresentou correlação positiva com a pluviosidade. Assim, plantas com baixa densidade de madeira, por apresentarem alta capacidade de armazenamento de água possibilitando o desencadeamento das fenofases independente da precipitação. Alguns autores revelam que outros fatores, tais como fotoperíodo e a temperatura, podem desencadear o brotamento (Neves *et al.* 2010).

Eventos reprodutivos

A floração ocorrendo na estação chuvosa, com acentuada redução na estação seca, um padrão que também foi observado em outras vegetações sazonais como o Cerrado (Batalha *et al.* 1997, Mantovani & Martins 1988, Munhoz & Felfili 2005). O pico de floração sempre ocorreu no início do período mais úmido sugerindo que a precipitação exerce forte influência no desencadeamento das fenofases, assim como se tem observado em outras regiões sazonalmente secas como a Caatinga (Lima & Rodal 2010).

Relação entre Densidade da Madeira, Fenologia e Características do Lenho em algumas espécies do Chaco brasileiro

Em 25% das espécies com alta densidade, o pico de floração se iniciou com estação chuvosa (precoce) mostrando clara relação entre a densidade da madeira e a baixa capacidade de armazenamento de água no interior, evidenciando a necessidade de água disponível no solo para produzir novas flores. As demais 75% (todas as leguminosas e *Castela coccinea*) apresentaram floração durante a estação seca (tardia), se caracterizam por apresentarem alta densidade de madeira e portanto, baixa capacidade de armazenamento de água, e devem possuir alguma estratégia vegetativa, como proposto Borchert (1994), para que consigam exibir suas fenofases na estação seca, quando ocorre o período de restrição hídrica. Segundo Holbrook *et al.* (1985) espécies sempre-verdes evitam o déficit hídrico por meio de algumas adaptações, tais como, escleromorfismo foliar, um sistema de raízes profundo, paredes celulares mais resistentes nas células do xilema suportando a pressão negativa gerada pela seca e evitando a implosão e cavitação dos vasos.

Para as espécies *Ziziphus mistol* e *Capparis retusa*, madeiras de alta densidade que apresentaram florescimento na estação chuvosa, observamos que o fator determinante para esta ocorrência está relacionado ao fotoperíodo, sendo encontrado o mesmo fator na queda foliar para ambas as espécies. A temperatura somente influenciou *Ziziphus mistol* quanto ao florescimento.

Apesar da forte relação da estação seca no desencadeamento da floração em plantas de alta densidade, o gênero *Prosopis* é reconhecido por ter um sistema radicular longo podendo atingir a água subterrânea em o período prolongado de seca. Essas plantas possuem seu rápido crescimento e capacidade de fixar nitrogênio, o que facilita o estabelecimento em locais inóspitos (Pasiecznik *et al.* 2001). Há hipótese levantada por Jobbágy *et al.* (2008) propõe a utilização de água do sistema subterrâneo para as fenofases reprodutivas. De acordo com os dados obtidos em nosso estudo, podemos estendê-la de igual modo para as fenofases vegetativas.

Acreditamos que a espécie *Prosopis rubriflora* exiba este padrão em seu sistema radicular, pois, essa espécie exibe cobertura de copa sempre-verde o que possivelmente ocorra em função da utilização da água disponível no subsolo durante o período seco. Para as demais espécies, sendo todas

Relação entre Densidade da Madeira, Fenologia e Características do Lenho em algumas espécies do Chaco brasileiro

leguminosas, possivelmente possam apresentar alguma outra estratégia biológica que permita exibir floração durante a estação seca considerando a alta densidade de sua madeira e baixo conteúdo de água.

Para o padrão de floração e brotamento encontrado na estação chuvosa sugerem que a precipitação exerce forte influência no desencadeamento dessas fenofases como observado em trabalhos desenvolvidos na Caatinga por Lima & Rodal (2011) e Borchert (1994) para espécies lenhosas da Nova Zelândia.

Parkinsonia praecox e *Mimosa sensibilis*, espécies de alta densidade que apresentaram florescimento na estação seca, não se evidenciaram correlação de fatores abióticos diferindo de resultados apresentados por Holbrook *et al.* (1995), Rivera (2001) e Borchert *et al.* (2004).

A floração de algumas espécies na estação seca pode ser vista como uma estratégia para tornar as flores mais aparentes para os polinizadores, e em troca fornecer recursos onde a disponibilidade de nutrientes florais é baixa (Lima & Rodal 2010, Mantovani & Martins 1988, Machado *et al.* 1997). Deste modo estes trabalhos indicam a necessidade de estruturas relacionadas a obtenção de água durante a estação seca.

Deste modo o presente estudo leva a concluir que a densidade da madeira apresentou correlação positiva com a cobertura da copa e frutificação, diferindo do padrão esperado e sugerindo que outros caracteres morfo-anatômicos possam estar envolvidos nos padrões fenológicos e que serão estudados a posteriori.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas (1997) NBR 7190: Projeto de estruturas de madeira. Rio de Janeiro, 107 p.
- Alvares, C.A., Stape, J.L., Sentelhas, P.C., Gonçalves, J.L.M.; Sparovek, G. (2013). Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, n. 6, p. 711-728.
- Agostinelli C., Lund U. (2013) R package 'circular': Circular Statistics (version 0.4-7). URL <https://r-forge.r-project.org/projects/circular/>.
- Alves F.M., Sartori A.L.B. (2009) Caesalpinoideae (Leguminosae) de um remanescente de Chaco em Porto Murtinho, Mato Grosso do Sul, Brasil. *Rodriguesia*, 60, 531-550.
- Bach C.S. (2002) Phenological patterns in monsoon rainforests in the Northern Territory, Australia. *Austral Ecology* 27, 477–489.
- Batalha, M.A., Aragaki, S., Mantovani, W. (1997) Variações fenológicas das espécies do Cerrado em Emas (Pirassununga, SP). *Acta Bot. Bras.*, vol. 11, no. 11, p. 61-78.
- Barbosa D.C.A., Alves, J.L.H., Prazeres S.M., Paiva A.M.A. (1989) Dados fenológicos de 10 espécies arbóreas de uma área de caatinga (Alagoinha - PE). *Acta Botanica Brasilica* 3:109-117.
- Bencke, C.S.C. & Morellato, L.P.C. (2002)a. Comparação de dois métodos de avaliação da fenologia de plantas, sua interpretação e representação. *Revista Brasileira de Botânica* 25:269-275.
- Bencke, C.S.C. & Morellato, L.P.C. (2002)b. Estudo comparativo da fenologia de nove espécies arbóreas em três tipos de floresta atlântica no sudeste do Brasil. *Revista Brasileira de Botânica* 25:237-248.
- Bolker B., R Development Core Team (2014) bbmle: Tools for general maximum likelihood estimation. R package version 1.0.17. <http://CRAN.R-project.org/package=bbmle>.
- Borchert R. (1994) Soil and stem water storage determine phenology and distribution of tropical dry forest trees. In *Ecology*, 75, 1437-1449.
- Borchert R., Rivera G., Hagnauer W. (2001) Modification of Vegetative Phenology in a Tropical Semi-deciduousForest by Abnormal Drought and Rain, *Biotropica*, 27-39.
- Borchert R., Meyer S.A., Felger R.S., Porter-Bolland L. (2004) Environmental control of flowering periodicity in Costa Rican and Mexican tropical dry forests. *Global Ecology and Biogeography*, 13, 409–425.
- Bullock S.H., Solis-Magallanes J.A. (1990) Phenology of canopy trees of a tropical deciduous forest in Mexico. *Biotropica*, 22, 22-35.

Relação entre Densidade da Madeira, Fenologia e Características do Lenho em algumas espécies do Chaco brasileiro

- BULHÃO, C. F.; FIGUEIREDO, P. S. (2002) Fenologia de leguminosas arbóreas em uma área de cerrado marginal no nordeste do Maranhão. *Revista Brasileira de Botânica*, v.25, p.361-369.
- Carvalho F.S, Sartori A.B. (2014) Reproductive phenology and seed dispersal syndromes of woody species in the Brazilian Chaco. *Journal of vegetation science* 26(2), 302–311.
- Fournier L.A. (1974) Un método cuantitativo para la medición de características fenológicas en árboles. *Turrialba*, 24, 422-423.
- Freitas T.G., Souza C.S., Aoki C., Arakaki L.M.M., Stefanello T.H., Sartori Â.L.B., Sigrist M.R. (2013) Flora of Brazilian humid Chaco: Composition and reproductive phenology. *Check List* 9(5), 973–979
- Holbrook N.M., Whitbeck J.L., Mooney H.A. (1995) Drought responses of neotropical dry forest trees. In *Seasonality dry tropical forests* (S.H. Bullock, H.A. Mooney & E. Medina,
- Jobbág, E. Noysetto, M., Villagra, P., Jackson, R. (2008). Isotopos estables como trazadores de las Fuentes de agua de bosques de algarrobo en un desierto arenoso. *XXI Congreso Argentino de Ciencias del Suelo*, Potrero de los Funes, San Luis Argentina. eds.). Cambridge University Press, Cambridge, p.243-270.
- Kovach (2004) *Oriana for Windows*. Wales, Kovach Computing Services.
- Lima A.L.A., Rodal M.J.N. (2010) Phenology and wood density of plants growing in the semi-arid region of northeastern Brazil. In. *Journal of Arid Environments*, 74, 1363- 1373.
- Lima A.L.A., Sampaio E.V.S.B., Castro C.C., Rodal M.J.N.; Antonino A.C.D., Melo A.L. (2012) Do the phenology and functional stem attributes of woody species allow for the identification of functional groups in the semiarid region of Brazil? *Trees*, 26:1605.
- Lammi J. (2000) Online protoperiod calculator. <http://www.nic.fi/~benefon/sun.php3>. (Acesso em 05/06/2016).
- Marco, D.E., Páez S.A. (2002) Phenology and phylogeny of animal dispersed plants in a Dry Chaco forest (Argentina). *Journal of Arid Environments* 52(1): 1-16.
- Marques M.C.M, Oliveira P.E.A.M (2004) Fenologia de espécies do dossel e do sub-bosque de duas florestas de restinga na Ilha do Mel, sul do Brasil. *Rev Bras Bot* 27: 713-723.
- Machado I.C.S., Barros L.M., Sampaio V.S.B. (1997) Phenology of Caatinga species at Serra Talhada, PE, northeastern Brasil. In. *Biotropica*, 29, 57-68.
- Mantovani W., Martins F.R. (1988) Variações fenológicas das espécies do Cerrado da Reserva Biológica de Mogi-Guaçu, estado de São Paulo. *Revista Brasileira de Botânica*, 23, 227-237.
- Morellato, L. P. C.; Camargo, M.G.G.; D'Eça Neves, F.F.; Luize, B.G.; Mantovani, A. & Hudson, I.L. (2010a). The influence of sampling method, sample size, and frequency of observations on plant phenological patterns and interpretation in tropical forest trees. In: Hudson, I.L. & Keatley, M. (eds.). *Phenological research: methods for environmental and climate change analysis*. Dordrecht, Springer. Pp. 99-121

Relação entre Densidade da Madeira, Fenologia e Características do Lenho em algumas espécies do Chaco brasileiro

Morellato, L.P.C.; Alberti, L.F. & Hudson, I.L. (2010b). Applications of circular statistics in plant phenology: a case studies approach. In: Hudson, I.L. & Keatley, M. (eds.). *Phenological research: methods for environmental and climate change analysis*. Dordrecht, Springer. Pp. 357-371.

Munhoz C.B.R., Felfili J.M. (2005) Fenologia do estrato herbáceo-subarbustivo de uma comunidade de campo sujo na Fazenda Água Limpa no Distrito Federal, Brasil. *Acta Botanica Brasilica*, 19, 979-988.

Murphy P. G, Lugo A.E. (1986), *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 17:67-88 **ECOLOGY OF TROPICAL DRY FOREST**

Neves E.L. das, Funch L.S., Viana B. F. (2010) Phenological behavior of three species of *Jatropha* (Euphorbiaceae) in the semi-arid Caatinga region of Brazil. *Brazilian Journal of Botany*, v. 33, n. 1, 155-166.

Newstrom L.E., Frankie G.W., Baker H.G. (1994) A new classification for plant phenology based in flowering patterns in lowland tropical rain forest trees at La Selva, Costa Rica. *Biotropica* 26(2):141- 159.

Odening, B.R. Strain, W.C. (1974) Oechel The effect of decreasing water potential on net CO₂ exchange of intact desert shrubs

Pennington R.T., Prado D.E., Pendry, C.A. (2000) Neotropical Seasonally dry forests and Quaternary vegetation changes. *Journal of Biogeography*, 27, 261-273.

Pilon, N.A. L.; Udulutsch, R. G.; Durigan, G. (2015). Padrões fenológicos de 111 espécies de Cerrado em condições de cultivo. *Hoehnea*, v. 42, n.3, p. 425-443

Pasiecznik NM, Felker P, Harris PJC, Harsh LN, Cruz G, Tewari JC, Cadoret K, Maldonado LJ. (2001). The *Prosopis juliflora*-*Prosopis pallida* complex: a monograph , Coventry, UKHDRA

Prado D.E. (1993) What is the Gran Chaco vegetation in South America? A review. Contribution to the study of flora and vegetation of the Chaco. *V. Candollea*, 48(1),145-172.

R Core Team (2015) R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical.

Ragusa-Netto J., Silva R.R (2007) Canopy phenology of a dry forest in western Brazil, *Revista Brasileira de Biologia*, v.67, p.569-75, 2007.

Rivera G., Borchert R. (2001) Induction of flowering in tropical trees by a 30-min reduction in photoperiod: evidence from field observations and herbarium collections. *Tree Physiology*, 21, 201-212.

Rathcke B., Lacey E.P. (1985) Phenological patterns of terrestrial plants. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics* 16: 179-214.

Relação entre Densidade da Madeira, Fenologia e Características do Lenho em algumas espécies do Chaco brasileiro

Sarmiento G., Monasterio M. (1983) Life forms and phenology. In Ecosystems of the world: tropical savanas. In. Elsevier, Amsterdan, p. 79-108.

Werneck F.P. (2011) The diversification of eastern South American open vegetation biomes: Historical biogeography and perspectives. Quaternary Science Reviews 30: 1 - 19.

Williams R.J., Myers B.A., Muller W.J., Duff G.A., Eamus D. (1997) Leaf phenology of wood species in a north Australian tropical savanna. Ecology, 78, 2542-2558.

ZAR J.H. (2010) Biostatistical analysis. 5th ed. New Jersey: Prentice Hall. 944p.

ANEXOS

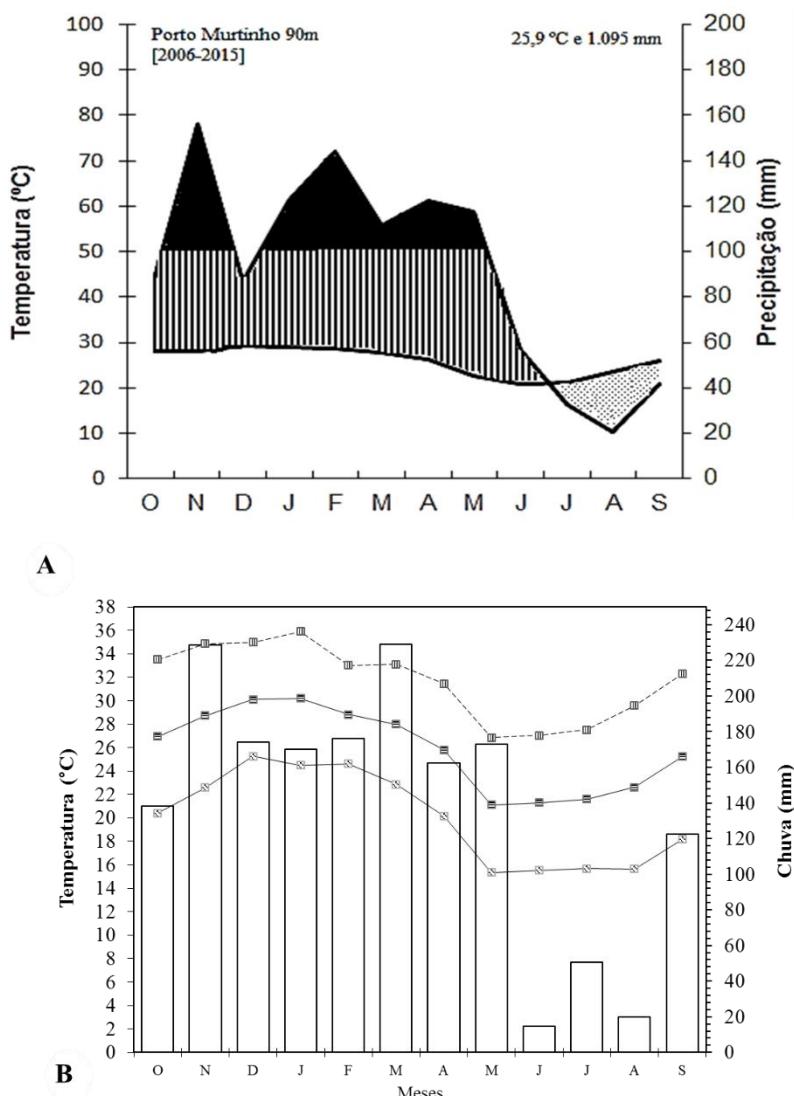


Figura 2 Diagramas climáticos da região de Porto Murtinho, Mato Grosso do Sul (MS): (A) diagrama climático de Porto Murtinho, de 2006 a 2015; (B) distribuição de precipitação acumulada (barras) e temperatura média (linhas) durante o período de estudo (outubro / 2009 a setembro / 2011). Fonte: Centro de Monitoramento do Tempo, Clima e Recursos Hídricos de MS (CEMTEC/Agraer).

Relação entre Densidade da Madeira, Fenologia e Características do Lenho em algumas espécies do Chaco brasileiro

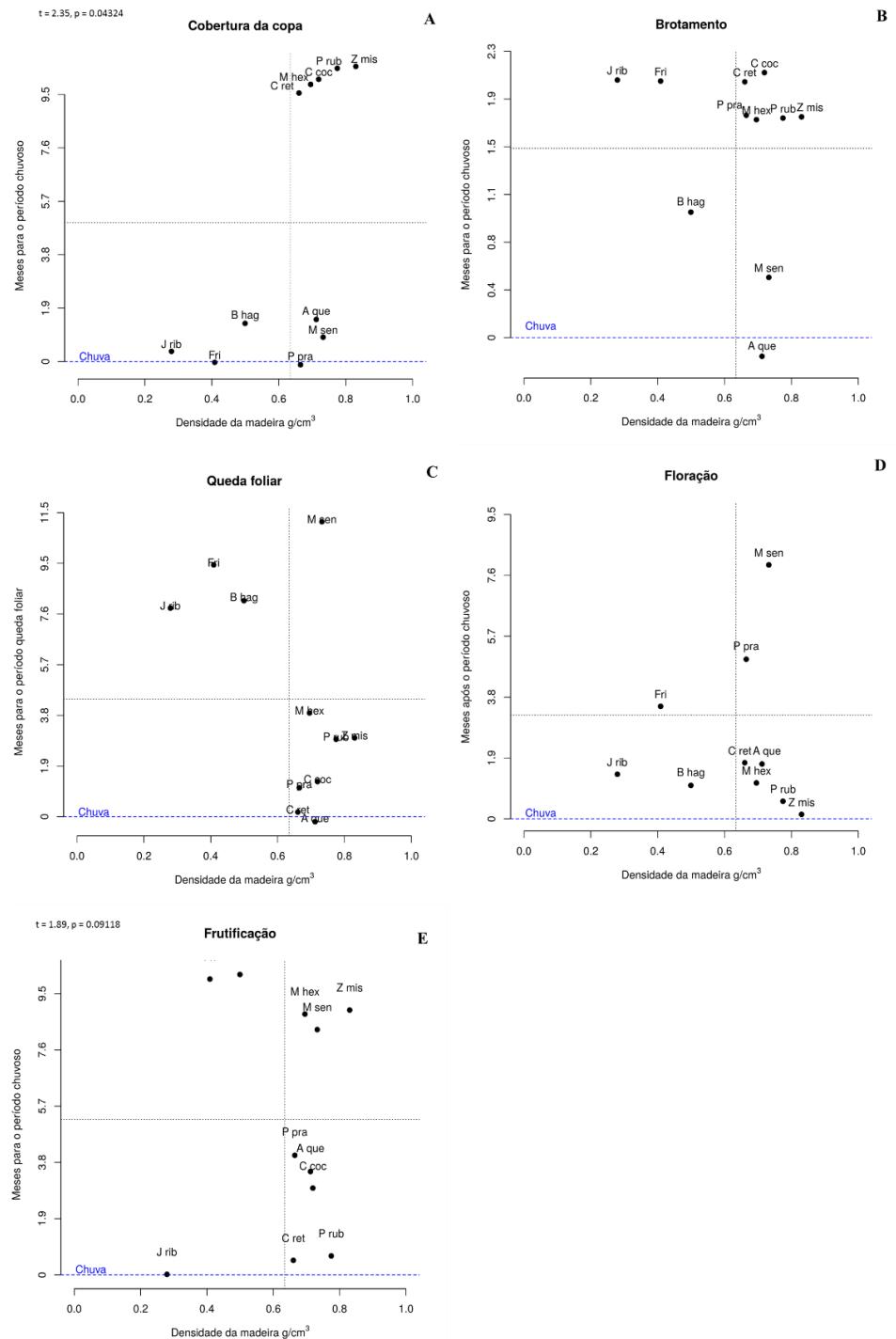


Figura 3 Correlação das fenofases vegetativas e reprodutivas com densidade de madeira. (a) cobertura da copa, (b) brotamento, (c) queda foliar, (d) floração e (e) frutificação em espécies de alta e baixa densidade de madeira em um remanescente de vegetação chaquenha (Savana Estépica Arbórea), Porto Murtinho, Mato Grosso do Sul, Brasil, *de outubro/2009 a setembro/2011.*; *B hag* =

Relação entre Densidade da Madeira, Fenologia e Características do Lenho em algumas espécies do Chaco brasileiro

Bauhinia hagenbeckii; C ret = Capparis retusa; C coc = Castela coccinea; Fri = Fridericia; J rib = Jatropha ribifolia; M sem = Mimosa sensibilis; M hex = Mimosa hexandra; P rub = Prosopis rubriflora; P pra = Parkinsonia praecox e Z mis = Ziziphus mistol. Valores indicam correlação significativa com a variável testada ($p \leq 0,05$)

Relação entre Densidade da Madeira, Fenologia e Características do Lenho em algumas espécies do Chaco brasileiro

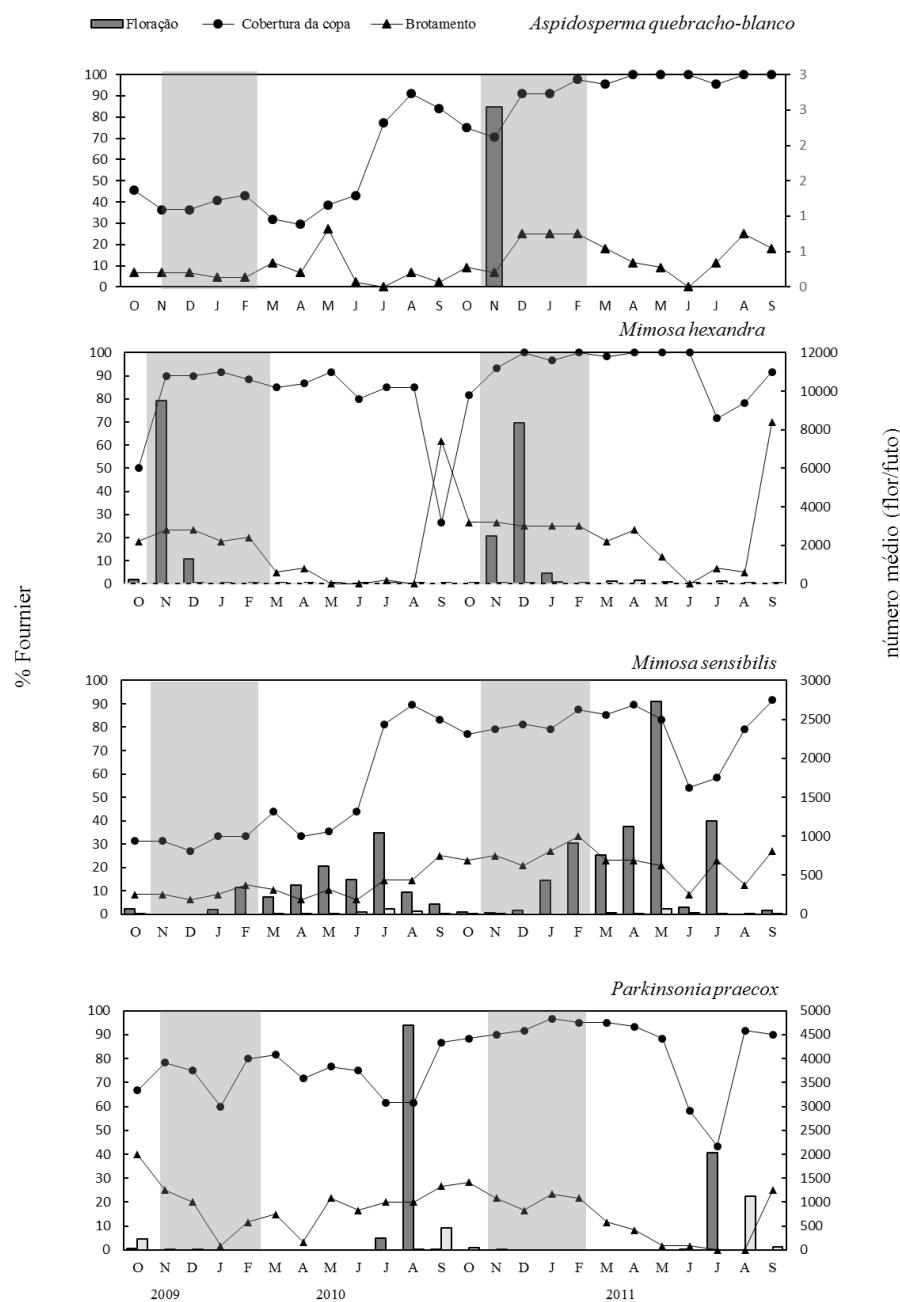


Figura 4 Porcentagem de cobertura de copa (círculos), brotamento foliar (triângulos) (índice de Fournier), quantidade média de botões e flores (barra cinza escuro) e quantidade média de fruto imaturo e fruto maduro (barra cinza clara) em espécies com alta densidade da madeira em um remanescente de vegetação chaquenha (Savana Estépica Arbórea), Porto Murtinho, Mato Grosso do Sul, Brasil, de outubro/2009 a setembro/2011. Faixa cinza = estação chuvosa

Relação entre Densidade da Madeira, Fenologia e Características do Lenho em algumas espécies do Chaco brasileiro

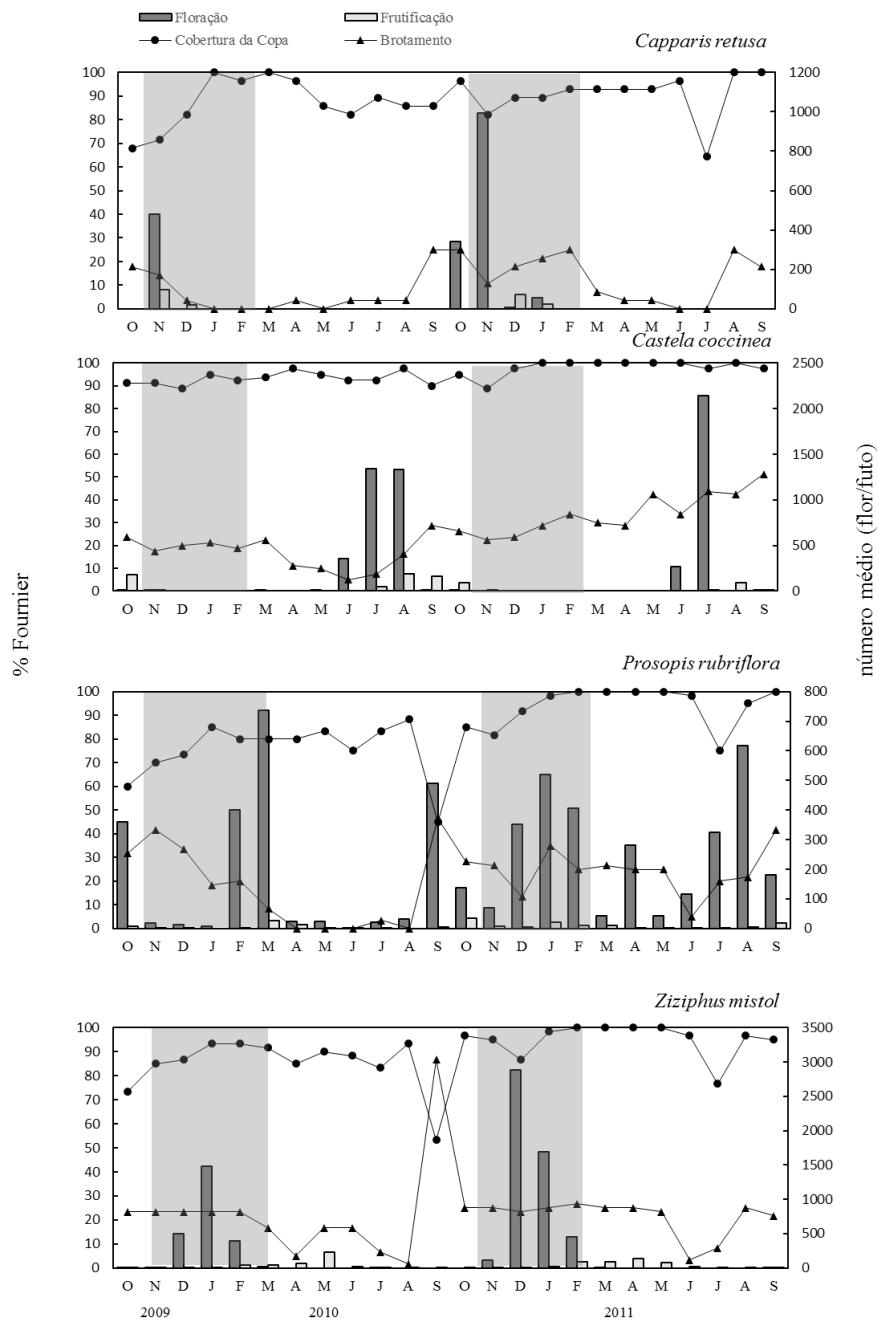


Figura 5 Porcentagem de cobertura de copa (círculos), brotamento foliar (triângulos) (índice de Fournier), quantidade média de botões e flores (barra cinza escuro) e quantidade média de fruto imaturo e fruto maduro (barra cinza claro) em espécies de alta densidade de madeira em um remanescente de vegetação chaquenha (Savana Estépica Arbórea), Porto Murtinho, Mato Grosso do Sul, Brasil, de outubro/2009 a setembro/2011. Faixa cinza = estação chuvosa

Relação entre Densidade da Madeira, Fenologia e Características do Lenho em algumas espécies do Chaco brasileiro

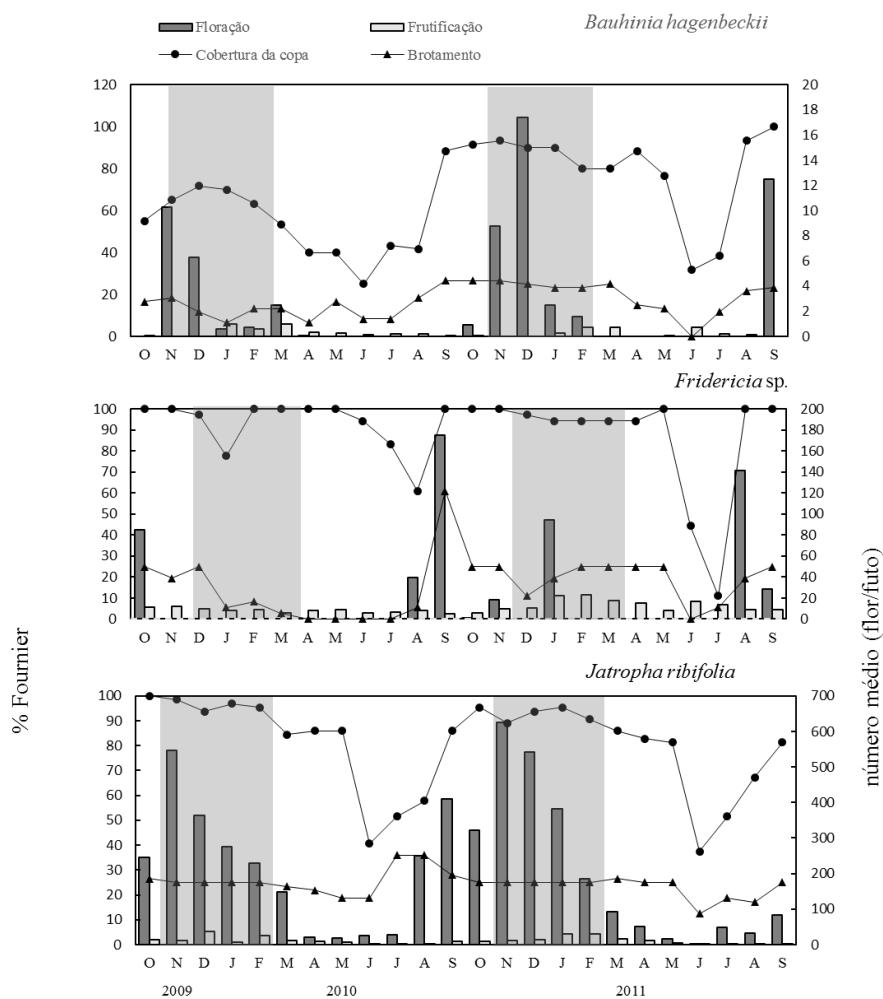


Figura 6 Porcentagem de cobertura de copa (círculos), brotamento foliar (triângulos) (índice de Fournier), quantidade média de botões e flores (barra cinza escuro) e quantidade média de fruto imaturo e fruto maduro (barra cinza claro) em espécies com baixa densidade da madeira em um remanescente de vegetação chaquenha (Savana Estépica Arbórea), Porto Murtinho, Mato Grosso do Sul, Brasil, de outubro/2009 a setembro/2011. Faixa cinza = estação chuvosa

ARTIGO 2: Anatomia e Densidade da Madeira em espécies do Chaco brasileiro

**Geisiely Pedrosa de Freitas¹, Augusto Cesar de Aquino Ribas², Maria Rosângela Sigrist³,
Rosani do Carmo de Oliveira Arruda^{*,4}**

¹Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul,
Instituto de Biociências, Laboratório de Botânica, Campo Grande, Brasil

²Faculdade de Computação, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, Brasil

³Laboratório de Polinização, Reprodução e Fenologia de Plantas, Campo Grande, Brasil

⁴Instituto de Biociências, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Laboratório de Anatomia
Vegetal, Campo Grande, Brasil

*** Correspondência: R. C. O. Arruda^{*4} Endereço: Universidade Federal de Mato Grosso do Sul,
INBIO, Laboratório de Anatomia Vegetal, Cidade Universitária, CEP: 79070-900, Caixa-postal
549, Campo Grande, Brasil. (67) 3345 7759, E-mail: rosaniarruda@gmail.com**

RESUMO

A densidade é a propriedade da madeira que reflete relação entre massa seca e volume saturado e, recentemente, tem sido investigada como estratégia ecológica em plantas. Investigamos a densidade e traços anatômicos em caules de onze espécies arbóreas e não arbóreas em um remanescente de Chaco brasileiro. Foram mensuradas e analisadas: frequência média de vasos/mm, espessura da parede e diâmetro do lúmen dos vasos e das fibras, e presença de parênquima radial ². A frequência média dos elementos de vaso variou entre 56 - 336 mm⁻² entre as espécies. Os elementos de vasos apresentaram heterogeneidade quanto ao diâmetro, porém não foi observada relação com a densidade de madeira. As fibras apresentaram variação significativa quanto à fração média da parede e lúmen, principal componente correlacionado negativamente com a densidade. O parênquima radial também não apresentou correlação com a densidade da madeira. Dentre as características das madeiras analisadas, as fibras dos tipos libriforme (septadas e não septadas), fibrotraqueídes e fibras gelatinosas foram os componentes anatômicos mais abundantes e que tiveram forte efeito de variação na densidade da madeira. Portanto nossos resultados sugerem que a densidade de madeira é uma propriedade morfológica influenciada pela composição anatômica do lenho para espécies do ambiente Chaco.

Palavras chave: fibras, fração parede, fração lúmen, parênquima, vasos

ABSTRACT

Density is the property of wood that reflects the relationship between dry mass and saturated volume and has recently been investigated as an ecological strategy in plants. We investigated the density and anatomical traits of eleven tree and non - tree species in a remnant of Brazilian Chaco. The mean vessel frequency / mm, wall thickness and lumen diameter of vessels and fibers were measured and analyzed, and presence of radial parenchyma ². The mean frequency of vessel elements varied between 56-336 mm-2 between species. The elements of vessels showed heterogeneity in diameter, but no relation was observed with the density of wood. The fibers presented significant variation regarding the average fraction of the wall and lumen, main component negatively correlated with the density. The radial parenchyma also showed no correlation with the density of the wood. Among the characteristics of the wood analyzed, the fibers of the libriform type (septate and non septate), fibrotraqueids and gelatinous fibers were the most abundant anatomical components and had a strong effect of variation in wood density. Therefore our results suggest that wood density is a morphofunctional property influenced by the anatomical composition of the wood for species of the Chaco environment.

Key words: fibers, fraction wall, parenchymal, lumen fraction, vessels

INTRODUÇÃO

O Chaco é uma planície sedimentar que ocupa cerca de 800.000 km² das planícies aluviais do centro da América do Sul e se localiza no norte da Argentina, oeste do Paraguai, sudeste da Bolívia e extremo ao oeste de Mato Grosso do Sul, Brasil (Werneck 2011). O clima do Chaco é considerado semiárido e caracterizado por forte sazonalidade, com verão quente (máxima de até 49°C) e inverno seco e frio, com ocasionais geadas (Freitas *et al.* 2013). Os solos na região chaquenha são resultantes do acúmulo finos de sedimentos do Quaternário sendo compactos, mal drenados e salinos (Pennington *et al.* 2000). Desta forma, a vegetação do Chaco ocorre sobre solo com baixa umidade com alagamentos temporários (Pennington *et al.* 2000). No Brasil, a vegetação do Chaco está representada somente na borda oeste de Mato Grosso do Sul, em Porto Murtinho (Prado *et al.* 1993). A vegetação é constituída por arbustos lenhosos, árvores decíduas ou semidecíduas, microfilas e espinescentes (Silva *et al.* 2000). Com base na fitofisionomia da região são descritas as seguintes formações vegetais no Brasil: Chaco Florestado (ou savana estépica florestada), Chaco Arborizado (ou savana estépica arborizada), Savana estépica parque (ou Carandazal) e Savana estépica gramíneo-lenhosa (Sartori 2012).

No Brasil estudos sobre anatomia da madeira, tem demonstrado diferenças consideráveis nas características quantitativas do xilema secundário em várias formações florestais (Marcati *et al.* 2001). As principais diferenças observadas na anatomia da madeira das espécies de estudo exibem uma lista de características bem como (diâmetro e frequência do vaso, comprimento e espessura das fibras e largura e frequência dos raios). Deste modo, estudos da anatomia da madeira tem buscado entender as estratégias de adaptação das plantas ao ambiente, bem como sua relação com condução e eficiência no transporte de água.

A madeira é responsável por compor a maior porção da massa seca da planta, sendo composta basicamente, por três tipos de células principais: células de transporte de água - elementos de vaso ou e/ou traqueídes, fibras- responsáveis pela resistência mecânica e no caso das septadas e gelatinosas,

Relação entre Densidade da Madeira, Fenologia e Características do Lenho em algumas espécies do Chaco brasileiro

também pela reserva de água e nutrientes, e parênquima (axial e radial), cuja função principal é a reserva e translocação de materiais. Portanto a densidade é influenciada pelo conjunto das células que compõe a madeira. Como as fibras são o *ground tissue*, elas são importantes, mas o conjunto é que determina as propriedades da madeira (Ziemińska *et al.* 2013).

Recentemente, a densidade da madeira tem sido investigada como um elemento estratégico e adaptativo da planta ao ambiente (Chave *et al.* 2006, Chave *et al.* 2009, Lima & Rodal 2010, Ziemińska *et al.* 2013).

Silva *et al.* (2009) investigaram a relação entre a densidade de madeira e anatomia do lenho em *Caesalpinia pyramidalis* (Fabaceae). Os autores observaram que alta densidade da madeira está altamente relacionada ao ambiente seco e propõem que maior frequência de fibras/mm², menor frequência de vasos/mm² e menor quantidade de parênquima, refletem a boa adaptação da planta ao ambiente.

Na Austrália, em uma análise de 24 espécies arbóreas e arbustivas Ziemińska *et al.* (2013) observaram que a densidade de madeira foi principalmente impulsionada pela fração dos componentes significados do lenho. Os autores apontam ainda que espécies com densidade entre 0,60 - 0,85 g cm⁻³, podem representar diversas estratégias ecológicas influenciada pela composição anatômica do lenho.

Análises comparativas de floras de diferentes regiões em um mesmo ecossistema têm indicado variações na estrutura do lenho, como por exemplo, no diâmetro dos vasos, comprimento de vasos e fibras e espessura das paredes celulares, altura e largura dos raios. Desse modo, é presumível que as espécies lenhosas do Chaco brasileiro apresentem caracteres morfoanatomicos que melhor explicam a densidade da madeira em meio a sazonalidade climática. Aqui investigamos a anatomia da madeira e densidade de onze espécies lenhosas (arbóreas e não arbóreas) de vegetação chaquenha brasileira (Savana estépica Arbórea) a fim de verificar a densidade da madeira e caracteres morfoanatomicos em espécies do Chaco brasileiro, investigamos quais caracteres anatômicos (diâmetro dos vasos,

diâmetro e lúmen das fibras, espessura da parede das fibras e área do raio) poderiam melhor explicar as diferentes valores de densidade de madeira entre espécies de diferentes hábitos no Chaco brasileiro. Deste modo, o objetivo deste trabalho foi descrever a anatomia da madeira de onze espécies lenhosas e identificar caracteres morfoanatomicos do xilema secundário que estejam mais bem relacionados com as diferentes densidades da madeira em espécies do Chaco brasileiro úmido.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

O estudo foi conduzido em remanescente de Chaco na Fazenda Retiro Conceição, Porto Murtinho - Mato Grosso do Sul, Brasil ($21^{\circ}42'04''S$, $57^{\circ}53'06''W$), localizada a aproximadamente 15 km do perímetro urbano. Nesta área a vegetação é classificada como Savana Estépica Arbórea (Veloso *et al.* 1991), que se caracteriza por apresentar estrato arbóreo-arbustivo com dossel de 2 a 4 metros de altura, entremeado por estrato herbáceo (Alves & Sartori 2009). O clima é do tipo Af Köppen (Alvarez *et al.* 2013). Na região de Porto Murtinho/MS a estação chuvosa ocorre de novembro a fevereiro (pluviosidade ≥ 100 mm) e a seca de junho a setembro, quando há déficit hídrico. Estação transicional ocorre nos meses de março, maio e outubro quando não há déficit hídrico e a pluviosidade não atinge 100 mm (Freitas *et al.* 2013).

Espécies de estudo

Para o desenvolvimento do estudo foram selecionadas seis espécies arbóreas, quatro arbustivas e uma liana (Tabela 1). Foram selecionadas as espécies frequentes no Chaco Brasileiro (Sartori 2012), algumas das quais consideradas indicadoras dessa vegetação. De todas as espécies avaliadas foram coletados os dados locais e exemplares férteis necessários para inclusão das amostras representativas no Herbário CGMS.

Tabela 1. Espécies lenhosas utilizadas no presente encontradas em um remanescente de Chaco úmido (savana estépica arbórea), para a região de Porto Murtinho, MS para o estudo de densidade da madeira. Hábito: Ab = arbustivo, Av = arbóreo, Li = lianescente.

Família	Espécie	Hábito	Nº de coletor
Apocynaceae	<i>Aspidosperma quebracho-blanco</i> Schltdl.	Av	G.P.Freitas 115
Bignoniaceae	<i>Fridericia</i> sp.	Li	G.P.Freitas 116
Capparaceae	<i>Capparis retusa</i> Griseb.	Av	G.P.Freitas 117
Euphorbiaceae	<i>Jatropha ribifolia</i> (Pohl) Baill.	Ab	G.P.Freitas 118
Fabaceae	<i>Parkinsonia praecox</i> (Ruiz & Pavon ex. Hook.) J. Hawkins	Av	G.P.Freitas 119
Fabaceae	<i>Prosopis rubriflora</i> Hassl.	Av	G.P.Freitas 120
Fabaceae	<i>Mimosa hexandra</i> Micheli	Av	G.P.Freitas 121
Fabaceae	<i>Mimosa sensibilis</i> var. <i>urucumensis</i>	Ab	G.P.Freitas 122
Fabaceae	<i>Bauhinia hagenbeckii</i> Harms	Ab	G.P.Freitas 123
Rhamnaceae	<i>Ziziphus mistol</i> Griseb.	Ab	G.P.Freitas 124
Simaroubaceae	<i>Castela coccinea</i> Griseb.	Av	G.P.Freitas 125

Estudo anatômico

Para a caracterização anatômica foram coletadas amostras do lenho e seccionado a porção mediada entre o cerne e alburno dos discos para trinta e três indivíduos. Foram preparados doze (12) corpos de prova para cada espécie (2x2 cm). As amostras foram fervidas em água destilada e glicerina (1:1), seccionadas em micrótomo de deslize (Leica) com espessura de 9-10 µm. As secções do lenho foram clarificadas em hipoclorito de sódio 20%, lavadas em ácido acético 1%, e água destilada por pelo menos três vezes, coradas com azul de alcião e safranina alcoólica 50% desidratadas em série etanólica e montadas em Permout (Kraus & Arduin 1997). Lâminas semi-permanentes também foram

Relação entre Densidade da Madeira, Fenologia e Características do Lenho em algumas espécies do Chaco brasileiro

preparadas, tratadas em série aquosa e coradas em azul de astra e safranina aquosos 1% e montadas em glicerina 50%.

Para as análises quantitativas dos elementos de vaso e fibras, fragmentos do lenho foram macerados em mistura de peróxido de hidrogênio 3% e ácido acético glacial 98% na proporção de 1:1 (v/v) (Franklin 1945), corados em safranina etanólica 1%, desidratados em série etanólica crescente e montados em Permout (Kraus & Arduin 1997).

Para reconhecimento da presença de amido foi utilizado o reagente de Lugol e para a confirmação de lignina foi realizado o teste histoquímico com floroglucinol clorídrico (Sass 1951).

As descrições anatômicas e mensurações foram realizadas seguindo as orientações indicadas pela Associação internacional dos anatomistas da madeira (IAWA Committee 1989).

Mensurações

A frequência dos elementos de vasos foi estabelecida analisando-se uma área de 0,24 mm⁻². Para verificar o diâmetro e espessura da parede das fibras e dos elementos de vaso, foram analisados laminas de material dissociado mensurando-se 30 células/indivíduo/espécie. Foram registrados os valores mínimo, médio e máximo e calculado- o desvio padrão para cada espécie estudada. A área do parênquima radial foi estimada pela relação entre a maior diagonal e a menor diagonal, em secção tangencial. O comprimento dos elementos de vasos e fibras foi realizado a partir das macerações, mensurando-se 30 células de cada tipo.

Densidade da madeira

A densidade foi estimada em amostras de discos coletadas para trinta e três indivíduos adultos, com diâmetro a altura do peito de $\geq 1,30$ cm, dos quais foram preparados doze corpos-de-prova padronizados com dimensões finais de 2x2x5 cm³. A densidade da madeira foi obtida pela fórmula: (Densidade da madeira = Massa seca/volume (g/cm³). O volume das amostras foi determinado pelas dimensões finas geométricas após 72 horas de saturação em água destilada, e pesadas para

determinação da massa saturada (Massa saturada). O peso seco (g) foi obtido após secagem das amostras a 105°C em estufa até peso constante (Ms) (ABNT/NBR 7190 1997).

A quantidade de água saturada da madeira, representa a quantidade de água potencial suportada pela madeira e, consequentemente, é uma medida da capacidade de armazenamento de água, sendo calculada pela seguinte formula: $QA_{sat} \% = 100 (M_{sat} - Ms) / Ms$. Os dados de densidade básica e quantidade de água armazenada foram obtidos a partir da média dos valores encontrados para três indivíduos por espécie, sendo classificadas em baixa densidade ($< 0,55 \text{ g/cm}^3$) e alta densidade ($> 0,55 \text{ g/cm}^3$) (adaptado de Lima & Rodal 2010).

Análise Estatística

Foi realizada uma análise de correlação entre dados anatômicos e de densidade de madeira, calculou-se as médias para cada estrutura morfoanatomica. Utilizou-se teste de correlação de Pearson (nível de significância de $p < 0,05$) para análise de correlação entre a variável observada (densidade) e caracteres morfoanatômicos. Todas as análises foram realizadas no software R (R Core Team 2015).

RESULTADOS

Densidade da madeira

As densidades da madeira foram diferentes entre as espécies, tendo variando de $0,28 \text{ g/cm}^3$ a $0,83 \text{ g/cm}^3$, sendo agrupadas em cinco categorias: a, b, ab, c e d, tendo em vista sua variação de densidade. As espécies incluídas na categoria a são as que representam as de maiores coeficientes de densidade, as das categoria e “d” as de menores. (Fig. 1).

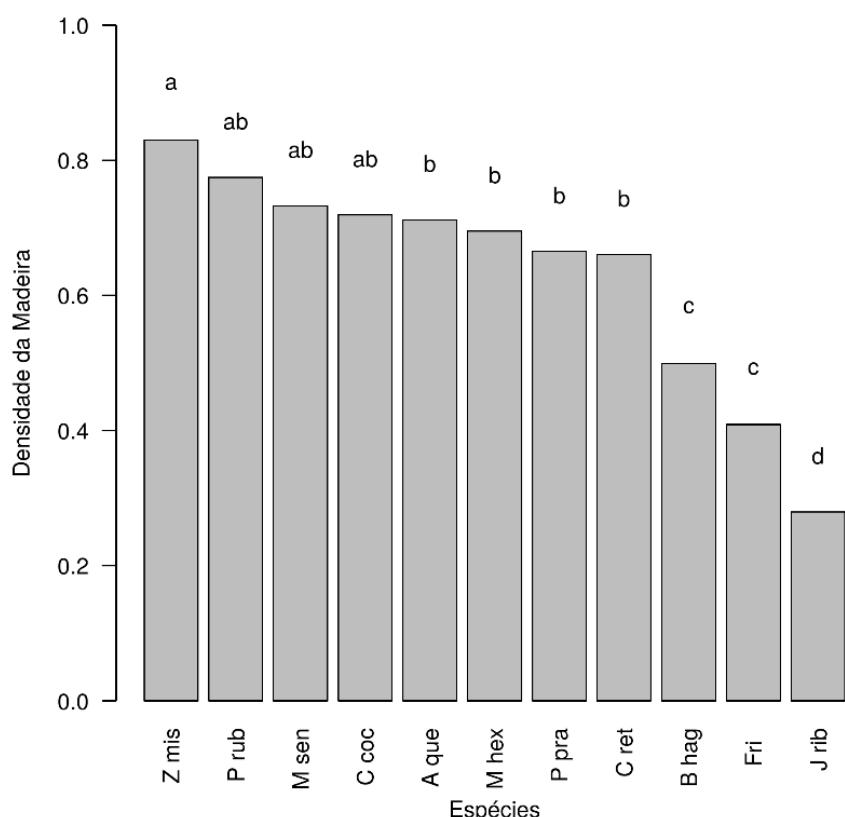
A espécie *Jatropha ribifolia* foi a que apresentou a madeira mais leve ($0,28 \text{ g/cm}^3$) e *Ziziphus mistol* foi a mais pesada ($0,83 \text{ g/cm}^3$). As demais espécies apresentaram as seguintes densidades: $0,41 \text{ g/cm}^3$ para *Fridericia* sp.; $0,50 \text{ g/cm}^3$ para *Bauhinia hagenbeckii*; $0,66 \text{ g/cm}^3$ para *Capparis retusa*; e *Parkinsonia praecox*; $0,70 \text{ g/cm}^3$ para *Mimosa hexandra*; $0,71 \text{ g/cm}^3$ para *Aspidosperma*

Relação entre Densidade da Madeira, Fenologia e Características do Lenho em algumas espécies do Chaco brasileiro

quebracho-blanco; 0,72 g/cm³ para *Castela coccinea*; 0,73 g/cm³ para *Mimosa sensibilis* e 0,77 g/cm³ e *Prosopis rubriflora*

Destacamos que espécies com menor densidade poderiam armazenar maior quantidade de água no interior do caule ocorrendo o inverso em madeiras de maior densidade, esse fato é notório para *Jatropha ribifolia*, *Bauhinia hagenbeckii* e *Fridericia* sp. que armazenam grandes quantidade de água no caule, conforme constatado pelo teste de teor de água na madeira acima de 89% do seu peso seco. A quantidade de água saturada variou de 48% do peso seco, como registrado em *Ziziphus mistol*, a mais de 251% do peso seco, como verificado em *Jatropha ribifolia*. Estes resultados indicaram que a quantidade de água armazenada na madeira é inversamente proporcional a sua densidade básica (Fig. 2

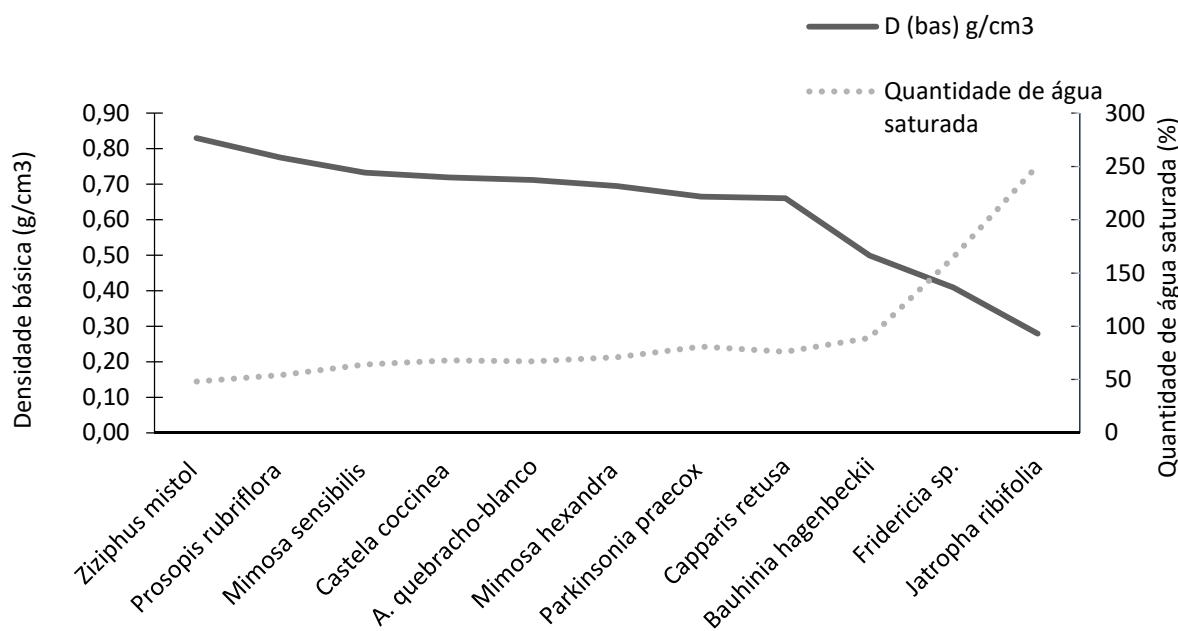
Figura 1. *Análises estatísticas de correlação da densidade da madeira em onze espécies lenhosas*



coletadas, em um remanescente de Chaco úmido (savana estépica arbórea), Porto Murtinho, MS. Z mis = *Ziziphus mistol*; P rub = *Prosopis rubriflora*; M sem = *Mimosa sensibilis*; C coc = *Castela*

Relação entre Densidade da Madeira, Fenologia e Características do Lenho em algumas espécies do Chaco brasileiro

coccinea; A que = *Aspidosperma quebracho-blanco*; M hex = *Mimosa hexandra*; P pra = *Parkinsonia*



praecox; C ret = *Capparis retusa*; B hag = *Bauhinia hagenbeckii*; Fri = *Fridericia* e J rib = *Jatropha ribifolia*. a, ab, c, d agrupamento representativo das diferentes densidades, onde a: alta densidade, ab-b: média densidade, c-d: baixa densidade.

Figura 2. Relação entre densidade da madeira (d (bas) g/cm^3) e (%) de água saturada em espécies com madeira de alta e baixa densidade coletadas em remanescente de Chaco úmido (savana estépica arbórea), Porto Murtinho, MS

Descrição macroscópica

Quanto a coloração da madeira, *Aspidosperma quebracho-blanco*, *Bauhinia hagenbeckii*, *Capparis retusa*, *Castela coccinea*, *Mimosa hexandra*, *Mimosa sensibilis*, *Parkinsonia praecox* e *Fridericia* sp.) exibiram coloração amarelada, e *Jatropha ribifolia* exibiram coloração esbranquiçada (Fig. 3). Foi possível notar distinção entre cerne e alburno em *Prosopis rubriflora* e *Ziziphus mistol* de coloração acastanhada. (Fig. 3). Quanto a visibilidade do vaso, a maioria só foi possível ser

Relação entre Densidade da Madeira, Fenologia e Características do Lenho em algumas espécies do Chaco brasileiro

observada sob lente de dez vezes, quanto a presença e ausência de anel e raio, 72% do total das espécies apresentou distinção (Tabela 2).

Tabela 2. Avaliação macroscópica do lenho em onze espécies em remanescente de Chaco úmido (savana estépica arbórea), para a região de Porto Murtinho, MS.

Espécies	Cor	Cerne	Visibilidade de vasos			Anel		Raio	
			P	A	Distinto a vista desarmada	Distinto sob lente 10x	Indistinto sob lente 10x	P	A
								P	A
<i>Bauhinia hagenbeckii</i>	amarelada	-	X	-	X	-	X	-	X
<i>Fridericia</i> sp.	amarelada	-	X	X	X	-	-	X	X
<i>Jatropha ribifolia</i>	esbranquiçada	-	X	X	X	-	X	-	X
<i>A.quebracho-blanco</i>	amarelada	-	X	-	X	-	X	-	X
<i>Capparis retusa</i>	amarelada	-	X	-	X	-	X	-	X
<i>Castela coccinea</i>	amarelada	-	X	-	X	-	-	X	X
<i>Mimosa hexandra</i>	amarelada	-	X	-	X	-	-	X	X
<i>Mimosa sensibilis</i>	amarelada	-	X	-	X	-	X	-	X
<i>Parkinsonia praecox</i>	amarelada	-	X	X	X	-	X	-	X
<i>Prosopis rubriflora</i>	amarelada	acastanhada	-	X	X	-	-	X	X
<i>Ziziphus mistol</i>	esbranquiçada	acastanhada	-	-	X	-	-	X	X

Descrição microscópica

Vasos: Porosidade, arranjo

A Porosidade difusa foi observada (*Aspidosperma quebracho-blanco*, *Castela coccinea*, *Fridericia* sp., *Prosopis rubriflora*, *Mimosa hexandra*, e *Ziziphus mistol*) (Fig. 3 A-F). Porosidade em anel (*Bauhinia hagenbeckii*, *Capparis retusa*, *Jatropha ribifolia*, *Mimosa sensibilis* e *Parkinsonia praecox*) (Fig. 3 G-K).

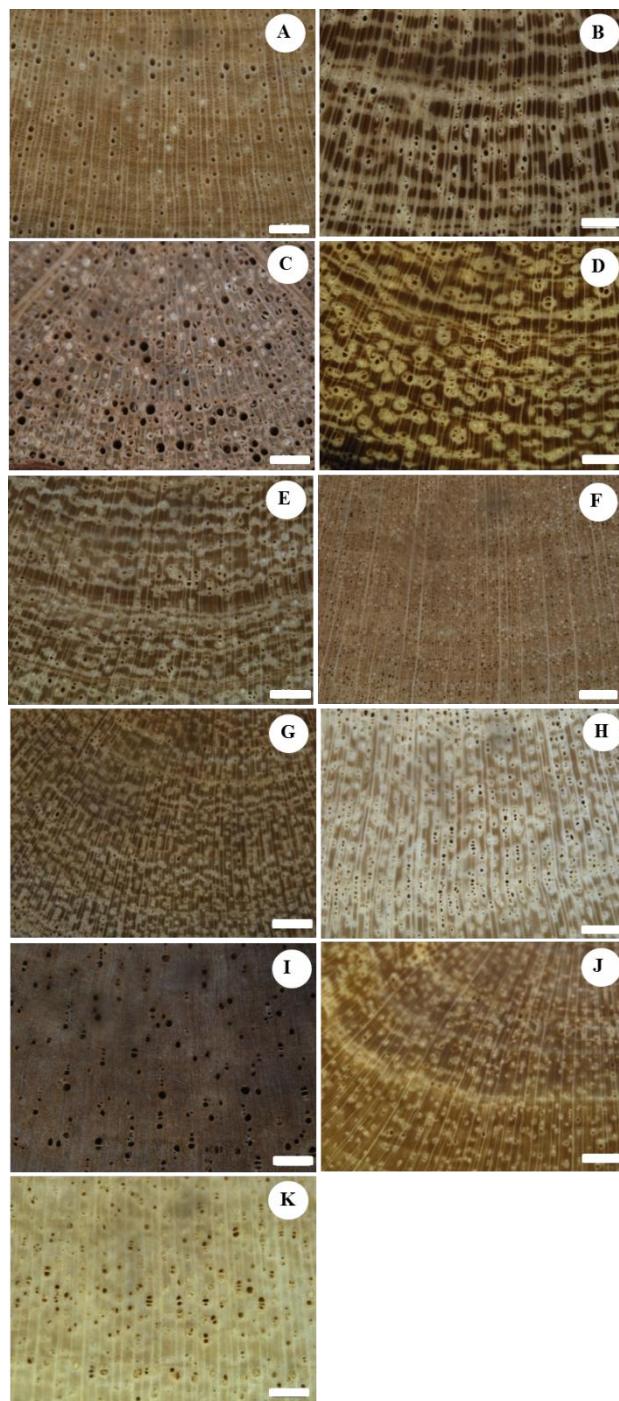


Figura 3. (A-K). Secções transversais do lenho de espécies do Chaco brasileiro evidenciando o tipo de porosidade. (A-F) Porosidade difusa. (G-K) Porosidade em anel (anel poroso). A) *Aspidosperma quebracho-blanco* (Apocynaceae). B) *Castela coccinea* (Simaroubaceae); C) *Fridericia* sp. (Bignoniaceae); D) *Prosopis rubriflora* (Fabaceae) E) *Mimosa hexandra* (Fabaceae); e F) *Ziziphus mistol* (Rhamnaceae). G) *Bauhinia hagenbeckii* (Fabaceae). H) *Capparis retusa* (Capparaceae). I) *Jatropa ribifolia* (Euphorbiaceae). J) *Mimosa sensibilis* (Fabaceae). K) Secção transversal do lenho *Parkinsonia praecox* (Fabaceae). Barras 0,5 mm.

Quanto ao arranjo dos vasos, foi observado padrão diagonal em *Fridericia* sp. (Fig. 4 A), padrão dendrítico em *Bauhinia hagenbeckii* e *Prosopis rubriflora* (Fig. 4 B e C), agrupamento exclusivamente solitários em *Jatropa ribifolia* e *Ziziphus mistol* (Fig. 4 D e E). Vasos formando agrupamentos múltiplos de quatro em padrão radial foram encontrados em *Capparis retusa*, *Mimosa hexandra* e *Mimosa sensibilis* (Fig. 4 F, G e H). Agrupamentos em cachos foram observados em *Castela coccinea* e *Parkinsonia praecox* (Fig. 4 I e J).

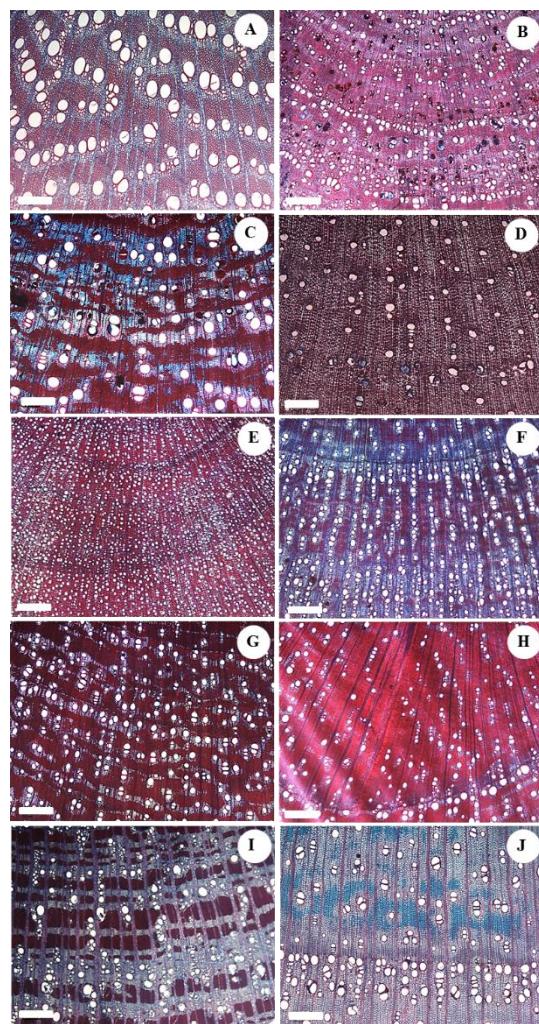


Figura 4 (A-J). Secções transversais do lenho evidenciando arranjo de vasos. A. Padrão diagonal em (*Fridericia* sp.) B, C. Padrão dendrítico em *Bauhinia hagenbeckii* e *Prosopis rubriflora*. D, E Secção transversais do lenho padrão exclusivamente solitários em *Jatropha ribifolia* e *Ziziphus mistol*. F, G, H Secções transversais do lenho padrão múltiplos de quatro em padrão radial *Capparis retusa*, *Mimosa hexandra* e *Mimosa sensibilis*. I, J Secção transversais do lenho mostrando vasos agrupados em *Castela coccinea* e *Parkinsonia praecox*. Barra = 200µm

Constatou-se a presença de elementos de vaso com e sem apêndices e esses, quando presentes, se encontram em uma ou em ambas as extremidades. Foram observadas exclusivamente placas de perfuração simples (Fig. 5 A). As pontoações intervasculares areoladas, com disposição escalariforme, oposta e guarnecididas (Fig 5. B, C, D, E). Pontoações guarnecididas foram encontradas em todas as leguminosas analisadas: *Bauhinia hagenbeckii*, *Prosopis rubriflora*; *Mimosa hexandra*, *Mimosa sensibilis* e *Parkinsonia praecox* e, também em *Castela coccinea* (Simaroubaceae) e *Ziziphus mistol* (Rhamnaceae). As pontoações radiovasculares são semelhantes às intervasculares para todas as espécies. E presença de tilos no interior dos elementos de vasos (Fig. 5 F).

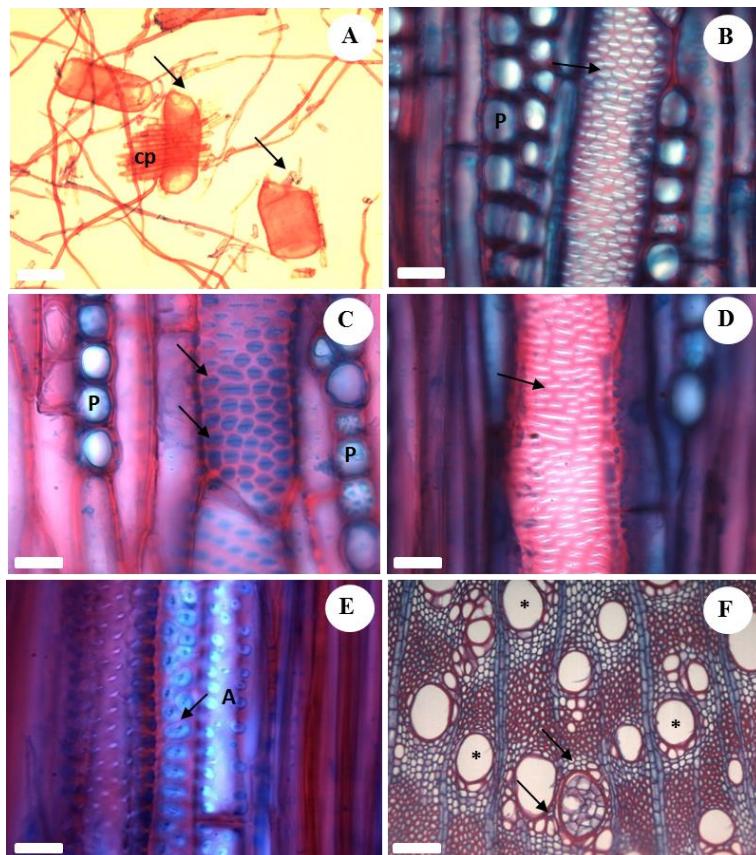


Figura 5. (A-F) Células isoladas do lenho e cortes longitudinal e transversal. A) *Aspidosperma quebracho-blanco* células dissociadas. Elementos de vaso com apêndice e placa de perfuração simples (setas). B) *Castela coccinea* Secção longitudinal tangencial mostrando pontoações alternas (seta); C) *Mimosa hexandra* Secção longitudinal tangencial e pontoações guarnecididas (seta). D) (E) Secção longitudinal tangencial de *Mimosa hexandra* mostrando elementos de vaso (seta). F) Corte transversal de lenho mostrando elementos de vaso com tilos (asteriscos).

Capparis retusa Secção longitudinal tangencial e pontoações escalariformes (setas). E) *Mimosa sensibilis* secção longitudinal tangencial e pontoações areoladas (seta) (A) aréola. F) *Fridericia sp.* secção transversal e tilos (setas). (*) elemento de vasos do lenho; vasos em arranjo diagonal. (P) Células parenquimáticas

O comprimento dos elementos de vaso apresentou variação em *P. praecox* (95 μm) e *M. hexandra* (345 μm), arbóreas de alta densidade (Fig. 6 A). O diâmetro médio dos vasos variou de 36 μm a 80 μm em *Z. mistol* e *A. quebracho-blanco*, respectivamente (Fig. 6 B). O diâmetro médio do lúmen dos vasos variou de 29 μm a 67 μm em *Z. mistol* e *A. quebracho-blanco*, respectivamente (Fig. 6 C). A espessura da parede do elemento de vaso variou (5 μm - 6 μm) em *C. Coccinea* e *Fridericia sp.* de alta e baixa densidade da madeira respectivamente (Fig. 6 D). A frequência média dos elementos de vaso variou de 69 a 336 mm^{-2} (*Jatropha ribifolia* e *Ziziphus mistol*) que são respectivamente as espécies de menor e maior densidade (Fig. 6 E) (Tab. 3).

Relação entre Densidade da Madeira, Fenologia e Características do Lenho em algumas espécies do Chaco brasileiro

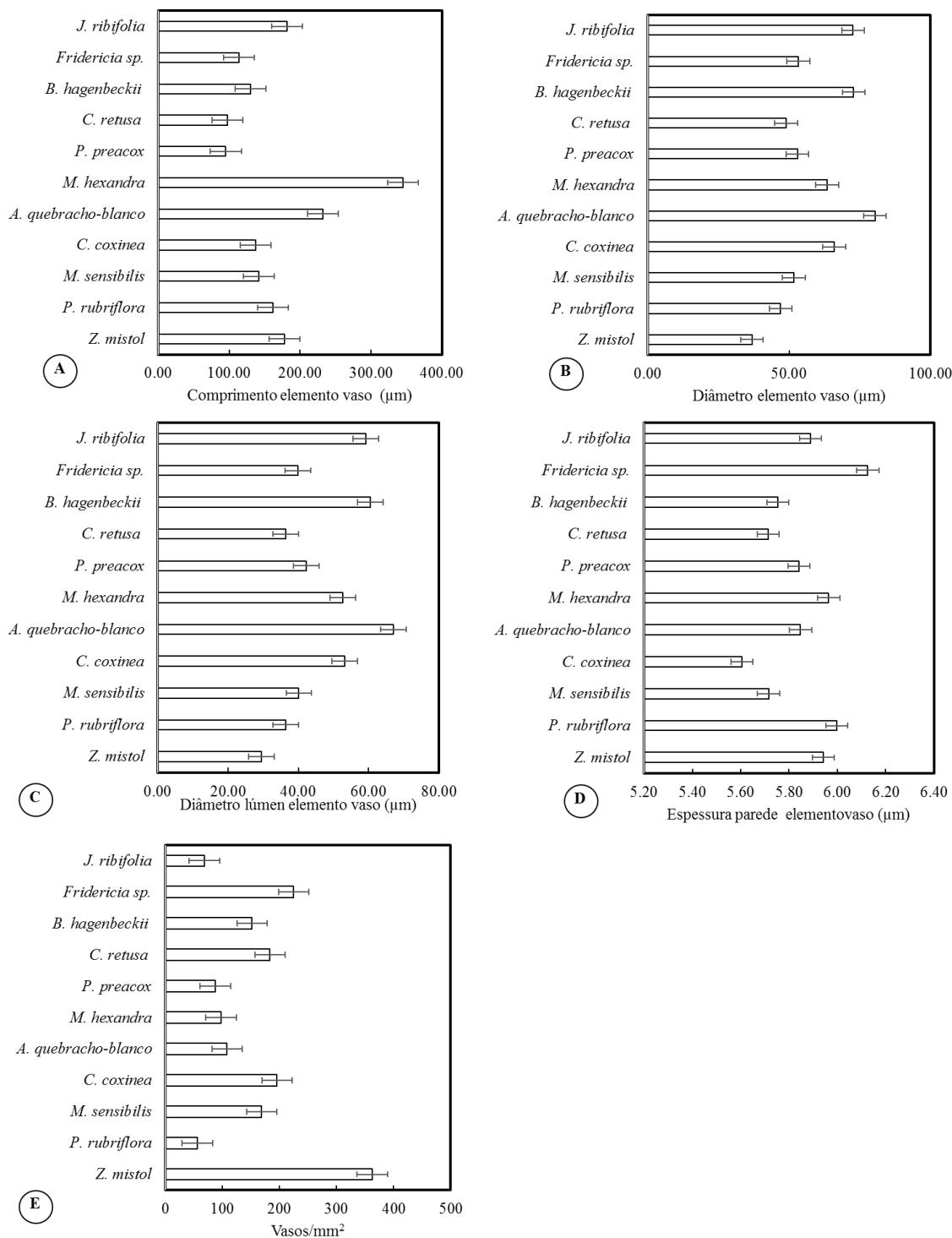


Figura 6. Comparação de parâmetros quantitativos de vasos e elementos de vaso (µm) de espécies lenhosas em uma área de remanescente de Chaco úmido, (savana estépica arbórea), Porto Murtinho, Mato Grosso do Sul, Brasil. A) Comprimento do elemento vaso; B) diâmetro do

elemento vaso, C) diâmetro do elemento vaso, D) espessura da parede do elemento vaso, E)

Frequência dos vasos/mm². Barra de erro padrão.

Fibras

Fibras libriformes foram exclusivamente observadas em espécies de maior densidade. (Fig.7).

As células apresentaram paredes espessadas e lúmen reduzido. Para espécies de menor densidade as fibras apresentaram padrão oposto: diâmetro maiores e paredes finas.

Fibras não septadas com abundante reserva de amido foram observadas em *Parkinsonia praecox* (Fig. A) traqueídes vasicêntricas, com pontoações areoladas foram observadas em *Ziziphus mistol* e *Aspidosperma quebracho-blanco*. Fibras gelatinosas com parede interna espessada, de constituição somente celulósica, não lignificada foram observadas nas espécies com baixa densidade - *Jatropha ribifolia*, *Fridericia* sp. e *Bauhinia hagenbeckii*, e em todas as espécies da família Fabaceae., como também em *Castela coccinea* (Simaroubaceae).

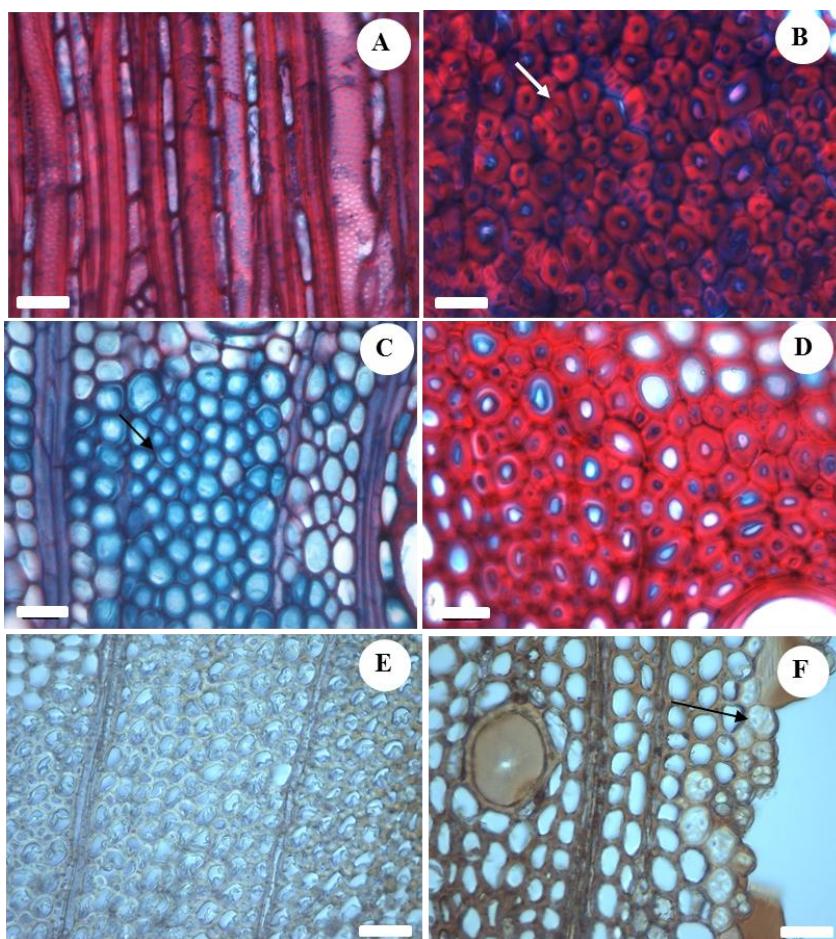


Figura 7. (A-F). Detalhes mostrando os tipos de fibras do lenho. A) *Ziziphus mistol* secção longitudinal tangencial e setas indicando traqueídes. B, C, D secção transversal. B) *Castela coccinea* fibras libriformes de parede espessa e lúmen reduzido (seta). C) *Parkinsonia praecox* fibras gelatinosas camada (G) não lignificada (seta). D) *Mimosa hexandra* fibra gelatinosa de parede interna espessa de constituição celulósica (setas). E-F) *Parkinsonia praecox* fibras gelatinosas camada (G) não lignificada teste positivo lignina (setas) e fibras com grãos de amido. (A-D) Barras = 10 μ m, (E-F) Barras 25 μ m

O comprimento das fibras variou de 354 μ m a 1699 μ m) em *Fridericia* sp. e *C. retusa* espécies de maior e menor densidade de madeira respectivamente (Fig. 8 A). O diâmetro médio das fibras variou de (6 μ m a 16 μ m em *P. praecox* e *J. ribifolia* espécie de maior e menor densidade de madeira respectivamente (Fig. 8 B). O diâmetro total do lúmen das fibras variou de 2 μ m a 11 μ m em *P. praecox* e *M. sensibilis* (Fig. 8 C). A espessura da parede das fibras variou de 2 μ m a 4 μ m) em *J. ribifolia* e *C. retusa* entre as espécies de menor à maior densidade de madeira (Fig. 8 D) (Tab. 3).

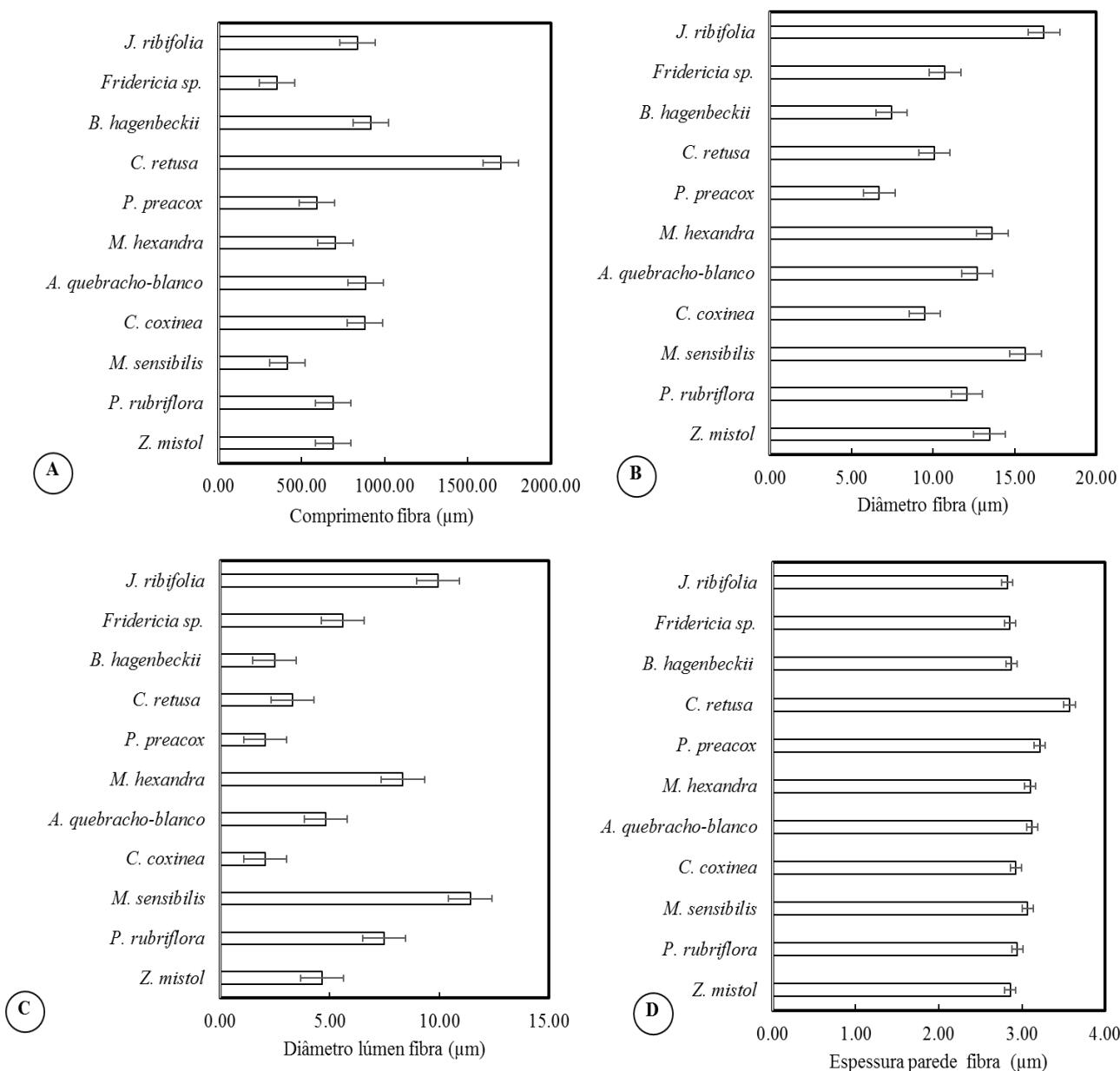


Figura 8. Comparação quantitativa em (μm) entre as espécies lenhosas em uma área de remanescente de Chaco úmido, (savana estépica arbórea), Porto Murtinho, Mato Grosso do Sul, Brasil. A) comprimento fibra, B) diâmetro fibra, C) diâmetro lúmen fibra, D) espessura parede fibra. Barra de erro padrão.

Parênquima

Parênquima axial foi abundante e observado em ambas as densidades e apresentou distintas conformações como: parênquima em faixas observado em *Fridericia sp.* (Fig 4A), tipo paratraqueal

Relação entre Densidade da Madeira, Fenologia e Características do Lenho em algumas espécies do Chaco brasileiro

organizado em faixas observado em *Castela coccinea* (Fig. 9 A). Parênquima axial vasicêntrico aliforme, losangular a confluente em: *Capparis retusa* e nas leguminosas *Bauhinia hagenbeckii*, *Prosopis rubriflora*; *Mimosa hexandra*, *Mimosa sensibilis* e *Parkinsonia praecox* (Fig. 9 B, C). Parênquima apotraqueal difuso a difuso em agregado observado em: *Ziziphus mistol* e *Jatropha ribifolia* (Fig. 9 D). O parênquima radial, em sua maior parte abundante, foi observado também em ambas as densidades e apresentou conformações homogêneas a heterogêneas, compostas de células procumbentes, quadradas e eretas, com presença de cristais prismáticos em séries cristalíferas ou solitários e drusas (Fig. G-H).

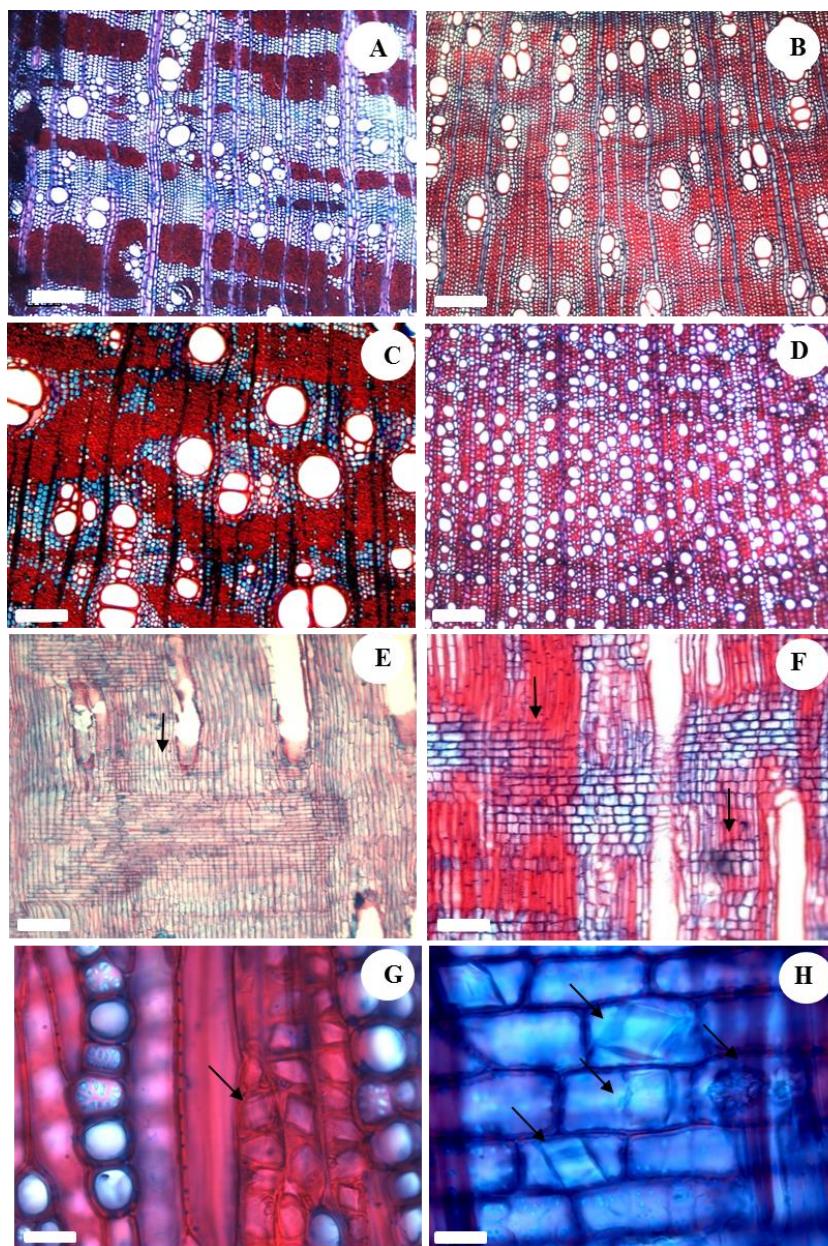


Figura 9. (A-H) Secções transversal e longitudinal do lenho evidenciando o parênquima axial

A) *Castela coccinea* secção transversal. B) *Capparis retusa* secção transversal. C) *Prosopis rubriflora* parênquima axial aliforme confluente. D) *Ziziphus mistol* parênquima axial apotraqueal difuso. E, F Secção longitudinal radial evidenciando os raios. E) *Parkinsonia praecox* secção longitudinal radial e radio heterogêneo (seta). *Fridericia* sp. Secção longitudinal radial e raio abundante. G) *Mimosa hexandra* Seccão longitudinal tangencial e parênquima axial com monocristais do tipo drusas (setas). H) *Castela coccinea* Secção longitudinal radial e raio abundante e monocristais do tipo drusas (setas). (A-F) Barras 25 µm, (G-H) Barras 10 µm

As dimensões do parênquima radial avaliadas em corte longitudinal tangencial, embora tenha variado a altura (169 μm - 434 μm) em *P. praecox* e *J. ribifolia* entre espécies de maior à menor densidade de madeira respectivamente. Assim como também a largura (12 μm - 49 μm) em *C. retusa* e *M. sensibilis* respectivamente madeiras de alta densidade (Fig. 10 A) (Tab. 3).

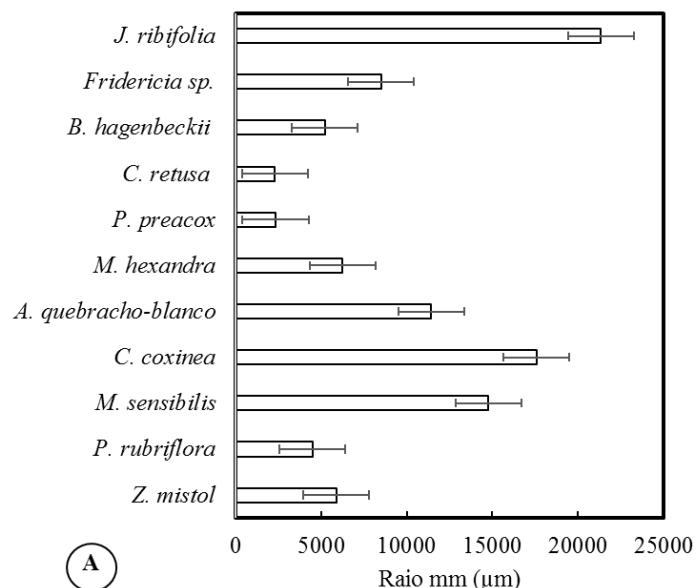


Figura 10. Comparação quantitativa em (μm) entre as espécies lenhosas em uma área de remanescente de Chaco úmido, (savana estépica arbórea), Porto Murtinho, Mato Grosso do Sul, Brasil. A) Parênquima radial mm. Barra de erro padrão.

Densidade da madeira e Características anatômicas

Aqui denominamos de “fração parede” a porção representando componentes celulares significados (fibras e elemento de vaso) e não significados (ex. fibras gelatinosas, parênquima não significado), e, à porção não parede, denominamos de “fração lúmen” Ziemińska *et al.* (2013). A densidade da madeira diferiu entre as espécies, variando de 0.28 a 0.83 g/cm³ (Tabela 3).

Os elementos de vaso apresentaram variação quanto ao diâmetro, no entanto, não foi observada relação com a densidade $r = 0.70$, $p = 0.49$, com a fração lúmen $r = -0.78$, $p = 0.45$ (Fig. 11 A, B).

As fibras apresentaram variação significativa quanto à fração média parede e lúmen. A fração parede não apresentou correlação com a densidade $r = 0.94$, $p = 0.37$, porém, a fração lúmen se mostrou correlacionada negativamente com densidade $r = -4.98$, $p = 0.001$. (Fig. 11 C e D).

A dimensão do parênquima radial avaliada em corte longitudinal tangencial, embora tenha variado significativamente entre as espécies de alta e baixa densidade não apresentou correlação com a densidade de madeira $r = -0.53 = 9$, $p = 0.60$ (Fig. 11 E).

Relação entre Densidade da Madeira, Fenologia e Características do Lenho em algumas espécies do Chaco brasileiro

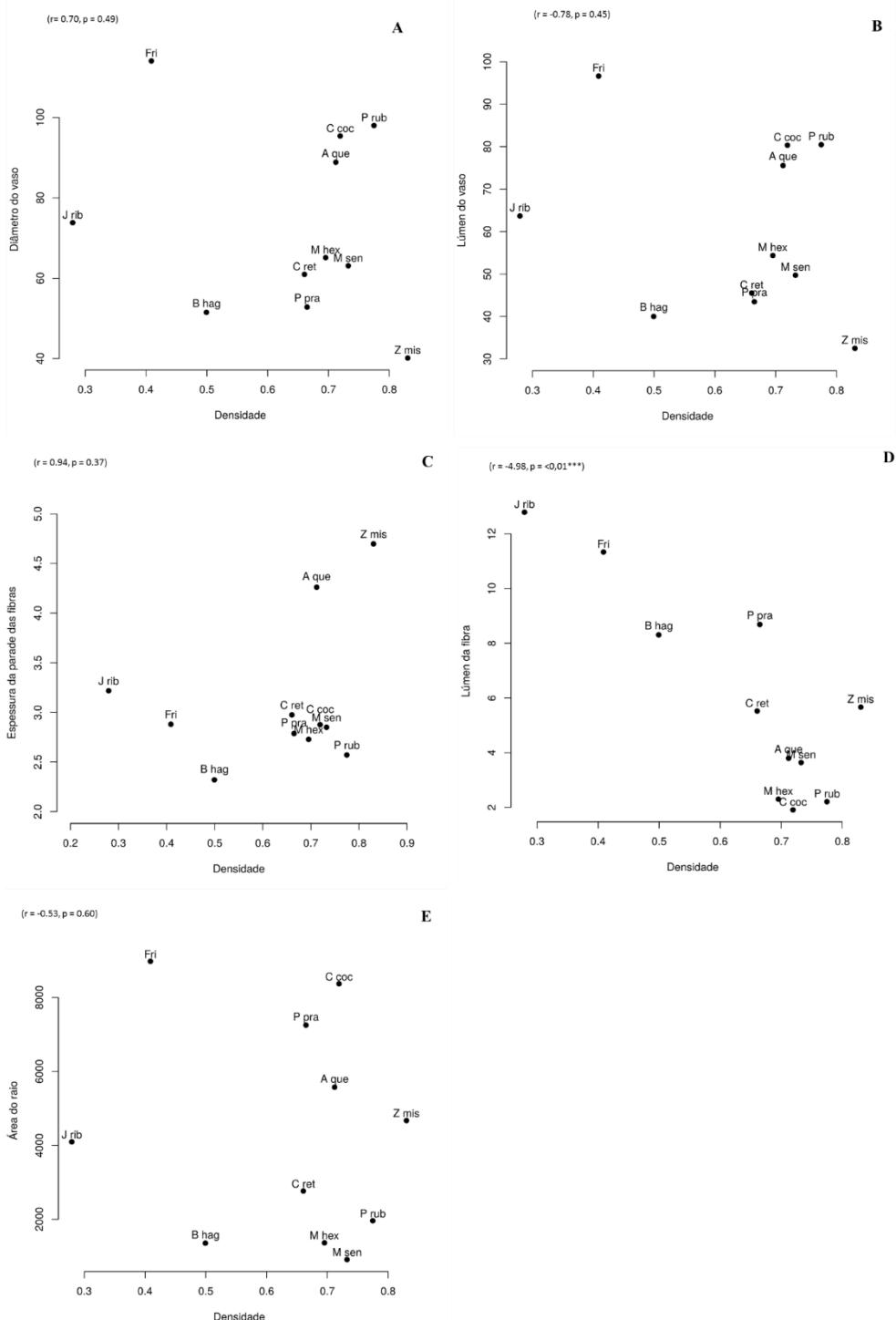


Figura 11. Correlação de (r) Pearson entre a densidade de madeira e caracteres morfoanatômicos. Densidade da madeira e diâmetro do vaso (A); densidade de madeira e fração lúmen vaso (B); densidade de madeira e espessura da parede das fibras (Fração parede (c) e densidade de madeira e fração lúmen fibras (D); densidade da madeira e (E) área do raio tangencial. ($^{***} = p < 0,05$)

DISCUSSÃO

A porosidade difusa, assim como também foi observada nessa proporção a porosidade em anel. Esse padrão de disposição dos vasos parece estar relacionado à necessidade da planta de garantir o transporte de pequenas quantidades de água e ao mesmo tempo manter sua estrutura física. Alguns autores consideram vantajosa a disposição dos poros em anéis, no entanto, é mais frequente a citação desse padrão em plantas de zonas temperadas do que em regiões áridas ou semi-áridas (Moglia & Gimenez 1998) ou mesmo para os ambientes tropicais.

Vasos com pontoações guarnevidas e placas de perfuração simples foram encontradas em mais de 50% das espécies do presente estudo. Para a vegetação do Chaco foi possível observar a presença desse tipo de ornamentação como padrão comum entre espécies leguminosas, e também ocorrentes em duas espécies arbóreas de alta densidade - *Ziziphus mistol* (Rhamnaceae) e *Capparis retusa* (Capparaceae). A presença desse tipo de pontuação tem sido citado na literatura como um sistema eficiente de proteção dos vasos, evitando o rompimento da membrana da pontuação causado pelo ambiente com restrição hídrica durante a estação seca (Marcati *et al.* 2001, Silva *et al.* 2009).

Fibras gelatinosas e de reserva de amido foram e podem ser mencionadas também como característica comum as leguminosas e observadas, também, em *Castela coccinea* (Simaroubaceae). O papel destas fibras representa uma alta especialização da camada G (Gelatinosa) desse tipo celular, por apresentar propriedades hidrofílicas de reservar de água. No presente trabalho poderíamos relacioná-las com o armazenamento de água devido a condições de déficit hídrico em parte do ano em função da forte sazonalidade da precipitação. A ocorrência desse tipo de fibra também foi demonstrada por outros autores para algumas espécies herbáceas do Chaco (Piva 2016), e em outros ambientes (Marcati *et al.* 2001), como característica de plantas xerófitas.

O parênquima radial em todas as espécies compondo raios homogêneos e heterogêneos, não significados, ou presente no sistema axial em conformações paratraqueal e vasicêntrico. Em

ambientes mais quentes a quantidade de parênquima é maior especialmente em plantas decíduas (Silva *et al.* 2009).

A abscisão foliar é citada na literatura como uma estratégia ecológica da planta para reduzir a transpiração e garantir a sua sobrevivência, ou a condução quando há a diminuição de água no ambiente, um estudo desenvolvi por meio da sinalização de hormônio auxinas, indicando a necessidade da planta em manter suas atividades metabólicas como demonstrado por Silva *et al.* (2009). Em nosso estudo observamos que a proposta relacionando a presença de parênquima abundante com a deciduidade se mostrou positiva.

A densidade da madeira das espécies analisadas do Chaco brasileiro esteve dentro da média obtida para outros locais também secos e com forte sazonalidade hídrica como relatado previamente para Caatinga (Lima & Rodal 2010), Cerrado (Diniz 2009) e Florestas tropicais Secas (Oliveira *et al.* 2012 e Muller-Landau 2004). A alta densidade de madeira representa uma adaptação ao estresse pela seca como tem sido demonstrado por Chave *et al.* 2006, Chave *et al.* 2009, Oliveira *et al.* 2012.

Dentre os componentes anatômicos das madeiras analisadas, as fibras foram o componente mais abundante e o que teve forte efeito de variação na densidade, confirmado e demonstrado por Ziemińska *et al.* (2013), Moglia & Gimenez (1998). O diâmetro da fibra (fração parede) não apresentou correlação com a densidade, porém a fração lúmen foi correlacionada negativamente com densidade. A fração parede representa uma relação entre a redução do lúmen das fibras e o espessamento da parede das fibras em espécies com maior densidade de madeira, mesmos resultados similares aos encontrados por Ziemińska *et al.* (2013). Além disso, altas densidades estão relacionadas também com a redução do tamanho das células que compõem a madeira (Angyalossy *et al.* 2005). O segundo tecido mais frequente observado foi o parênquima, porém, não apresentou correlação com a densidade de madeira, estas discrepâncias podem estar relacionadas a variação na densidade ou na proporção do próprio tecido analisado.

Através do estudo realizado concluímos que o principal atributo anatômico relacionado com a densidade, para as espécies selecionadas do Chaco brasileiro, é constituído pelas fibras libriformes com paredes espessadas e lignificadas, tendo em vista que compõem o principal fator responsável por essa propriedade da madeira. A densidade, maior nas espécies arbóreas, está relacionada com a fração lúmen, e em acordo com a proposta de Ziemińska *et al.* (2013).

Em nosso estudo os atributos dos vasos (diâmetro, disposição, espessura da parede), não estiveram diretamente relacionados com a densidade. As características anatômicas observadas confirmam a ocorrência de vasos estreitos, comuns em espécies de ambientes secos e vasos mais largos para as arbustivas e trepadeira investigadas. A proporção e distribuição do parênquima (tanto no sistema axial quanto no sistema radial), também, não estão correlacionadas com o fator densidade, porém, são importantes na garantia de reserva de água para a manutenção do sistema hídrico dessas plantas que vivem sob condições de estresse hídrico pelo menos em parte do ano.

REFERÊNCIA BIBLIOGRAFICAS

- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7190: Projeto de estruturas de madeira. Rio de Janeiro, 1997. 107 p.
- Alvares, C.A., Stape, J.L., Sentelhas, P.C., Gonçalves, J.L.M.; Sparovek, G. 2013. Köppen's. climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, n. 6, p. 711-728.
- Alves, F.M., Sartori A.L.B. 2009. Caesalpinoideae (Leguminosae) de um remanescente de Chaco em Porto Murtinho, Mato Grosso do Sul, Brasil. *Rodriguesia* 60: 531-550.
- Alves, E.S., Angyalossy-Alfonso, V. 2000. Ecological trends in the wood anatomy of some Brazilian species. 1. Growth rings and vessels. *IAWA Journal* 21:3-30.
- Angyalossy, V. Amano, E. & Alves, E.S. 2005. Madeiras utilizadas na fabricação de arcos para instrumentos de corda: aspectos anatômicos. *Acta Bot. Bras.* .19, .4.,819-834.
- Chave, J., Muller-Landau, H.C., Baker, T.R., Easdale, T.A., Ter Steege, H. & Webb, C.O. 2006. Regional and phylogenetic variation of wood density across 2456 neotropical tree species. *Ecol Appl.* 16(6):2356-2367.
- Chave, J., Coomes, D., Jansen, S., Lewis, S.L., Swenson, N.G. & Zanne, A.E. 2009. Towards a wordwilde wood economics spectrum. *Ecology Letters* 12:351-366.
- Diniz, B.M. 2009. Relações hídricas e morfo-anatomia do caule em pares congenéricos do cerrado e mata de galeria: um estudo comparativo. 2009. xvi, 81 f., il. Dissertação de Mestrado em Botânica-Universidade de Brasília, Brasília.
- Franklin, G. 1945. Preparations of thin sections of synthetic resins and wood - resin composites and a new macerating method for wood. *Nature* 155:51.
- Freitas, T.G., Souza, C. S., Aoki, C., Arakaki, L.M.M., Stefanello, T.H., Sartori, Â. L. B. & Sigrist, M. R. 2013. Flora of Brazilian humid Chaco: Composition and reproductive phenology. *Check List* 9(5): p. 973–979.
- IAWA Committee. 1989. List of microscopic features for hardwood identification. *IAWA Bulletin*, 10, 219-332.
- Kraus, J.E., Arduin, M. 1997. Manual básico de métodos em morfologia vegetal, EDUR, Seropédica, 198 p.
- Lima, A.L.A., Rodal, M.J.N. 2010. Phenology and wood density of plants growing in the semi-arid region of northeastern Brazil. In. *Journal of Arid Environments* 74 p. 1363 e 1373.
- Marcati C.R., Angyalossy-Alfonso V., Benetati L. 2001. Anatomia comparada do lenho de *Copaifera langsdorffii* Desf. (Leguminosae-Caesalpinoideae) de floresta e cerradão. *Brazilian Journal of Botany*, 24(3), 311-320.

Relação entre Densidade da Madeira, Fenologia e Características do Lenho em algumas espécies do Chaco brasileiro

Moglia G., Gimenez, A.M. 1998. Rasgos anatómicos característicos del hidrosistema de las principales especies arbóreas de la región chaqueña Argentina. *Revista de Investigaciones Agrarias – Sistemas y Recursos Florestales*, 7, 53-71.

Muller-Landau, H.C. 2004. Interspecific and intersite variation in wood density of tropical trees. *Biotropica*, Washington, v. 36, n. 1, p. 20-32.

Oliveira, G.M.V, Mello, J.M, Trugilho, P.F, Scolforo, J.R.S, Altoé, T.F, Silva-Neto, A.J, & Oliveira, A.D. 2012. Efeito do ambiente sobre a densidade da madeira em diferentes fitofisionomias do estado de Minas Gerais. *Cerne* 18: 345-52.

Pennington, R.T., Prado, D.E. & Pendry, C.A. 2000. Neotropical Seasonally dry forests and Quaternary vegetation changes. *Journal of Biogeography*, 27, 261-273.

Piva, T.C. 2016. Padrão de distribuição de fibras gelatinosas em espécies de distintas famílias e habitats. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande.

Prado, D.E. 1993. What is the Gran Chaco vegetation in South America? A review. Contribution to the study of flora and vegetation of the Chaco. *V. Candollea* 48(1):145-172.

R CORE TEAM. 2015. R: a language and environment for statistical computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2015. Software.

Sass, J.E. 1951. Botanical microtechnique (2nd. ed.) Ames, Iowa State College Press, 228 p.

Sartori, A.L.B. 2012. The Brazilian Chaco, *Glalia*, 4 (1): 11-18.

Silva, M.P., Mauro, R., Mourão, G. & Coutinho, M. 2000. Distribuição e quantificação de classes de vegetação do Pantanal através de levantamento aéreo. *Revista Brasileira de Botânica*, 23, 143-152.

Silva, L.B., Santos, F.A.R., Gasson, P., Cutler, D. 2009. Anatomia e densidade básica da madeira de *Caesalpinia pyramidalis* Tul. (Fabaceae), espécie endêmica da caatinga do Nordeste do Brasil. *Acta Botanica Brasilica*, 23, 436-445.

Veloso H.P., Rangel Filho A.L.R., LIMA, J.C.A. 1991. Classificação da vegetação brasileira adaptada a um sistema universal. Rio de Janeiro: IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 1991. 124 p.

Werneck, F.P. 2011. The diversification of eastern South American open vegetation biomes: Historical biogeography and perspectives. *Quaternary Science Reviews* 30: 1 - 19.

Ziemińska, K., Butler, D.W, Gleason, S.M, Wright, I.J, Westoby, M. 2013. Fibre wall and lumen fractions drive wood density variation across 24 Australian angiosperms. *AoB PLANT*,

ANEXOS

Tabela 3. Media dos trinta e três indivíduos Diâmetro do caule (cm³), Densidade da madeira (g/cm³), Frequência de vasos (mm), Diâmetro do elemento vaso (μm), comprimento do elemento vaso (μm), Diâmetro do lúmen do elemento vaso (μm), Comprimento da fibra (μm), Diâmetro da fibra (μm), Diâmetro do lúmen da fibra (μm), Espessura da parede da fibra (μm), Atura dos raios (μm) e Largura dos raios (μm) em ordem crescente de densidade em uma área de remanescente de Chaco úmido, (savana estépica arbórea), Porto Murtinho, Mato Grosso do Sul, Brasil. Valores mínimos, médios e máximos seguidos do desvio padrão.

Espécies	A.										
	<i>Bauhinia hagenbeckii</i>	<i>Fridericia sp.</i>	<i>Jatropha rufifolia</i>	<i>quebracho-blanco</i>	<i>Capparis retusa</i>	<i>Castela coccinea</i>	<i>Mimosa hexandra</i>	<i>Mimosa sensibilis</i>	<i>Parkinsonia praecox</i>	<i>Prosopis rubriflora</i>	<i>Ziziphus mistol</i>
Diâmetro do caule (cm ³)	4	10	10	18	13	18	19	7.5	16	22	20
Densidade básica (g/cm ³)	0,50	0,41	0,28	0,70	0,66	0,72	0,70	0,73	0,68	0,78	0,83
Frequência de vasos (vasos/0,24 m ²)	36	54	69	26	44	47	23	40	21	13	87
Diâmetro elemento vaso (μm)	(18.06)47.00 (168.92)7.68	56(197.92) 18.91	49(173.04) 11.49	38(163.15) 15.52	31(199.68) 8.87	94(218.67) 14.99	01(174.94) 9.65	7(207.83)1 0.13	(15.88)51.70 (173.94)8.68	123.86)17.9 0	(9.93)72.83(36.91)104.47 3.98
Comprimento elemento vaso (μm)	9(117.91)10. 91	1.86(168.3) 743.81	5.41(190.7) 037.62	36(95.78)4 1.50	4.19(133.1) 719.19	7.26(152.6) 716.64	.33(227.20) 11.43	33(293.97) 11.31	98(731.70)3 9.64	43(135.51)1 6.09	.16(180.84) 19.84
Diâmetro lúmen elemento vaso (μm)	(10.32)36.43 (150.17)6.81	2(188.24)1 8.50	6(152.69)1 0.51	2(141.87)1 4.59	87(184.32) 7.90	5(186.05)1 4.55	6(153.75)8 .52	160.86)10.0 32	107.31)16.9 1	9(90.32)3. 8	88
Espessura Parede elemento vasos (μm)	(0.98)6.00(6. 72)1.74	(16.46)0.8 3	(13.30)1.0 8	(13.91)0.8 2	(12.47)1.0 5	(16.31)0.8 2	(20.33)1.0 0	(1.64)5.71(1 13.10)0.92	(0.60)5.72(1 9.71)0.93	(1.60)5.75(1 1.87)0.94	(10.96)0.6 5
Comprimento fibras (μm)	(1.45)689.49 6.78	(295.01)83 26)134.64	(13.08)702 5)73.45	(113.36)88 93)176.14	(100.13)35 05)27.01	(240.87)88 41)135.98	(5.80)594. 1)82.02	(256.88)16 35)480.68	(313.30)415. 47.92	(163.86)916. 64.23	(247.52)68 4)55.73
Diâmetro fibras	(4.03)16.8 (3.70)12.07(24.57)1.28	(3.91)13.6 0(23.10)2. 45	(4.21)12.7 3(24.90)2. 00	(4.99)10.7 1(28.00)1. 17	(4.13)9.50 3(23.51)1. 23	(4.93)6.70 (.26.26)0.9 8	(27.95)0.9 6	(6.41)10.08 (28.97)1.13	(6.00)15.67(25.72)2.27	(4.15)7.44(1 3.55)0.79	(3.35)13.4 06
Diâmetro lúmen fibra (μm)	(1.12)7.49(2 0.05)1.18	(19.89)1.9 8	(21.18)1.4 7	(21.27)0.5 3	(0.79)4.82 8	(0.86)5.59 3	(0.70)2.04 8	(0.93)2.04 8	(1.08)11.41(17.76)0.70	(0.62)2.47(6 21.25)2.26	(0.60)4.64 01)0.43
											(7.71)0.64

Relação entre Densidade da Madeira, Fenologia e Características do Lenho em algumas espécies do Chaco brasileiro

Espessura parede fibras (μm)	(0.98)2.95(6. 72)0.48 (94.14) 281.65(901. 15)104.24 (10.6)615.8((0.96)2.82 (6.32)0.47 (71.95)434 (94.93)370 .04(791.51 5(256.18)5	(0.38)3.10 (6.67)0.44 (119.20)23 .91(1170.6 0(75.13)2. 44(42.64)4	(1.27)3.12 (6.09)0.66 (101.83)28 5.99(999.5 6(83.30)4. 64(273.13)	(0.77)2.86 (5.83)0.49 (104.24)42 6.16(708.8 3)48.36 6(273.13)	(0.87)2.93 (5.19)0.53 (109.12)16 2.21(1617. 7)61.02 99)61.90	(1.15)3.22 (6.23)0.47 (79.30)176. 9.02(2219. 25)28.28 8(95.23)2. 5(33)12.96	(0.77)3.57(7. 6.44)0.45 (114.87)295. 97(1025.49 7)28.18 (82.66)3.04	(0.78)3.07(7. 72)0.55 (66.68)254.0 70(852.78)4 6.44 77.28)3.49	(1.24)2.87(4. 60)0.41 (67.65)245 7(339.72)44. 11 54.87)25.01	(1.20)2.86 (5.48)0.47 (.77)536.50 16.92 (.533)23.9 1(24.13)2. 62
Altura dos raios (μm)											
Largura dos raios (μm)	970.10)2.25	.74	48	.46	75	5.60	09	(82.66)3.04	77.28)3.49	54.87)25.01	62